معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان
ستاد توسعه فناوری‌های نانو و میکرو

فناوری‌های نوظهور نانو در حوزه رنگ و رزین

(با قابلیت کاربرد در ایران)



گردآوری و تنظیم:
محمد یوسفی
محمد ابراهیم‌نیا



عنوان اثر	فناوری‌های نوظهور نانو در حوزه رنگ و رزین (با قابلیت کاربرد در ایران)
ناشر	شرکت توسعه فن‌آوری مهرویژن
زمان انتشار	تابستان ۱۴۰۲
نشانی	تهران، ستارخان، خیابان حبیب‌اله، خیابان شهید متولیان، شماره ۹
تلفن	۰۲۱۶۳۱۰۰
دورنگار	۱۴۵۶۵-۳۴۴
وب‌گاه	www.nano.ir
پست الکترونیک	yoosefi@nano.ir
شابک	۹۷۸-۶۲۲-۹۳۶۳۲-۰-۱

فهرست مطالب

مقدمه	۷
رنگ حاوی نانوذرات پارامغناطیسی با کاربرد در پیگینگ	۱۵
جوهر و رنگ‌های ضدجعل هوشمند	۳۱
فاز رنگی تنظیم‌پذیر در بلور مایع کلستریک	۴۹
رنگ یا پوشش خودترمیم‌شونده	۶۳
رنگ و پوشش حساس به فشار (PSP)	۸۵
رنگ لومینسانس، رنگ‌های درخشان	۹۹
رنگ‌مقاوم به حرارت بالا	۱۱۵
پوشش ضدچسبندگی (ضدنوشتاری)	۱۳۱
رنگ و پوشش ضدقارچ وکپک	۱۴۵
رنگ‌های خنک‌کننده تابشی	۱۵۹
رنگ ضدلغزش	۱۷۵
رنگ خورشیدی	۱۹۱
رنگ ترموکرومیک	۲۰۵
رنگ‌های عایق صدا	۲۲۳
رنگ حرارت‌زا	۲۳۹
رنگ و جوهر رسانا (پلیمر و رزین‌های رسانا)	۲۵۷
رنگ طیف‌های رنگی متفاوت	۲۷۳
رنگ ترافیکی لیتیومی	۲۸۷
رنگ‌های مغناطیسی	۲۹۹

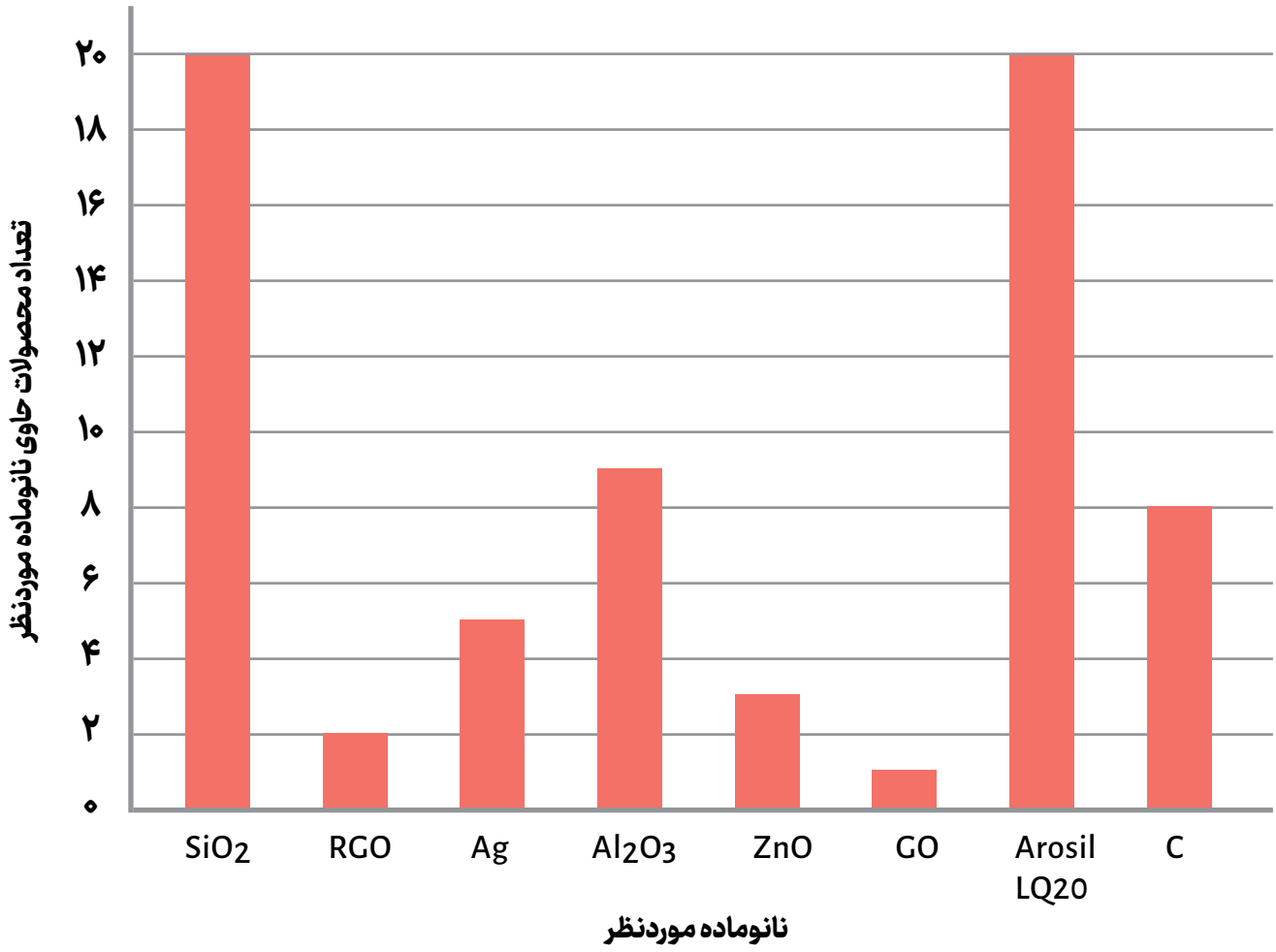
مقدمه

شناسایی فناوری‌های نوین و روندهای نوظهور یکی از وظایف کلیدی نهادهای حامی از فناوری‌های جدید در سطح ملی و منطقه‌ای است. ستاد توسعه فناوری نانو نیز بر اساس وظایف خود، این فعالیت را در سال‌های اخیر در حوزه‌های مختلف از جمله در حوزه ساخت‌وساز دنبال کرده است. شناسایی فناوری‌های مذکور و معرفی آن‌ها به بازیگران مختلف اکوسیستم توسعه و تجاری‌سازی یکی از گام‌های آغازین و کلیدی برای توسعه محصولات جدید و ایجاد زنجیره‌های ارزش بر اساس آن‌هاست.

در همین راستا، کارگروه توسعه فناوری و نوآوری ستاد مجموعه‌ای از مطالعات را به انجام رسانده است که یکی از خروجی‌های آن‌ها شناسایی و معرفی ۱۹ فناوری نوین در حوزه رنگ و رزین، به‌عنوان یکی از زیربخش‌های صنعت ساخت‌وساز، است. این ۱۹ فناوری در مجلد حاضر به‌تفصیل معرفی خواهند شد. در این بخش، مسیر مطالعاتی را که به شناسایی فناوری‌های حوزه رنگ و رزین و انتخاب فناوری‌های مذکور منتهی شده است، توضیح داده می‌شود.

ستاد فناوری نانو از اواسط دهه ۱۳۸۰، مطالعات مختلفی را درباره کاربست‌های فناوری نانو در حوزه ساخت‌وساز آغاز کرد. فناوری‌های نانو در این حوزه شناسایی شد و کاربست‌های آن‌ها و همچنین، شرکت‌های ایرانی که بتوانند این کاربست‌ها را توسعه داده و تجاری‌سازی کنند، شناسایی شدند. قراردادهایی برای حمایت از توسعه محصولات جدید منعقد شد و تعدادی از این مشارکت‌ها به محصولات جدیدی منتهی شدند که عملاً به بازار ارائه شد. از سوی دیگر، همکاری‌هایی در حوزه تنظیم مقررات انجام گرفت تا محصولات مبتنی بر فناوری نانو در مقررات ملی ساختمان و فهرست بهای محصولات ساختمانی قرار گیرند و این کار به توسعه بازار محصولات مذکور کمک کرد.

در پی این تلاش‌ها در حال حاضر، ۶۸ محصول مبتنی بر فناوری نانو در کشور در حوزه رنگ و رزین توسط ۱۷ شرکت مختلف تولید و عرضه می‌شوند. در این محصولات از نانوذرات و نانومواد مختلفی همچون اکسید سیلیس[۱]، اکسیدروی[۲]، نقره[۳]، ائروسیل[۴] و... بهره گرفته می‌شود. شکل ۱-۱ توزیع محصولات موجود را بر اساس نوع نانومواده کلیدی به کاررفته در آن‌ها نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است، بخش عمده محصولات یعنی ۴۰ محصول (۶۰درصد از کل محصولات) با بهره‌گیری از دو نانومواده اکسید سیلیس و ائروسیل تولید شده‌اند و نانومواده اکسید آهن با ۹ محصول در رتبه سوم قرار گرفته است. همچنین، بخشی از انواع محصولات نانویی حوزه رنگ و رزین که در کشور تولید و عرضه می‌شوند در جدول ۱-۱ ارائه شده است.



شکل ۱-۱- توزیع محصولات نانوی موجود در کشور در حوزه رنگ و رزین بر اساس نانوماده به کاررفته

جدول ۱-۱ بخشی از انواع محصولات نانویی حوزه رنگ و رزین

محصول	
رنگ پایه آب محافظ در برابر محدوده باند X امواج الکترومغناطیس	رنگ پلی‌یورتان ایجادکننده خاصیت آب‌گریزی بر روی سطوح چوبی
رزین آکریلیک ترموپلاست حاوی نانوصفحات	رزین آکریلیک ترموست دوجزئی حاوی نانوصفحات
رنگ آنتی‌گرافیتی پلی‌یورتان	رنگ اپوکسی دما بالا
رنگ آکریلیک آنتی‌باکتریال	رنگ آکریلیک پایه آب جهت کاهش انتقال حرارت
رنگ پلی‌استر	رنگ هیبرید اپوکسی- پلی‌استر
رنگ پودری الکترواستاتیک آنتی‌باکتریال	رنگ آلکیدی جهت افزایش مقاومت در مقابل خوردگی
رنگ پودری الکترواستاتیک پایه رزین اپوکسی- پلی‌استر با خاصیت کاهش دود	رنگ پودری الکترواستاتیک مقاوم در برابر خوردگی بر پایهٔ رزین پلی‌استر

ادامه جدول ۱-۱ بخشی از انواع محصولات نانویی حوزه رنگ و رزین

محصول	
چسب اسپویلر بر پایهٔ رزین پلی‌یورتان	رنگ پودری میلگرد مقاوم در برابر خوردگی
رنگ ترک تزیینی	رنگ رویه مذابی FBE مقاوم در برابر خوردگی
پوشرنگ ساختمانی آنتی‌باکتریال	رنگ پودری پلی‌استر و اپوکسی پلی‌استر
رنگ کوره‌ای رزین آکریلیک	رنگ پلی‌یورتان
ضدزنگ بر پایهٔ رزین اپوکسی	پرایمر سرشار از روی بر پایهٔ رزین اپوکسی
پرایمر چسبندگی بر پایهٔ رزین پلی‌یورتان	پرایمر بر پایهٔ رزین پلی‌وینیل بوتیرال
رنگ ترافیکی نانویی	رنگ الکتروفورز بر پایهٔ رزین اپوکسی

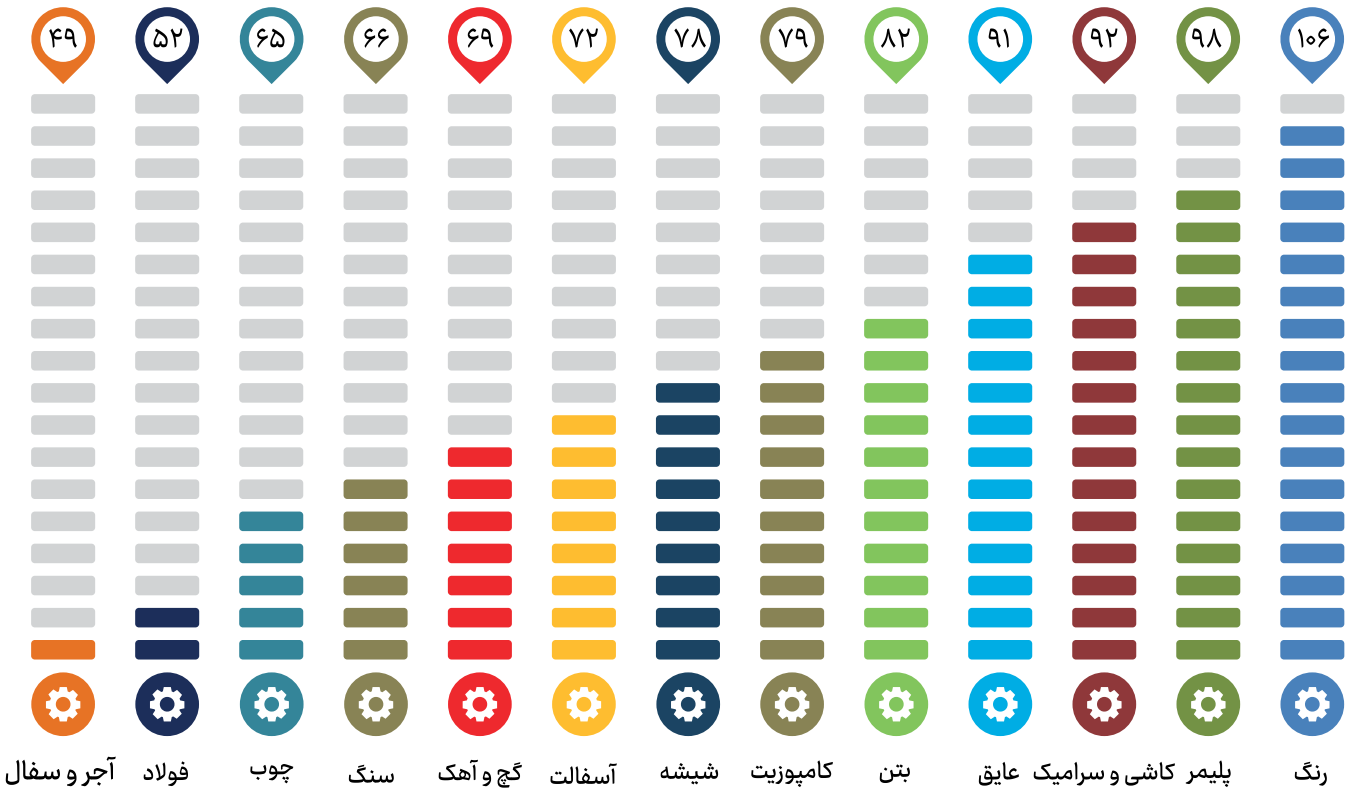
۱-۱-مطالعات آینده‌نگرانه

با این حال، تنوع گسترده زیرحوزه‌های صنعت ساختمان از یک سو و تعدد و تحولات مربوط به فناوری‌های نانو و کاربست‌های آن‌ها از سوی دیگر، کارشناسان در این حوزه را به این نتیجه رساند که باید مطالعاتی راهبردی در این حوزه تعریف شود به نحوی که هم جنبه‌های آینده‌نگرانه و روندشناسی را در برگیرد و هم اولویت‌گذاری‌های لازم انجام شود.

در سال ۱۳۹۵، مطالعه‌ای با هدف «اولویت‌بندی کاربردهای فناوری نانو در صنعت ساختمان با روش تحلیل سلسله‌مراتبی» انجام گرفت. (عقلایی، یوسفی، ۱۳۹۵) در این مطالعه که مجموعه‌ای از مطالعات کتابخانه‌ای و نیز رجوع به آرای متخصصان را در بر می‌گرفت، ۱۳ زیربخش صنعت ساخت‌وساز بر اساس ۱۳ شاخص مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت، زیربخش «رنگ و رزین» به‌عنوان زیربخشی که واجد بالاترین اولویت است، شناسایی شد (شکل ۲-۱). در اینجا، به جزئیات روش شناختی مربوط به اولویت‌بندی زیربخش‌های صنعت ساخت‌وساز نمی‌پردازیم. بر اساس نتیجه‌این اولویت‌بندی، مقرر شد که مجموعه‌ای از مطالعات اختصاصی در این زمینه طراحی و انجام شود.

در همین راستا، یک مطالعه تحلیل بازار با عنوان «تحلیل پتانسیل بازار رنگ‌های مبتنی بر فناوری نانو در ایران» (انصاری، یوسفی، ۱۳۹۸) طراحی و انجام شد. در این مطالعه، ۱۹ رنگ مبتنی بر نانو شناسایی و بازار آن‌ها در کشور بررسی شد. همچنین، توانمندی‌های ۱۳ شرکت فعال در این حوزه در کشور مورد تحلیل قرار گرفت.

همچنانکه اشاره شد، کارشناسان ستاد در پی آن بودند که اطلاعات و تحلیل‌های خود را با توجه به تحولات جهانی در حوزه رنگ و رزین به‌روز سازند. با توجه به این نکته، یک مطالعه تحلیل پتنت با عنوان «کاربرد فناوری نانو در رنگ و رنگ‌دانه» (کیائی، ۱۴۰۰) طراحی شد و به انجام رسید. در این مطالعه، تمامی پتنت‌های موجود در پایگاه داده‌های Qbit در حوزه رنگ و رزین که از سال ۲۰۱۴ به بعد به ثبت رسیده بودند، بر اساس مجموعه‌ای از کلیدواژه‌های تخصصی مرتبط با صنعت رنگ و رزین از یک سو و حوزه نانومواد از سوی دیگر استخراج و تحلیل شد. از مجریان خواسته شد که تمامی پتنت‌ها را بر اساس نوع نانومواد به کاررفته و همچنین بر اساس اثر اختصاصی حاصل شده که در ادعانامه پتنت‌ها ثبت شده است، دسته‌بندی کنند. این مطالعه پردامنه به شناسایی ۸۶۱ پتنت با خصوصیات مذکور انجامید. با تحلیل این پتنت‌ها، ۱۹۳ اثر و ویژگی حاصل از فناوری نانو استخراج شد. با این حال، بخش قابل‌ملاحظه‌ای از اثرات و ویژگی‌های استخراج شده به صنایع دیگری برای مثال چاپ یا نساجی تعلق داشتند و باید از دامنه تحلیل‌های صنعت ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی کنار گذاشته می‌شدند. به همین دلیل، تمامی اثرات شناخته شده از منظر صنعت ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی مورد کارشناسی بیشتر قرار گرفتند. همچنین با توجه به خصلت آینده‌نگرانه مطالعات، خصوصیات و اثرات بدیع موردتوجه قرار گرفتند و اثرات پیشتر شناخته شده که فعالیت‌های توسعه محصول در زمینه آن‌ها در سال‌های گذشته در کشور انجام شده بود، کنار گذاشته شدند.



شکل ۱-۲ اولویت‌گذاری زیربخش‌های حوزه ساخت‌وساز در سال ۱۳۹۵ (عقلایی، یوسفی، ۱۳۹۵)

به‌منظور تکمیل مطالعات پیشگفته، مجموعه‌ای از کاربردهای فناوری نانو در صنعت ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی که پیشتر در قالب کتاب (یوسفی، رزاقیان، ابراهیم‌نیا، فرصت‌های فناوری نانو در صنعت عمران) به انتشار رسیده بود، با تکیه بر حوزه رنگ و رزین مورد بازنگری و به‌روزرسانی قرار گرفت. این مطالعه با عنوان «شناسایی خواص جدید رنگ‌های نانو» (لطفی‌زاده، ۱۴۰۰) بر منابع مکتوب غیرپتنتی که پس از سال ۲۰۱۶ منتشر شده بودند، تمرکز داشت. با جستجو در پایگاه داده Lens.org با کلیدواژه‌های تخصصی حوزه رنگ، ۱۷۱۰ سند شناسایی و دسته‌بندی شد. این مطالعه به شناسایی ۱۹ خصوصیت جدید برای رنگ‌های مبتنی بر فناوری نانو انجامید.

در گام پایانی، تمامی اطلاعات و تحلیل‌های حاصل از مجموعه مطالعات مذکور مورد ارزیابی تکمیلی قرار گرفت. پس از حذف اثرات و خصوصیاتی که به حوزه ساخت‌وساز تعلق نداشتند، کنار گذاشتن خصوصیاتی که بدیع نبودند و همچنین تلفیق خصوصیاتی که کاملاً یا کمابیش یکسان بودند، اما با اصطلاح‌شناسی‌های متفاوتی بیان شده بودند، در نهایت فهرستی شامل ۱۹ رنگ جدید مبتنی بر فناوری نانو با کاربرد در صنعت ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی استخراج شد. این فهرست در جدول ۱-۲ آمده است.

جدول ۱-۲ فناوری‌های مورد بررسی در مطالعه حاضر

ردیف	نام فناوری (فارسی)	نام فناوری (انگلیسی)
۱	رنگ پارامغناطیس	Paramagnetic paint
۲	رنگ ضدجعل اسناد	Anti-forgery paint
۳	رنگ کلستریک	Cholesteric paint
۴	رنگ خودترمیم‌شونده	Self-healing paint

ادامه جدول ۱-۲ فناوری‌های مورد بررسی در مطالعه حاضر

ردیف	نام فناوری (فارسی)	نام فناوری (انگلیسی)
۵	رنگ حساس به فشار	Pressure sensitive paint
۶	رنگ لومینسانس، رنگ‌های درخشنده	Luminous paint
۷	رنگ مقاوم به حرارت	Heat resistance paint
۸	رنگ ضدنوشتار	Anti graphitic paint
۹	رنگ ضدقارچ	Anti fungal paint
۱۰	رنگ تابشی خنک‌کننده	Radiative cooling paint
۱۱	رنگ ضدلغزش	Anti-slip paint
۱۲	رنگ خورشیدی	Solar paint
۱۳	رنگ ترموکرومیک	Thermochromic paint
۱۴	رنگ عایق صدا	Acoustic paint
۱۵	رنگ حرارت‌زا	Heating paint
۱۶	رنگ رسانا	Conductive paint
۱۷	رنگ طیف نوری متفاوت در زوایای متفاوت	Flop effect paint
۱۸	رنگ ترافیکی	Traffic paint
۱۹	رنگ مغناطیسی	Magnetic paint

۱-۲ تدوین شناسنامه‌های اختصاصی

با توجه به تجربیات موجود در ستاد فناوری نانو، قالبی برای گردآوری داده‌ها و اطلاعات در مورد هر یک از رنگ‌های مذکور تحت عنوان «شناسنامه فناوری» تدوین شد. این شناسنامه در سه بخش به توصیف کلی فناوری، وضعیت فناوری در سطح بین‌المللی و وضعیت فناوری در سطح کشور می‌پردازد. بر اساس مجموعه‌ای مطالعات کتابخانه‌ای و رجوع به آرای متخصصان، شناسنامه برای هر یک از ۱۹ فناوری مذکور تکمیل شد. فصل‌های آتی به‌تفصیل به شناسنامه‌های تدوین شده برای هر یک از رنگ‌های ۱۹ گانه اختصاص دارد.

۱-۳ گام‌های آتی

انتشار مطالعات انجام‌گرفته تاکنون می‌تواند به ارتقای سطح آگاهی از تحولات جاری در حوزه رنگ و رزین در میان محققان، متخصصان و صاحبان صنایع کمک کند. با این حال و از منظری دیگر، این مطالعات مقدمه‌ای برای شناسایی فناوری‌های نویدبخشی هستند که می‌توان آن‌ها را به‌عنوان اولویت‌های کاری ستاد توسعه فناوری در سال‌های آینده در نظر گرفت. با توجه به این نکته، یک مطالعه اولویت‌گذاری فناوری در حال انجام است که مطالعات حاضر به‌عنوان بخشی از ورودی‌های آن مدنظر قرار می‌گیرند. با انجام گام‌های بعدی، انتظار می‌رود که برخی از فناوری‌های ۱۹ گانه مذکور به‌عنوان اولویت‌های کوتاه‌مدت یا میان‌مدت در حوزه رنگ و رزین برگزیده شوند. گزارش‌های مربوط به این مطالعه اولویت‌گذاری پس از انجام و تدوین به انتشار خواهد رسید.

تشکر و قدردانی

ضمن تشکر فراوان از اساتید محترمی که علی‌رغم مشغله‌های زیادی که داشتند قبول زحمت کرده و به‌عنوان ویراستارفنی در ویرایش مطالب این کتاب همکاری کرده‌اند، اسامی این عزیزان به شرح زیر است:

شماره فصل	اساتید	دانشگاه	نام فناوری (فارسی)	نام فناوری (انگلیسی)
۲	دکتر صمد صباغی	دانشگاه شیراز	رنگ پارامغناطیس	Paramagnetic paint
۳	دکتر حسین روغنی ممقانی	دانشگاه سهند تبریز	رنگ ضدجعل اسناد	Anti-forgery paint
۴	دکتر محمدصادق ذاکر حمیدی	دانشگاه تبریز	رنگ کلستریک	Cholesteric paint
۵	دکتر محمد مهدویان احدی	پژوهشگاه رنگ	رنگ خودترمیم‌شونده	Self-healing paint
۶	دکتر علیرضا مهدویان	پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی	رنگ حساس به فشار	Pressure sensitive paint
۷	دکتر الهه مصدق	دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان	رنگ لومینسانس، رنگ‌های درخشنده	Luminous paint
۸	دکتر حسین یحیایی	دانشگاه امیرکبیر	رنگ مقاوم به حرارت بالا	Heat resistance paint
۹	دکتر جواد سرگلزایی	دانشگاه فردوسی مشهد	رنگ ضدنوشتار	Anti graphitic paint
۱۰	دکتر مجید منتظر	دانشگاه امیرکبیر	رنگ ضدقارچ	Anti fungal paint
۱۱	دکتر مهدی بانشی	دانشگاه شیراز	رنگ تابشی خنک‌کننده	Radiative cooling paint
۱۲	دکتر مسعود صلواتی نیاسری	دانشگاه کاشان	رنگ ضدلغزش	Anti-slip paint
۱۳	دکتر غلامعلی فرزی	دانشگاه حکیم سبزواری	رنگ خورشیدی	Solar paint
۱۴	دکتر مسعود صلواتی نیاسری	دانشگاه کاشان	رنگ ترموکرومیک	Thermochromic paint
۱۵	دکتر محمد ابراهیم‌نیا	دانشگاه تربیت مدرس	رنگ عایق صدا	Acoustic paint
۱۶	دکتر حسین یحیای	دانشگاه امیرکبیر	رنگ حرارت‌زا	Heating paint
۱۷	دکتر فرزاد نصیرپوری	دانشگاه سهند تبریز	رنگ رسانا	Conductive paint
۱۸	دکتر محمد ابراهیم‌نیا	دانشگاه تربیت مدرس	رنگ طیف نوری متفاوت در زوایای متفاوت	Flop effect paint
۱۹	دکتر مهدی جهانفر، دکتر مریم طاهری	دانشگاه شهید بهشتی	رنگ ترافیکی	Traffic paint
۲۰	دکتر علیرضا علافچیان	دانشگاه صنعتی اصفهان	رنگ مغناطیسی	Magnetic paint

در انتها وظیفه خود می‌دانم از راهنمایی‌ها و حمایت جناب دکتر احمدوند دبیر محترم ستاد ویژه توسعه فناوری نانو صمیمانه تشکر کنم. همچنین از همکاری و زحمات همکاران خوبم به‌ویژه دکتر محمد ابراهیم‌نیا[۵]، دکتر علی چاپرک[۶]، مهندس مهرداد رزاقیان قادیکلائی[۷]، دکتر احسان شکاریان (مدیر کارگروه توسعه فناوری و نوآوری) و از همه عزیزان دیگر که به نحوی مشوق ما برای تهیه و گردآوری این کتاب بودند، کمال سپاسگزاری را دارم.

بدیهی است کتاب حاضر و محتوای آن بدون اشکال و ایراد نبوده است. مشتاقانه منتظر ارائه نظرات از جانب شما خوانندگان گرامی هستیم. موجب امتنان است نقطه نظرات خود را از طریق ایمیل Yoosefi@nano.ir با ما در میان بگذارید.

خدایا چنان کن سرانجام کار که تو خشنود باشی و ما رستگار.

محمد یوسفی
کارشناس‌ارشد توسعه فناوری نانو در حوزه عمران
ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
تابستان۱۴۰۲

پی‌نوشت‌ها

۱- SiO_2
۲- ZnO
۳- Ag
۴- Arosil

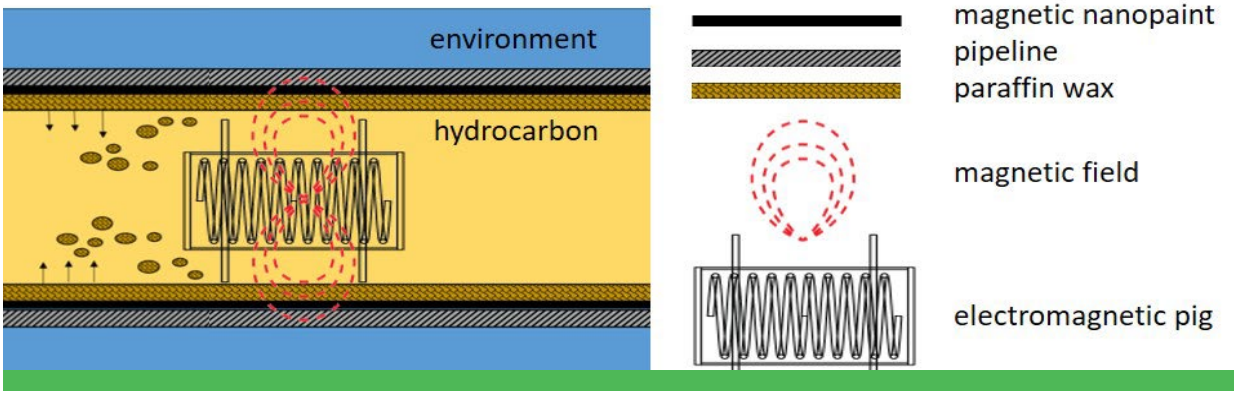
۵- دکترای متالورژی از دانشگاه تربیت مدرس
۶- عضو هیئت‌علمی پژوهشگاه نیرو
۷- دانش‌آموخته عمران (سازه) از دانشگاه علم و صنعت

۲ رنگ حاوی نانوذرات پارامغناطیسی با کاربرد در پیگینگ

۲-۱ توصیف عمومی فناوری

۲-۱-۱ ویژگی مورد انتظار از فناوری (فناوری مبتنی بر این ویژگی چه کار می‌کند؟)

رنگ حاوی نانوذرات پارامغناطیسی[۱] برای رنگ‌آمیزی جدار داخلی لوله‌ها (خصوصاً لوله‌های نفت‌وگاز و فاضلاب) استفاده می‌شود. هنگام بازرسی خطوط لوله که اصطلاحاً «پیگینگ»[۲] نامیده می‌شود، دستگاه پیگینگ با هدف تمیزکردن لوله‌ها درون آن‌ها حرکت و امواج الکترومغناطیس ساطع می‌کند. نانوذرات در اثر امواج گرم می‌شوند. در نتیجه، موم و دیگر ذرات چسبیده به جداره داخلی جدا می‌شود و همراه با سیال در لوله به حرکت درمی‌آید.



شکل ۲-۱- نمای کلی از به کارگیری رنگ پارامغناطیسی در لوله‌ها

۲-۱-۲ کاربردهای محتمل این ویژگی و فناوری (به‌طور خاص، در حوزه‌های ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

کاربرد اصلی این فناوری در صنعت نفت و پتروشیمی است.

۲-۱-۳ محصولات توسعه یافته یا در حال توسعه بر اساس این فناوری

یکی از جدیدترین دستاوردها در زمینه نانوذرات در کاربردهای رنگی و رزین، توسعه رنگ‌های مبتنی بر نانوذرات است که عملکرد بهتری را در مقایسه با رنگ‌دانه‌ها و رنگ‌های سنتی ارائه می‌دهد. این رنگ‌های مبتنی بر نانوذرات دارای چندین مزیت از جمله دوام بیشتر، افزایش مقاومت در برابر اشعه ماوراءبنفش و بهبود اشباع رنگ هستند. علاوه بر این، محققان روش‌های جدیدی را برای ترکیب نانوذرات در رزین‌ها ابداع کرده‌اند که می‌تواند ویژگی‌های عملکردی منحصربه‌فردی مانند افزایش استحکام مکانیکی، پایداری حرارتی و مقاومت شیمیایی را ایجاد کند. به‌عنوان مثال، مطالعات اخیر نشان داده است که افزودن نانوذرات سیلیس به رزین‌های اپوکسی می‌تواند استحکام و چقرمگی آن‌ها را به میزان قابل‌توجهی افزایش دهد. به‌طور کلی کاربرد نانوذرات در کاربردهای رنگی و رزینی همچنان یک حوزه فعال تحقیقاتی است و پیشرفت‌ها و نوآوری‌های جدید به‌طور مرتب انجام می‌شود.

۲-۱-۴ مزیت (های) کلیدی این فناوری (کاهش قیمت، سهولت اجرا، رفع نیازی که تاکنون برآورده نشده و...)

با توجه به اینکه ظرفیت گرمایی نانوذرات پارامغناطیس بالاست، این روش موردتوجه قرار گرفته است. مزیت مورد انتظار این است که هزینه پیگینگ کاهش پیدا کند. این روش خصوصاً در مناطق سرد و لوله‌های زیر دریا کاربرد دارد که در آن‌ها، موم و ذرات هیدروکربنی بیشتری روی جداره داخلی لوله‌ها رسوب می‌کنند. تشکیل رسوب از زمانی که دمای نفت به زیر ۴۰ درجه سانتی گراد می‌رسد، آغاز می‌شود. دمای موردنیاز برای ذوب‌شدن موم رسوبی حدود ۴۰-۵۰ درجه سانتی گراد است.

۲-۱-۵ نانوذرات بهره گرفته شده در این فناوری (از چه فناوری‌های نانویی برای تولید یا به کارگیری محصولات بهره گرفته می‌شود؟)

ذرات پارامغناطیس معمولاً در پیگینگ خط لوله برای تمیزکردن و بازرسی خطوط لوله استفاده می‌شود. چند نمونه از ذرات پارامغناطیس که می‌توانند در رنگ برای کاربردهای پیگینگ استفاده شوند عبارت‌اند از:

- **ذرات اکسید آهن:** این ذرات یکی از رایج‌ترین انواع ذرات پارامغناطیس در کاربردهای پیگینگ هستند. ذرات اکسید آهن بسیار مغناطیسی هستند و با استفاده از فناوری نشت شار مغناطیسی (MFL) به‌راحتی قابل‌تشخیص هستند.

- **ذرات آهن با پوشش نیکل:**
این ذرات دارای حساسیت مغناطیسی بالایی هستند و می‌توانند برای تشخیص عیوب محوری و عرضی در خطوط لوله استفاده شوند.

- **ذرات مبتنی بر گادولینیم:**
این ذرات دارای گشتاور مغناطیسی بالایی هستند و می‌توان از آن‌ها برای اهداف تصویربرداری و تشخیص استفاده کرد. آن‌ها همچنین زیست سازگار هستند و می‌توانند در کاربردهای پزشکی استفاده شوند.

- **ذرات اکسید دیسپروزیم:**
این ذرات دارای گشتاور مغناطیسی بالایی هستند و با استفاده از فناوری MFL به‌راحتی قابل‌تشخیص هستند. آن‌ها همچنین در برابر اکسیداسیون مقاوم هستند و می‌توان از آن‌ها در محیط‌های سخت استفاده کرد.

ترکیب این ذرات پارامغناطیس در رنگ برای کاربردهای پیگینگ می‌تواند به بهبود بازرسی خط لوله و کارایی تمیزکردن کمک کند و در عین حال زمان خرابی و هزینه‌های تعمیر و نگهداری را کاهش دهد.

۲-۱-۶ زنجیره ارزش کاربردهای مبتنی بر این فناوری (از تولید نانوذرات اولیه تا تولید محصول میانی تا تولید محصول نهایی و به کارگیری محصول)

روش سنتز ذرات پارامغناطیس می‌تواند بسته به ذره خاصی که سنتز می‌شود، متفاوت باشد.

ذرات اکسید آهن:

سنتز ذرات اکسید آهن به‌طور معمول شامل رسوب نمک‌های آهن در یک محلول اساسی و به‌دنبال اکسیداسیون و رشد ذرات است. یکی از روش‌های رایج، روش هم‌رسوبی است که در آن نمک‌های آهن با پایه‌ای مانند هیدروکسید آمونیوم رسوب می‌کنند. سپس رسوب حاصل شسته و خشک می‌شود تا ذرات اکسید آهن تولید شود.

ذرات آهن پوشش داده شده با نیکل:

این ذرات معمولاً با احیای نمک‌های نیکل و آهن در محلولی حاوی یک عامل کاهنده و یک سورفکتانت سنتز می‌شوند. فرایند کاهش منجر به تشکیل ذرات آهن با پوشش نیکل می‌شود. سپس ذرات شسته و خشک می‌شوند تا هرگونه ناخالصی از بین برود.

ذرات مبتنی بر گادولینیم:

ذرات مبتنی بر گادولینیم را می‌توان از طریق روش‌های مختلفی از جمله رسوب هم‌زمان، سنتز هیدروترمال و روش‌های سل-ژل سنتز کرد. یکی از روش‌های رایج، روش هم‌رسوبی است که در آن نمک‌های گادولینیم با پایه‌ای مانند هیدروکسید آمونیوم رسوب می‌کنند. سپس رسوب حاصل شسته و خشک می‌شود تا ذرات مبتنی بر گادولینیوم تولید شود.

ذرات اکسید دیسپروزیم:

ذرات اکسید دیسپروزیم را می‌توان از طریق روش‌های مختلفی از جمله رسوب هم‌زمان، سنتز هیدروترمال و روش‌های سل-ژل سنتز کرد. یکی از روش‌های رایج، روش هم‌رسوبی است که در آن نمک‌های دیسپروزیم با پایه‌ای مانند هیدروکسید آمونیوم رسوب می‌کنند. سپس رسوب حاصل شسته و خشک می‌شود تا ذرات اکسید دیسپروزیم تولید شود.

به‌طور کلی، سنتز ذرات پارامغناطیس به کنترل دقیق شرایط واکنش مانند دما، pH و غلظت واکنش‌دهنده نیاز دارد تا از تشکیل ذرات با کیفیت بالا اطمینان حاصل شود.

۲-۱-۷ فناوری‌های رقیب (از چه شیوه‌های دیگری برای رفع نیاز مرتبط با این فناوری بهره گرفته می‌شود؟)

در حال حاضر، سه رویکرد گرمایی، شیمیایی و مکانیکی برای تمیزکردن رسوبات درون لوله‌ها به کار گرفته می‌شوند. روش جدید الکترومغناطیسی در نهایت به رویکرد گرمایی تعلق پیدا می‌کند.

۲-۱-۸ فناوری‌های مکمل (برای توسعه محصولات در هر یک از کاربردهای ذکرشده به چه فناوری‌های دیگری نیاز وجود دارد؟)

این روش به تجهیزاتی برای پیگینگ نیاز دارد که امواج الکترومغناطیس مناسب را ساطع کنند.

چندین فناوری وجود دارد که می‌تواند کارایی ذرات پارامغناطیس در رنگ را برای کاربردهای پیگینگ بهبود بخشد. در ادامه چند نمونه ذکر می‌شود.

فناوری نشت شار مغناطیسی (MFL)

MFL یک تکنیک تست غیرمخرب است که از میدان‌های مغناطیسی برای تشخیص و اندازه‌گیری ناهنجاری‌ها در خطوط لوله استفاده می‌کند. این فناوری معمولاً همراه با ذرات پارامغناطیس برای تشخیص عیوب مانند خوردگی، ترک‌ها و گودال‌ها در خطوط لوله استفاده می‌شود.

تست اولتراسونیک (UT)

UT یکی دیگر از روش‌های تست غیرمخرب است که از امواج صوتی با فرکانس بالا برای تشخیص عیوب در خطوط لوله استفاده می‌کند. UT می‌تواند برای شناسایی و اندازه‌گیری اندازه و محل عیوب در خطوط لوله استفاده شود و آن را به ابزاری ارزشمند برای بازرسی خطوط لوله تبدیل می‌کند.

بازرسی ذرات مغناطیسی (MPI):

MPI یک روش آزمایشی است که شامل اعمال میدان مغناطیسی به یک ماده فرومغناطیسی و سپس به‌کارگیری یک سوسپانسیون مغناطیسی حاوی ذرات پارامغناطیس است. ذرات در مناطقی که میدان مغناطیسی ناپیوسته وجود دارد، تجمع می‌کنند و هر گونه نقص احتمالی را برجسته می‌کنند.

تکنیک‌های تصویربرداری با وضوح بالا:

تکنیک‌هایی مانند میکروسکوپ الکترونی و میکروسکوپ الکترونی عبوری را می‌توان برای به دست آوردن تصاویر با وضوح بالا از ذرات استفاده کرد و محققان را قادر می‌سازد اندازه، شکل و توزیع آن‌ها را در رنگ بهتر درک کنند.

با استفاده از این فناوری‌ها در ترکیب با رنگ حاوی ذرات پارامغناطیس، می‌توان دقت و کارایی فرایندهای بازرسی و تمیزکردن خطوط لوله را بهبود بخشید.

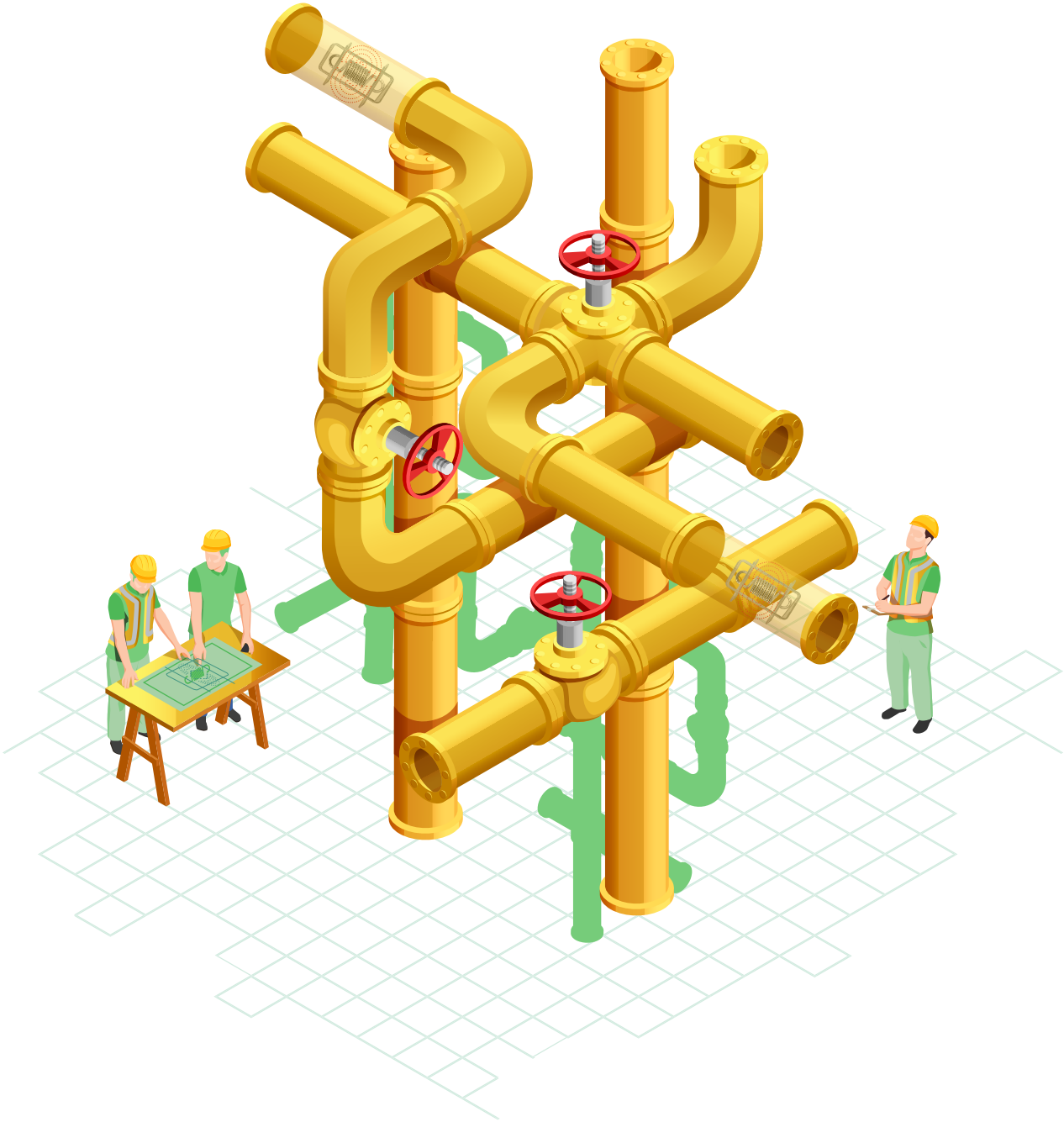
۲-۱-۹ فرصت‌های تحقیقاتی که امکان دارد براثر فعالیت در این زمینه پدید آید.
(آیا فعالیت در این زمینه فرصت‌های تحقیقاتی را در حوزه‌های مرتبط پدید می‌آورد یا این اثر/فناوری نسبتاً منزوی است؟)

حوزه ذرات پارامغناطیس به‌دلیل کاربردهای بالقوه آن در زمینه‌های مختلف مانند تصویربرداری زیست پزشکی، دارورسانی و نظارت بر محیط‌زیست موضوع مورد علاقه و تحقیقات زیادی در سال‌های اخیر بوده است. در زمینه رنگ حاوی ذرات پارامغناطیس برای استفاده در پیگینگ، چندین فرصت تحقیقاتی ممکن است وجود داشته باشد.
یکی از حوزه‌های تحقیقاتی می‌تواند بر بهینه‌سازی خواص ذرات پارامغناطیس برای افزایش اثربخشی آن‌ها در کاربردهای پیگینگ تمرکز کند.
این می‌تواند شامل بررسی خواص فیزیکی و شیمیایی ذرات، مانند اندازه، شکل، و شیمی سطح آن‌ها و اینکه چگونه این عوامل بر رفتار آن‌ها در یک ماتریس رنگ تأثیر می‌گذارد، باشد. یکی دیگر از زمینه‌های تحقیق می‌تواند توسعه تکنیک‌های جدید برای نظارت بر توزیع و غلظت ذرات پارامغناطیس در رنگ باشد. این می‌تواند شامل استفاده از تکنیک‌های تصویربرداری پیشرفته مانند تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI) یا تصویربرداری ذرات مغناطیسی (MPI) باشد که می‌تواند روش‌های غیرتهاجمی و بسیار حساس را برای تشخیص و تعیین کمیت حضور ذرات پارامغناطیس ارائه دهد.
علاوه بر این، استفاده از ذرات پارامغناطیس در فرمول‌های رنگ برای پیگینگ می‌تواند راه‌های جدیدی را برای تحقیقات در زمینه‌های مرتبط مانند حفاظت در برابر خوردگی، پوشش‌ها و علم مواد باز کند.

بـرای مثـال، تحقیقات می‌تواند تأثیر ذرات پارامغناطیس را بر دوام و عملکرد پوشـش‌های رنگ یا بر تعامل بین ذرات و سـایر اجزای فرایند پیگینگ بررسی کند.
در مجموع، در حالی که زمینه ذرات پارامغناطیس برای رنگ‌های حاوی کاربردهای پیگینگ ممکن است نسبتاً منزوی باشد، پتانسیل قابل‌توجهـی بـرای تحقیقات بین رشـته‌ای و همکاری بـا زمینه‌های مرتبط و همچنیـن فرصت‌هایی برای تحقیقات اساسـی در مورد خواص و رفتار این ذرات وجود دارد.

۲-۱-۱۰ اهمیـت فعالیـت در ایـن زمینه از نظر اجتماعـی یا راهبردی (آیـا این اثر/فنـاوری به حل یا کاهش شدت یک مسئله اجتماعی، محیط‌زیستی یا سیاسی کمک می‌کند؟)

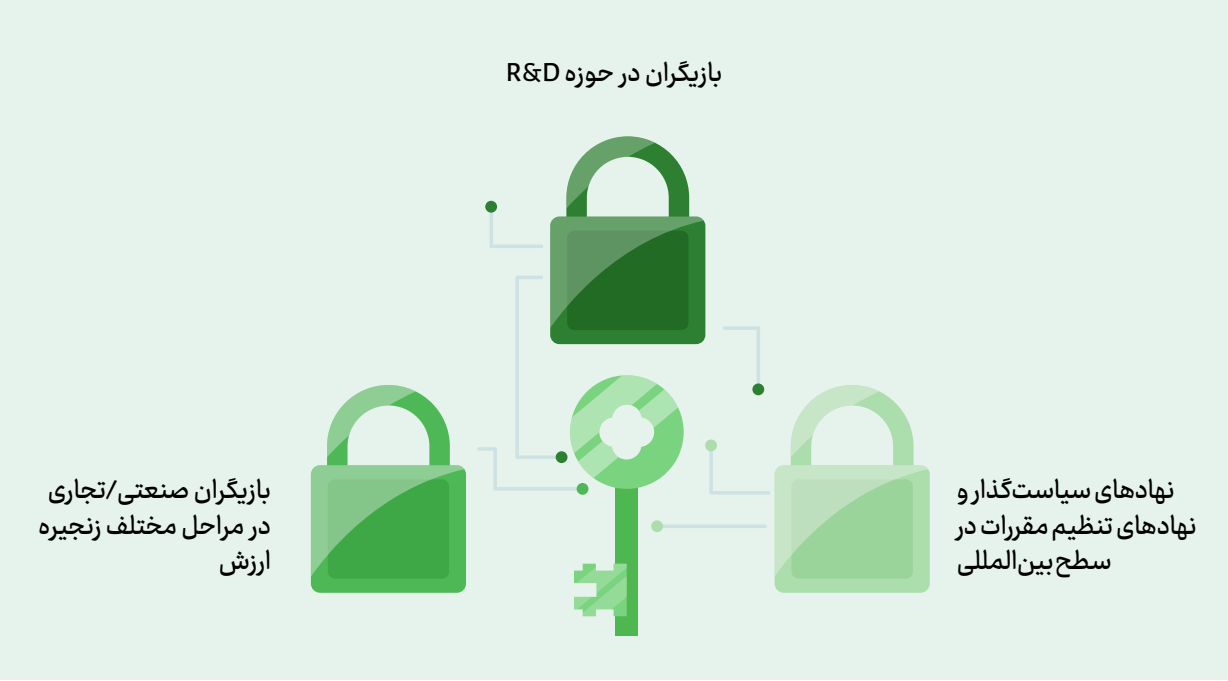
از نقطه نظر اجتماعی و اسـتراتژیک، اسـتفاده از ذرات پارامغناطیس در فرمولاسـیون رنگ برای پیگینگ دارای چندین مزیت بالقوه است. در مرحله اول، می‌تواند به کاهش اثرات محیط‌زیستی فرایندهای پیگینگ صنعتی کمک کند.
شـامل اسـتفاده از یک دسـتگاه (معروف به «خوک») برای تمیزکردن یا بازرسـی خطوط لوله اسـت و این فرایند می‌تواند مواد زائد قابل‌توجهی ایجاد کند.
بـا ترکیـب ذرات پارامغناطیس در رنگ مورداسـتفاده برای پیگینگ، ممکن اسـت بتوان فرکانس و شـدت عملیـات پیگینگ را کاهش داد و در نتیجـه میـزان ضایعـات تولیـد شـده را کاهش داد و اثـرات محیط‌زیسـتی را به حداقل رسـاند. همچنین اسـتفاده از ذرات پارامغناطیس در رنگ‌های پیگینگ می‌تواند ایمنی در محل کار را بهبود بخشد.
اسـتفاده از ذرات پارامغناطیـس می‌توانـد به کارآمدتر و موثرترکـردن عملیات پیگینگ کمک کند و نیاز کارگـران را برای قرار گرفتن در معرض شرایط خطرناک برای دوره‌های طولانی‌تری کاهش دهد.
در نهایت، از منظر اسـتراتژیک، توسـعه فناوری‌ها و مواد جدید برای کاربردهای صنعتی مانند پیگینگ برای حفظ رقابت در صنایعی که به چنین فرایندهایی متکی هستند، ضروری است. با سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه مواد جدید مانند رنگ‌های پیگینگ حاوی ذرات پارامغناطیـس، شـرکت‌ها می‌توانند مزیت رقابتی خود را حفظ کرده و به‌طور بالقـوه بازارها و جریان‌های درآمد جدیدی ایجاد کنند.
به‌طور خلاصه، در حالی که استفاده از ذرات پارامغناطیس در رنگ‌های پیگینگ ممکن است مستقیماً هیچ مشکل عمده اجتماعی، محیط‌زیسـتی یا سیاسـی را حل نکند، این پتانسیل را دارد که طیف وسیعی از مزایا را از نظر کاهش ضایعات، بهبود ایمنی محیط کار و حفظ رقابت‌پذیری در صنایع خاص ارائه دهد.



دستگاه پیگینگ با هدف تمیزکردن لوله‌ها امواج الکترومغناطیس ساطع می‌کند!

۲-۲ تحلیل بین‌المللی

۲-۲-۱ بازیگران کلیدی فعال در این فناوری



به نظر می‌رسد که این فناوری هنوز در مرحله تحقیق و توسعه است. یک مقاله در کنفرانسی در حوزه نفت در آلبرتا مربوط به سال ۲۰۱۹ کاربرد «بالقوه» این روش را در زمینه لوله‌های نفتی بررسی کرده است.[۳] مقاله دیگری از دانشگاه تگزاس در آوستین که در سال ۲۰۱۹ منتشر شده، اشاره می‌کند که این روش در سال ۲۰۱۵ در یک پایان‌نامه پیشنهاد شده است. نویسندگان با مدل‌سازی لوله و انجام ۲۴۰ شبیه‌سازی رایانه‌ای، پارامترهای این روش را بررسی کرده‌اند.[۴] با توجه به بررسی‌های اینترنتی، به نظر می‌رسد که این روش هنوز در مقیاس صنعتی به کار نمی‌رود. با این حال، برای اطمینان یافتن در این خصوص باید با متخصصان حوزه نفت گفتگو شود.

۲-۲-۲ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار

با توجه به اطلاعات موجود، نیاز به بهبود کیفیت پیگینگ و حفظ جریان لوله در نفت شناسایی و کمی‌سازی شده است. همچنین، اثر شناسایی شده و مطالعات شبیه‌سازی و تجربی درباره آن انجام شده است. بنابراین بر اساس اطلاعات موجود، می‌توان هم سطح آمادگی فناوری و هم سطح آمادگی بازار را برابر با ۴ برآورد کرد.



۲-۲-۳ موقعیت فناوری در چرخه عمر

این فناوری در مرحله جنینی قرار دارد و هنوز به‌عنوان یک محصول/خدمت به بازار عرضه نشده است.

۲-۲-۴ مهم‌ترین پیشران‌ها و چالش‌های پیش روی فناوری

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

استفاده از نانوذرات پارامغناطیس به‌عنوان ذرات اثربخش در رنگی که در جداره داخلی لوله‌ها استفاده شود، ملاحظات فنی متعددی را به همراه دارد. مهم‌ترین این موارد عبارت‌اند از: ظرفیت گرمایی نانوذرات، ویژگی پارامغناطیس آن‌ها و انرژی موردنیاز برای گرم‌کردن آن‌ها، دوام آن‌ها با توجه به تغییرات سطح دما در لوله (بین ۴ درجه در لوله‌های زیردریا تا حدود ۴۵ درجه سانتی‌گراد برای ذوب‌شدن موم و مواد هیدروکربنی) همچنین باید به‌سرعت حرکت پیگ در لوله و شکل هندسی لوله توجه نشان داد. در اینجا با یک مسئله طراحی مهندسی مواجه‌ایم و در نهایت، باید ملاحظات مربوط به هزینه در مقایسه با سایر روش‌ها مدنظر قرار گیرد. همچنانکه اشاره شد، این روش هنوز در مراحل آغازین توسعه خود قرار دارد.

راهنما

- عدم آمادگی برای ورود به بازار
- منطقهٔ گذار
- آمادگی برای ورود به بازار
- خارج از قطر: ریسک شکست فنی و / یا شکست بازار
- مدیریت فناوری: هدایت پروژه روی قطر

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی
مهم‌ترین پیشران این روش، کمترشدن هزینه پیگینگ در رویکرد گرمایی است.
با این حال، این اثر و فناوری مرتبط با آن بازار گوشه‌ای محدودی دارد و هنگام انتخاب فناوری در سطح ملی باید به این نکته توجه نشان داد.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)
روش‌های شیمیایی برای تمیزکردن سطح داخلی لوله‌ها با ملاحظات محیط‌زیستی گسترده‌ای همراه‌اند. از آنجا که در این روش، نانوذرات مصرف نمی‌شوند (اگرچه به تدریج از سطح داخلی جدا خواهند شد)، اثرات محیط‌زیستی در مقایسه با روش‌های شیمیایی کمتر به نظر می‌رسد.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)
از آنجا که این روش در صنایع نفتی به کار گرفته می‌شود، باید ملاحظات حقوقی مربوط به تغییر روش‌های تعمیر و نگهداری و پروتکل‌های داخلی این صنعت را مدنظر قرار داد. به‌طور کلی، صنعت نفت در مواجهه با روش‌های جدید، محافظه‌کارانه عمل می‌کند و تغییر یک رویه نیازمند آزمون‌های عملکردی و طی مراحل بوروکراتیک است. بنابراین، معرفی و پذیرش این محصول/خدمت جدید در بازار هدف باید موردتوجه قرار گیرد.

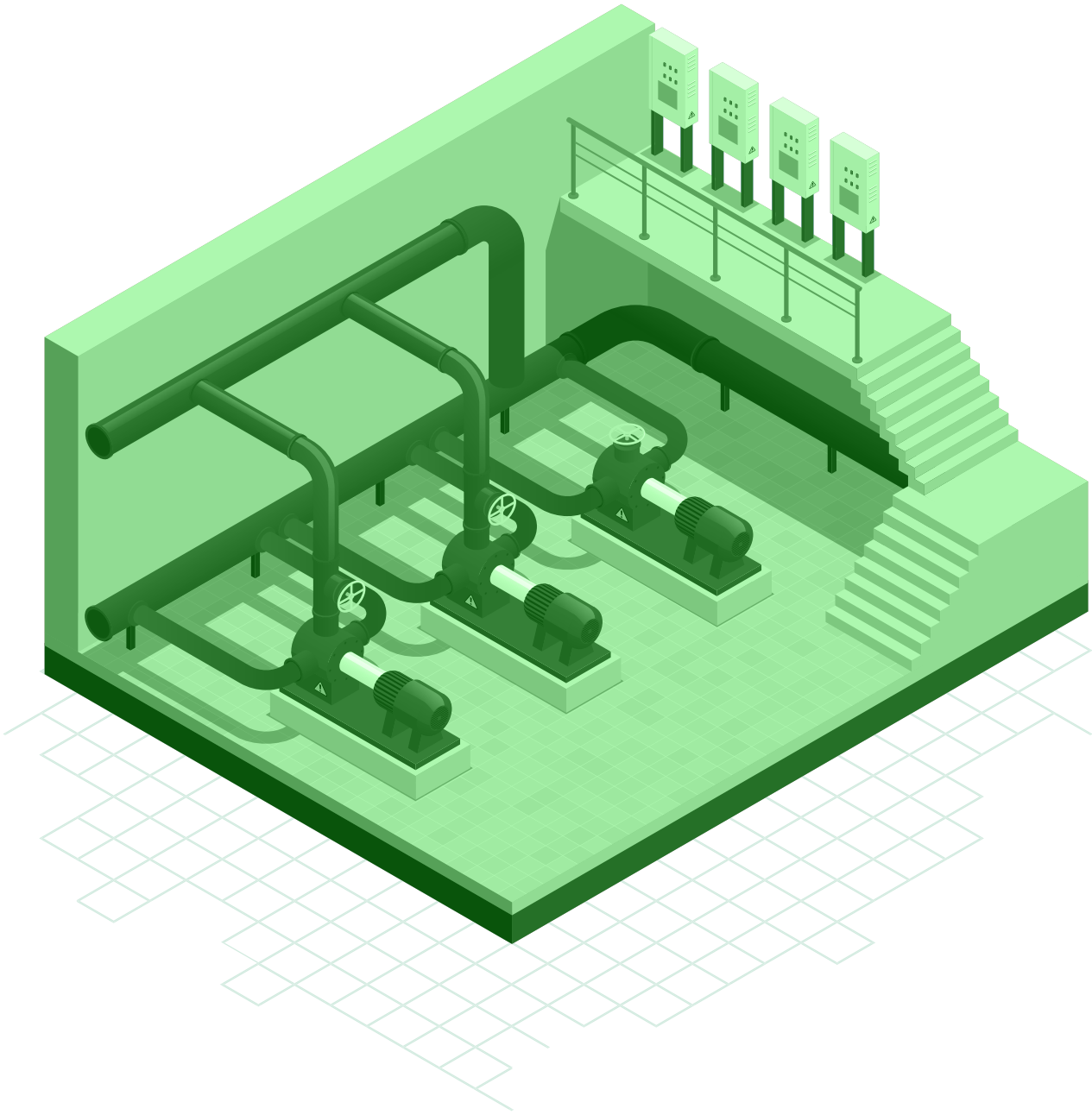
پیشنهاد می‌شود که پس از جمع‌آوری اطلاعات اولیه درباره سایر اثراتی که کاربست بالقوه در صنعت نفت دارند، گفتگوهایی با متخصصان در این صنعت انجام گیرد و فناوری‌ها به آن‌ها معرفی شود.

۲-۲-۵ اطلاعات موجود درباره تحلیل بازار در سطح جهانی

اطلاعاتی در این زمینه به دست نیامد.

۲-۲-۶ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در دنیا تأثیر بگذارد.

یکی از روندهایی که ظهور کرده است، تمرکز روزافزون بر توسعه روش‌های کارآمدتر و مؤثرتر برای ترکیب این ذرات در فرمولاسیون رنگ است. این امر شامل بررسی انواع مختلف ذرات، مانند نانوذرات اکسید آهن سوپرپارامغناطیس (SPION) و بهینه‌سازی اندازه، شکل و خواص سطحی آن‌ها برای استفاده در رنگ‌های پیگینگ است. روند دیگر توسعه تکنیک‌های جدید برای نظارت و تشخیص نانوذرات پارامغناطیس در رنگ‌های پیگینگ بوده است. این شامل استفاده از تکنیک‌های تصویربرداری پیشرفته مانند تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI) و تصویربرداری ذرات مغناطیسی (MPI) است که می‌تواند روش‌های بسیار حساس و غیرتهاجمی را برای تشخیص و تعیین کمیت حضور این ذرات ارائه دهد. با نگاهی به سال‌های آینده، چندین رویداد وجود دارد که می‌تواند بر توسعه و کاربرد نانوذرات پارامغناطیس برای فناوری‌های پیگینگ تأثیر بگذارد. یکی از عوامل کلیدی تقاضای فزاینده برای فرایندهای صنعتی پایدارتر و سازگار با محیط‌زیست است. این امر می‌تواند تحقیقات بیشتری را برای استفاده از نانوذرات پارامغناطیس برای کاهش ضایعات و بهبود کارایی عملیات پیگینگ انجام دهد. یکی دیگر از رویدادهای بالقوه‌ای که می‌تواند بر توسعه این فناوری‌ها تأثیر بگذارد، ظهور چارچوب‌های نظارتی یا استانداردهای جدید برای فرایندهای پیگینگ صنعتی است. این امر می‌تواند به بررسی دقیق‌تر مواد مورداستفاده در رنگ‌های پیگینگ، از جمله نانوذرات پارامغناطیسی منجر شود و می‌تواند از شرکت‌ها بخواهد که ایمنی و اثربخشی این مواد را نشان دهند. در نهایت، پیشرفت‌های مستمر در فناوری نانو و علم مواد می‌تواند منجر به توسعه انواع جدیدی از نانوذرات پارامغناطیس با خواص و ویژگی‌های عملکردی پیشرفته‌تر شود. این امر می‌تواند فرصت‌های جدیدی را برای استفاده از این ذرات در رنگ‌های پیگینگ و سایر کاربردهای صنعتی ایجاد کند.
به‌طور خلاصه، روندهای اخیر در زمینه نانوذرات پارامغناطیس برای استفاده در فناوری‌های پیگینگ بر بهبود عملکرد ذرات و روش‌های تشخیص متمرکز شده‌اند. با نگاهی به آینده، رویدادهایی مانند افزایش تقاضا برای فرایندهای پایدار و تغییر چارچوب‌های نظارتی می‌تواند بر توسعه و کاربرد این فناوری‌ها تأثیر بگذارد، در حالی که پیشرفت‌های مداوم در علم مواد می‌تواند نوآوری و اکتشاف بیشتر را هدایت کند.



نانوذرات پارامغناطیس به‌عنوان ذرات اثربخش در جداره داخلی لوله‌ها استفاده شود

۲-۳ تحلیل داخلی

۲-۳-۱ فعالیت‌های انجام گرفته در کشور

فعالیت‌های تحقیقاتی

(چه تیم‌هایی در کدام نهادها در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟
چه مقالاتی در این زمینه منتشر شده است؟
چه پایان‌نامه‌هایی نگارش شده است؟)
با توجه به بدیع بودن فناوری در دنیا، فعالیتی در این زمینه در کشور صورت نگرفته است.

فعالیت‌های توسعه محصول و تجاری‌سازی

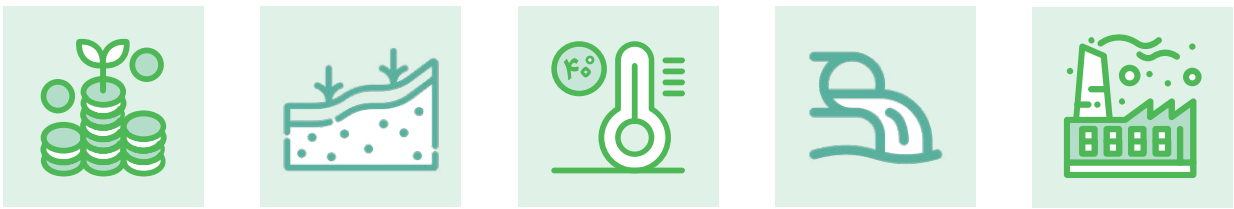
(آیا نمونه‌سازی انجام گرفته است؟
چه شرکت‌هایی برای توسعه محصول در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟
آیا محصولی مبتنی بر این فناوری در بازار به فروش می‌رسد؟
آیا شرکت‌های صنعتی بزرگ در این زمینه فعالیت می‌کنند؟
آیا شرکت‌های واردکننده در این زمینه فعالیت می‌کنند؟)
با توجه به بدیع بودن فناوری در دنیا، فعالیتی در این زمینه در کشور صورت نگرفته است.

فعالیت‌های سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری

با توجه به بدیع بودن فناوری در دنیا، فعالیتی در این زمینه در کشور صورت نگرفته است.

۲-۳-۲ کاربردهای احتمالی محصولات مبتنی بر این فناوری در کشور (خصوصاً کاربردهای مرتبط با سه حوزه ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

این فناوری به‌طور خاص در حوزه نفت و پتروشیمی کاربرد دارد. در عین حال، ممکن است در زمینه لوله‌های فاضلاب نیز با توجه به وجود مواد شیمیایی و آلی که ممکن است در جداره لوله‌ها رسوب کنند، کاربرد داشته باشد. نکته مهم که باید به آن توجه کرد این است که این فناوری هنگامی کاربرد پیدا می‌کند که رسوبات در اثر گرم‌شدن لایه رنگ پارامغناطیس از جداره جدا شده و به جریان درآیند. بنابراین، دمای لوله‌ها پیش از گرم‌کردن اهمیت پیدا می‌کند. با توجه به اینکه موم در دمای پایین‌تر از ۴۰ درجه سانتی‌گراد شکل می‌گیرد، نرخ تشکیل رسوب در مناطق مختلف ایران باید موردتوجه قرار گیرد. باید بررسی‌هایی در این خصوص انجام گیرد که این اثر در کدام یک از مناطق مختلف ایران و در مورد کدام دسته از لوله‌های انتقال می‌توانند کاربرد داشته باشند. همچنین از آنجا که مزیت موردنظر در این روش عمدتاً کاهش هزینه تعمیر و نگهداری خطوط لوله است، مطالعه هزینه/فایده در مقایسه با سایر روش‌ها ضروری است.





۲-۳-۳ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار در کشور

با توجه به توضیحات قبلی TRL=2 و MRL=2 است.

۲-۳-۴ وضعیت فناوری‌های رقیب و مکمل در کشور در هر یک از کاربردهای احتمالی

- فناوری نشت شار مغناطیسی (MFL)؛
- تست اولتراسونیک (UT)؛
- بازرسی ذرات مغناطیسی (MPI).

۲-۳-۵ میزان سرمایه‌گذاری موردنیاز برای توسعه این فناوری تا سطح نمونه‌سازی TRL6، برای تولید در مقیاس وسیع TRL8 تخمینی

با توجه به عدم تولید نمونه یا کار تحقیقاتی در حال حاضر امکان ارزیابی وجود ندارد.

۲-۳-۶ زیرساخت‌ها و منابع لازم برای توسعه فناوری، توسعه محصول و تجاری‌سازی در کشور

- منابع انسانی: وجود دارد
- زیرساخت آزمایشگاهی و نمونه‌سازی: وجود دارد
- زیرساخت تولید: وجود دارد
- منابع مالی: وجود دارد
- توانمندی‌های حفاظت از دارایی فکری: وجود دارد
- زیرساخت‌های بازاریابی، توزیع، فروش و خدمات پس از فروش:

وجود دارد، اساتید فعال در این بخش ارتباط خوبی با زنجیره ارزش حوزه نفت و پتروشیمی دارند که در صورت تولید این محصول، امکان بازاریابی و فروش را تسهیل خواهد کرد.

۲-۳-۷ پیشران‌ها و چالش‌های توسعه و تجاری‌سازی این فناوری در کشور

- پیشران‌ها و چالش‌های فنی

پایداری ذرات پارامغناطیس در محیط‌های خط لوله خشن (مانند دما، فشار و سیالات خورنده بالا) باید به دقت موردتوجه قرار گیرد. تشخیص ذرات پارامغناطیس نیازمند تجهیزات تخصصی و تخصص فنی است که ممکن است به‌راحتی در دسترس نباشد.

- پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

هزینه ترکیب ذرات پارامغناطیس در رنگ می‌تواند بیشتر از استفاده از رنگ‌دانه‌ها یا رنگ‌های سنتی باشد.

- پیشران‌ها و چالش‌های تقاضا
- پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)
- پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

۲-۳-۸ بازار داخلی محصولات مبتنی بر این فناوری در هر زنجیره ارزش

با توجه به بدیع بودن فناوری، هنوز اطلاعاتی وجود ندارد.

۲-۳-۹ فرصت‌های صادراتی برای شرکت‌های فعال ایرانی

در صورت تولید، امکان صادرات وجود خواهد داشت.

۲-۳-۱۰ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در کشور تأثیر بگذارد

استفاده از ذرات پارامغناطیس در رنگ برای کاربردهای پیگینگ نوید زیادی برای بهبود فرایندهای بازرسی و تمیزکردن خطوط لوله دارد. با این حال، چندین چالش و چشم‌انداز آینده نیز وجود دارد که باید در نظر گرفت. استفاده از ذرات پارامغناطیس در رنگ می‌تواند دقت و سرعت بازرسی خطوط لوله را بهبود بخشد و زمان خرابی و هزینه‌های تعمیر و نگهداری را کاهش دهد. ذرات پارامغناطیس قابلیت تشخیص برتر را در مقایسه با روش‌های سنتی ارائه می‌دهند که امکان تشخیص زودهنگام و اصلاح عیوب خط لوله را فراهم می‌کند. ادغام ذرات پارامغناطیس در فرمولاسیون رنگ یک فرایند نسبتاً ساده است که می‌تواند به‌راحتی برای مصارف صنعتی بزرگ شود. هزینه ترکیب ذرات پارامغناطیس در رنگ می‌تواند بیشتر از استفاده از رنگ‌دانه‌ها یا رنگ‌های سنتی باشد. پایداری ذرات پارامغناطیس در محیط‌های خط لوله خشن (مانند دما، فشار و سیالات خورنده بالا) باید به دقت موردتوجه قرار گیرد. تشخیص و تجزیه‌وتحلیل ذرات پارامغناطیس نیازمند تجهیزات تخصصی و تخصص فنی است که ممکن است به‌راحتی در دسترس نباشد. محققان به‌طور فعال در حال بررسی انواع جدیدی از ذرات پارامغناطیس با قابلیت تشخیص بهبود یافته و پایداری در محیط‌های خشن هستند. پیشرفت در فناوری‌های تصویربرداری و تشخیص برای بهبود دقت و کارایی بازرسی‌های خطوط لوله ادامه خواهد داشت. استفاده از هوش مصنوعی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های بازرسی‌های خط لوله می‌تواند به بهبود تشخیص و پیش‌بینی نقص کمک کند. به‌طور کلی، استفاده از ذرات پارامغناطیس در رنگ برای کاربردهای پیگینگ، حوزه‌ای هیجان‌انگیز از تحقیق و توسعه با مزایای بالقوه قابل‌توجهی برای صنعت نفت و گاز است. در حالی که مطمئناً چالش‌هایی وجود دارد که باید موردتوجه قرار گیرند، پیشرفت‌های مداوم در علم مواد، فناوری‌های تصویربرداری و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها احتمالاً باعث پیشرفت بیشتر در این زمینه می‌شود.



زیرساخت‌ها و منابع لازم برای توسعه فناوری، توسعه محصول و تجاری‌سازی در کشور

پی‌نوشت‌ها

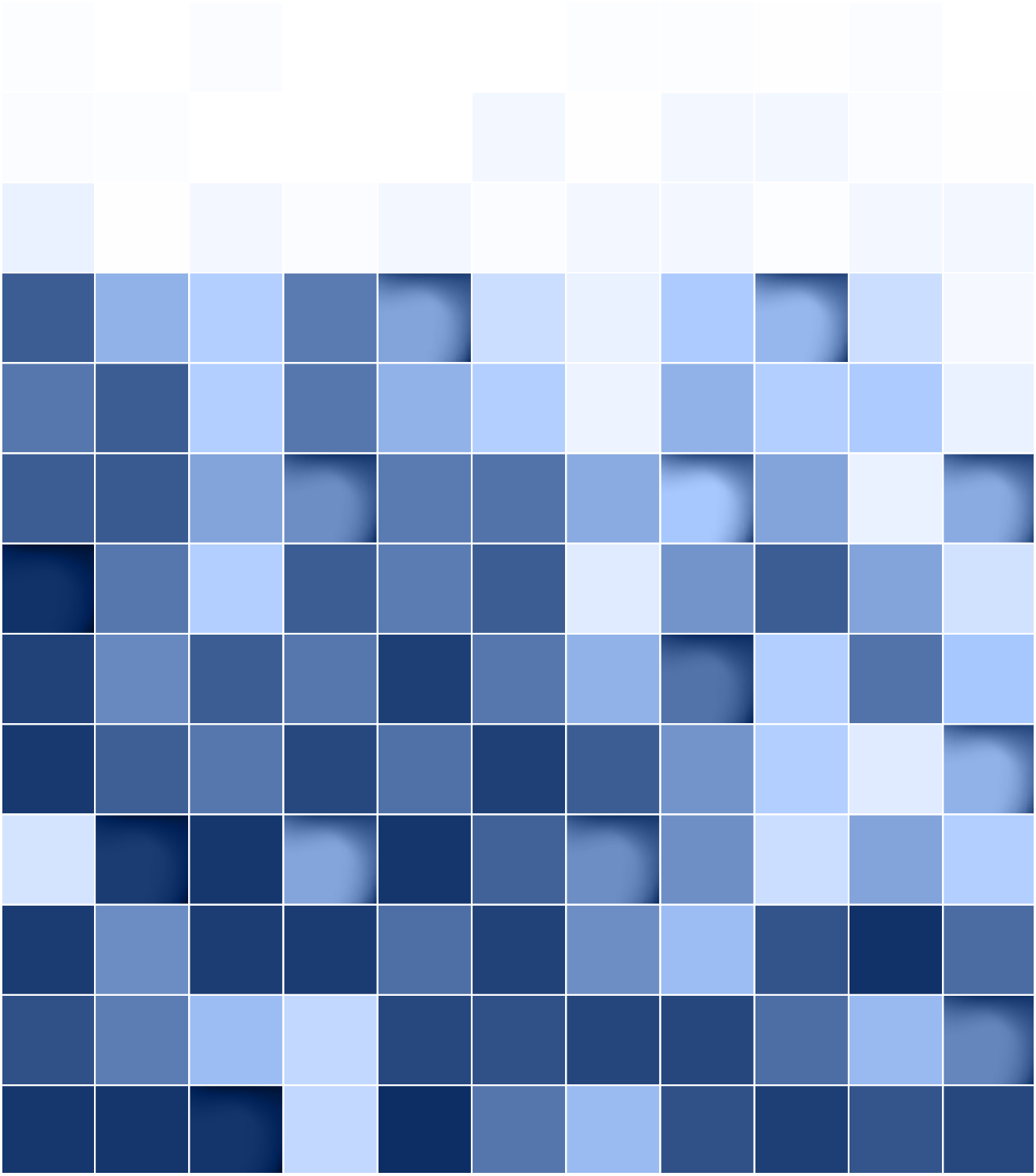
۱- Paramagnetic Paint

۲- PIG مخفف Pipeline Inspection Gauge است.

۳- https://onepetro.org/SPEATCE/proceedings-abstract/19ATCE/2-19ATCE/D021S026R005/217766?redirectedFrom=PDF

۴- https://www.researchgate.net/publication/333197497_Nanopaint_application_for_flow_assurance_with_electromagnetic_pig

۳ | جوهر و رنگ‌های ضدجعل هوشمند



۳-۱ توصیف عمومی فناوری

۳-۱-۱ ویژگی مورد انتظار از فناوری (فناوری مبتنی بر این ویژگی چه کار می‌کند؟)

یکی از معضلات بسیار مهم برای کشورها امنیت اسناد مهم و محرمانه آن‌هاست. کشورها باید از کپی‌شدن و جعل اسناد خود جلوگیری به عمل آورند و هزینه‌های بسیار زیادی در این زمینه انجام می‌شود. قابلیت تمایز در شرایط خاص و ایجاد یک اثر ویژه در یک محصول می‌تواند از کپی‌کردن غیرمجاز یا جعل اسناد و تقلب در ارائه محصول مشابه جلوگیری کند.
در فناوری جوهرهای ضدجعل هوشمند، ویژگی منحصربه‌فرد و خاص رنگ منجر به بروز علامت در شرایط خاص برای تأیید اصالت کالای موردنظر می‌شود. معمولاً این جوهرها با اعمال محرک خاص مانند تابش نور، تغییر میدان، اعمال جریان الکتریسیته یا تغییر حرارت یا فشار، علامتی را نشان می‌دهند که می‌تواند به‌صورت تغییر رنگ، مات یا روشن‌شدن یا تغییر براقیت یا ساطع‌شدن نور خاص دیده شود. اهمیت افزایش امنیت اسکناس، اسناد امنیتی و ملی (پاسپورت، کارت ملی و شناسنامه) و دیگر اسنادی که نیازمند این فناوری هستند، باعث شده است که سرمایه‌گذاری‌های عظیمی در زمینه ساخت و تولید جوهرهای ضدجعل[۱] جدید شود.
جوهرهای ضدجعل که در اسناد امنیتی هر کشور مورداستفاده قرار می‌گیرند، به‌طور انحصاری مربوط به همان کشورند و دستیابی افراد عادی به این فناوری می‌تواند منجر به افزایش جعل اسناد و اسکناس شود. بنابراین نیاز برای به‌روزرسانی و دستیابی به جوهرهای جدید که قابلیت جعل نداشته باشند، به یک معضل و مشکل اساسی برای برخی کشورها تبدیل شده است. به‌عنوان مثال، می‌توان به الیاف ضدجعل سه‌بعدی در اسکناس صد دلاری یا استفاده از جوهر فلورسانس با نشر قرمز در اسکناس یورو (صد یورویی) اشاره کرد که در واقع باعث افزایش قابل‌توجه امنیت این اسکناس‌ها شده است.
لازم به ذکر است که اکثر جوهرهای ضدجعل تجاری دارای رنگ‌های محدودی هستند که می‌توان آن‌ها را به‌صورت عمومی تهیه کرد. هر روزه می‌توان اخباری مبنی بر دستگیری جاعلان اسناد و اسکناس توسط نیروهای امنیتی شنید و این مشکل فقط با استفاده از جوهرهایی ویژه که فرایند تولید آن‌ها کاملاً انحصاری است، برطرف خواهد شد. جوهرهایی که در این زمینه مورداستفاده قرار می‌گیرند، عمدتاً دارای نشر شفاف فلورسانس در رنگ‌های مختلف زیر نور فرابنفش هستند. این مواد به‌طور کلی بر پایهٔ ترکیبات فوتوکرومیک[۲]، ترکیبات فلورسانس[۳]، نقاط کوانتومی[۴]، نقاط پلیمری[۵]، کمپلکس‌های فلزات نادر[۶] مثل لانتانیدها[۷]، پلیمرهای نیمه‌رسانا[۸] مثل پلی‌استیلن‌ها[۹] و همچنین نانوکریستال‌های فلورسانس[۱۰] هستند.

۳-۱-۲ کاربردهای محتمل این ویژگی و فناوری (به‌طور خاص، در حوزه‌های ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

کاربردهای این محصولات در چند بخش قابل‌توجه است. در بسیاری از محصولات تولیدی در شرکت‌های معتبر یا نوپا برای تضمین اصالت کالا و جلوگیری از جعل و کپی‌کردن آن، همچنین در کاربردهای امنیتی برای اطمینان از اصالت اسناد و اوراق بهادار مانند اسکناس‌ها و برگه‌های ضمانت و مانند آن‌ها می‌توان از این جوهرها در حالت‌های مختلف مانند مهر، پرینت، هولوگرام و دست‌نوشته استفاده کرد. برای مثال این جوهرها، در نقاشی‌ها به‌عنوان امضایی از خالق اثر، می‌تواند نشانگر اصالت و تمیزدادن اثر از کپی آن استفاده شود. در حوزه ایمنی، برای نشانگرها و علائم هشداردهنده می‌توان از این جوهرها که پاسخگویی خاص و منحصربه‌فردی به شرایط محیطی و محرک‌های مختلف دارند، استفاده کرد. این علائم در محیط‌های

حساس و با ضریب امنیتی بالا از نظر آتش‌سوزی یا انفجار بر روی تجهیزات تحت فشار یا دمای بالا در صنایع نفت، پالایش و پتروشیمی می‌توانند با تغییر رنگ، علائم هشداردهنده نشانگر تغییر دما در تجهیز را نشان دهند. در حوزه وسایل تزیینی نیز این رنگ‌ها را می‌توان برای ایجاد اثر خاص زیبایی یا ایجاد علائم دید در شب بر روی وسایل پوشیدنی به کار برد. در حوزه ساخت‌وساز، رنگ‌های مذکور می‌توانند در تولید علائم مورداستفاده در محیط به‌عنوان راهنما در شب یا به هنگام آتش‌سوزی برای افزایش ضریب ایمنی و راهنمای افراد به کار گرفته شوند. همچنین می‌توان از این جوهرها به‌صورت رنگ، روکش یا پوشش در ساخت پنجره‌ها یا برای ایجاد شرایط تغییر نوردهی در شیشه بر اساس میزان تغییر نور بیرونی استفاده کرد. در این حالت، معمولاً با تغییر شرایط مانند تغییر جریان الکتریسیته یا دما یا تغییر شدت نور ورودی، شرایط رنگ یا پوشش تغییر کرده و میزان نور عبوری یا انعکاس یافته تغییر می‌کند. در حوزه خودروسازی با استفاده از رنگ‌های پاسخ‌دهنده به تغییر دما یا نور، جوهرهای مذکور با تغییر دما یا نور محیط، تغییر رنگ می‌دهند و رنگ خودرو تغییر می‌کند.

۳-۱-۳ محصولات توسعه یافته یا در حال توسعه بر اساس این فناوری

محصولات مختلفی بر این اساس توسعه یافته‌اند که برخی از آن‌ها عبارت‌اند از:

جوهرهای ترموکرومیک

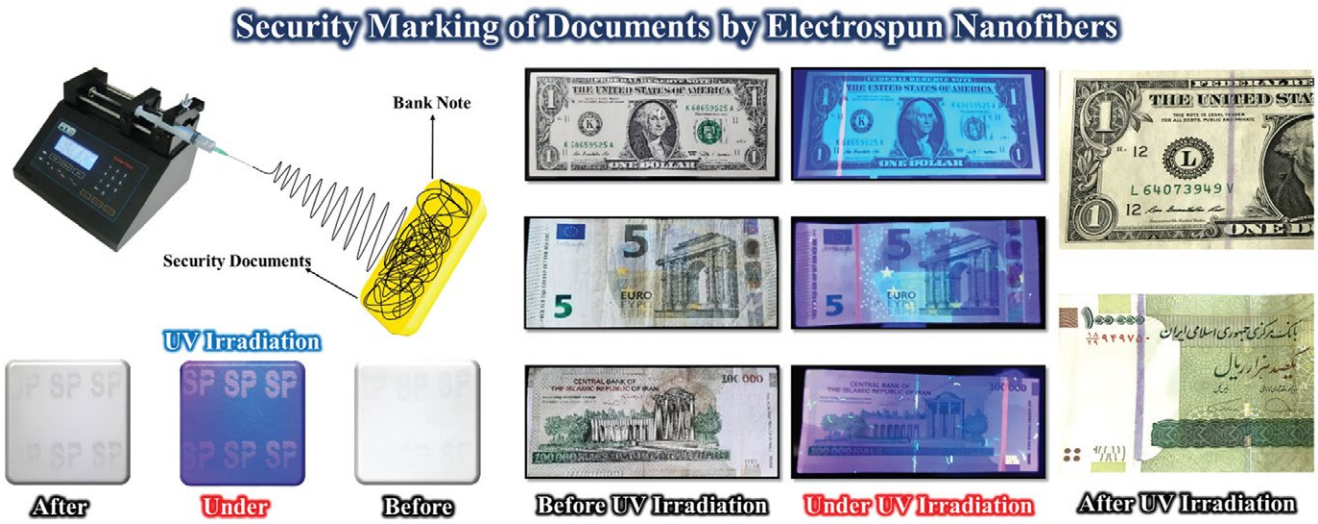
این جوهرها در اثر محرک دما از حالت بی‌رنگ به حالت رنگی یا برعکس تبدیل می‌شوند (شکل ۳-۱). در واقع این جوهرها در یک دامنه دمایی، بی‌رنگ هستند و با حرارت دیدن تا یک دمای مشخص، دارای رنگ می‌شوند. این جوهرها در رنگ‌های مختلف با دامنه دمایی مختلف موجودند. همچنین تعدادی از این محصولات فرایند بی‌برگشت تغییر رنگ دارند؛ یعنی در اثر تغییر دما در محیط، به صورتی دائمی به حالت رنگی درمی‌آیند و پس از آن، عکس این فرایند امکان‌پذیر نیست.



شکل ۳-۱ نمونه‌ای از کاربرد جوهرهای ترموکرومیک

جوهرهای فوتوکرومیک (فعال‌شده با نور[۱۱])

این جوهرها در شـرایط عدم تماس با نور فرابنفش، بی‌رنگ هسـتند و با تابش نور فرابنفش رنگی می‌شوند (شکل ۳-۲). در واقع، این رنگ‌دانه‌ها به نور خورشید نیز واکنش نشان می‌دهند و رنگ آن‌ها تغییر می‌یابد. ترکیبات فوتوکرومیک دارای انواع گسترده‌ای هستند که از میان آن‌ها می‌توان به اسـپایروپیران[۱۲]، اکسازولیدین[۱۳]، اکسازین[۱۴]، اسپایروکسـازین[۱۵]، آزوبنزن[۱۶]، فولجاید[۱۷]، بنزوپیران[۱۸] و دی‌آریل‌اتن[۱۹] اشاره کرد. این ترکیبات در سال‌های اخیر در انواع گسترده‌ای از مواد هوشمند مورداستفاده قرار گرفته‌اند.



شکل ۳-۲ نمونه‌ای از کاربرد جوهرهای فوتوکروم در اسناد ضدجعل امنیتی

رنگ‌دانه‌های متغیر نوری[۲۰]

این جوهرها یکی از پیچیده‌ترین نوع مواد ضدجعل اسناد هستند. این جوهرها در زوایای مختلف دید، به‌صورت چندرنگی رفتار می‌کنند، به نحوی که با نگاه‌کردن به آن‌ها از زوایای مختلف، رنگ‌های مختلفی دیده می‌شوند. (شکل ۳-۳) این جوهرها با سیستم‌های معمول کپی نمی‌شوند و برای جلوگیری از جعل اسناد بسیار مناسب هستند. همچنین در طراحی محصولات و بسته‌بندی محصولات برندهای معتبر و مهر و برچسب امنیتی اسناد و اوراق بهادار و حتی رنگ‌های خودرویی نیز به کار می‌روند.



شکل ۳-۳ رنگ‌دانه‌های متغیر نوری

جوهرهای لومینسانس

در این زمینه، می‌توان به انواع جوهرهای درخشنده در تاریکی[۲۱]، فسفرهای الکترولومینسانس[۲۲]، پودرهای فلورسانس ماورابنفش[۲۳] و پودرهای تهییج‌شده در نور مادون قرمز[۲۴] به‌عنوان جوهرهای ضدجعل اشاره کرد. به‌عنوان مثال، جوهرهای فلورسنت ماورابنفش که با ترکیبی از مواد فعال کمیاب[۲۵] و فلزاتی مانند روی و کادمیوم به‌شـکل سـولفید یا اکسـیدهای کمیاب پوسته زمین تولید می‌شوند، در زیر اشـعه ماورابنفش UV به‌شـکل رنگی یا در طیف‌های مختلف رنگی، بسـته به میزان عناصر فعال مورداستفاده در ترکیب آن‌ها نشان داده می‌شوند. این پودرها در نور مرئی به‌شکل بی‌رنگ یا سفید هستند. رنگ‌های UV ضدجعل می‌توانند طیف‌های رنگی متفاوتی مانند قرمز، زرد، صورتی، سـبز آبی، نارنجی و سـیاه داشـته باشند. این جوهرها بدون حضور نور UV به‌شکل بی‌رنگ و شفاف هستند. انواعی از

محصولات ضدجعل و کپی بر اساس جوهرهای نانویی مانند برچسب‌ها، هولوگرام‌ها، رنگ‌های چاپی، فیبرهای نورانی و تگ‌ها نیز برای افزایش امنیت محصولات طراحی و توسعه یافته‌اند.

۳-۱-۴ مزیت‌های کلیدی این فناوری (کاهش قیمت، سهولت اجرا، رفع نیازی که تاکنون برآورده نشده و...)

این فناوری برای ایجاد خاصیت ضدجعل بسیار کاربردی است. در واقع از آنجایی که توسط هیچ فرایندی قابل‌کپی‌شدن ندارد، نیازهای مربوط به امنیت و ضدجعل اسناد را برطرف می‌کند. بسیاری از پودرها و رنگ‌دانه‌های ضدجعل قابلیت اضافه‌کردن مستقیم به فرمولاسیون محصولات و مواد تولیدی مانند انواع پلاستیک‌ها، شیشه، رزین‌ها و پوشش‌ها را دارند. این رنگ‌ها یا محصولات مرتبط با آن‌ها در دامنه وسیع دمایی و شرایط رطوبتی دوام دارند و برای کاربردهای ضدجعل تا سال‌ها بر روی محصولات قابل‌استفاده هستند. تعدادی از آن‌ها در برابر اسید و دمای بالا نیز مقاوم هستند. جوهرهای پایه آبی با درصد بسیاری بالایی از آب در فرمولاسیون می‌توانند قیمت مناسب داشته و دوستدار محیط‌زیست باشند.

۳-۱-۵ نانوذرات بهره گرفته شده در این فناوری (از چه فناوری‌های نانویی برای تولید یا به‌کارگیری محصولات بهره گرفته می‌شود؟)

در محصولات بررسی شده، چند فناوری مورداستفاده قرار گرفته است:

- **جوهرهای ترموکرومیک:** میکروکپسول‌های ترموکرومیک به‌شکل پودری با ابعاد در حد میکرومتر هستند. این پودرها برای سیستم‌های غیرآبی طراحی شده‌اند و البته کاربرد آن محدود به این سیستم‌ها نیست.
- **جوهرهای فوتوکرومیک:** نانوذرات پلیمری فوتوکرومیک در اثر تابش نور فرابنفش از حالت بی‌رنگ به حالت رنگی تبدیل می‌شوند. ابعاد این کپسول‌ها از مقیاس نانو تا میکرون متغیر است.
- **جوهرهای بر پایهٔ کمپلکس‌های فلزات نادر**

دارای اندازه‌ای در حد میکرومتر هستند.

- **جوهرهای ضدجعل بر پایهٔ کوانتوم دات‌ها[۲۶]، کربن دات‌ها و پلیمردات‌ها:**

این مواد اندازه‌ای در حدود نانومتر دارند.

- **نانوذرات طلا، نقره و مغناطیسی در جوهر چاپ:**

جوهرهای بر پایهٔ نانوکریستال‌های مختلف اندازه‌های متنوع از نانومتر تا میکرومتر دارند.

۳-۱-۶ زنجیره ارزش کاربردهای مبتنی بر این فناوری (از تولید نانوذرات اولیه تا تولید محصول میانی تا تولید محصول نهایی و به کارگیری محصول)

زنجیره ارزش این محصولات را می‌توان به‌ترتیب زیر بیان کرد:

- تولید رنگ‌دانه‌ها و دای‌های دارای ویژگی‌های ضدجعل با استفاده از فناوری‌های سنتزی یا استخراجی؛
- تولید جوهر بر پایهٔ پلیمرهای مختلف، رزین‌ها و منابع طبیعی با استفاده از رنگ‌دانه‌ها و دای‌های موردنظر؛
- استفاده از جوهر در محصولات نهایی یا برای چاپ بر روی اوراق بهادار، گواهینامه‌ها، پاسپورت، بسته‌بندی مواد و...؛
- استفاده از جوهر در علامت‌گذاری امنیتی صنایع دستی؛
- تولید برچسب یا هولوگرام با استفاده از پرینترها و دستگاه‌های مخصوص چاپ؛
- استفاده در فرمولاسیون رنگ‌های هشداردهنده یا علائم مربوطه؛
- استفاده به‌صورت فیبرهای UV قابل‌کاشت در اسکناس و اوراق بهادار؛
- استفاده به‌صورت پوشش‌های با نشرهای متفاوت و به‌ویژه سفید در لامپ‌های LED.

۳-۱-۷ فناوری‌های رقیب
(از چه شیوه‌های دیگری برای رفع نیاز مرتبط با این فناوری بهره گرفته می‌شود؟)



کاغذهای دارای اثر واترمارک در اسناد رسمی و اوراق بهادار



فیبرهای نوری خاص مورداستفاده در اسکناس و اوراق بهادار

۳-۱-۸ فناوری‌های مکمل
(برای توسعه محصولات در هر یک از کاربردهای ذکرشده، به چه فناوری‌های دیگری نیاز وجود دارد؟)

ساخت رنگ، جوهر، علائم هشداردهنده و برچسب هرکدام به فناوری‌های خاص خود نیاز دارد. تجهیزات ساخت لوگو یا برچسب و هولوگرام نیز دارای فناوری‌های مخصوص به خود هستند. نیاز به پرینترهای خاص برای این امر نیز حائز اهمیت است. انواع پرینترهای چاپ روی کاغذ، منسوجات، روش‌های مختلف پرینت‌کردن و چاپ افست برای تولید برچسب و هولوگرام و محصولات مشابه استفاده می‌شوند. در خصوص تولید جوهرهای پایه آب و روغن، فناوری‌های ساخت محصولات فوق و پایدارسازی آن‌ها مهم است. در خصوص تولید پلیمرهای مربوط به این مواد نیز باید فناوری‌های ساخت در دسترس باشند.

۳-۱-۹ فرصت‌های تحقیقاتی که امکان دارد براثر فعالیت در این زمینه پدید آید.
(آیا فعالیت در این زمینه فرصت‌های تحقیقاتی را در حوزه‌های مرتبط پدید می‌آورد یا این اثر/فناوری نسبتاً منزوی است؟)

با توجه به گستردگی انواع جوهرهای ضدجعل، به نظر می‌رسد این حوزه دارای پتانسیل بالایی برای گسترش فعالیت‌ها و تولید رده‌ای از محصولات متنوع است. در واقع فناوری‌های تولید تا استفاده و اعمال این رنگ‌ها بر روی محصولات نیازمند توسعه ماشین‌آلات و خط تولید و فناوری‌های نوین است. علاوه بر فناوری‌های تولید، دستگاه‌های سنجش و شناسایی رنگ‌های ضدجعل برای شناسایی اصل بودن نیز باید توسعه یابند که خود یک حوزه جدید در تحقیقات و ساخت را شامل می‌شوند. این دستگاه‌ها مانند دستگاه‌های شناسایی اسکناس و پول تا ابزارهای نور UV برای شناسایی و ردیابی اصل از فرع و کپی باید ساخته و بومی‌شوند.

در این میان، جوهرهای پلیمری دارای اهمیت ویژه‌ای هستند؛ زیرا ماهیت پلیمری آن‌ها منجر به طول عمر بالاتر و حتی کاهش قیمت تمام‌شده خواهد شد. در واقع پلیمر علاوه براینکه از ترکیب آلی موردنظر در برابر تخریب‌های محیطی محافظت می‌کند، باعث کاهش مقدار غلظت رنگ مورداستفاده در جوهر نیز می‌شود. با این حال در انتخاب ترکیبات فلورسانس و فوتوکرومیک برای ساخت جوهر پلیمری، ترکیبات فوتوکرومیک ارجحیت بالاتری دارند؛ زیرا علاوه بر نشان‌دادن نشر فلورسانس[۲۷] تحت تابش فرابنفش[۲۸]، قادرند از حالت نامرئی یا غیررنگی به حالت مرئی یا رنگی تغییر حالت دهد. در نتیجه، جوهرهای ضدجعل فوتوکرومیک می‌توانند به‌طور هم‌زمان دو نشانه امنیتی را ایجاد کنند که این خود منجر به افزایش امنیت قابل‌توجه در اسناد امنیتی خواهد شد. پلیمرهای فوتوکرومیک یک دسته از پلیمرهای هوشمند[۲۹] یا پاسخگو به محرک[۳۰] محسوب می‌شوند که در سال‌های اخیر توجه بسیار زیادی را به خود جلب کرده‌اند و مقالات علمی متعددی نیز در این زمینه به چاپ رسیده است.

۳-۱-۱۰ اهمیت فعالیت در این زمینه از نظر اجتماعی یا راهبردی
(آیا این اثر/فناوری به حل یا کاهش شدت یک مسئله اجتماعی، محیط‌زیستی یا سیاسی کمک می‌کند؟)

از نظر راهبردی و اجتماعی، فعالیت در این زمینه بسیار مهم است. فناوری‌های مبتنی بر عدم جعل یا ایجاد ویژگی‌های خاص و منحصربه‌فرد روی کالاها و اسناد و اوراق بهادار دارای اهمیت بسیار زیادی برای امنیت عمومی جامعه هستند. در زمینه ورود به بازارهای جهانی در خصوص کالاهای خاص، استفاده از این فناوری‌ها مانع از جعل و کپی‌کردن کالاهای ایرانی می‌شود. همچنین در خصوص استفاده در اسناد و اوراق بهادار در صورت وارداتی بودن و وابستگی به خارج، راهبردی بودن دستیابی به این فناوری برای پیشگیری از ایجاد خلل و توقف در تولید اوراق بهادار و اسکناس بسیار واضح است.

۳-۲ تحلیل بین‌المللی

۳-۲-۱ بازیگران کلیدی فعال در این فناوری



در ادامه، به چند شرکت که در حوزه تولید رنگ‌دانه‌ها، دای‌ها و جوهرهای ضدجعل فعالیت می‌کنند، اشاره می‌شود:

شرکت چینی SMAROL[۳۱]

این شرکت از سال ۲۰۰۵ بر توسعه مواد جدید و هوشمند متمرکز شده است. حوزه اصلی فعالان این شرکت مواد هوشمندی است که بر اساس تغییرات محیطی مانند تغییرات دمایی، تغییرات نور، تغییر زاویه دید و تغییر تحت فشارهای مختلف، تغییر رنگ می‌دهند. این شرکت محصولات متنوعی را در حوزه مهم تأمین امنیت و ضدجعل ارائه می‌کند. این شرکت در مجموع، ۱۵ نوع جوهر را با خواص مختلف تولید کرده است که می‌توان آن‌ها را در دو مجموعه با تنوع در رنگ‌های ساطع شده شامل جوهرهای سری لومینسانس و سری چندرنگی دسته‌بندی کرد.

شرکت PingWei Anti-forgery Ink Limited[۳۲]

در حوزه ساخت جوهرهای چاپی ضدجعل فلورسنت در چین فعالیت می‌کند (شکل ۴). جوهرهای تولیدی این شرکت به دو دسته جوهرهای چاپی ضدجعل فلورسنت رنگی و جوهرهای چاپی ضدجعل فلورسنت بدون رنگ تقسیم می‌شود. در صورتی که کاراکتر یا قسمتی از سطح با جوهر اول چاپ شود، در نور مرئی دیده می‌شود و زیر نور UV فلورسنت می‌درخشد. در صورتی که کاراکتر با جوهر نامرئی چاپ شود، در نور عادی دیده نمی‌شود، اما در معرض نور UV فلورسنت دیده می‌شود و می‌درخشد. انواع دیگری از جوهرهای ضدجعل نیز در این شرکت قابل‌تولید هستند. این جوهرها برای انواع روش‌های پرینت

مانند افست، تایپی، پرینت فلکسوگرافیک پایه آب مناسب هستند.
انواع دیگر جوهرهای ضدجعل این شرکت عبارت‌اند از:

- Watermark Ink,
- Solar Discoloration Ink,
- Infrared Excitation Ink
- Soaking Discoloration Ink,
- Temperature Sensitive Ink,
- Ultraviolet Fluorescent Ink
- Water–Mark Printing Ink,
- Water Color Change Printing Ink.
- Thermo–color Printing Ink,
- IR Up–Turn Printing Ink,
- Sun Sensitive Color Change Printing Ink,
- Optical Variable Ink–OVI Ink,
- Press Sensitive Ink,
- Chemical Discoloration Printing Ink,
- Hollow Breakdown Type Ink,
- Magnetic Ink,



۳-۴ جوهرهای تولیدی در شرکت‌های بین‌المللی

شرکت Shenzhen ASY Anti–Forgery Technology & Development Co., Ltd.[۳۳]

یکی از تأمین‌کنندگان بزرگ در حوزه چاپ امنیتی، راه‌حل‌های ضدجعل اسناد و فناوری‌های نوین چاپ است.
این شرکت چینی انواع محصولات امنیتی شامل برچسب‌های ضدجعل، گواهینامه‌های ضدجعل، بسته‌بندی و بلیت‌های ضدجعل ارائه می‌کند (شکل ۳-۵).
فناوری‌های مورداستفاده در این محصولات کاغذهای حرارتی چاپی، کاغذهای دارای واترمارک نامرئی قابل‌دید در نور UV، هولوگرام‌های چاپی گرم، فویل‌های ضدجعل و فیبرهای ضدجعل UV در اسناد و مدارک، استیکرهای امنیتی و ضدجعل بر روی بطری‌ها و جعبه و محصولاتی مانند جواهرات، سیگار و محصولات مشابه است.



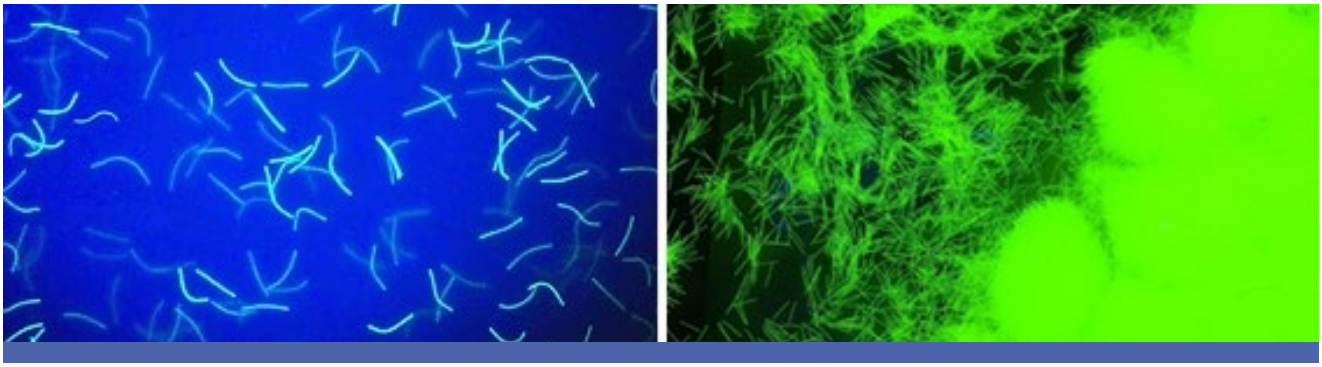
شکل ۳-۵ محصولات امنیتی برچسبی تولیدشده در شرکت‌های بین‌المللی

شرکت Claremont Flock[۳۴]

این شرکت بخشی از شرکت آمریکایی Spectro Coating Corp است که به‌طور اختصاصی در زمینه تولید فیبرهای ضدجعل اسناد فعالیت می‌کند (شکل ۳-۶). محصولات کاغذی تولیدشده با استفاده از این فیبرها به دو صورت نورانی یا حرارتی در برابر جعل و کپی‌کردن مصون هستند. این فیبرها یک راه‌حل ساده قدیمی هستند که در بسیاری از اسکناس‌ها مانند دلار آمریکا استفاده می‌شوند. طی فرایند تولید، این فیبرها با قطرها و اندازه‌های مشخصی برش داده شده و در ماده موردنظر مخلوط یا قرار داده می‌شوند. این فیبرها علاوه بر اسکناس و اسناد دولتی، در چک‌ها، برچسب‌ها و بلیت‌ها، بسته‌بندی‌ها و محصولات مشابه به کار می‌روند.

شرکت هنگ‌کنگی NanoMatrix[۳۵]

این شرکت از سال ۲۰۰۴ در حوزه محصولات ضدجعل و کپی فعالیت می‌کند. این شرکت در حوزه امنیت محصولات و بسته‌بندی و جوهرها و راه‌حل‌های نوین شناسایی اصل از کپی فعال است.



شکل ۳-۶ محصولات امنیتی فیبری تولیدشده در شرکت‌های بین‌المللی

تعدادی از محصولات رنگ‌دانه‌های این شرکت عبارت‌اند از:

MatriX OVP

رنگ‌دانه‌های دارای رنگ متغیرند که از زوایای مختلف، رنگ‌های مختلفی از خود نشان می‌دهند. این رنگ‌ها بسیار ارزان‌تر از هولوگرام‌ها هستند. شناسایی آن‌ها نیز نیازمند دستگاه‌های خاص و گران‌قیمت نیست. این محصولات در صنایع خودروسازی،

کاغذهای بانکی، بسته‌بندی، کارت‌های شناسایی، تأییدیه‌ها و ویزا کاربرد دارند.

MatriX-Thermochromic

دسته دیگری از رنگ‌دانه‌ها هستند که با تغییر دما، تغییر رنگ می‌دهند.

MatriX-IR Upconverter

این رنگ‌دانه‌ها در معرض نور IR، رنگ‌های زرد، آبی و قرمز از خود نشان می‌دهند و با روش‌های مختلف چاپ، قابلیت استفاده در اسناد و مدارک را دارند.

MatriX-UV-Fluorescent

این رنگ‌دانه‌ها نیز در معرض نور فرابنفش از خود نور مرئی به رنگ‌های مختلف ساطع می‌کند. این دسته از محصولات کاربردهای بسیار متنوعی در صنایع مختلف مانند تولید منسوجات، آرایشی‌وبهداشتی، الکترونیک، کشاورزی، غذاهای لوکس، دارویی، پلاستیک و پلیمر، شیرخشک و جوهرهای پرینتر دارند.

از آنجایی که کوانتوم دات‌ها دارای کارایی بسیار زیادی در تولید برچسب‌های ضدجعل هستند، تولیدکنندگان کوانتوم دات نقش مؤثری در توسعه محصولات موردنظر خواهند داشت. شرکت Quantum Materials با مؤسسه Virginia Tech برای افزودن کوانتوم دات‌ها به فرایند پرینت سه‌بعدی همکاری می‌کند.[۳۶]



۳-۲-۲ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار

با توجه به تحقیقات گسترده انجام شده در این زمینه و ارائه جوهرهای متنوع، محصولات فوق در بازار وجود دارد. بنابراین بر اساس اطلاعات موجود، می‌توان هم سطح آمادگی فناوری و هم سطح آمادگی بازار را برابر با ۹ برآورد کرد.

۳-۲-۳ موقعیت فناوری در چرخه عمر

این محصول در خیلی از کاربردها به مرحله بلوغ رسیده است و در برخی از کاربردها در مرحله رشد قرار دارد.

۳-۲-۴ مهم‌ترین پیشران‌ها و چالش‌های پیش روی فناوری

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

قابلیت تهیه این جوهرها با خواص نوری و مکانیکی مناسب همراه با پایداری زمانی زیاد و قابلیت پرینت آن روی اسناد امنیتی یکی از اساسی‌ترین چالش‌های فنی پیش‌رو است.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

با توجه به هزینه‌های بالای مواد اولیه، قیمت نهایی محصول گران است و این یکی از چالش‌های در جریان است.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

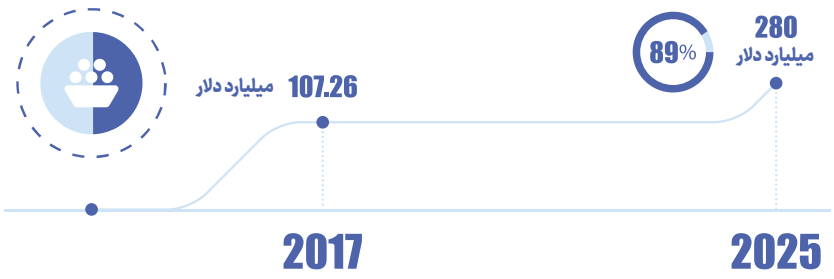
با داشتن سیستم مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط‌زیستی و شناسایی خطرات احتمالی و همچنین استفاده از جوهرهای امنیتی ایمن به‌طور مثال جوهرهای فوتوکرومیک ضدجعل بر پایهٔ آب چالش‌ها در زمینه سلامت و ایمنی به حداقل ممکن می‌رساند.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

به نظر می‌رسد تضمین امنیت ضدجعل بودن و نوآوری کار، امری لازم برای ادامه کار شرکت و تعهد اخلاقی، حقوقی و اجتماعی است که با به‌روزرسانی دانش، این چالش تا حد قابل‌قبولی، قابل‌انجام است.

۳-۲-۵ اطلاعات موجود درباره تحلیل بازار در سطح جهانی

هرروزه می‌توان اخباری را مبنی بر جعل اسکناس، گذرنامه، شناسنامه و دیگر اسناد امنیتی در سطح ملی و بین‌المللی شنید که منجر به تحمیل خسارت‌های زیادی به سازمان‌های دولتی و غیردولتی در کشورها می‌شود. به همین دلیل است که در سال‌های اخیر شاهد تلاش کشورها برای افزایش امنیت اسناد مهمی از قبیل اسکناس بوده‌ایم به صورتی که با یک مقایسه ساده می‌توان به افزایش قابل‌توجه امنیت ارزهای بین‌المللی مانند دلار و یورو در سال‌های اخیر نسبت به دهه‌های گذشته واقف شد.
بر اساس گزارش‌های اخیر جهانی که در سال ۲۰۱۷ منتشر شده است، بازار فناوری‌های ضدجعل در این سال ۱۰۷٫۲۶میلیارد دلار برآورد شده است و پیش‌بینی می‌شود این مقدار در سال ۲۰۲۵، به حدود ۲۸۰میلیارد دلار بالغ شود.
سرمایه‌گذاری‌های قالب توجهی نیز در این حوزه انجام گرفته است. برای نمونه، یکی از شرکت‌های معتبر که محصولات ضدجعل تولید می‌کند، شرکت Dotz Nano است که ۱٫۵میلیارد دلار آمریکا برای تجاری‌سازی گرافن کوانتوم‌دات سرمایه جذب کرده است. این محصول برای برچسب‌های ضدجعل استفاده می‌شود.



۳-۲-۶ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در دنیا تأثیر بگذارد

با سیر پیشرفت فناوری و افزایش جعل اسناد با فناوری‌های پیشرفته، استفاده از هوش مصنوعی و مواد و جوهرهای ضدجعل پیشرفته و امنیتی بسیار بالا با پاسخگویی‌های چندگانه را می‌توان در آینده مشاهده نمود.



این فناوری برای پیشگیری از ایجاد خلل و توقف در تولید اوراق بهادار و اسکناس بسیار موثر است

۳-۳ تحلیل داخلی

۳-۳-۱ فعالیت‌های انجام گرفته در کشور

فعالیت‌های تحقیقاتی

(چه تیم‌هایی در کدام نهادها در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ چه مقالاتی در این زمینه منتشر شده است؟ چه پایان‌نامه‌هایی نگارش شده است؟)

ردیف	نگارندگان	دانشگاه/ مؤسسه	نوع تحقیق	عنوان تحقیق
۱	آرمان مطلب‌نژاد ممقانی **استاد راهنما:** حسین روغنی ممقانی **استاد راهنما:** میرکریم رضوی آقچه **استاد مشاور:** مهدی سلامی کلجاهی	دانشگاه صنعتی سهند، دانشکده مهندسی پلیمر	پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد (۱۴۰۰)	تهیه پلیمرهای پاسخگو به نور حاوی نقاط کوانتومی مکسین با کاربرد ضدجعل پیشنهاده کارشناسی ارشد ۱۴۰۱
۲	لاله سادات سهرابی سده **استاد راهنما:** علی قریه **استاد مشاور:** امین عبداللهی	دانشگاه اصفهان، دانشکده علوم	پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد (۱۴۰۰)	تهیه جوهر ضدجعل بر پایهٔ رزینپورتان اکریلات آب پایه تابش‌پز فرابنفش اصلاح‌شده با رودامین B پیشنهاده کارشناسی ارشد ۱۴۰۰
۳	امین عبدالهی **استاد راهنما:** حسین روغنی ممقانی **استاد مشاور:** مهدی سلامی کلجاهی	دانشگاه صنعتی سهند، دانشکده مهندسی پلیمر	پایان‌نامه دکتری تخصصی (۱۳۹۹)	تهیه جوهرهای پلیمری ضدجعل فوتوکرومیک و فلورسانس با قابلیت استفاده در اسناد امنیتی و بررسی خواص فیزیکی آن‌ها
۴	زهرا عباسی **استاد راهنما:** حسین روغنی ممقانی **استاد مشاور:** مهدی سلامی کلجاهی **استاد مشاور:** سحر فروغی راد	دانشگاه صنعتی سهند، دانشکده مهندسی پلیمر	پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد (۱۳۹۸)	تهیه نانوذرات پلیمری فلورسنت با کاربرد در زمینه‌های ضدجعل با امنیت بالا

فعالیت‌های توسعه محصول و تجاری‌سازی (آیا نمونه‌سازی انجام گرفته است؟ چه شرکت‌هایی برای توسعه محصول در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ آیا محصولی مبتنی بر این فناوری در بازار به فروش می‌رسد؟ آیا شرکت‌های صنعتی بزرگ در این زمینه فعالیت می‌کنند؟ آیا شرکت‌های واردکننده در این زمینه فعالیت می‌کنند؟)

تاکنون در داخل کشور، جوهرهای ضدجعل با کاربرد امنیتی به‌صورت انبوه تولید نشده است.

فعالیت‌های سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری

هیچ فعالیت سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری صورت نگرفته است. استانداردهای رایج در مورد این محصولات نیز برقرار است، اما امکان تدوین استانداردهای جدید وجود دارد.

۳-۳-۲ کاربردهای احتمالی محصولات مبتنی بر این فناوری در کشور (خصوصاً کاربردهای مرتبط با سه حوزه ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

جوهرها به‌صورت مهر و یا هولوگرام و ایجاد اثر خاص زیبایی یا ایجاد علائم دید در شب روی وسایل پوشیدنی به کار گرفت.

همچنین، در حوزه لوازم‌آرایشی، ترکیبات فتوکرومیک در لاک ناخن، آرایش‌های روشن‌کننده و رنگ موهای موقت به‌کار می‌روند. گستره وسیعی از رنگ‌ها از زرد تا قرمز، بنفش و سبز در دسترس است.

این محصولات را شرکت‌های گوناگونی و در شکل‌های متعددی مانند جوهر، ساختارهای میکروکپسوله‌شده و رزین‌های پلاستیکی ارائه می‌کنند.

عدسی‌های دودی که در صورت مواجهه با نور شدید خورشید تیره‌رنگ می‌شوند و در زمان کاهش شدت نور (مانند نور اتاق)، مجدداً به حالت بی‌رنگ بازمی‌گردند، نوعی پوشش محافظ و راحت را فراهم آورده‌اند.

عینک‌های فوتوکرومیک برمبنای این اصل گسترش یافته‌اند. استفاده از ترکیبات فتوکرومیک در روش‌های چاپ نوآورانه و همین‌طور استفاده به‌همراه پلاستیک‌ها یکی از خروجی‌های تجاری مهم فرایند تغییر رنگ محسوب می‌شود.

یکی از کاربردهای متداول مواد فتوکرومیک، اسباب‌بازی‌های کودکان و آرم‌های نقش‌بسته روی تی‌شرت‌هاست اما می‌توان به این فهرست انواع دیگری از کاربردها را چون ظروف غذا، مدادهای رنگی، کفش‌های ژله‌ای، کلیپس‌های موی سر، شانه، بند کفش، زیرلیوانی‌ها، مرواریدهای رنگی، ورقه‌های PVC، بند ساعت، نی‌های نوشیدنی، قاشق، فنجان، کارت‌های هدیه، استیکرها و کارت‌های ویزیت افزود.

در حوزه ساخت‌وساز، علائم مورداستفاده در محیط به‌عنوان راهنما در شب یا به هنگام آتش‌سوزی برای افزایش ضریب ایمنی و راهنمایی افراد می‌توانند استفاده شوند. همچنین در پنجره‌ها به‌صورت رنگ، روکش یا پوشش برای ایجاد شرایط تغییر نوردهی در شیشه بر اساس میزان تغییر نور بیرونی می‌توان از این رنگ‌ها استفاده کرد. در این حالت معمولاً با تغییر شرایط مانند تغییر جریان الکتریسیته یا دما یا تغییر شدت نور ورودی، شرایط رنگ یا پوشش تغییر و میزان نور عبوری یا انعکاس‌یافته نیز تغییر می‌کند.

در حوزه اسناد امنیتی و اسکناس‌ها و پاسپورت‌ها، نیز می‌توان از جوهرهای ضدجعل استفاده کرد. می‌توان از مواد فتوکرومیک در نشان‌گرهای ضدجعل لباس‌ها، دستگاه‌های جلوگیری‌کننده از مهندسی معکوس[۳۷] و هولوگرام بسته‌های نگه‌داری اسناد استفاده کرد. به‌عنوان نمونه، یکی از کاربردهای مهم این مواد، نشانه‌های امنیتی روی اسناد، چک‌ها، اسکناس‌ها و همین‌طور گذرنامه‌هاست که در این مورد می‌توان به گذرنامه‌ها در آمریکا اشاره کرد. ساخت و توسعه موادی که اطلاعات را توسط نور ذخیره‌کنند، سبب گسترش جست‌وجوها برای یافتن مولکول‌هایی با توان ذخیره‌سازی بالا و توانایی تغییر حالت سریع شده است. در نتیجه، مواد فعال نوری که بتوانند بین یک یا چند حالت مختلف تغییر ساختار دهند از اهمیت ویژه‌ای در این کاربرد برخوردارند. مهم‌ترین هدف در این حوزه، یافتن سوئیچ‌های مولکولی برای کاربرد در ذخیره‌سازی برگشت‌پذیر اطلاعات است.

راهنما

- عدم آمادگی برای ورود به بازار
- منطقهٔ گذار
- آمادگی برای ورود به بازار
- خارج از قطر: ریسک شکست فنی و / یا شکست بازار
- مدیریت فناوری: هدایت پروژه روی قطر



۳-۳-۳ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار در کشور

با توجه به پژوهش‌های انجام‌گرفته در کشور و چاپ مقالات معتبر علمی در این زمینه، بستر برای توسعه و تولید این جوهرها در کاربردهای مختلف به‌صورت انبوه فراهم به نظر می‌رسد. همچنین با توجه به اینکه جلوگیری از ضدجعل و کپی اسناد امنیتی و مدارک برای مثال در مورد گذرنامه‌ها امری ضروری است، به نظر می‌رسد بازار بالقوه برای این‌گونه محصولات در کشور وجود دارد. با این حال، فعالیت‌هایی برای توسعه یا هدف بازار مشخص انجام نگرفته است. بنابراین، سطح آمادگی فناوری در کشور برابر با ۴ و سطح آمادگی بازار برابر با ۳ برآورد می‌شود.

۳-۳-۴ وضعیت فناوری‌های رقیب و مکمل در کشور در هر یک از کاربردهای احتمالی

با توجه به نوپا و جدید بودن این محصولات، شرکت فعالی در تولید چنین محصولی با تولید جوهرهای ضدجعل با امنیت بسیار بالا در کشور وجود ندارد و عمده محصولات وارداتی است.

۳-۳-۵ میزان سرمایه‌گذاری موردنیاز برای توسعه این فناوری تا سطح نمونه‌سازی (TRL6) و همچنین، برای تولید در مقیاس وسیع (TRL8) به‌صورت تخمینی

با توجه به نوپا بودن و جدید بودن این محصول و تنوع جوهرهای مدنظر، سرمایه‌گذاری برای هر جوهر با کاربرد مخصوص بایستی جداگانه در نظر گرفته شود. برای مثال، تهیه جوهر فوتوکرومیک پایه آبی در مقیاس یک لیتری، حدود ۵۰میلیارد ریال اعتبار لازم دارد. قسمت اعظم این اعتبار مربوط به خط تولید خواهد بود. پلیمر مورداستفاده به‌همراه رنگ مدنظر نیز از قسمت‌هایی خواهند بود که نیاز به اعتبار مناسبی خواهند داشت.

۳-۳-۶ زیرساخت‌ها و منابع لازم برای توسعه فناوری، توسعه محصول و تجاری‌سازی در کشور

- منابع انسانی: بله
- زیرساخت آزمایشگاهی و نمونه‌سازی: بله
- زیرساخت تولید: خیر
- آزمایشگاه مرجع: بله
- منابع مالی: بله
- توانمندی‌های حفاظت از دارایی فکری: بله
- زیرساخت‌های بازاریابی، توزیع، فروش و خدمات پس از فروش: خیر

۳-۳-۷ پیشران‌ها و چالش‌های توسعه و تجاری‌سازی این فناوری در کشور

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

قابلیت تهیه این جوهرها با خواص نوری و مکانیکی مناسب با پایداری زمانی زیاد و قابلیت پرینت این جوهرها بر روی اسناد امنیتی یکی از اساسی‌ترین چالش‌های فنی پیش‌رو است.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

عدم دسترسی به مواد اولیه در داخل کشور و همچنین عدم ثبات قیمت مواد اولیه و در برخی موارد آزمون‌های لازم جهت تأیید صحت کار از جمله چالش‌های پیش رو هستند. همچنین پیش‌بینی می‌شود تعیین قیمت تمام‌شده نهایی یکی از چالش‌های جدی باشد. با توجه به اینکه فناوری جوهرهای ضدجعل یک فناوری نوپا محسوب می‌شود و همچنین تهیه این مواد نیازمند پیش‌زمینه علمی عمیق در حوزه جوهرهای ضدجعل است، تاکنون شرکت‌های ایرانی در تهیه و تجاری‌سازی این محصول پیش‌قدم نشده‌اند.

پیشران‌ها و چالش‌های تقاضا

به نظر می‌رسد شناخت کافی از محصول در بازار وجود ندارد. بنابراین، ایجاد تقاضا در بازار یک چالش پیش رو خواهد بود.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

در حال تکمیل است.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

در حال تکمیل است.

۳-۳-۸ بازار داخلی محصولات مبتنی بر این فناوری در هر زنجیره ارزش

رنگ‌دانه‌های موردبحث در قالب مواد وارداتی در بازار کشور عرضه شده است.

۳-۳-۹ فرصت‌های صادراتی برای شرکت‌های فعال ایرانی

همان‌طور که ذکر شد شرکت فعالی در زمینه صادرات وجود ندارد. زمینه‌های صادراتی گسترده در کشورهای مختلف خصوصاً در کشورهای خاورمیانه اعم از افغانستان، عراق و سایر کشورهای منطقه فراهم است.



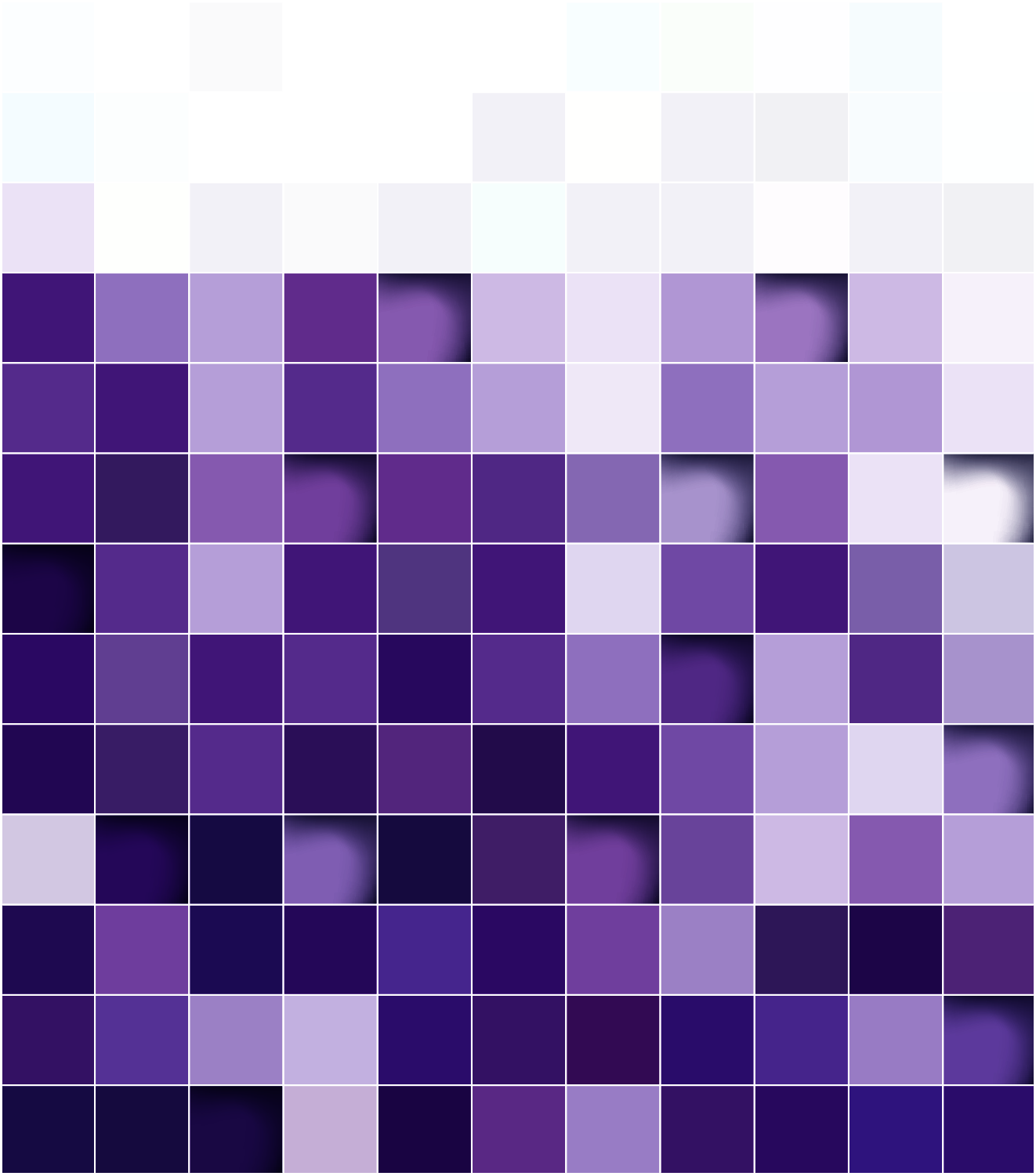
۳-۳-۱۰ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در کشور تأثیر بگذارد

با سیر پیشرفت فناوری و افزایش جعل اسناد با فناوری‌های پیشرفته، استفاده از هوش مصنوعی و مواد و جوهرهای ضدجعل پیشرفته و امنیتی بسیار بالا با پاسخگویی‌های چندگانه را می‌توان در آینده مشاهده کرد.

پی‌نوشت‌ها

۱– Anticounterfeiting Inks
۲– Photochromic Compounds
۳– Fluorescent Compounds
۴– Quantum Dots
۵– Polymer Dots
۶– Rare Earth Complexes
۷– Lanthanides
۸– Semiconductor Polymers
۹– Polyacetylenes
۱۰– Fluorescent Nanocrystals
۱۱– Photochromic Inks
۱۲– Spiropyran
۱۳– Oxazolidine
۱۴– Oxazoline
۱۵– Spiroxazine
۱۶– Azobenzene
۱۷– Fulgide
۱۸– Benzopyran
۱۹– Diarylethene
۲۰– Optical Variable Pigments
۲۱– Glow in Dark Pigment
۲۲– Electroluminescent Phosphor
۲۳– Ultraviolet Florescent Powder
۲۴– Infrared Excitation Pigments
۲۵– Trace Active Agents
۲۶– https://patents.google.com/patent/CN108864824A/en
۲۷– Fluorescent Emission
۲۸– Ultraviolet
۲۹– Smart Polymers
۳۰– Stimuli–Responsive
۳۱– http://www.smarol.com/
۳۲– http://www.anti–forgery–ink.com/e_products/
۳۳– https://asy315.en.china.cn/product.html?p=2
۳۴– https://www.spectrocoating.com/how–security–fibers–can–add–a–valuable–level–of–protection–against–counterfeiting–and–fraud/
۳۵– https://www.nanomatrixsecure.com/security–pigments/
۳۶– https://statnano.com/news/62396/Launching–New–Anti–forging–Nanotechnology–Products–onto–Market
۳۷– Anti–tampering Devices

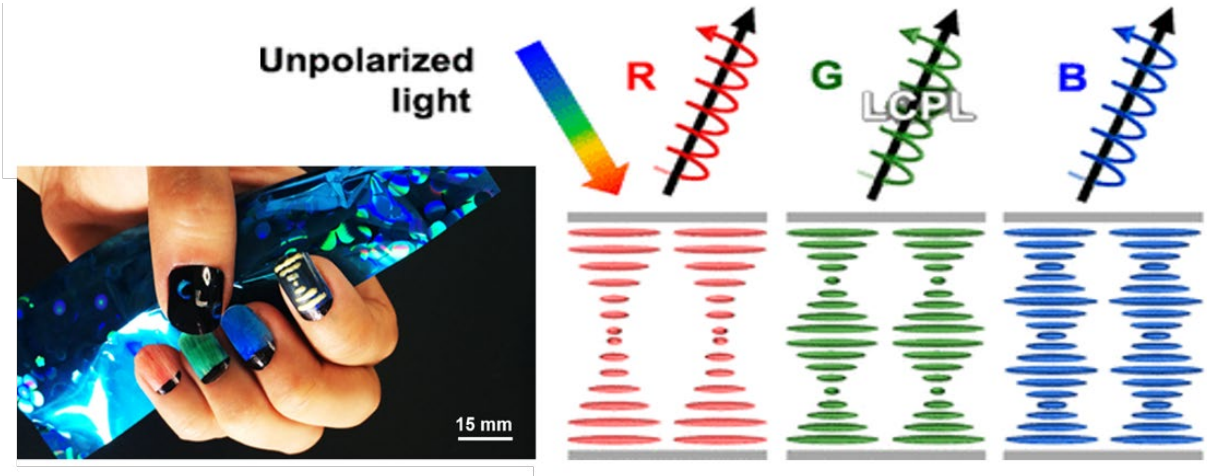
۴ | فازرنگی تنظیم‌پذیر در بلور مایع کلستریک



۴-۱ توصیف عمومی فناوری

۴-۱-۱ ویژگی مورد انتظار از فناوری (فناوری مبتنی بر این ویژگی چه کار می‌کند؟)

بلـور مایـع یکی از فازهای ماده اسـت کـه خواصی بین مایعات معمولی و جامد بلوری از خود نشـان می‌دهـد. یک بلور مایع می‌تواند مانند یک مایع جریان داشته باشد و در عین حال مولکول‌های آن به شکلی شبیه به بلورها نظم و جهت‌یابی داشته باشـند. این فاز از مواد بسـته به متغیر ایجادکننده آن به دو دسـته کلی ترموتروپیک و لیوتروپیک تقسـیم می‌شـود. در بلور مایع‌های ترموتروپیک، تغییرات دما عامل رسـیدن به فاز بلور مایع اسـت. در مقابل در بلور مایع‌های لیوتروپیک، علاوه بر دما عامل غلظت مواد اهمیت دارد. امروزه، بلور مایع‌های ترموتروپیک کاربردهای گسترده‌ای دارند. بلورهای مایع ترموتروپیک به سـه دسـته نماتیک، سمکتیک و کلستریک تقسیم می‌شوند. بلور مایع کلستریک[1]، سـاختار مارپیچ (هلیکال) دارد. در این بلور مایـع، اگـر مولکول‌های چندلایـه را در نظر بگیریم، به‌ترتیب که در لایه‌ها پیش می‌رویم، جهت مولکول‌ها نسـبت به لایه قبلی می‌چرخد تا در نهایت در لایه آخر، جهت مولکول‌ها به جهت لایه اول برسـد. این سـاختار در بلور مایع‌های کلسـتریک منجر به گرادیان پارامترهای اپتیکی می‌شود و در نتیجه، مایع فعالیت نوری بروز می‌دهد. یک بلور مایع بسته به ساختار مولکولی‌اش، می‌تواند نور را در جهات مختلف بچرخاند یا آنکه آن را بازتاب دهد. بازتاب نوری این مواد وابستگی شدیدی به دما دارد و تغییر دما، طول سـاختار مارپیچ بلور مایع کلسـتریک را از نانومتر تا میکرومتر تغییر می‌دهد. این تغییر باعث ایجاد رنگ‌های بازتابی متفاوت (وابسته به دما) در این نوع از بلور مایع می‌شود. بسیاری از عوامل مانند نیروی گرانش، تغییرات دما، تغییرات فشار، جریانـات الکتریکـی و مغناطیسـی به تنهایی یـا در ترکیب با عوامل دیگر می‌تواند هـزاران حالت در بلور مایـع پدید آورد. تغییر خـواص نوری بلور مایع کلسـتریک یـا نماتیک پیچ‌خورده در جهات مختلـف، امکان اسـتفاده از آن را در صنایع گوناگون مانند نمایشگرهای بلور مایع، پنجره‌های هوشمند، حسگرها و زیباسازی ممکن می‌سازد. از آنجا که ساختار مارپیچی در این نوع از بلور مایع بسیار حساس است، مایع را با استفاده از مواد پلیمری تثبیت می‌کنند. این نانوساختارهای مارپیچی تثبیت شده با پلیمر، پایداری حرارتی و مکانیکی مناسبی را برای ساخت اجسام نوری فراهم می‌آورند.



شکل ۴-۱ تصویر شماتیکی از بازتاب نور با توجه به گام مارپیچ برای رنگ کریستال مایع کلستریک (سمت راست)؛ استفاده از رنگ‌های کریستال مایع کلستریک (کایروفوتونیک) به‌عنوان لاک ناخن (سمت چپ)

۴-۱-۲ کاربردهای محتمل این ویژگی و فناوری (به‌طور خاص، در حوزه‌های ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

در هر کاربردی که تغییر ضریب شکست و رنگ بر اثر تغییرات دما و امواج الکترومغناطیس مدنظر باشد، CLC و دیگر اشکال بلور مایع‌ها می‌توانند مورداستفاده قرار گیرند. از طرفی، کنترل‌پذیری ساده رنگ‌های ساختاری از آبی تا سبز و قرمز با استفاده از CLC امکان‌پذیر است. از جمله کاربردهای فعلی بلورهای مایع پیچ‌خورده می‌توان به نمایشگرهای بلور مایع، پنجره‌های هوشمند نسل جدید، حسگرهای تشخیص گاز، سنجه‌های نوری، ترمومتری، پوشش‌های معماری، نشانگر دمای غذا و حمام نوزاد، تشخیص و غربالگری پزشکی، تست‌های غیرمخرب پزشکی، اندازه‌گیری دما برای آکواریوم و یخچال، تست باتری، تبلیغات و پژوهش‌های آئرودینامیکی اشاره کرد.

۴-۱-۳ محصولات توسعه یافته یا در حال توسعه بر اساس این فناوری

برخی از محصولات پرکاربرد مبتنی بر CLC که هم‌اکنون در بازار در دسترس هستند، عبارت‌اند از:

- نمایشگرهای بلور مایع که از سال ۱۹۸۰ به تدریج وارد بازار تجاری شدند؛
- پنجره‌های هوشمند نسل سوم که امروزه کاملاً به‌صورت اتوماتیک در زمینه کنترل ورود امواج مادون‌قرمز به داخل خانه به کار گرفته می‌شوند و از سال ۲۰۱۲ وارد بازار شده‌اند؛
- حسگرهای گازی که بر اساس گرادیان جهت‌گیری بلور مایع کار می‌کنند؛
- لیزرهای مبتنی بر بلور مایعی پیچ‌خورده؛
- انواع دماسنج‌های رنگی پیشانی.

تمامی موارد فوق در مرحله فروش‌اند. هم‌اکنون نوآوری‌ها بر انعکاس انتخابی و قابلیت فیلترینگ نوری این مواد متمرکز شده است.

۴-۱-۴ مزیت (های) کلیدی این فناوری (کاهش قیمت، سهولت اجرا، رفع نیازی که تاکنون برآورده نشده و...)

مزیت عمده این سیستم‌ها دسترس‌پذیر و ارزان بودن مواد اولیه موردنیاز است. از آنجا که مواد اولیه این محصولات ارزان‌قیمت است تا حدود ۹۰درصد از قیمت تمام شده محصول از فناوری بالای تولید آن ناشی می‌شود.

۴-۱-۵ نانوذرات بهره گرفته شده در این فناوری (از چه فناوری‌های نانویی برای تولید یا به‌کارگیری محصولات بهره گرفته می‌شود؟)

کاربرد نانو در این فناوری بیشتر مربوط به بحث نانوساختارها و حوزه‌های نانو تشکیل‌دهنده فاز فناوری این مواد است. (پیچ‌خوردگی نانو در بلور مایع پیچ‌خورده یا پای پیچ کلستریک نانوساختار مدنظر است.)

۴-۱-۶ زنجیره ارزش کاربردهای مبتنی بر این فناوری (از تولید نانوذرات اولیه تا تولید محصول میانی تا تولید محصول نهایی و به‌کارگیری محصول)

تهیه مواد اولیه با ساختار نانو، بخش کلیدی فناوری CLC است. در صورت بسترسازی مناسب، می‌توان از دور ریز صنایع مختلف جهت تولید بلور مایع بهره جست. پس از تهیه مواد اولیه که دارای هسته کایرال هستند، می‌توان ادوات مختلفی را با تکیه بر فناوری‌های الکترواپتیک و اپتیک تولید کرد. در صورت تولید بلور مایع، می‌توان بیش از ۱۰۰ محصول نهایی مختلف را تولید و ارائه کرد.

۴-۱-۷ فناوری‌های رقیب (از چه شیوه‌های دیگری برای رفع نیاز مرتبط با این فناوری بهره گرفته می‌شود؟)

فعلاً فناوری رقیب با قیمت تمام‌شده مناسب وجود ندارد، به این دلیل که پلیمرها یا مواد معدنی موجود انعطاف‌پذیری ساختارهای CLC را ندارند.

۴-۱-۸ فناوری‌های مکمل (برای توسعه محصولات در هر یک از کاربردهای ذکرشده، به چه فناوری‌های دیگری نیاز وجود دارد؟)

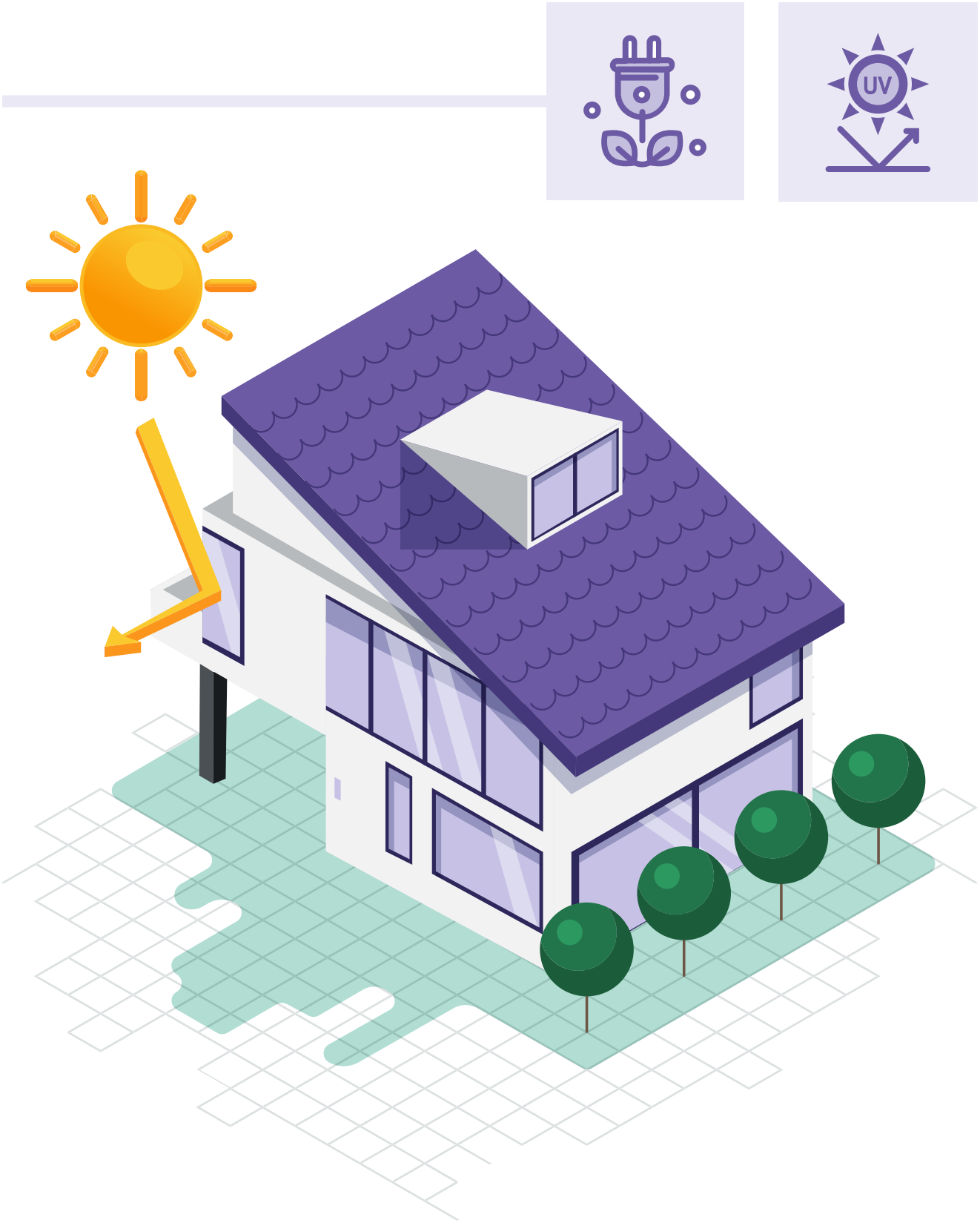
فناوری مکمل کلیدی، تثبیت‌کننده‌های پلیمری است. بنابراین ساخت پلیمرهای فعال نوری تکمیل‌کنندهٔ فناوری تولید این سیستم‌هاست.

۴-۱-۹ فرصت‌های تحقیقاتی که امکان دارد براثر فعالیت در این زمینه پدید آید. (آیا فعالیت در این زمینه فرصت‌های تحقیقاتی را در حوزه‌های مرتبط پدید می‌آورد یا این اثر/فناوری نسبتاً منزوی است؟)

پتانسیل قابل‌توجهی برای تحقیقات بین‌رشته‌ای و همکاری با زمینه‌های مرتبط و همچنین فرصت‌هایی برای تحقیقات اساسی در مورد خواص و رفتار این فناوری وجود دارد. حسگرها و ادوات اپتیکی و رنگ‌ها از جمله بازارهای نوظهور برای این فناوری خواهند بود.

۴-۱-۱۰ اهمیت فعالیت در این زمینه از نظر اجتماعی یا راهبردی (آیا این اثر/فناوری به حل یا کاهش شدت یک مسئله اجتماعی، محیط‌زیستی محیطی یا سیاسی کمک می‌کند؟)

استفاده از این فناوری در زمینه مسائل محیط‌زیست، انرژی و... اهمیت دارد.



ساخت پنجره‌های هوشمند به‌صورت اتوماتیک در زمینه کنترل ورود امواج مادون قرمز به داخل خانه

۴-۲ تحلیل بین‌المللی

۴-۲-۱ بازیگران کلیدی فعال در این فناوری

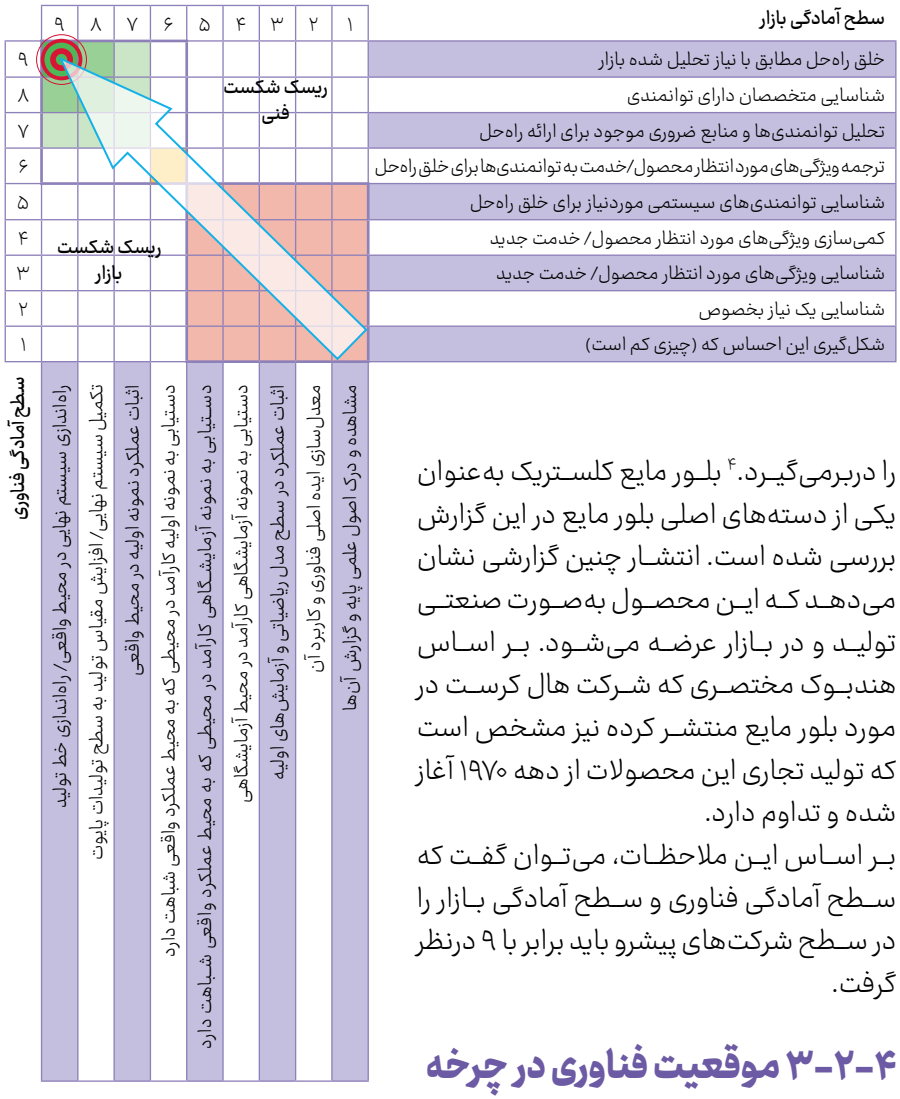


بلورهای مایع ترموتروپیک به اشکال مختلفی دسته‌بندی می‌شوند، اما سه دسته اصلی آن‌ها را می‌توان بلورهای مایع نماتیک، سمکتیک و کلستریک دانست. خصوصیات بلور مایع از دهه ۱۸۹۰ مورد بررسی قرار گرفته است و کاربردهای تجاری آن از دهه ۱۹۷۰ گسترش یافته است.[۲] مشهورترین کاربردهای این دسته از مواد را می‌توان در صفحه‌های نمایش (LCD)، حسگرهای حرارتی و پنجره‌های هوشمند دید. در سال‌های اخیر، استفاده از بلور مایع نانوساختار در کاربست‌های مختلفی از حسگرها تا فوتونیک موردتوجه قرار گرفته است.[۳] مهم‌ترین شرکت‌های تولیدکننده CLC عبارت‌اند از:

- Shanghai Jingke Industrial,
- Shijiazhuang Chengzhi Yonghua Display Materials,
- Sumitomo Chemical Company,
- LG
- DIC Corporation,
- Jiangsu Hecheng Display Technology,
- JNC Corporation,
- LCR Hallcrest,
- Merck,

۴-۲-۲ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار

شرکت الاید مارکت ریسرچ گزارشی از بازار بلور مایع را در سال ۲۰۲۲ منتشر کرده که بازه زمانی سال‌های ۲۰۲۲ تا ۲۰۳۱



را دربرمی‌گیرد.[۴] بلور مایع کلستریک به‌عنوان یکی از دسته‌های اصلی بلور مایع در این گزارش بررسی شده است. انتشار چنین گزارشی نشان می‌دهد که این محصول به‌صورت صنعتی تولید و در بازار عرضه می‌شود. بر اساس هندبوک مختصری که شرکت هال کرست در مورد بلور مایع منتشر کرده نیز مشخص است که تولید تجاری این محصولات از دهه ۱۹۷۰ آغاز شده و تداوم دارد.

بر اساس این ملاحظات، می‌توان گفت که سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار را در سطح شرکت‌های پیشرو باید برابر با ۹ درنظر گرفت.

۴-۲-۳ موقعیت فناوری در چرخه عمر

به نظر می‌رسد که فناوری CLC به‌صورت یک خانواده از مواد با کاربردهای متنوع در مرحله بلوغ قرار دارد. البته به‌طور مداوم درباره بهبود کنترل بر فرایند تغییر رنگ، طیف رنگ‌های نهایی و کاربست‌های مختلف و نوظهور تحقیق و توسعه انجام می‌گیرد.

۴-۲-۴ مهم‌ترین پیشران‌ها و چالش‌های پیش روی فناوری

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

با توجه به ویژگی‌های خاص CLCها، توجه به این حوزه تداوم داشته و کاربست‌های جدیدی برای مثال در حوزه حسگرهای درمانی، حسگرهای گازی و محصولات آرایشی بهداشتی (مانند ناخن مصنوعی) و وسایل شخصی که با تغییر دما تغییر رنگ می‌دهند، در حال توسعه است.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

دانش فنی بالا و انحصاری بودن آن چالش اصلی در این حوزه به شمار می‌رود به نحوی که تقریباً هیچ پتنتی در این زمینه به فروش نمی‌رسد.
در مقابل، دستیابی به دانش فنی در این حوزه ارزش‌افزوده بالایی دربردارد و پیشران مناسبی برای فعالیت محسوب می‌شود.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

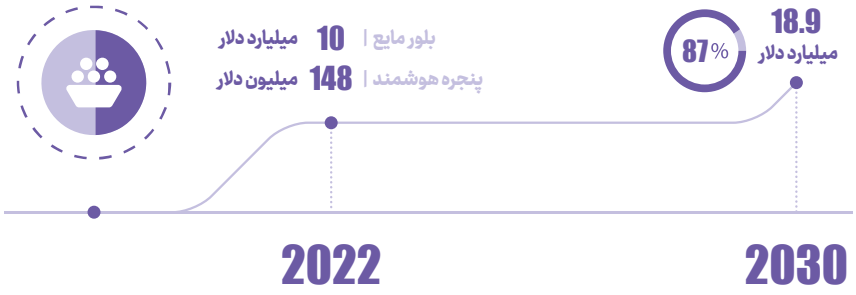
آلودگی بسیار پایین و دوستدار محیط‌زیست بودن این مواد باعث می‌شود که استفاده از آن کاربردی باشد و با چالش ایمنی و بهداشت گسترده مواجه نباشد. از سوی دیگر، ادوات سنجشی مبتنی بر این مواد بسیار کوچک و ارزان‌قیمت هستند و کمک شایانی به دستیابی به سیستم‌های تشخیصی می‌کنند.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

استفاده از این مواد حریم خصوصی اجتماعی را افزایش می‌دهد و از منظر کاهش هزینه‌های زندگی خصوصاً در بخش حامل‌های انرژی و سنجش‌های محیطی مقبولیت اجتماعی به همراه دارد.

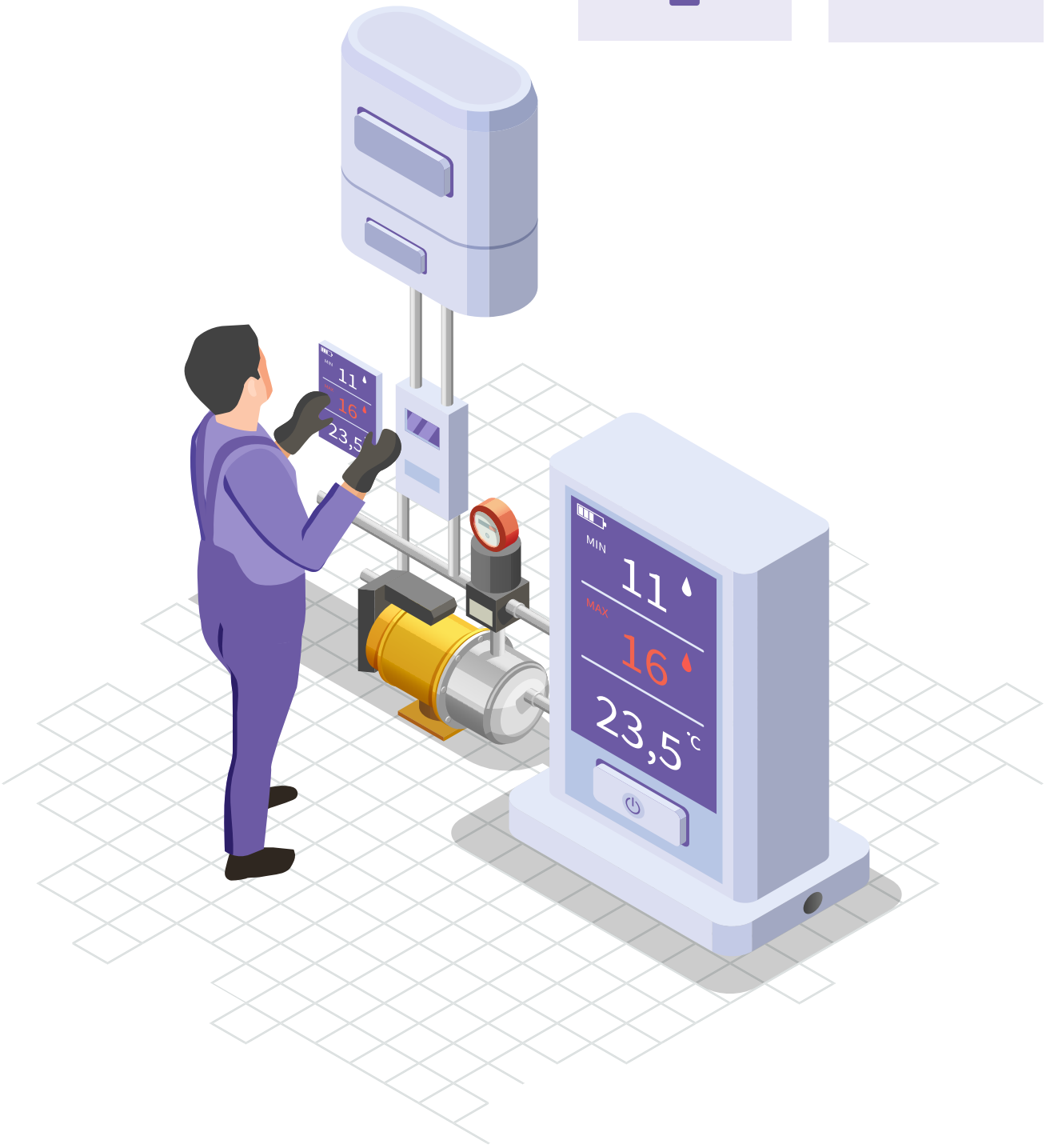
۴-۲-۵ اطلاعات موجود درباره تحلیل بازار در سطح جهانی

همچنان که اشاره شد، شرکت الاید مارکت ریسرچ گزارش بازاری را به‌تازگی در بهار ۲۰۲۲ در مورد بازار بلور مایع‌ها منتشر کرده که بخشی از آن به CLCها اختصاص دارد. بخش بازار بلورهای مایع تنها در زمینه نمایشگرها برابر با ۱۰میلیارد دلار برآورد شده است. پنجره‌های هوشمند و فناوری مرتبط با آن‌ها نیز حدود ۱۴۸میلیون دلار بازار دارد. پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۳۰، بازار شیشه‌ها و پنجره‌های هوشمند به ۱۸٫۹میلیارد دلار بالغ شود.



۴-۲-۶ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در دنیا تأثیر بگذارد

در آینده نه‌چندان دور، شرکت‌های بزرگ نمایشگرها مانند LG به‌سمت تولید پنجره‌های هوشمند خودروها و منازل حرکت خواهد کرد و شرکت‌های کوچک‌تر به‌سمت تولید حسگرهای پرتابل با استفاده از بلورمایع پیچ‌خورده یا بلور مایع کلستریک خواهند رفت.



ساخت حسگرهای تشخیص گازی که بر اساس گرادیان جهت‌گیری بلور مایع کار می‌کنند

۴-۳ تحلیل داخلی

۴-۳-۱ فعالیت‌های انجام گرفته در کشور

فعالیت‌های تحقیقاتی

(چه تیم‌هایی در کدام نهادها در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ چه مقالاتی در این زمینه منتشر شده است؟ چه پایان‌نامه‌هایی نگارش شده است؟)

در زمینه بلور مایع و به‌خصوص بلور مایع پیچ‌خورده، گروه تحقیقاتی مواد هوشمند دانشگاه تبریز با ۱۰ عضو از سال ۱۳۸۲ فعال بوده و هم‌اکنون در دانشکده فیزیک دانشگاه تبریز مستقر است. متأسفانه از سال ۱۳۹۴ این گروه تحقیقاتی به‌علت عدم‌حمایت‌های مالی دانشگاه و صنعت از پروژه‌های صنعتی مرتبط دست کشیده است. طی سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴، بیش از ۲۰ طرح علمی، صنعتی و نظامی در زمینه بلورهای مایع در این گروه انجام شده است. طبق آنالیز سایت اسکاپوس هنوز اعضای این گروه نفرات اول لیست بلور مایع در ایران و خاورمیانه هستند. از نظر تعداد مقالات، این گروه بیش از ۱۵۰ مقاله ISI منتشر کرده، یک اثر جهانی در زمینه بلور مایع به ثبت رسانده و چهار اختراع کشوری ثبت کرده‌اند.

ردیف	نگارندگان	دانشگاه/ مؤسسه	نوع تحقیق	عنوان تحقیق
۱	محمدصادق ذاکر حمیدی	دانشگاه تبریز، دانشکده فیزیک		۶۵ پایان‌نامه ۱۸۰ مقاله
۲	دکتر حبیب تجلی			
۳	دکتر علی قنادزاده گیلانی			
۴	دکتر حبیب خوش‌سیما			
۵	دکتر اکبر جعفری			
۶	آسیه اسمعیلی **استاد راهنما:** سعیده شعاری‌نژاد **استاد راهنما:** عبداله مرتضی‌علی **استاد مشاور:** محمدصادق ذاکر حمیدی	دانشگاه الزهرا	پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد	مطالعه دو رنگ نمایی خطی بلورمایع ۷C آمیخته به رنگینه
۷	بیتا آزموده افشار **استاد راهنما:** اکبر جعفری دولاما **استاد مشاور:** رحیم نادرعلی **استاد مشاور:** سیدمقصود گلزان	دانشگاه ارومیه، دانشکده علوم	پیشنهاده دکتری تخصصی	بررسی خواص اپتیکی نانوذرات حاصل از روش کندوسوز لیزری در یک محیط کریستال مایع نماتیک

فعالیت‌های توسعه محصول و تجاری‌سازی

(آیا نمونه‌سازی انجام گرفته است؟ چه شرکت‌هایی برای توسعه محصول در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ آیا محصولی مبتنی بر این فناوری در بازار به فروش می‌رسد؟ آیا شرکت‌های صنعتی بزرگ در این زمینه فعالیت می‌کنند؟ آیا شرکت‌های واردکننده در این زمینه فعالیت می‌کنند؟)

پروژه‌های ساخت چاپگر نوری، پنجره هوشمند نسل دوم و حسگر گاز خاص در گروه پژوهشی مواد هوشمند دانشگاه تبریز انجام گرفته که به‌صورت سفارشی بوده است. به‌علت دانش فنی بالا، شرکت‌های خصوصی هنوز وارد این زمینه نشده‌اند. از سوی دیگر، شرکت‌های دولتی احساس نیازی به تحقیق و توسعه در این حوزه ندارند، چرا که اصولاً سود خرید در سیستم‌های دولتی از تولید بیشتر است.

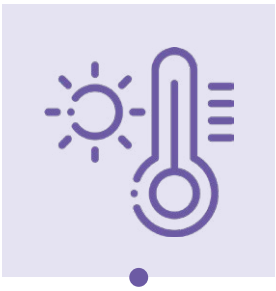
فعالیت‌های سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری

هیچ حمایت و سیاست‌گذاری در این زمینه صورت نگرفته و تمامی اقدامات کنونی با کمک شرکت‌های خارجی و ارتباطات علمی محققان انجام گرفته است.

۴-۳-۲ کاربردهای احتمالی محصولات مبتنی بر این فناوری در کشور (خصوصاً کاربردهای مرتبط با سه حوزه ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت‌وپتروشیمی)



ساخت پنجره‌های هوشمند در حوزه ساخت‌وساز



ساخت حسگرهای پرتابل مواد شیمیایی، دما و دبی‌سنجی در صنایع پتروشیمی



ساخت نمایشگرها و ادوات اپتیکی در حوزه لوازم‌خانگی

۴-۳-۳ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار در کشور

در بازار داخلی، فعلاً محصولات خارجی به‌خصوص نمایشگرها و حسگرهای دمایی طبی وارد می‌شود. در صورت تولید و ارائه پنجره‌های هوشمند، بازار مصالح ساختمانی متحول شده و گردش مالی مناسبی ایجاد خواهد کرد. از طرفی حسگرها و ادوات اپتیکی و رنگ‌ها نیز بازار نوظهوری را شکل خواهند داد. بنابراین سطح آمادگی بازار این حوزه برابر با ۹ و سطح آمادگی فناوری آن در زمینه کاربردهای جدید ۶ است.



۴-۳-۴ وضعیت فناوری‌های رقیب و مکمل در کشور در هر یک از کاربردهای احتمالی

فناوری‌های رقیب برای این سیستم‌ها وجود ندارد، مگر اینکه واردات بی‌رویه صورت گیرد. همچنان که اشاره شد، مکمل این سیستم‌ها تولید پلیمرهای هوشمند است.

۴-۳-۵ میزان سرمایه‌گذاری موردنیاز برای توسعه این فناوری تا سطح نمونه‌سازی (TRL6) و همچنین، برای تولید در مقیاس وسیع (TRL8) به‌صورت تخمینی

اطلاعات در حال تکمیل است.

۴-۳-۶ زیرساخت‌ها و منابع لازم برای توسعه فناوری، توسعه محصول و تجاری‌سازی در کشور

منابع انسانی

متخصصان به‌نام و دانش‌آموختگان مرتبط در کشور حضور دارند که غالباً دانش‌آموخته دانشگاه تبریز هستند.

زیرساخت آزمایشگاهی و نمونه‌سازی

آزمایشگاه مواد هوشمند دانشگاه تبریز هنوز قوی‌ترین و مجهزترین مرکز آزمایشگاهی در این زمینه است و امکان نمونه‌سازی و صنعتی مرتبط را در حد پایه دارد.

زیرساخت تولید

با توجه به نبود بستر تولید مواد اولیه، زیرساخت تولید صنعتی انبوه در کشور وجود ندارد.

آزمایشگاه مرجع

آزمایشگاه مواد هوشمند دانشگاه تبریز

منابع مالی

برای تولید مواد اولیه شامل بلور مایع، شیشه‌های اپتیکی و پولارید، به هزینه‌کردی در حدود ۵میلیون دلار در بازه زمانی ۲ ساله نیاز است.

توانمندی‌های حفاظت از دارایی فکری
با توجه به پیچیدگی فنی و از طرفی آشنایی اساتید این حوزه با مالکیت فکری، ثبت اختراع و دیگر اصول حفاظت دارایی فکری قابلیت اجرا دارد.

زیرساخت‌های بازاریابی، توزیع، فروش و خدمات پس از فروش
وجود دارد.

۴-۳-۷ پیشران‌ها و چالش‌های توسعه و تجاری سازی این فناوری در کشور

پیشران‌ها و چالش‌های فنی
وجود نیروهای متخصص پیشران مناسب بوده و عدم سیاست گذاری فنی چالش اصلی بوده و منجر به پراکنده کاری شده است.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی
غالب حمایت در این زمینه به‌صورت پژوهشی بوده و حمایت‌های اجرایی صورت نگرفته لذا هزینه کرد اولیه چالش اصلی اقتصادی است.

پیشران‌ها و چالش‌های تقاضا
بازار ایران هم اکنون وارد کننده محصولات این مواد است.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)
از نظر ایجاد بسترهای مناسب کنترلی و ایمنی استفاده از این سیستم‌ها کاربردی هستند.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)
مقبولیت کاهش هزینه‌های اجتماعی و جامعه پیشران اصلی این فناوری است

۴-۳-۸ بازار داخلی محصولات مبتنی بر این فناوری در هر زنجیره ارزش

با توجه به وجود شاخه‌ها و کاربست‌های متعدد، در حالت کلی می‌توان گفت در عرض سه سال سرمایه‌گذاری اولیه بازگشت خواهد داشت و در سال چهارم، بازار داخلی در حدود ۱۰۰۰میلیارد تومان متصور است که هر ساله با رشد ۱۵درصدی مواجه خواهد شد.

۴-۳-۹ فرصت‌های صادراتی برای شرکت‌های فعال ایرانی

در صورت تولید ادوات اپتیکی و حسگرها، صادراتی به ارزش ۱۵میلیون دلار در سال قابل‌تصور است. بازار هدف اصلی در این حوزه کشورهای عربی همسایه به شمار می‌رود.

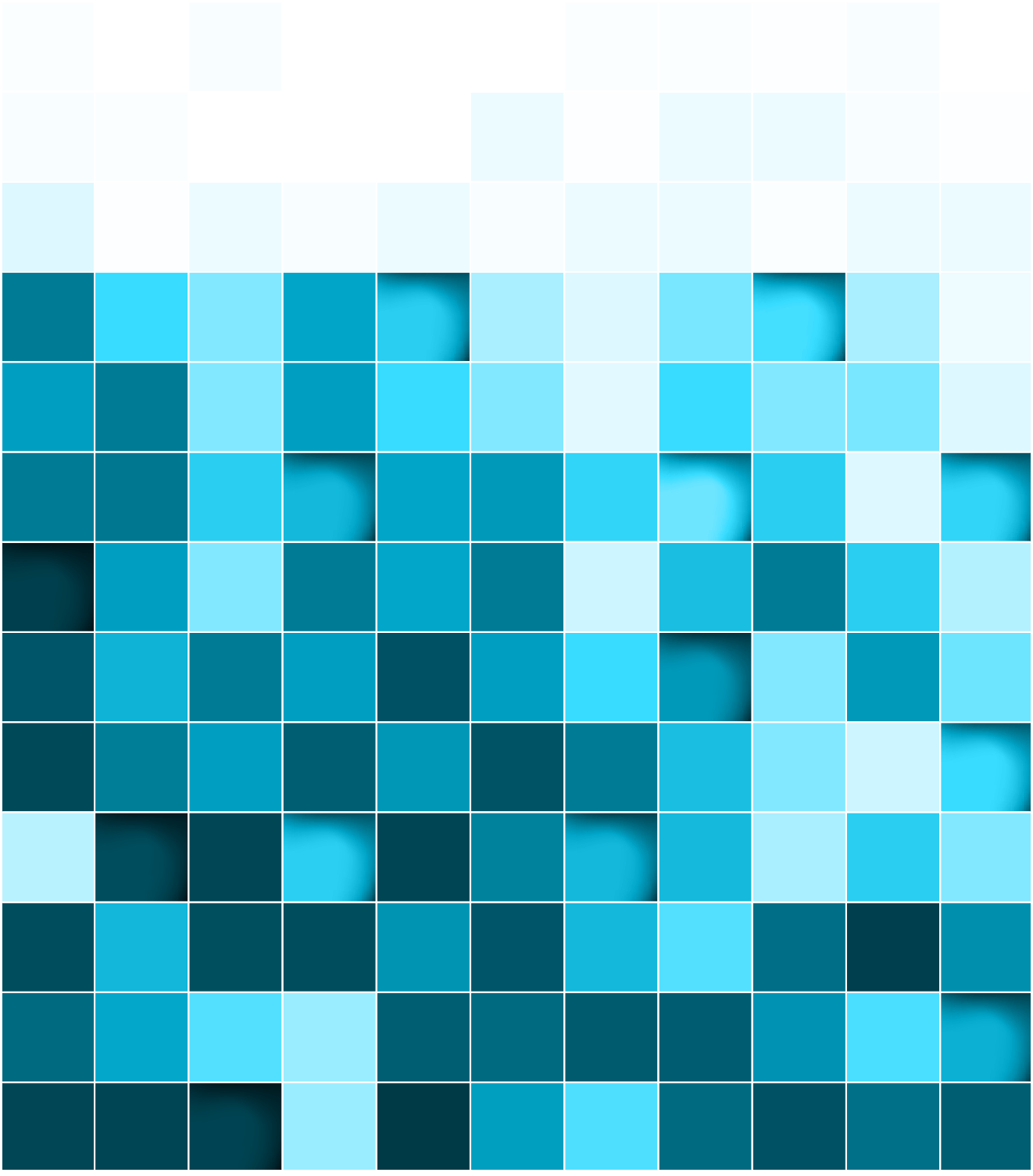
۴-۳-۱۰ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در کشور تأثیر بگذارد

در صورت جهت‌دهی و دستیابی به این فناوری به‌صورت صنعتی، کاهش مصرف گاز در زمستان و تابستان تا حد خوبی قابل‌برآورد است. از طرفی، برآوردن‌کردن الزامات کاری آزمایشگاه‌های پرتابل ارزان‌تر خواهد شد و تولید رنگینه‌های خاص رونق خواهد گرفت.

پی‌نوشت‌ها

۱- (CLC)
۲- https://tmchallcrest.com/liquid-crystal-handbook/
۳- برای نمونه، نگاه کنید به مجموعه مقالات زیر که در سال ۲۰۲۰ در قالب یک ویژه نامه با عنوان «پیشرفت‌ها در زمینه کریستال‌های مایع کلستریک» منتشر شده است:
https://hal.archives-ouvertes.fr/hal۰۳۶۳۸۶۰۷-/file/Advances_in_Cholesteric_Liquid_Crystals.pdf
۴- https://www.alliedmarketresearch.com/liquid-crystal-materials-market

۵ | رنگ یا پوشش خودترمیم‌شونده



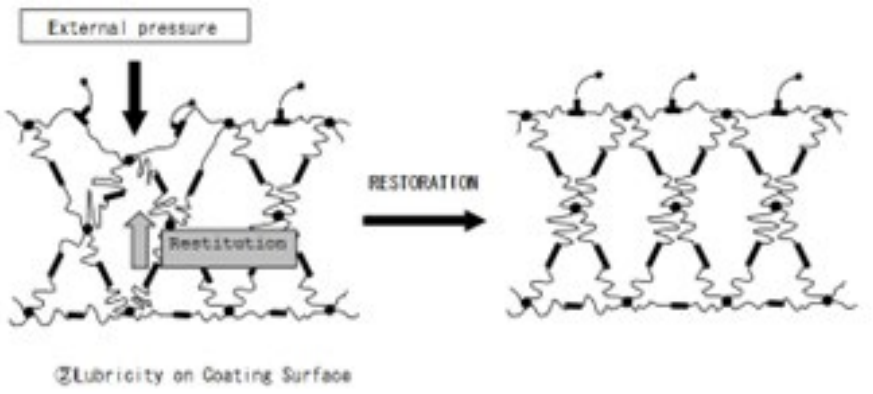
۵-۱ توصیف عمومی فناوری

۵-۱-۱ ویژگی مورد انتظار از فناوری (فناوری مبتنی بر این ویژگی چه کار می‌کند؟)

خودترمیم‌شوندگی[۱] دارای جنبه‌ها و مراتب مختلفی است ولی به‌طور کلی ویژگی خودترمیم‌شونده یک عملکرد برای حذف خراش‌های سایشی کوچک یا اثر ضربات کوچک در حد دندانه‌شدن حاصل از فشار است. این عملکرد بر اساس ویژگی‌های طراحی مختلفی می‌تواند به وجود بیاید که تعدادی از این عملکردها در ادامه اشاره می‌شود.

۱- خاصیت خودترمیم‌شوندگی می‌تواند بر اساس خواص الاستیسیته لایه پوشش در گذر زمان باشد. به‌صورت شماتیک در زیر این مفهوم شبیه‌سازی شده است:
همان‌طور که در تصاویر (شکل ۵-۱)می‌بینید، زنجیره عملکردی یک پلیمر معمولی کوچک است. به بیان دیگر، پوشش شفاف خودترمیم‌شونده فضای وسیع‌تری بین نقاط پل و اتصال و زنجیره اصلی اکرلیکی دارد و دارای طول عامل فعال پل‌زنی بزرگ‌تری است. این به این مفهوم است که پوشش خودترمیم‌شونده دارای انعطاف دینامیکی بسیار بالایی در نواحی پل‌زنی بین زنجیره‌های کناری و زنجیره‌های اکرلیکی داخلی دارد. در نتیجه‌این زنجیره‌های بلند در برابر ضربه مانند فنر عمل کرده و خاصیت خودترمیم‌شونده ایجاد می‌کنند. این عمل با حرارت سریع‌تر انجام می‌شود. این مکانیزم در وب‌سایت شرکت NATOCO که پوشش‌های خودترمیم‌شونده ارائه می‌کند و به‌تازگی شرکت کاوازاکی از آن بر روی بدنه موتورهای خود استفاده می‌کند، توضیح داده شده است.
از سوی دیگر پوشش‌های شفاف خودترمیم‌شونده دارای روانکاری بیشتر و ضریب اصطکاک کمتری نسبت به پوشش‌های معمولی هستند. این خاصیت لغزنده بودن پوشش منجر به انتقال نیروی ضربه و فشار به‌صورت جانبی به پوشش شده و مانع از ایجاد خراش عمیق می‌شوند. در نتیجه عمق خراش کمتر شده و راحت‌تر بازیابی می‌شود.[۲](شکل ۵-۲)

۲- وجود افزودنی ترموپلاستیک در زنجیره پلیمری: در این روش ذرات اپوکسی ترموپلاستیک درون ماتریکس اپوکسی ترموست قرار دارند. با واردشدن حرارت به ساختار، این ماده جریان پیدا می‌کند و ترک ایجاد شده را پر می‌کند. ماده

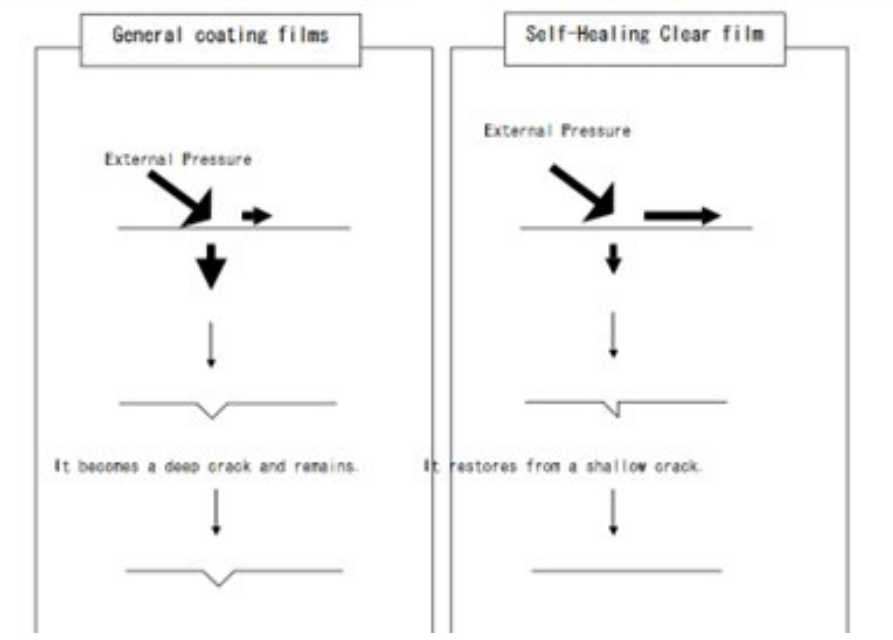


شکل ۵-۱ زنجیره عملکردی یک پلیمر در پوشش خودترمیم‌شونده

ترموپلاستیک تحت حرارت به حرکت درمی‌آید و جریان پیدا می‌کند. در بعضی از مطالعات ۳۰ تا ۴۰درصد خاصیت خودترمیم‌شوندگی ایجاد شده و ترک‌های کوچک و نه خیلی بزرگ ترمیم می‌شوند.

۳- سیستم‌های خودترمیم‌شونده بر مبنای میکرو یا نانوکپسول‌های فعال شده با نیروی مکانیکی:

در این سیستم انواع مواد شیمیایی خود ترمیم‌کننده برای ترمیم ترک‌های میکرونی به‌صورت کپسول شده در ساختار پلیمر قرار دارند. در این روش عامل ترمیم‌کننده مایع درون غشا کپسولی پلیمری قرار داده شده تا در حین ساخت پلیمر محافظت شود و به‌راحتی درون پلیمر پخش شود. در این روش وقتی یک ترک انتشار می‌یابد و به یک کپسول حاوی ماده ترمیم‌کننده می‌رسد، کپسول پاره شده و ماده ترمیم‌کننده آزاد شده و درون ترک نفوذ می‌کند. عامل ترمیم‌کننده، کاتالیست موجود در ساختار پلیمر را حل کرده و فرایند واکنش پلیمری در اطراف دیواره ترک شروع می‌شود. در نتیجه ماده پلیمری تولید شده دیواره‌ها را به یکدیگر وصل کرده و ترک از بین می‌رود.



شکل ۵-۲ مکانیزم عملکرد پوشش‌های معمولی و خودترمیم‌شونده در برابر نیروهای سطحی

برای کارکرد درست این سیستم الزامات زیادی از جمله دوام کپسول‌ها در ساختار پلیمر در گذر زمان، فرایند پلیمری‌شدن سریع در دمای محیط و سازگاری عامل ترمیم‌کننده و کپسول با ساختار پلیمری پایه، لازم است.[۳]

۵-۱-۲ کاربردهای محتمل این ویژگی و فناوری (به‌طور خاص، در حوزه‌های ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

کاربردهای محتمل این فناوری بر روی محصولات برای ایجاد سطوح مقاوم به ترک و خودترمیم‌شونده است. بر اساس گزارش‌های تحلیل بازار، بازار این رنگ‌ها در صنایع خودروسازی، هوافضا، ساخت‌وساز، دفاعی، دریایی و... است. در تحلیل و پیش‌بینی آینده، بازار خودرو بیشترین سهم استفاده از این رنگ را خواهد داشت. توسعه صنایع خودروسازی در مناطق مختلف دنیا منجر به افزایش بازار این رنگ‌ها یا پوشش‌ها می‌شود.[۴]

در صنایع خودروسازی و موتورسیکلت، رنگ‌های خودترمیم‌شونده منجر به ایجاد ظاهر خوب و دوام رنگ در طولانی‌مدت می‌شود. همچنین خراش‌های سطحی با گذشت زمان زیر نور خورشید یا تحت حرارت ترمیم می‌شوند.

در صنایع لوازم‌خانگی نیز در بدنه وسایل منزل می‌تواند از این رنگ‌ها یا پوشش‌ها استفاده شود.

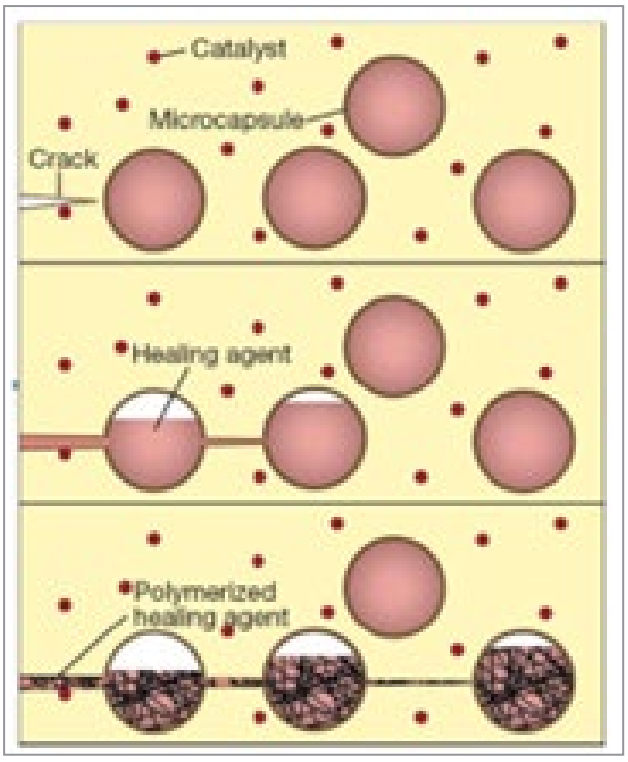
در صنایع مختلف نوعی از این رنگ‌ها برای ممانعت از خوردگی و پیشرفت خوردگی استفاده می‌شوند. در حوزه دریایی و نفت وگاز برای جلوگیری از خوردگی تجهیزات یا بدنه کشتی می‌توان از این رنگ یا پوشش استفاده نمود.

در بدنه تجهیزات مهندسی و یا وسایل الکترونیکی مانند گوشی همراه، تبلت و رایانه همراه می‌توان از پلاستیک‌های خودترمیم‌شونده استفاده کرد.

۵-۱-۳ محصولات توسعه یافته یا در حال توسعه بر اساس این فناوری

محصولات توسعه یافته در این زمینه رنگ‌های خودترمیم‌شونده یا پوشش‌های شفاف خودترمیم‌شونده و همچنین پوشش‌های ضدخوردگی هستند. این محصولات بر پایهٔ پلیمر دوجزئی که جز روانکار آن تحت حرارت به‌صورت موضعی ترک‌ها را ترمیم می‌کند هستند.

از فناوری خودترمیم‌شوندگی در تولید محصولات دیگر مانند بتن‌های خودترمیم‌شونده، پلاستیک‌های خودترمیم‌شونده،



شکل ۵-۳ مکانیزم خودترمیم‌شونده بر مبنای میکرو یا نانوکپسول‌های فعال شده با نیروی مکانیکی

کامپوزیت‌های تقویت شده با فیبر و آسفالت خودترمیم‌شونده استفاده شده است.

رنگ‌ها یا پوشش‌های ضدخوردگی یا ممانعت از ادامه خوردگی بر پایهٔ خواص خودترمیم‌کنندگی نیز در چند مورد دیده شده است. در واقع عملکرد خودترمیم‌کنندگی برای جلوگیری از خوردگی زیرلایه در اثر خراش بر روی رنگ است.

۵-۱-۴ مزیت(های) کلیدی این فناوری (کاهش قیمت، سهولت اجرا، رفع نیازی که تاکنون برآورده نشده و...)

- مهم‌ترین مزیت استفاده از این فناوری افزایش طول عمر و زیبایی و ظاهر رنگ‌ها و پوشش‌ها در کاربردهای سطوح در معرض دید مانند خودروها، موتورسیکلت‌ها، ترن‌ها و وسایل نقلیه دیگر است.
- استفاده از این رنگ‌ها به‌صورت رنگ‌های متداول دیگر بوده و یا به‌صورت پوشش شفاف بر روی رنگ اصلی است.
- هم چنین در نوع ضدخوردگی آن مزیت ممانعت از پیشرفت خوردگی در بدنه است که باعث افزایش طول عمر وسیله یا تجهیز می‌شود.

۵-۱-۵ نانوذرات بهره گرفته شده در این فناوری (از چه فناوری‌های نانویی برای تولید یا به‌کارگیری محصولات بهره گرفته می‌شود؟)

- **میکروکپسول‌ها یا نانوکپسول‌های ترمیم‌کننده در ساختار رنگ:** تحقیقات از حداقل ۱۵ سال پیش بر روی نانوکپسول‌ها در حال انجام است ولی به‌صورت کامل وارد بازار نشده است که نشان از نیاز به سرمایه‌گذاری برای ورود به بازار دارد. هرچند تعداد محدودی محصولات اولیه مبتنی بر این فناوری در بازار وجود دارد[۵،۶].
- **پلیمرهای ارتجاعی و منعطف**
- **پلیمرهای منعطف و قابلیت مایع‌شدن در دمای کمی بیشتر از دمای محیط**[۷،۸]
- پلیمرهای حافظه‌دار دوجزئی دارای ساختار سرامیکی و پلیمر منعطف بافته شده در ساختار سرامیکی دارای نانوذرات متصل شده به انتهای زنجیره پلیمری (محصول Feynlab)
- **نانوذرات Fe_3O_4:** استفاده از مواد تغییر فاز مایع شونده مانند تترادکانول و ذرات فوتوترمال photothermal (گرم شونده با نور) مانند نانوذرات Fe_3O_4 و مخلوط‌کردن با میزان مناسب، تحت تابش نور خورشید و ایجاد حرارت مناسب منجر به ایجاد خواص خودترمیم‌شوندگی می‌شود. به‌علت خاصیت فوتوترمال نانوذرات گفته شده تحت تابش نور خورشید دمای پوشش تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد و فاز مایع تشکیل شده و در مدت زمان ۲۰۰ ثانیه خراش یا ترک‌ها را پر می‌کند و در نتیجه مانع از خوردگی زیرلایه نیز می‌شود.[۹] این تحقیق در سال ۲۰۲۲ به چاپ رسیده و پتانسیل خوبی برای تولید صنعتی دارد.
- **نانولوله کربنی در ساختار کامپوزیت:** نانولوله کربنی با اعمال جریان الکتریسیته گرما ایجاد کرده و محل ترک یا خراش ترمیم می‌شود. در سوپر خودرو لامبورگینی با قراردادن نانولوله کربنی در ساختار الیاف کربنی و اعمال جریان الکتریسیته، پوشش به‌واسطه اعمال حرارت ایجاد شده در نانولوله‌ها ترمیم می‌شود.[۱۰] سیستم شناسایی خودکار محل ترک یا خراش در پوشش این خودرو که به‌واسطه هوشمندسازی با نانولوله کربنی و تغییر در جریان الکتریسیته در پوشش انجام می‌شود، امکان ترمیم خودکار پوشش بدون نیاز به بازرسی یا بررسی توسط فرد را می‌دهد.

۵-۱-۶ زنجیره ارزش کاربردهای مبتنی بر این فناوری (از تولید نانوذرات اولیه تا تولید محصول میانی تا تولید محصول نهایی و به کارگیری محصول)

زنجیره ارزش کاربردهای این فناوری شامل موارد کلی زیر است:

- نانوذرات فوتوترمال؛
- پلیمر ارتجاعی یا منعطف؛
- پلیمر دارای ساختار یا نانوذرات فوتوترمال دارای خاصیت خودترمیم‌شوندگی؛
- پوشش‌های آستری خودترمیم‌شونده؛
- رزین خودترمیم‌شونده؛
- پوشش شفاف خودترمیم‌شونده.

۵-۱-۷ فناوری‌های رقیب (از چه شیوه‌های دیگری برای رفع نیاز مرتبط با این فناوری بهره گرفته می‌شود؟)

پوشش‌های خودترمیم‌شونده به لحاظ عملکردی بی‌رقیب هستند با این حال در مقایسه با پوشش‌های متداول، با توجه به قیمت عمدتا بالای پوشش‌های خودترمیم‌شونده، پوشش‌های متداول بزرگ‌ترین رقیب محسوب می‌شوند. پوشش‌های ضدخوردگی متداول بر پایهٔ زینک- فسفات هستند که عملکرد ضعیفی دارند و نیاز به استفاده از دوز بالا از این ماده در پوشش است تا یک عملکرد متوسط حاصل شود. حامل‌های هوشمند بازدارنده‌های خوردگی در دوزهای کم استفاده می‌شوند و می‌توانند عملکرد به مراتب بهتری نسبت به پوشش‌های متداول نشان دهند.

۵-۱-۸ فناوری‌های مکمل (برای توسعه محصولات در هر یک از کاربردهای ذکر شده، به چه فناوری‌های دیگری نیاز وجود دارد؟)

به‌طور کلی فرایندهای ساخت پوشش و رنگ دارای ویژگی خودترمیم‌شوندگی دارای فناوری‌های مختلفی است. فناوری تولید کامپاندها و اجزای رنگ منعطف و دوجزئی و هم چنین فناوری تولید میکرو و نانوکپسول‌ها و ساختار هسته-پوسته یا فیبر- هسته و فناوری اختلاط و حتی فناوری یا روش استفاده از این روکش‌ها بر روی محصولات یا سطوح خارجی مانند خودرو یا بدنه محصولات چه در مرحله تولید یا در مرحله پس از تولید توسط مصرف‌کننده هرکدام دارای اهمیت هستند.

۵-۱-۹ فرصت‌های تحقیقاتی که امکان دارد بر اثر فعالیت در این زمینه پدید آید. (آیا فعالیت در این زمینه فرصت‌های تحقیقاتی را در حوزه‌های مرتبط پدید می‌آورد یا این اثر/فناوری نسبتاً منزوی است؟)

به‌طورکلی فرایند خودترمیم‌شوندگی بر مبنای پلیمرهای منعطف یا میکرو یا نانوکپسول‌های حاوی مواد ترمیم‌کننده در بسیاری از زمینه‌ها و محصولات دیگر غیراز پوشش ورنگ نیز قابلیت کاربرد دارند. به‌عنوان مثال در آسفالت و روکش‌های سیمانی یا محصولات بتنی و محصولات پلاستیکی و لاستیکی که در برابر آسیب‌های ناشی از تغییر دما و نیروهای مکانیکی ترک می‌خورند یا دچار خش و خراش می‌شوند، مکانیزم خودترمیم‌شوندگی امکان توسعه محصولات آسفالت و قیر و بتن و وسایل پلاستیکی خودترمیم‌شونده را می‌دهد. بنابراین تحقیقات در این زمینه در بسیاری از محصولات دیگر کاربرد داشته و تنها منحصر به پوشش و رنگ نمی‌شود.

۵-۱-۱۰ اهمیت فعالیت در این زمینه از نظر اجتماعی یا راهبردی (آیا این اثر/فناوری به حل یا کاهش شدت یک مسئله اجتماعی، محیط‌زیستی یا سیاسی کمک می‌کند؟)

خیر. به‌طور خاص در مورد رنگ یا پوشش این امر معضل کنونی نیست. در مورد محصولاتی مانند بتن یا آسفالت می‌توان در بلندمدت منجر به صرفه‌جویی در هزینه‌ها شود. در مورد رنگ‌ها و پوشش‌ها کاربرد بهینه‌سازی و تزیینی و در مورد خودرو کاربرد زیبایی و بالاتر رفتن براقیت و کیفیت ماندگاری رنگ خودرو را دارد. این امر در مورد رقابت‌پذیری خودروهای پیشرفته و لوکس اهمیت بالایی دارد.



ایجاد ظاهری مطلوب و دوام بالای رنگ در طولانی‌مدت در صنایع خودروسازی

۵-۲ تحلیل بین‌المللی

۵-۲-۱ بازیگران کلیدی فعال در این فناوری



بازار خودترمیم‌شونده یک بازار نسبتاً ترکیبی و متمرکز است و حضور بازیگران مهم در آمریکای شمالی، اروپا و آسیا پسیفیک دیده می‌شود. شرکت‌های AkzoNobel N.V., Arkema SA, Autonomic Materials Inc., Avecom N. V, Sensor Coating Systems Ltd., Berger Paints India Ltd. Nippon Paint Holding Co. Ltd, Axalta Coatings System LLC, PPG Industries, HMG Paints Limited غول‌های بازار پوشش‌های خودترمیم‌شونده هستند. معمولاً این شرکت‌ها روند متداول یعنی افزایش سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و استراتژی‌های بازکردن بازار را دنبال می‌کنند.[11] تعدادی از شرکت‌هایی که اطلاعات در زمینه رنگ و پوشش خودترمیم‌شونده دارند در ادامه معرفی می‌شوند.

شرکت ADLER:

این شرکت فامیلی از سال‌های بسیار دور در اتریش پایه‌گذاری شده و به‌صورت تخصصی در حوزه تولید رنگ و پوشش برای مصارف صنعتی فعالیت دارد. این شرکت به‌صورت مداوم در حوزه تحقیق وتوسعه و تولید محصولات جدید و پیشرفته فعالیت دارد. با همکاری مؤسسه فرانهوفر طی یک برنامه تحقیقاتی این شرکت بر روی رنگ‌های خودترمیم‌شونده چند پتنت به‌صورت مشترک ثبت کرد. فناوری به‌کار رفته در این محصول بر پایهٔ استفاده از میکروکپسول‌های کروی است که باید در داخل رنگ در هنگام رنگ‌آمیزی و برای مدت طولانی و سالیان زیادی در داخل رنگ دوام داشته باشند. این رنگ‌ها برای رنگ‌آمیزی چوب طراحی شده‌اند و در برابر هوازدگی باید مقاوم باشند.

این محصول هم‌اکنون به‌صورت خاص برای پنجره‌های چوبی استفاده شده و نتایج بسیار خوبی داشته است. همچنین

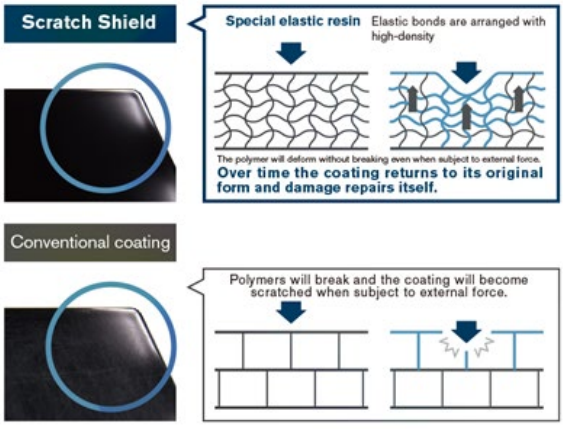
این شرکت پوشش میانی مات دارای میکروکپسول‌هایی برای بازار آماده کرده است که می‌تواند برای مصارف مختلف استفاده شود.

شرکت نیسان موتور[۱۲]:

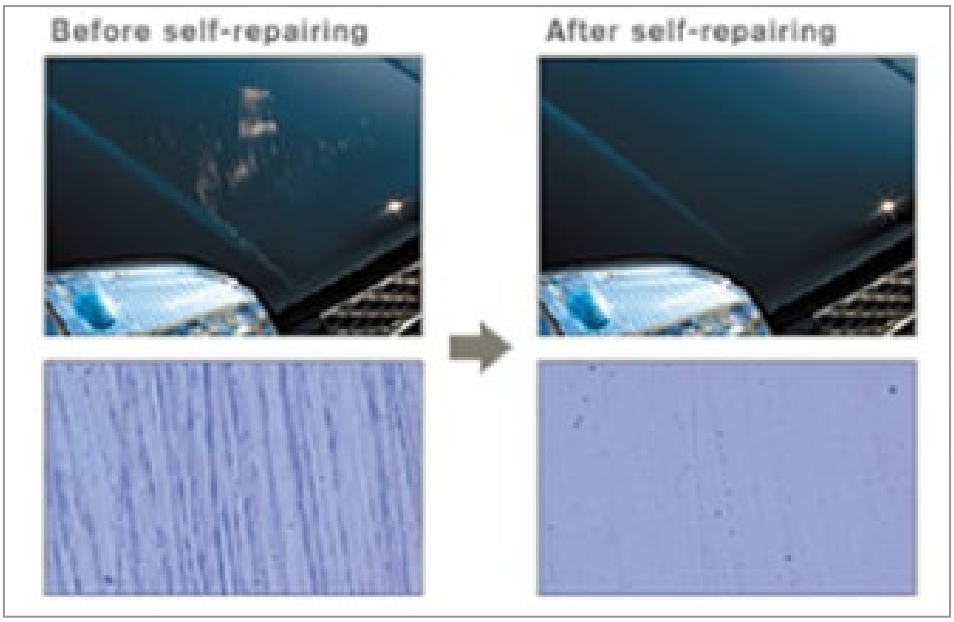
این شرکت از سال ۲۰۰۵ در حوزه رنگ‌ها و پوشش‌های خودترمیم‌شونده برای بدنه خودرو فعال بوده است. در سال ۲۰۰۹ میلادی این شرکت لیسانس رنگ scratch shield را به شرکت NTT Docomo برای کاربرد در گوشی‌های هوشمند در ژاپن ارائه نمود. این شرکت با همکاری دانشگاه توکیو و شرکت Advanced Softmaterials Inc برای بدنه خودرو اینفینیتی این رنگ‌ها را توسعه داده و برای استفاده در صفحه ضدخش گوشی‌های تلفن همراه نیز بازاریابی کرده است.

اساس کار رنگ خودترمیم‌شونده این شرکت با نام تجاری Scratch Shield یک رزین الاستیک مخصوص است که حتی هنگام وارد آمدن و فرو رفتن نیرو یا جسم خارجی، ساختار پلیمری آن دچار شکست یا از هم گسیختگی نمی‌شود. در نتیجه ساختار پلیمر در طول زمان به حالت اولیه خود برگشته و خراش‌ها ترمیم می‌شوند. در مقایسه با پوشش‌های معمول مورداستفاده در کارواش، این پوشش تا یک پنجم پوشش‌های معمولی دچار آسیب‌های دائمی خراش می‌شود. در تصویر زیر (شکل۵-۴) مقایسه پوشش معمولی و پوشش خودترمیم‌شونده را مشاهده می‌کنید.

با استفاده از این پوشش شفاف بر روی رنگ که دارای رزین منعطف است، بسیاری از خش‌ها و خراش‌های ناشی از کارواش و استفاده روزانه از خودرو در طول زمان ترمیم می‌شوند. این پوشش برای استفاده بر روی فلز و پلاستیک طراحی شده و بر روی گوشی تلفن همراه نیز استفاده شده است.[۱۳]



شکل ۵-۴ مقایسه پوشش معمولی و پوشش خودترمیم‌شونده Scratch Shield

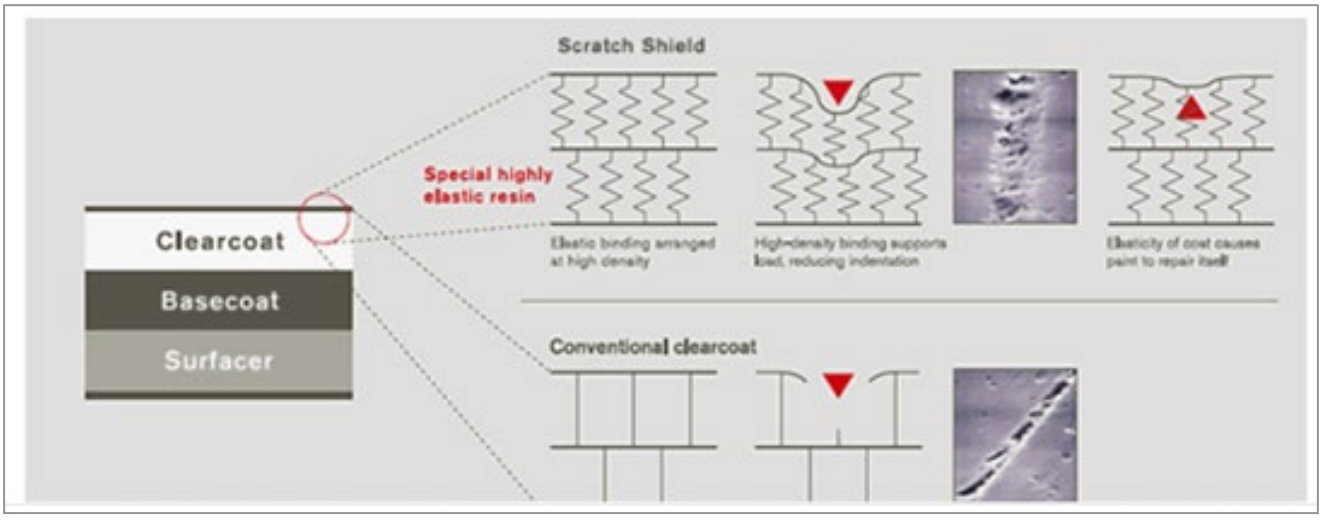


شکل ۵-۵ عملکرد پوشش Scratch Shield

شرکت Feynlab[۱۴]:

این شرکت یکی از تولیدکنندگان پوشش‌های ضدخش و خودترمیم‌شونده برای سطوح خودرو است. رنگ این شرکت با نام FEYNLAB SELF HEAL PLUS پوشش بر پایهٔ فرمولاسیون پوشش‌های نانویی سرامیکی این شرکت است. این محصول ضخیم‌ترین و پیشرفته‌ترین پوشش موجود در بازار پوشش‌های محافظتی خودرویی است. علاوه بر مکانیزم بسیار پیشرفته خودترمیم‌شونده، ویژگی سرامیکی این پوشش یک لایه حفاظتی مستحکم و با دوام با ظاهر براق و سخت را بر روی خودرو ایجاد می‌کند. با وجود این پوشش رنگ خودروهای تیره براقیت و ظاهر خود را حفظ کرده و به سبب خاصیت خودترمیم‌شونده، خراش‌های سطحی و اثر مواد شوینده و... بر روی رنگ از بین می‌روند.

برای فعال‌سازی شرایط خودترمیم‌شوندگی کافی است خودرو در معرض نور مستقیم خورشید با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد یا بیشتر قرار گیرد و در نتیجه ساختار پلیمری دوباره بازیابی می‌شود. خراش‌های ظریف و میکرو اثرات ناشی از کارواش یا وسایل خارجی از بین می‌روند و رنگ براق می‌شود. مکانیزم نهفته در این پوشش بر پایهٔ الیاف پلیمری حافظه‌دار بافته شده در ساختار



شکل ۵-۶ مکانیزم عملکرد پوشش Scratch Shield

سرامیکی استخوانی پوشش است. نانوذرات در این سیستم به انتهای زنجیره پلیمری وصل شده‌اند و خاصیت پلیمر حافظه‌دار ایجاد می‌کنند. این پلیمر وقتی حرارت داده می‌شود، به حالت اولیه‌اش برمی‌گردد و خاصیت خودترمیم‌شوندگی پدید می‌آید. مدت زمان استفاده Warranty ۷ سال بوده و فقط باید توسط افراد آموزش دیده و تأیید شده این شرکت اعمال شوند. قیمت بالای این پوشش و هزینه بالای اعمال آن منجر به استفاده آن بر روی خودروهای لوکس و گران‌قیمت شده است.



شکل ۵-۷ پوشش‌های ضدخش و خودترمیم‌شونده با نام FEYNLAB SELF HEAL PLUS

شرکت کاوازاکی[۱۵] با همکاری شرکت رنگ NaToco[۱۶]:

شرکت تولید موتورسیکلت کاوازاکی در موتور 2019Ninja H2 یک فناوری مهندسی رنگ با دوام بالا که قابلیت خودترمیم‌شونده دارد را معرفی کرد که در برابر افزایش توان موتور و ویژگی‌های دیگر آن کمتر موردتوجه قرار گرفت. البته به این دلیل که کاوازاکی جزئیات بیشتری در مورد نحوه کار و ویژگی‌های آن ارائه نکرده بود.

در خبرهای منتشر شده مشخص شد که رنگ یا پوشش به‌کار رفته به سبب ویژگی‌های ساختاری دارای بخش‌های میکروسکوپی نرم و سخت، دارای خاصیت فنری شیمیایی بوده و مانند ترمپولین بسیاری از ضربات وارد شده به رنگ را دفع می‌کند. بر این اساس در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد در مدت زمان کوتاهی خش و خراش‌های کوچک و سطحی ترمیم می‌شوند. بر اساس بررسی پتنت این شرکت مشخص می‌شود که از رنگ‌های شرکت NATOCO که در بخش اول معرفی فناوری گفته شده است، استفاده شده است. ناتوکو یک شرکت تولید رنگ‌های مهندسی ژاپنی است.

این پوشش نرم و انعطاف‌پذیر بر روی رنگ اصلی موتور اعمال شده است. پتنت شرکت کاوازاکی تنها در مورد نحوه اعمال این پوشش بوده و در مورد ماهیت آن توضیحی نمی‌دهد. با این که شرکت‌های خودروسازی بنز و تویوتا و نیسان از رنگ‌های

خودترمیم‌شونده استفاده کرده‌اند با این حال اولین بار کاوازاکی برای موتورسیکلت این رنگ را استفاده کرده که به نظر می‌رسد با توجه به برخورد بیشتر کلید یا فرد موتورسوار و تجهیزات با موتور نیاز به این رنگ بیشتر از خودرو در آن است.

شرکت Akzonobel:

این شرکت بین‌المللی رنگ و پوشش که در آمستردام هلند مستقر است، از سال ۲۰۱۹ چالش آینده را رنگ بزن paint the future برگزار می‌کند. این یک برنامه جدید برای همکاری با شرکت‌های نوپا (استارتاپ) برای تسریع در نوآوری در دنیای رنگ و پوشش است. این رویداد که در آمستردام برگزار می‌شود، محلی برای ارائه و یافتن متخصصان صنعتی برای توسعه ایده‌های شرکت‌های استارتاپ و نوپاست. بعد از بررسی و داوری، ایده‌ها برگزیده و شرایط تولید، آزمایش و به‌کارگیری در مراحل مختلف تا بازار برای این ایده‌ها ایجاد می‌شود. چند پیشنهاد در مورد رنگ‌های خودترمیم‌شونده ضدخوردگی از شرکت SAS nanothechnology ltd برای توسعه میکروکپسول‌های ضدخوردگی برای خواص خودترمیم‌شوندگی مورد بررسی و موافقت قرار گرفت.[۱۷] در سال ۲۰۲۰ ایده پوشش‌های خودترمیم‌شونده از شرکت Croda smart materials از انگلستان برگزیده شد.[۱۸]

شرکت Atfi surface science solutions[۱۹]:

این شرکت در حوزه پوشش‌ها و رنگ، محصولاتی با نام تجاری Cerablack ارائه می‌کند که دارای کاربردهای مختلفی است. این شرکت با ایجاد طیف وسیعی از محصولات جدید با امکان ارائه لیسانس برای تولیدکنندگان سعی در گسترش بازار خود را دارد. یکی از محصولات آن Cerablack SHS است که با نام سطوح خودترمیم‌شونده[۲۰] شناخته می‌شود، یک پوشش شفاف، ضدآب، خودترمیم‌شونده و دارای لایه نازک ضدلک است. این رنگ دارای لایه‌های کم انرژی با خواص دوام محیطی بالاست. در رنگ‌ها و پوشش‌های متداول برای خواص ضدآب و ضدلک از یک تک‌لایه آلی مقاوم استفاده می‌شود که در اثر حرارت بالا یا صدمات مکانیکی محیطی می‌تواند به‌صورت دائم آسیب‌دیده و خواص قسمت آسیب‌دیده از بین برود. در پوشش‌های جدید از فناوری خودترمیم‌شونده استفاده می‌شود. برخلاف پوشش‌های متداول، پوشش‌های SHS امکان ترمیم با زمان را دارند و خواص لایه ضدآب صدمه دیده در طول زمان ترمیم می‌شود. در واقع این پوشش‌ها پس از قرار گرفتن و آسیب در معرض دمای بالا یا محیط ساینده، توانایی بازیابی و ترمیم لایه ضدآب و لک خود را دارند. این پوشش‌ها دارای PH پایداری هستند. کاربردهای آن شامل



شکل۵-۸ موتورسیکلت کاوازاکی با پوشش‌های خودترمیم‌شونده

پوشش‌های در برابر هوا و نور پیشرفته، سطوح با قابلیت تمیزشوندگی خوب، پوشش‌های صنایع شیمیایی و فرایندی است.

شرکت Croda smart materials[۲۱]:

این شرکت که ایده رنگ و پوشش خودترمیم‌شونده اش در همایش آینده را رنگ بزن شرکت آکنوزوبل برنده شده است، بر روی این پوشش و پلیمرهای خودترمیم‌شونده فعالیت زیادی داشته است. این شرکت مواد خودترمیم‌شونده تولید می‌کند و در زمینه تولید این محصولات به شرکت‌های دیکر خدمات مشاوره و استفاده از مواد سازنده این محصولات را می‌دهد. شرکت کرودا محصولات مختلفی در حوزه پلیمر، رنگ و پوشش ارائه می‌کند. این شرکت افزودنی‌های پلیمری برای بهبود ظاهر و عملکرد محصولات پلیمری، هسته‌های اولیه سازنده پلیمری بر پایهٔ زیستی، سورفکتانت، دیسپرسانت‌های خاص و چسب‌ها و رنگ و پوشش‌های خاص تولید می‌کند. Priamine 1075 یک جز سازنده اولیه Dimer Diamine برای ساخت پلی‌آمیدهای ویسکوز و پلی‌آمیدهای عملکرد بالا در چسب‌ها، پرکن‌ها، پوشش‌ها و پلاستیک‌های مهندسی هستند. این جز سازنده دارای خلوص بالا و بسیار سیال بوده که امکان تنظیم دمای ذوب برای محصول نهایی را داده و امکان تجربه دمای بالا برای محصول بدون از بین رفتن یا تأثیر بر روی خواص محصول نهایی را می‌دهد. بر پایهٔ این محصول، یک پلی‌آمید خودترمیم‌شونده با خاصیت بازسازی کامل از خراش، شکست و آسیب در دمای محیط می‌توان تولید کرد. این محصول حاصل روغن‌های گیاهی بوده و کاملاً طبیعی است.[۲۲]

شرکت آمریکایی Nanopowder enterprise incorporation[۲۳]:

این شرکت با نام مخفف NEI از سال ۱۹۹۷ تأسیس شده و در

زمینه‌های پیشرفته نانوفناوری فعالیت دارد. این شرکت با پشتکار فراوان توانسته در بعضی بازارهای خاص سرآمد شود. این شرکت هم‌اکنون دامنه وسیعی از مواد خاص را برای بازارهای مختلف تولید می‌کند. محصولات این شرکت با نام تجاری NANOMYTE عرضه می‌شود که در این حوزه پتنت‌های بسیاری منتشر شده است. تعدادی از رنگ‌ها و پوشش‌های خودترمیم‌شونده این شرکت با نام تجاری NANOMYTE® MEND به بازار عرضه شده است. این شرکت مجموعه‌ای از رنگ‌های خودترمیم‌شونده یا پوشش‌های نهایی عرضه کرده است که پدیده فیزیکی خودترمیم‌شوندگی منجر به بسته‌شدن محل خالی و آب‌بندی ترک‌ها می‌شود. این پوشش‌ها بر روی زیرلایه‌های متنوعی مانند چوب، فلز و پلاستیک که نیاز به وجود سطح براق و با ماندگاری ظاهری بالا دارند، قابل‌استفاده است. این پوشش‌ها می‌توانند چندین بار در یک محل آسیب را ترمیم کنند و بنابراین میزان ماندگاری پوشش و کارکرد آن بسیار بیشتر از سایر پوشش‌های متداول است. این پوشش‌ها بر پایهٔ پلی‌یورتان بوده و ویژگی‌های مثبت آن عبارت‌اند از:

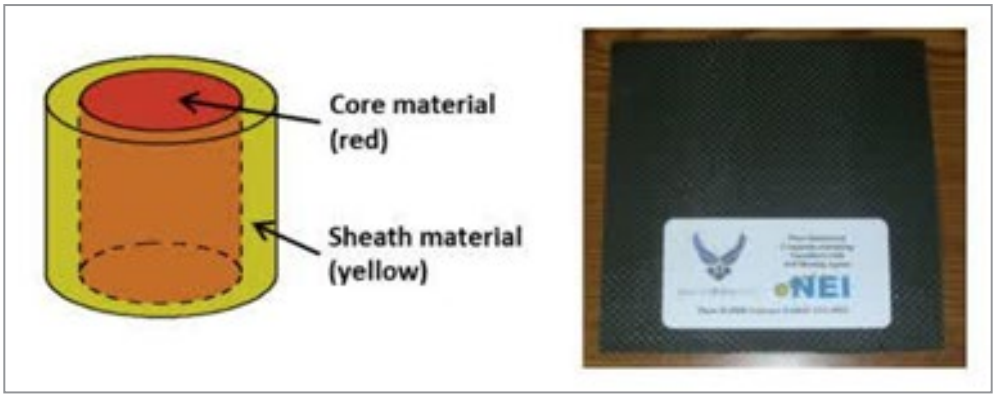
- قابلیت اعمال آسان با روش‌های اسپری، غوطه وری و رنگ‌آمیزی؛
- صرفه‌جویی در هزینه‌های ماده اولیه، نیروی کار و زمان از دست رفته مربوط به تعویض و جایگزینی رنگ جدید؛
- دوام بالا به سبب حفظ خواص ترمیم‌کنندگی در طول زمان؛
- مقاومت در برابر اشعه UV: در تعدادی از این رنگ‌ها فرمولاسیون مقاوم به تغییرات مخرب اشعه UV در پوشش وجود دارد.

تعداد این پوشش‌ها ۶ نوع بوده (شکل ۵-۹) که دارای ویژگی‌های مختلفی است. این پوشش‌ها بر اساس دمای گیرش و دمای عملکرد خودترمیم‌کنندگی و مقاومت در برابر اشعه UV دسته‌بندی می‌شوند.

Coating	Curing Temperature	Healing Temperature	Base
MEND 1000	60°C (min.)	60 °C (min.)	Solventborne
MEND 1000-UVP	60°C (min.)	60 °C (min.)	Solventborne
MEND 2000	60°C (min.)	25 °C (min.)	Solventborne
MEND 2000-UVP	60°C (min.)	25 °C (min.)	Solventborne
MEND 3000	20°C (min.)	60 °C (min.)	Solventborne
MEND 3000-UVP	20°C (min.)	60 °C (min.)	Solventborne

شکل ۵-۹ انواع پوشش‌های خودترمیم‌شونده شرکت NEI

NANOMYTE MEND 1000 یک رنگ خودترمیم‌شونده با حرارت بوده که دارای دو جز است و دارای مورفولوژی فازهای جداگانه phase seperated morphology است که امکان آزادشدن عامل خودترمیم‌شوندگی به محل عیب مانند خراش یا ترک را می‌دهد و در نتیجه ظاهر و عملکرد پوشش را بازیابی می‌کند. عملکرد خودترمیم‌شوندگی با اعمال حرارت کمی در حدود ۶۰ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد فعال‌شدن و بی‌رنگ و شفاف است. کاتالیست آن قلع بوده و میزان ماده جامد آن در حد ۳۳ تا ۳۶درصد است. در انواع دیگر این محصولات گیرش در دمای محیط یا عملکرد خودترمیم‌شوندگی در دمای پایین مانند ۴۰ درجه سانتی‌گراد و همچنین مقاومت در برابر اشعه فرابنفش وجود دارد. این پوشش‌ها به‌صورت رنگ‌دانه‌دار یعنی رنگ‌های مختلف نیز ارائه می‌شوند.
در توضیحات ارائه شده در قسمت فنی وب‌سایت این شرکت، اطلاعاتی در مورد نانوکامپوزیت‌های رزینی برای کاربردهای خودترمیم‌شونده و سیستم‌های هسته-پوسته یا هسته-لوله برای در برگرفتن مواد خودترمیم‌کننده برای آزادشدن در ساختار کامپوزیت ارائه شده است. در یکی از کامپوزیت‌های ذکر شده ساختار فیبرهای دارای هسته حاوی مواد ترمیم‌کننده ساخته شده است.



شـکل۵-۱۰ شـماتیک یک فیبر غلاف هسـته که مورفولوژی نی مانند را نشان می‌دهد (چپ)، FRC حاوی الیاف هسته خودترمیم‌شونده

۵-۲-۲ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار

با توجه به تولید این محصول در شـرکت‌های زیادی در سـطح دنیا آمادگی فناوری سـطح بالایی TRL=9 دارد. بازار این محصول در حال حاضر بیشتر در حوزه محصولات خودرویی و گوشی تلفن همراه بوده و دراین حوزه توانسته بازار خود را شکل دهد MRL=9.

۵-۲-۳ موقعیت فناوری در چرخه عمر

به نظر می‌رسـد با توجه به اینکه بازار آن در حوزه خودرویی و گوشـی همراه مختص به اسـتفاده‌کنندگان خاص است و هنوز به‌طور عموم شـناخته شـده نیسـت و پتانسـیل‌های آن در بخش‌های دیگر به‌طور کامل استفاده نشده اسـت در مرحله قبل از بلوغ یعنی رشد است.

۵-۲-۴ مهم‌ترین پیشران‌ها و چالش‌های پیش روی فناوری

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

چالـش فنـی مربـوط به این فناوری، عدم پاسـخگویی سـریع و در برابر خش‌هـا و خراش‌های عمیق اسـت. همچنین در بخش‌های اسـتفاده گسـترده مانند روکش‌های سطوح وسیع نیازمند روش‌های سریع‌تر در اعمال و استفاده است. در حال حاضر توسط خود کارخانه بر روی محصولات یا توسـط افراد آموزش‌دیده باید اعمال شـود. به نظر می‌رسـد در صورتی که به‌شـکل محلول آماده به مصرف توسط افراد معمولی یا رنگ‌های آماده به مصرف کوره‌ای یا معمولی ارائه شود عموم مردم بتوانند با هزینه کمتری استفاده کنند. پیشـران فنی سیسـتم پلیمری و روکش محلولی امکان اسـتفاده در سـطوح مختلف را می‌دهد. در صورت استفاده به‌صورت رنگ آماده در بیشتر سطوح در معرض خراش و سایش در محیط‌های عمومی و وسایل نقلیه می‌توان استفاده کرد.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

از نظر اقتصادی قیمت بالای این محصولات یکی از چالش‌های آن است. این محصول در بخش‌های خودرویی و تلفن همراه هزینه بالایی نیاز دارد. با توجه به طول عمر کم فناوری‌های تلفن همراه و به‌روزشـدن محصولات آن اسـتفاده از روکش‌های طول عمر بالا با هزینه بالا توجیهی ندارد. در حوزه خودرویی بیشتر بر روی خودروهای لوکس کاربرد دارد.

پیشـران اقتصـادی مربوط به حفظ ظاهـر زیبای آن در محصولات مصرفی و خودرویی و در حوزه آسـفات و پلیمر افزایش طول عمر و کاهش هزینه‌های تعویض و بازسـازی از پیشـران‌های اقتصادی آن است. همچنین رنگ‌های مورداستفاده در محیط‌های عمومی که در معرض سایش و خراش هستند.



در کشتی‌سازی، هواپیماسازی و تجهیزات ثابت و متحرک در هوا و دریا نیاز به سطوح با رنگ خودترمیم‌شونده برای افزایش طول عمر و جلوگیری از خوردگی پیشران اقتصادی خوبی است.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

در حال تکمیل است.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

در حال تکمیل است.

۵-۲-۵ اطلاعات موجود درباره تحلیل بازار در سطح جهانی

در گزارش‌های رصد بازار جهانی رشد این بازار به سبب کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری پیش‌بینی شده است. در حوزه گوشی‌های همراه و شیشه‌ها و عینک و صنایع اپتیکی می‌توان بازار خوبی برای آن‌ها درنظر گرفت. در بیشتر صنایع مشتریان زیادی برای این فناوری خواهد بود.[۲۴]

تولیدکنندگان کلیدی رنگ‌های خودترمیم‌شونده در سال ۲۰۲۰ عبارت‌اند از:[۲۵]

ADLER, Nippon Paint Holding Co. Ltd, Nissan, Feynlab

قیمت تعدادی از محصولات Feynlab عبارت‌اند از:

محصول FEYNLAB HEAL LITE در بسته بندی بطری ۳۰ میلی لیتری و یا یک پک شامل ۱۸ عدد از بطری‌های ۳۰ میلی‌لیتری است. این محصول تنها توسط افراد آموزش دیده شرکت استفاده شده و هزینه تمام شده آن از ۱۲۹۹ دلار به بالا شروع می‌شود و بسته به میزان ماده مورداستفاده بیشتر می‌شود.

FEYNLAB SELF HEAL PLUS به همین صورت با شروع قیمت از ۲۴۹۹ دلار بسته به میزان ماده مصرفی بیشتر می‌شود. این محصول نیز تنها توسط افراد آموزش دیده این شرکت اعمال می‌شوند.

۵-۲-۶ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در دنیا تأثیر بگذارد

در سال‌های اخیر پوشش‌ها و رنگ‌های خودترمیم‌شونده بیشتر در حوزه خودرویی و موتورسیکلت در بخش خودروهای لوکس و با هزینه بالا استفاده شده‌اند. در حوزه گوشی‌های همراه نیز توسط چند شرکت استفاده شده‌اند. در حوزه‌های دیگر در سال‌های آینده رشد این پوشش‌ها بیشتر خواهد شد. در حوزه‌های دریایی و هوایی به نظر می‌رسد پتانسیل خوبی برای این رنگ‌هاست در صورتی که فناوری استفاده و اعمال آن نیز برای کاربردهای وسیع و بزرگ صنعتی و به‌سمت اتوماتیک برود.

۵-۳ تحلیل داخلی

۵-۳-۱ فعالیت‌های انجام گرفته در کشور

فعالیت‌های تحقیقاتی (چه تیم‌هایی در کدام نهادها در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ چه مقالاتی در این زمینه منتشر شده است؟ چه پایان‌نامه‌هایی نگارش شده است؟)

در بررسی و جستجو در پایگاه داده IRANDOC[۲۶] حدود ۲۱۱ نتیجه برای واژه خودترمیم به‌دست می‌آید که تعدادی از آن‌ها در در جدول ۵-۱ ذکر می‌شود.

جدول ۵-۱ نمایی از تحقیقات انجام‌شده در کشور در حوزه خودترمیم‌شونده

ردیف	نگارندگان	دانشگاه/ مؤسسه	عنوان تحقیق
۱	Pooneh Kardar, Hossein Yari, Mohammad Mahdavian, Bahram Ramezanzadeh	پژوهشگاه رنگ	mart Self-Healing Polymer Coatings:Mechanical Damage Repair and Corrosion Prevention
۲	غلامعلی فرزی	دانشگاه حکیم سبزواری، پژوهشکده فنی و مهندسی	ساخت پوشش پلی‌یورتان خودترمیم‌شونده بر پایهٔ عوامل ترمیم میکروکپسوله شده
۳	نادره گلشن ابراهیمی، سهیلا جوادیان	دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده مهندسی شیمی	بررسی خودترمیم‌شوندگی نانوکامپوزیت اپوکسی/نانورس با استفاده از عامل پلی(اتیلن-کو-متااکریلیک اسید)
۴	سعید نوری خراسانی	دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی شیمی	خودترمیم‌شوندگی پوشش اپوکسی با استفاده از مزوکپسول‌های پوسته-مغزی (رزین اپوکسی-عامل پخت آمینی)
۵	مهدی جاویدی	دانشگاه شیراز	بررسی رفتار خودترمیم‌شوندگی رزین پلی‌یورتان با استفاده از میکروکپسول پلی‌یورتان تولید شده به روش پلیمریزاسیون بین‌سطحی حاوی رزین پلی‌یورتان
۶	سعیدرضا الله کرم، رضا نادری محمودی	دانشگاه تهران	مکانیزم عملکرد پوشش خودترمیم‌شونده مقاوم به خوردگی حاوی میکرو/ نانوکپسول
۷	کریم شلش‌نژاد، رضا نجار	دانشگاه تبریز	تهیه پوشش‌های پلی‌یورتان آب پایه حاوی مخزن‌های سیلیکا پر شده با ماده فعال ترمیم‌کننده با خاصیت خودترمیم‌شوندگی و مقاوم به خوردگی
۸	مهران رستمی	پژوهشگاه رنگ	ساخت پوشش نانوکامپوزیتی هیبریدی خودترمیم‌شونده بر پایهٔ پلی ایزوبوتیلن و هیدروکسیدهای لایه دوگانه بارگذاری شده با آنتی‌اکسیدان‌های فنولیکی
۹	رضا اسلامی فارسانی	دانشگاه خواجه نصیر- بخش مواد	بررسی تجربی رفتار مکانیکی کامپوزیت زمینه پلیمری خودترمیم‌شونده تقویت شده با الیاف کربن تحت بارگذاری استاتیکی

فعالیت‌های توسعه محصول و تجاری‌سازی (آیا نمونه‌سازی انجام گرفته است؟ چه شرکت‌هایی برای توسعه محصول در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ آیا محصولی مبتنی بر این فناوری در بازار به فروش می‌رسد؟ آیا شرکت‌های صنعتی بزرگ در این زمینه فعالیت می‌کنند؟ آیا شرکت‌های واردکننده در این زمینه فعالیت می‌کنند؟)

در وب‌سایت فروش گوشی همراه GLX.ir پوشش‌های پلیمری ضدخش خودترمیم‌شونده با نام آریا برای محافظت از صفحه گوشی ارائه شده است. اطلاعات دیگری در خصوص تولیدکننده این پوشش‌های پلیمری یافت نشد.[۲۷] یکی از دغدغه‌های مصرف‌کنندگان چسبندگی ضعیف پوشش‌های رایج بر روی سطوح پلاستیکی و فلزی و همچنین ایجاد خط و خش بر روی سطح پوشش‌های پلیمری در زمان سرویس‌دهی است.

فعالیت‌های سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری

۵-۳-۲ کاربردهای احتمالی محصولات مبتنی بر این فناوری در کشور (خصوصا کاربردهای مرتبط با سه حوزه ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

آسترهای ضدخوردگی در هر سه بخش ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی به‌وفور استفاده می‌شوند. از اینرو استفاده از پوشش‌های ضدخوردگی هوشمند می‌تواند جایگزین مناسبی برای پوشش‌های ضدخوردگی متداول باشد.

همچنین در شرکت‌های تولیدکننده موتورسیکلت به نظر می‌رسد با توجه به ورود شرکت کویر در زمینه تولید موتورسیکلت، رقابتی بین تولیدکنندگان شکل گرفته است و امکان فروش این محصول در این بازار وجود دارد. در بعضی از مناقصات حوزه نفتی تقاضای خرید نوارهای پوشش خودترمیم مشاهده شده است. اطلاعات بیشتری در این زمینه وجود ندارد ولی به نظر می‌رسد این نوارها برای پوشاندن نواحی جوشکاری شده دور لوله‌های انتقال نفت و گاز و از جنس پلیمری است.[۲۸] نوار رویی پوشش لوله بیتوسیل (پوشش قیر پایه نفتی است که خواص آن با مواد پلیمری بهبود داده شده است) یک تیشو از جنس الیاف شیشه تقویت شده با شبکه پلی‌استری است این نوع نوار که در عایق‌کاری لوله‌های فولادی کاربرد دارد، جهت سازگاری با سیستم پوشش لوله بیتوسیل، با مواد قیر پایه نفتی اصلاح شده با پلیمر آغشته شده است. خاصیت خود ترمیمی (Self-healing) نوار سرجوش بیتوسیل به‌صورتی است که پس از رفع نیروی فیزیکی و مکانیکی اعمال شده روی پوشش، تغییر شکل ایجاد شده مجدداً به حالت اولیه خود برمی‌گردد. به این ترتیب خراش‌ها و بریدگی‌های روی نوار پوشش پس از رفع نیرو ترمیم می‌شود. در حال حاضر بیشتر پوشش‌های لوله‌های فلزی پوشش بیتوسیل است و

جایگزین پوشش کلتار شده است. در پروژه‌ها یکی از نیازهای مهندسان و پیمانکاران محاسبه مواد مصرفی پوشش بیتوسیل از جمله محاسبه قیر (PMB)، پرایمر، نوار و ورق ممبرین سرجوش‌ها و مصرف PP جهت صورت وضعیت کالاست.[۲۹]
در زمینه پوشش نانوسرامیکی خودروبا قابلیت خودترمیم‌شونده نیز آگهی‌هایی در اینترنت مشاهده شده است. از جمله این محصولات سرامیک خودترمیم مفرا بلیندو لابوکاسمتیکا Labocosmetica Blindo Ceramic است که کیت کامل مشابه این پوشش با قیمت بین ۳ تا ۵میلیون تومان به‌فروش می‌رسد.[۳۰]
همچنین یک برند دیگر نانوسرامیک خودترمیم‌شونده با نام پوشش نانوسرامیکی می وینچی نیز در بازار خودرو ایران به‌فروش می‌رسد و همچنین خدمات پوشش‌دهی سرامیکی ارائه می‌شود.[۳۱]

۵-۳-۳ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار در کشور

با توجه به اینکه محصولات وارداتی در کشور عرضه می‌شود شناخت خوبی در بازار وجود دارد و سطح آمادگی بازار ۹ است و با توجه به تحقیقات صورت گرفته سطح آمادگی فناوری ۶ است.



۵-۳-۴ وضعیت فناوری‌های رقیب و مکمل در کشور در هر یک از کاربردهای احتمالی

۵-۳-۵ میزان سرمایه‌گذاری موردنیاز برای توسعه این فناوری تا سطح نمونه‌سازی (TRL۶) و همچنین، برای تولید در مقیاس وسیع (TRL۸) به‌صورت تخمینی

بسیار بستگی به نوع فناوری است که انتخاب می‌شود و اینکه از امکانات موجود در یک شرکت استفاده می‌شود یا اینکه تمام امکانات قرار است توسط یک واحد به‌صورت مستقل تأمین شود. به نظر بهترین مسیر توسعه دانش فنی تا TRL5 و واگذاری آن به شرکت‌های بزرگ داخلی یا خارجی برای توسعه و تجاری‌سازی است. برای توسعه تا TRL5 برای یک پوشش ضدخوردگی هوشمند مثلا پایه گرافنی/سامانه‌های تبادل یون به نظر حداقل ۱میلیارد تومان هزینه لازم است.

۵-۳-۶ زیرساخت‌ها و منابع لازم برای توسعه فناوری، توسعه محصول و تجاری‌سازی در کشور

- منابع انسانی
- زیرساخت آزمایشگاهی و نمونه‌سازی
- زیرساخت تولید
- آزمایشگاه مرجع
- منابع مالی
- توانمندی‌های حفاظت از دارایی فکری
- زیرساخت‌های بازاریابی، توزیع، فروش و خدمات پس از فروش

با توجه به فناوری موردنیاز در این بخش که جنبه بین رشته‌ای دارد و با توجه به بررسی پایان‌نامه‌های متعددی که در سال‌های اخیر در دانشگاه‌ها و پژوهشکده‌ها انجام شده است، به نظر می‌رسد از بعد توانمندی نیروی انسانی متخصص در حوزه‌های پلیمر و رنگ، دانش فنی تولید انواع پلیمر و رنگ و ملزومات مربوط به فناوری خودترمیم‌شوندگی، کشور دارای توانمندی خوبی است.
از نظر زیرساخت تولید نیز با توجه به وجود شرکت‌های پیشرو پلیمری و پوشش در کشور و همچنین آزمایشگاه‌های قوی در حوزه پلیمری و رنگ نیز به نظر می‌رسد امکانات مناسبی فراهم باشد.

۵-۳-۷ پیشران‌ها و چالش‌های توسعه و تجاری‌سازی این فناوری در کشور

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

از نظر فنی پیشران‌هایی مانند نیروی متخصص و شرکت‌های دانش‌بنیان حوزه رنگ و پلیمر وجود دارند که در رسیدن به محصول و تولید صنعتی می‌توانند به‌خوبی عمل کنند.
چالش‌های مربوط به بخش فنی در حوزه تولید نانوکپسول‌ها و میکروکپسول‌ها و تهیه رنگ یا پوشش نهایی و همچنین تکمیل بخش اعمال پوشش در کاربردهایی مانند خودرو است. همچنین بهینه‌کردن پوشش و رنگ برای کاربردهای نفت، گاز، کشتی، شناور و تأسیسات دریایی برای دوام طولانی‌مدت نیز از چالش‌های فنی این رنگ‌هاست. قیمت نهایی محصول در جایی بررسی نشده است. باید از شرکت‌های تولیدکننده اطلاعات تکمیلی اخذ شود.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

از نظر اقتصادی چالش‌های کلی کشور مانند محدود بودن بازار این محصولات به کاربردهای لوکس و گران‌قیمت و همچنین رقابت‌پذیری با محصولات مشابه خارجی وجود دارد.

پیشران‌ها و چالش‌های تقاضا

پیشران تقاضا در بخش خودروهای لوکس و گران‌قیمت وجود دارد. در حال حاضر چند برند خارجی در حال فروش در کشور در این حوزه هستند. در حوزه نفت، گاز، کشتی و هواپیما می‌تواند تقاضاهای بالقوه‌ای برای کاربردهای رنگ خودترمیم‌شونده ضدخوردگی وجود داشته باشد.
چالش کوچک بودن بازار و محدودیت کنونی آن در بخش خودرو یا وسایل نقلیه و همچنین نبود بازار بالفعل در بخش‌های دیگر صنعتی وجود دارد.
به نظر می‌رسد شناخت کافی از محصول در سایر بخش‌ها وجود ندارد.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

در حال تکمیل است.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

در حال تکمیل است.

۵-۳-۸ بازار داخلی محصولات مبتنی بر این فناوری در هر زنجیره ارزش

بازارهای متصور برای این پوشش‌ها یا رنگ‌ها عبارت‌اند از:

- پوشش‌های نانوسرامیکی خودترمیم‌شونده در روکش خودروها؛
- پوشش‌های خودترمیمی در صنایع در معرض خوردگی مانند نفت و گاز و فراساحلی.

۵-۳-۹ فرصت‌های صادراتی برای شرکت‌های فعال ایرانی

با توجه به ارزانی نیروی کار و برخی مواد اولیه در ایران، امکان تجاری‌سازی این محصولات در ایران و فروش به خارج از کشور وجود دارد. همچنین حصول دانش فنی با قیمت مناسب می‌تواند در کشور انجام شود و فروش دانش فنی با قیمت مناسب به خارج از کشور ارزآوری خوبی برای کشور خواهد داشت.

۵-۳-۱۰ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در کشور تأثیر بگذارد

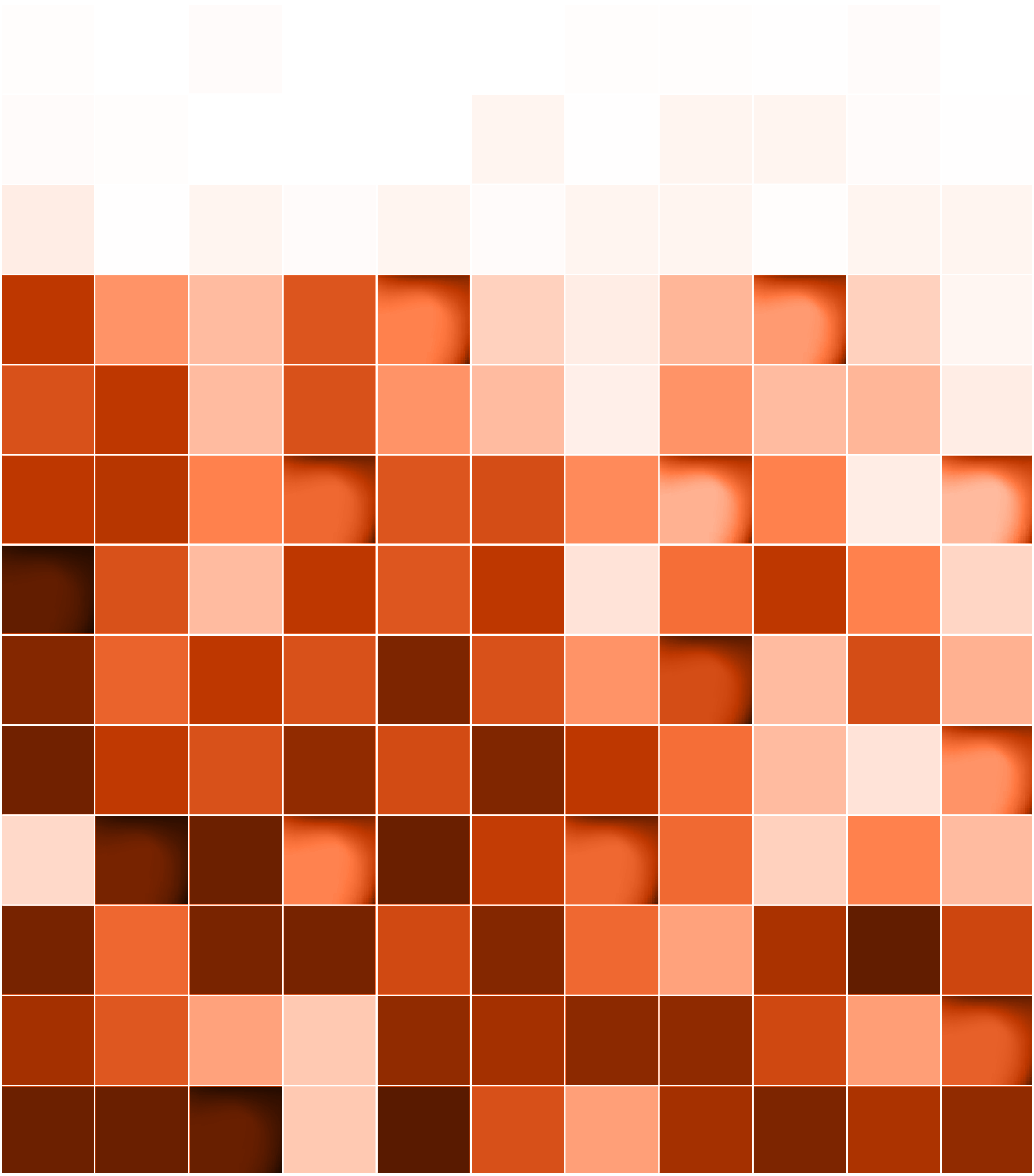
در سال‌های اخیر در زمینه مطالعات و پایان‌نامه‌های تحصیلات تکمیلی تحقیقات زیادی در خصوص پوشش‌های خودترمیم‌شونده انجام شده است که نشان می‌دهد بخش تحقیقات در این زمینه به‌خوبی فعال شده است. در زمینه نمونه‌های اولیه نیز چند خبر در این زمینه مشاهده شده است ولی در زمینه تولید و نمونه صنعتی اطلاعات کاملی وجود ندارد.

به نظر می‌رسد با توجه به تحقیقات انجام شده، مسیر برای حرکت به‌سمت تجاری‌سازی و کاربردی‌کردن تحقیقات فراهم است. در حوزه بازار نیز پوشش‌های نانوسرامیکی در کشور وارد و عرضه می‌شوند که می‌تواند نشانگر بازار اولیه محصول در کشور باشد. به نظر می‌رسد در صورتی که کاربرد صنعتی و وسیع این پوشش‌ها در کشور مشخص و تعیین شود و بازار هدف نیز در بخش‌هایی غیراز صنعت خودرو فعال شود، شرکت‌های دانش‌بنیان بیشتری در حوزه این پوشش‌ها وارد شده و محصول ارائه نمایند.

پی‌نوشت‌ها

۱– Self–healing paint (coating)
۲– http://www.natoco.co.jp/pdf/selfheal_english.pdf
۳– https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/51217061/PhD_Thesis_Tatyana_Nesterova..PDF
۴– https://www.transparencymarketresearch.com/self–healing–paints–market.html
۵– https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2019/cc/c8cc09982k
۶– https://patents.google.com/patent/US7723405B2/en
۷– https://patents.google.com/patent/US20100174041A1/en
۸– https://www.coatingsworld.com/issues/0614/view_patents/basf–patents–self–healing–coating/
۹– https://paintsandcoatingsexpert.com/2022/06/17/a–sunlight–driven–self–healing–anti–corrosion–coating/
۱۰– https://www.dubizzle.com/blog/cars/self–healing–car/
۱۱– https://www.factmr.com/report/selfhealing–coatings–market
۱۲– https://www.nissan–global.com/EN/LICENSE/PRODUCT/PROD009.html
۱۳– https://www.nissan–global.com/EN/INNOVATION/TECHNOLOGY/ARCHIVE/SCRATCH/
۱۴– https://www.feynlab.com/product/self–heal_17/
۱۵– https://www.motorcycle.com/mini–features/kawasakis–self–healing–paint–work.html
۱۶– http://www.natoco.co.jp/english/
۱۷– https://www.paintsquare.com/news/view/?20917
۱۸– https://www.adhesivesmag.com/articles/97880–akzonobel–targets–supplier–collabora–tions–through–paint–the–future–program
۱۹– https://atfinet.com/index.php/products?show=1
۲۰– Self healing surface
۲۱– https://www.crodasmartmaterials.com/en–gb/about–us/smart–partnering/self–healing–materials
۲۲– https://www.crodasmartmaterials.com/en–gb/product–finder/product/572–priamine_1_1075
۲۳– https://www.neicorporation.com/about/
۲۴– https://www.factmr.com/report/selfhealing–coatings–market
۲۵– https://www.transparencymarketresearch.com/self–healing–paints–market.html
۲۶– https://ganj.irandoc.ac.ir/#/search?basicscope=1&keywords=%D8%AE%D9%88%D8%AF%D8%AA%D8%B1%D9%85%DB%8C%D9%85&sort_by=1&fulltext_status=1&results_per_page=1&year_from=0&year_to=1401&page=6
۲۷– https://www.glx.ir/Products/139/
۲۸– https://www.hezarehinfo.net/tenders/nid4199500
۲۹– https://bitumen.pro/%D8%A8%D9%87%D8%AA%D8%B1%DB%8C%D9%86–%D9%85%D9%88%D8%A7%D8%AF–%D9%BE%D9%88%D8%B4%D8%B4–%D8%B3%D–B%8C%D8%AA%D9%88%D8%B3%DB%8C%D9%84–%D8%AE%D9%88%D8%AF–%D8%AA%D8%B1%D9%85%DB%8C%D9%85–%D8%B4%D9%88%D9%86/
۳۰– https://torob.com/p/03b0a222–ac75–4fde–a912–500eaf–84e47e/%D8%B3%D8%B1%D8%A7%D9%85%DB%8C%DA%A9–%D8%AE%D9%88%D8%AF%D8%AA%D8%B1%D9%85%DB%8C%D9%85–%D9%85%D9%81%D8%B1%D8%A7–%D8%A8%D9%84%DB%8C%D9%86%D8%AF%D9%88–%D9%84%D8%A7%D8%A8%D9%88%DA%A9%D8%A7%D8%B3%D9%85%D8%AA%DB%8C%DA%A9%D8%A7–labocosmetica–blindo–ceramic/
۳۱– https://karenfix.com/%D8%A8%D9%87%D8%AA%D8%B1%DB%8C%D9%86–%D8%A8%D8%B1%D9%86%D8%AF–%D9%86%D8%A7%D9%86%D9%88–%D8%B3%D8%B1%D8%A7%D9%85%DB%8C%DA%A9–%D8%AE%D9%88%D8%A–F%D8%B1%D9%88/

۶ رنگ‌وپوشش حساس به‌فشار(PSP)

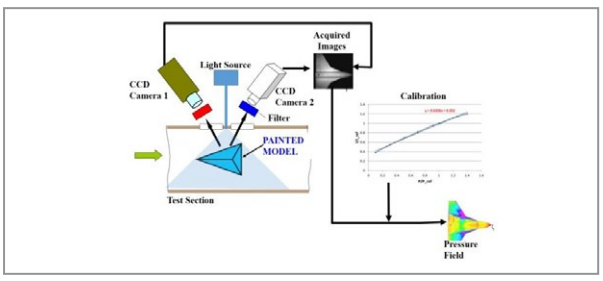


۶-۱توصیف عمومی فناوری

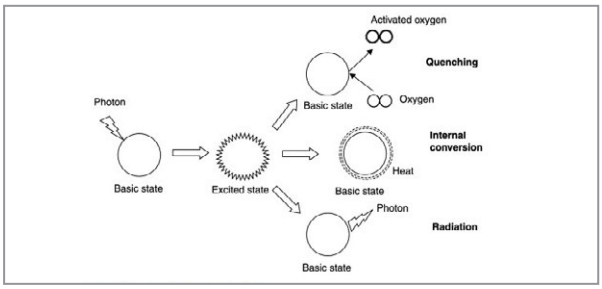
۶-۱-۱ ویژگی مورد انتظار از فناوری (فناوری مبتنی بر این ویژگی چه کار می‌کند؟)

رنگ‌های حساس به فشار یا نیروی مکانیکی برای اندازه‌گیری فشار سطحی بر روی قطعات دوار، اندازه‌گیری جریان گازهای با چگالی کم، اندازه‌گیری توزیع غلظت اکسیژن و اندازه‌گیری جریان گاز در مقیاس میکرونی به‌کار می‌رود.
رنگ PSP با حل‌سازی رنگ‌دانه‌های حساس به فشار و پلیمر باینـدر در حلال آلی مانند تولوین، دیکلرومتان، کلوروفرم و یا تتراهیدروفوران و... ساخته می‌شود. میزان توزیع فشار وارد آمده بر سطحی که توسط این رنگ‌ها پوشش‌دهی شده است، با تغییر در شدت انتشار لومینسانس توسط ذرات رنگ‌دانه حساس به فشار موجود در رنگ، ثبت و حس می‌شود. به‌طور کلی یک رنگ حساس به فشار از رنگ‌دانه‌های حساس به فشار موجود در یک پلیمر با قابلیت نفوذ اکسیژن تشکیل شده است.[۱] ذرات لومینسانس موجود در رنگ، وقتی تحت تابش نور (UV یا مرئی) قرار می‌گیرند، مقداری از این نور را با طول‌موج دیگری (طول‌موج فلورسنت) بازتابش می‌کنند. علاوه بر این مقداری از نور اولیه، به‌صورت انرژی داخلی تبدیل می‌شود و مقداری از آن نیز صرف برانگیختگی مولکول‌های اکسیژن (پدیده oxygen quenching) می‌شود.

از آنجایی که پدیده لومینسانس (بازتابش نور توسط ذرات لومینسانس) با حضور ملکول‌های اکسیژن یعنی افزایش فشار و در نتیجه فشار جزئی اکسیژن، کاهش می‌یابد، در نتیجه میزان شدت نور بازتابش شده در سطح کاهش می‌یابد. بنابراین



شکل ۶-۱- نمای کلی از عملکرد رنگ حساس به فشار



شکل ۶-۲- نمای کلی از عملکرد رنگ حساس به فشار

اندازه‌گیری توزیع نور بازتابش شده بر روی سطح مدل امکان اندازه‌گیری فشار موجود در سطح در نواحی مختلف را می‌دهد. هرچه میزان نسبت شدت نور بازتابش یا لومینسانس به نور ورودی اولیه بیشتر باشد، میزان فشار سطحی کمتر خواهد بود و بالعکس. میزان فشار سطحی را با الگوریتم مشخصی به‌صورت تصویری از مدل با ترکیب رنگی نشان می‌دهند. در تصاویر به‌دست آمده هر نقطه روشن‌تر باشد میزان فشار سطحی در آن نقطه کمتر است.

۶-۱-۲ کاربردهای محتمل این ویژگی و فناوری (به‌طور خاص، در حوزه‌های ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

کاربردهای رنگ حساس به فشار در اندازه‌گیری فشار سطحی و جریان سیالات است. معمولاً در روش‌های متداول از کاربردهای رنگ حساس به فشار در اندازه‌گیری فشار سطحی و جریان سیالات است. معمولاً در روش‌های متداول از سنسورهای فشار و حسگرهای نصب شده بر روی مدل‌های نزدیک به واقعیت و جمع‌آوری اطلاعات این حسگرها در نرم‌افزار استفاده می‌شود. روش‌های مرسوم دارای محدودیت و ضعف‌هایی هستند. در صنایع هوایی، هوافضا، خودروسازی و قطارهای سریع‌السیر تعیین میزان فشار حس شده و شرایط سیال در نقاط مختلف سازه در معرض جریان‌های سیال مانند هوا و باد، دارای اهمیت بالایی است. این رنگ‌ها به‌عنوان جایگزین

حسگرهای مرسوم در تجهیزات تونل باد استفاده می‌شوند.

۶-۱-۳ محصولات توسعه یافته یا در حال توسعه بر اساس این فناوری

- رنگ‌های حساس به فشار؛
- پوشش‌های حساس به فشار؛
- چسب‌های حساس به فشار.

۶-۱-۴ مزیت (های) کلیدی این فناوری (کاهش قیمت، سهولت اجرا، رفع نیازی که تاکنون برآورده نشده و...)

- ارائه اطلاعات مربوط به فشار سطحی به‌صورت توزیع کامل در کل سطح مدل یا قطعه با دقت بالا (دقت و گستردگی اطلاعات تنها به‌واسطه محدودیت در قرارگیری دوربین‌های CCD و ترتیب قرارگیری و دقت آن‌ها ممکن است دچار افت یا محدودیت شود)؛
- امکان ایجاد تصویری از جریان و فشار به‌صورت سه‌بعدی. بسته به نوع استخراج اطلاعات به‌صورت‌های محل‌های شوک فشار، جداسازی با لایه‌های مرزی)؛
- روش PSP بسیار کم هزینه‌تر و زمان کمتری صرف می‌کند.[۲]
- برخط بودن سیستم اندازه‌گیری و امکان ثبت تغییرات فشار و توزیع آن در یک سطح در کسری از ثانیه.

۶-۱-۵ نانوذرات بهره گرفته شده در این فناوری (از چه فناوری‌های نانویی برای تولید یا به‌کارگیری محصولات بهره گرفته می‌شود؟)

- ذرات لومینسانس luminophor
- Platinum octaethylporphyrin (PtOEP) در پلیمر دیمتیل سیلوکسان GP197 (گروه گاترمن در دانشگاه واشینگتن)
- Bathophenanthrolin Ruthenium در پلیمر سیلیکونی GE RTV 118 (گروه مک دانلد داگلاس)[۳]

۶-۱-۶ زنجیره ارزش کاربردهای مبتنی بر این فناوری (از تولید نانوذرات اولیه تا تولید محصول میانی تا تولید محصول نهایی و به‌کارگیری محصول)

- ذرات لومینسانس
- پلیمر حاوی ذرات لومینسانس
- رنگ تولیدشده با فرمولاسیون پلیمر و رنگ‌دانه‌های لومینسانس

۶-۱-۷ فناوری‌های رقیب (از چه شیوه‌های دیگری برای رفع نیاز مرتبط با این فناوری بهره گرفته می‌شود؟)

در روش‌های مرسوم اندازه‌گیری فشار سطحی، از حسگرهای نصب شده بر روی بدنه مدل یا تجهیز استفاده می‌شود. این حسگرها معمولاً بر روی مدل نصب می‌شوند. با سوراخ‌کردن بدنه مدل در نواحی قابل‌نصب، این حسگرها میزان فشار سیال را از طریق اتصال به مجموعه، جمع‌آوری اطلاعات را تعیین می‌کنند. معمولاً محدودیت‌هایی مانند ضعیف‌شدن سازه به‌علت سوراخ کاری برای نصب حسگرها، محدودیت مکانی نصب حسگر به‌علت پیچیده بودن مدل و در نتیجه از دست‌دادن نتایج در نواحی حساس مدل و زمان‌بر و هزینه‌بر بودن این روش وجود دارد.

۶-۱-۸ فناوری‌های مکمل (برای توسعه محصولات در هر یک از کاربردهای ذکرشده، به چه فناوری‌های دیگری نیاز وجود دارد؟)

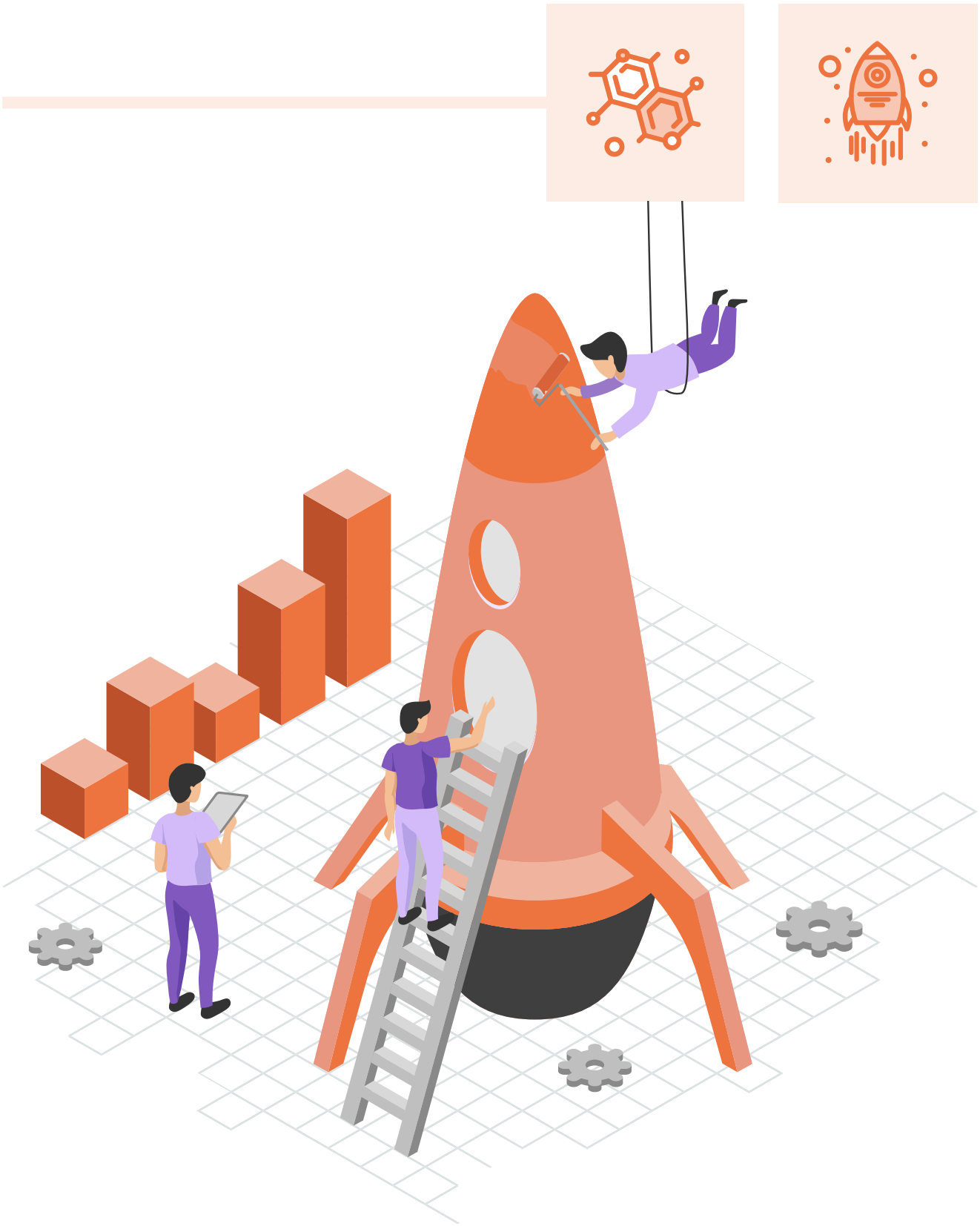
- فناوری دوربین‌های CCD؛
- فناوری نرم‌افزارهای آنالیز تصاویر و آنالیز اطلاعات به‌صورت نمودار؛
- لامپ و منبع نور 400UV یا نور مرئی.

۶-۱-۹ فرصت‌های تحقیقاتی که امکان دارد بر اثر فعالیت در این زمینه پدید آید. (آیا فعالیت در این زمینه فرصت‌های تحقیقاتی را در حوزه‌های مرتبط پدید می‌آورد یا این اثر/فناوری نسبتا منزوی است؟)

فناوری رنگ‌ها و پوشش‌های حساس به فشار در کاربردهای سیالات و هوافضا به‌کار می‌روند. تولید این رنگ‌ها و یا فعالیت در این حوزه در کنار مطالعات یا تحقیق و توسعه در بخش‌های هوافضا و آنالیز سیالاتی نیز می‌تواند تکمیل شود. تعیین اثربخش بودن این رنگ‌ها و میزان دقت آن‌ها در ارتباط به فناوری‌های دوربین‌های CCD و نرم‌افزارهای آنالیز تصویر و پردازش اطلاعات است.

۶-۱-۱۰ اهمیت فعالیت در این زمینه از نظر اجتماعی یا راهبردی (آیا این اثر/فناوری به حل یا کاهش شدت یک مسئله اجتماعی، محیط‌زیستی یا سیاسی کمک می‌کند؟)

از آنجا که این موضوع از مباحث «لبه علم و فناوری» محسوب می‌شود، به نظر نمی‌رسد که در حل یک مسئله اجتماعی، محسط‌زیستی یا سیاسی حداقل طی یک دهه آینده تأثیرگذار باشد.



استفاده از رنگ‌های حساس به فشار در حوزه و فعالیت‌های هوافضا و تجهیزات هوایی

۶-۲تحلیل بین‌المللی

۶-۲-۱ بازیگران کلیدی فعال در این فناوری



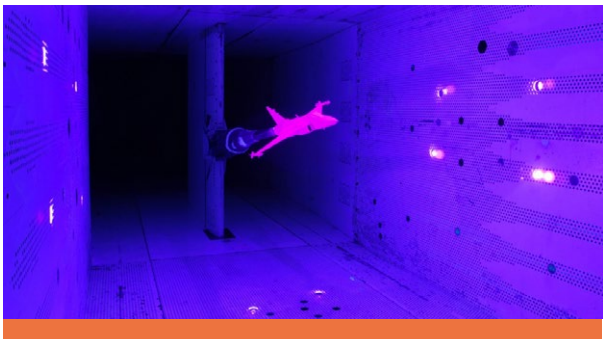
عمده تولیدکنندگان این رنگ در آمریکا و توسط شرکت‌های توسعه فناوری مربوط به حسگرها و اندازه‌گیری است. همچنین کاربرد آن نیز بیشتر در مراکز تحقیقاتی هوافضا و ایرودینامیک در سراسر دنیا و مراکز دانشگاهی است. در واقع استفاده از آن کاربرد عمومی ندارد.

شرکت آمریکایی ISSI(innovative scientific solutions)[۴]:

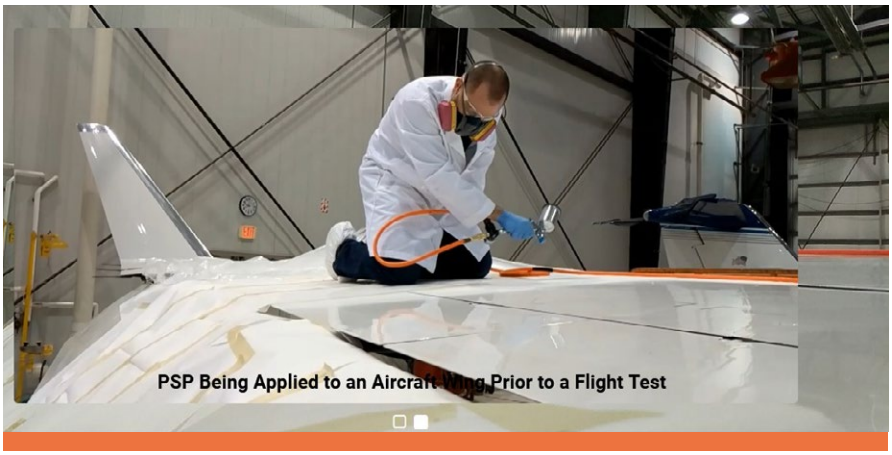
این شرکت تحقیق و توسعه مهندسی در سال ۱۹۹۵ ایجاد شده است و راهکارها و محصولات نوآورانه در زمینه اندازه‌گیری و تجهیزات دینامیک سیالات، ایرودینامیک، آنالیز احتراق، رنگ حساس به فشار، رنگ حساس به حرارت، حسگرهای تنش برشی، ابزارهای اندازه‌گیری زمان و محصولات کنترل لنزها ارائه می‌کند.

این شرکت چند نوع رنگ حساس به فشار دارد:

رنگ حساس به فشار تک‌جزئی: Unicoat یک رنگ حساس به فشار تک‌جز لومینسانس است. در قوطی‌های اسپری بسته‌بندی شده و برای مطالعات دانشگاهی به‌کار می‌رود و دارای قیمت کمتری نسبت به سایر رنگ‌های حساس به فشار است.

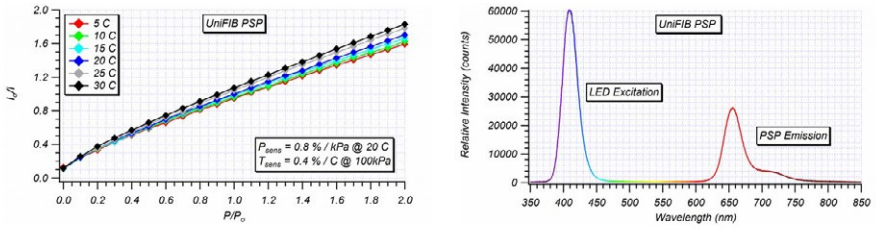


شکل ۶-۳ تجهیزات اندازه‌گیری رنگ حساس به فشار شرکت ISSI



شکل ۶-۴ اعمال رنگ حساس به فشار بروی هواپیما

این رنگ حساس به دما هم بوده و قابلیت دمایی آن بیشتر از حساسیت به فشار است. UniFIB نیز یک رنگ تک‌جزئی برای استفاده توسط متخصصان است که قابلیت حساسیت بالاتری به فشار دارد. میزان پوشش سطحی آن یک مترمربع به ازای یک لیتر است. این رنگ نیز توسط نورهای با طول‌موج ۳۸۰ تا ۵۲۰ نانومتر برانگیخته می‌شود و در دامنه ۶۲۰ تا ۷۵۰ نانومتر انتشار دارد.

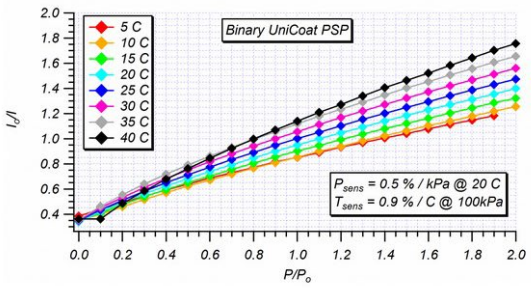


Calibration of UniFIB® PSP

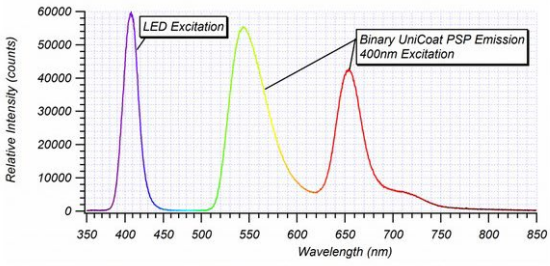
Emission spectra of
UniFIB® PSP Excited using LM2X-DM-400 LED

شکل ۶-۵ کالیبراسیون رنگ حساس به فشار

رنگ حساس به حرارت دوگانه: BinaryFIB و Binary UniCoat رنگ‌های دارای دو جز ماده لومینسانس با دامنه انتشار در طول موج‌های مختلف برای کاهش خطا در سیستم اندازه‌گیری هستند. این رنگ‌ها از دو ماده لومینسانس مجزا در یک رنگ استفاده می‌کنند که برای کاهش خطا در سیستم اندازه‌گیری ناشی از جابه‌جایی مدل در حین آزمون یا تغییر فرم مدل به‌کار می‌روند. این رنگ‌ها نیز در یک قوطی آماده به اسپری تولید شده‌اند. معمولا یک جز در محدوده ۵۰۰ نانومتر و جز دیگر در محدوده ۶۵۰ نانومتر نور منتشر می‌کنند که در نتیجه از یک رنگ دو نتیجه هم‌زمان قابل‌دریافت است که با انطباق این نتایج میزان خطا در بررسی و آزمون به حداقل می‌رسد.



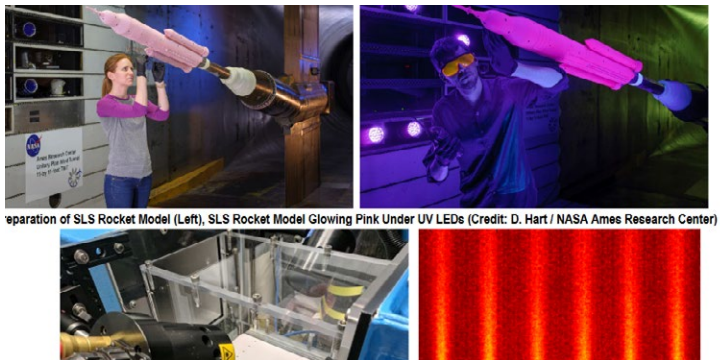
Calibration of Binary UniCoat PSP



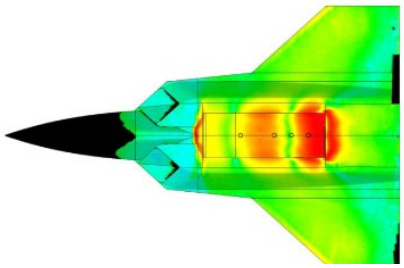
Scaled Emission Spectra of Binary UniCoat PSP Excited using LM2X-DM-400 LED

شکل ۶-۶ کالیبراسیون رنگ حساس به فشار

رنگ حساس به فشار سریع متخلخل: این رنگ برای کاربردهای نیازمند اندازه‌گیری سریع و دقیق تغییر فشار در شرایط متغیر و سریع است. این رنگ سه جزئی بوده و باید به دقت بسته به نوع کاربرد باهم مخلوط و سپس اعمال شوند. ابتدا دو جز به‌صورت لایه اولیه اعمال می‌شوند و پس از خشک‌شدن لایه بعدی اعمال می‌شود.



eparation of SLS Rocket Model (Left), SLS Rocket Model Glowing Pink Under UV LEDs (Credit: D. Hart / NASA Ames Research Center)



شکل ۶-۷ تست عملکردی رنگ حساس به فشار

رنگ‌های حساس به فشار از سال‌های دور توسط کشورهایی مانند روسیه، آلمان و آمریکا برای آزمون‌های هوافضا و تجهیزات هوایی توسعه یافته است. ناسا و شرکت مک دانلدداگلاس در سال ۱۹۹۰ و انستیتو ایرودینامیک مرکزی روسیه در سال ۱۹۸۵ در این زمینه محصولات مربوطه را تولید کردند.
سایر مراکز تحقیقاتی فعال در این حوزه عبارت‌اند از: the NASA Langley Research Center and the United States Air Force Arnold Engineering and Development Center (AEDC)

۶-۲-۲ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار

با توجه به تولید این محصول به‌صورت کامل، TRL آن ۹ و MRL آن به‌دلیل محدود بودن به جنبه‌های تحقیقاتی در حد ۷است.

۶-۲-۳ موقعیت فناوری در چرخه عمر

این فناوری در مراحل اولیه رشد است و به سبب ناشناخته بودن کاربردها در سطح عمومی هنوز به رشد و بلوغ نرسیده است. با این حال در حوزه فضایی و ایرودینامیکی نیز در حال رشد بوده و هنوز بازار بزرگی در این حوزه ندارد. انتظار می‌رود با افزایش اطمینان‌پذیری آزمون‌ها و کاربردها، در حوزه تحقیقاتی هوافضا و ایرودینامیکی رشد خوبی را در سال‌های پیش رو به‌دست آورد.



۶-۲-۴ مهم‌ترین پیشران‌ها و چالش‌های پیش روی فناوری

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

در حوزه تحقیقاتی مربوط به کاربرد این فناوری مهم‌ترین پیشران استفاده از آن سهولت کاربرد، سادگی سیستم و قابلیت استفاده بر روی سطوح با هندسه پیچیده است. چالش‌های فنی آن نیز فناوری ساخت و دستیابی به حساسیت موردنیاز در پاسخ به فشارهای بسیار کم است. همچنین توسعه نرم‌افزار و سخت‌افزارهای مرتبط با آن شامل جمع‌آوری اطلاعات و پردازش اطلاعات از چالش‌های مربوط به توسعه فناوری است.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

از نظر اقتصادی بازار محدود فعلی این فناوری و نیاز به توسعه بازار برای تولید در مقیاس بزرگ است. بازار این محصول در حال حاضر در صنعت هوایی و هوافضاست. پیشران اقتصادی استفاده از این محصول افزایش سرمایه‌گذاری درحوزه صنایع دفاعی و هوافضا در سراسر دنیا و مراکز تحقیقاتی بسیار زیاد در دنیاست.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

در حال تکمیل است.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

در حال تکمیل است.

۶-۲-۵ اطلاعات موجود درباره تحلیل بازار در سطح جهانی

در خصوص بازار و فروش این محصول اطلاعاتی در مؤسسات تحقیقاتی مختلف و انواع آن موجود است. در کشور هند[۵] نیز مؤسسه تحقیقات فضایی از این فناوری استفاده می‌کند. با این حال قیمت این محصول در جایی درج نشده است. انواع این محصول در کشور آمریکا در شرکت INNSSI تولید شده است.[۶] این شرکت در کشورهای اروپایی، چین، هند، ژاپن، کره جنوبی و ترکیه نماینده و توزیع‌کننده دارد.

۶-۲-۶ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در دنیا تأثیر بگذارد

در حوزه تحقیقات دفاعی و ساخت صنایع هوافضا با توجه به گسترش و افزایش سرمایه‌گذاری روزافزون آن، استفاده از این رنگ‌ها بیشتر خواهد شد. مهم‌ترین دلیل نیز بهبود سیستم‌های پایش و آزمایش و اندازه‌گیری در بخش آیرودینامیکی و کوتاه‌شدن مسیر آزمایش‌ها به‌دلیل امکان استفاده از رنگ در سطوح پیچیده و بزرگ به‌جای استفاده از سنسورهای زیاد و محدود در قسمت‌های مختلف مدل‌هاست. در حوزه عمومی تا زمانی که کاربرد و نیاز مشخصی در این حوزه تعیین نشود، ورود به بازار تجاری به‌راحتی صورت نمی‌گیرد.

۶-۳ تحلیل داخلی

۶-۳-۱ فعالیت‌های انجام گرفته در کشور

- فعالیت‌های تحقیقاتی (چه تیم‌هایی در کدام نهادها در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ چه مقالاتی در این زمینه منتشر شده است؟ چه پایان‌نامه‌هایی نگارش شده است؟)
- فعالیت‌های توسعه محصول و تجاری‌سازی (آیا نمونه‌سازی انجام گرفته است؟ چه شرکت‌هایی برای توسعه محصول در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ آیا محصولی مبتنی بر این فناوری در بازار به فروش می‌رسد؟ آیا شرکت‌های صنعتی بزرگ در این زمینه فعالیت می‌کنند؟ آیا شرکت‌های واردکننده در این زمینه فعالیت می‌کنند؟)

- فعالیت‌های سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری

با توجه به بدیع بودن این فناوری فعالیت خاصی در زمینه آن صورت نگرفته است.

۶-۳-۲ کاربردهای احتمالی محصولات مبتنی بر این فناوری در کشور (به‌ویژه کاربردهای مرتبط با سه حوزه ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

صنایع متقاضی این موضوع بیشتر در حوزه هوا-فضا و آیرودینامیک هستند.

۶-۳-۳ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار در کشور

این موضوع به لحاظ پژوهشی در کشور کاملا نو و جدید است و بعید است در حوزه فناوری هم تاکنون اقدامی صورت گرفته باشد. سطح آمادگی بازار ۳ و سطح آمادگی فناوری آن ۱ است.



۶-۳-۴ وضعیت فناوری‌های رقیب و مکمل در کشور در هر یک از کاربردهای احتمالی

نظر به اینکه حوزه هوا-فضا در کشور انحصاری بوده و شرکت‌های خصوصی فعال در این حوزه به نوعی وابسته به ارگان‌های خاص و محدودی هستند، بنابراین رقابت چندانی در این موضوع دیده نمی‌شود. البته فناوری‌های رقیب این موضوع که در حال حاضر کابرد دارند، موجود هستند.

۶-۳-۵ میزان سرمایه‌گذاری موردنیاز برای توسعه این فناوری تا سطح نمونه‌سازی (TRL۶) و همچنین برای تولید در مقیاس وسیع (TRL8) به‌صورت تخمینی

مهم‌ترین زیرساخت‌های لازم در حال حاضر، مشتمل بر تربیت نیروی انسانی متخصص و مرتبط، ساخت و تجهیز آزمایشگاه‌های تخصصی و فراهم‌کردن دستگاه‌ها و تجهیزات آنالیز و ارزیابی هستند. برای تحقق این موارد نیاز به سرمایه‌گذاری مناسب و زمان لازم (حداقل ۴-۳ سال) است.

۶-۳-۶ زیرساخت‌ها و منابع لازم برای توسعه فناوری، توسعه محصول و تجاری‌سازی در کشور

- منابع انسانی؛
- زیرساخت آزمایشگاهی و نمونه‌سازی؛
- زیرساخت تولید؛
- آزمایشگاه مرجع؛
- منابع مالی؛
- توانمندی‌های حفاظت از دارایی فکری؛
- زیرساخت‌های بازاریابی، توزیع، فروش و خدمات پس از فروش.

مهم‌ترین زیرساخت‌های لازم در حال حاضر، مشتمل بر تربیت نیروی انسانی متخصص و مرتبط، ساخت و تجهیز آزمایشگاه‌های تخصصی و فراهم‌کردن دستگاه‌ها و تجهیزات آنالیز و ارزیابی هستند. برای تحقق این موارد نیاز به سرمایه‌گذاری مناسب و زمان لازم (حداقل ۴-۳ سال) است.

۶-۳-۷ پیشران‌ها و چالش‌های توسعه و تجارسازی این فناوری در کشور

- **پیشران‌ها و چالش‌های فنی**
یکی از چالش‌های اساسی نبود تجهیزات تخصصی لازم برای اندازه‌گیری عملکرد محصول است

- **پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی**
خرید تجهیزات و تهیه زیرساخت برای توسعه فناوری و محصول نیازمند سرمایه‌گذاری زیاد است.

- **پیشران‌ها و چالش‌های تقاضا**
بازار محصول بیشتر منحصر به حوزه هوا و فضا و آیرودینامیک بوده که با توجه به اینکه فعالان این حوزه اکثرا مراکز نظامی است، دسترسی به این بازار سخت خواهد بود.

- **پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)**
در حال تکمیل است.

- **پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)**
در حال تکمیل است.

۶-۳-۸ بازار داخلی محصولات مبتنی بر این فناوری در هر زنجیره ارزش

این موضوع از مباحث نوین و بدیع است و تاکنون بازار داخلی برای آن وجود نداشته است.

۶-۳-۹ فرصت‌های صادراتی برای شرکت‌های فعال ایرانی

انتظار می‌رود که در حال حاضر مصرف‌کننده‌های این محصول در حوزه هوا-فضا و آیرودینامیک باشند. بنابراین محدودیت تنوع مصرف‌کنندگان در سطح جهانی وجود دارد و رقابت بایستی با شرکت‌های توانمند و تراز اول جهانی صورت پذیرد.

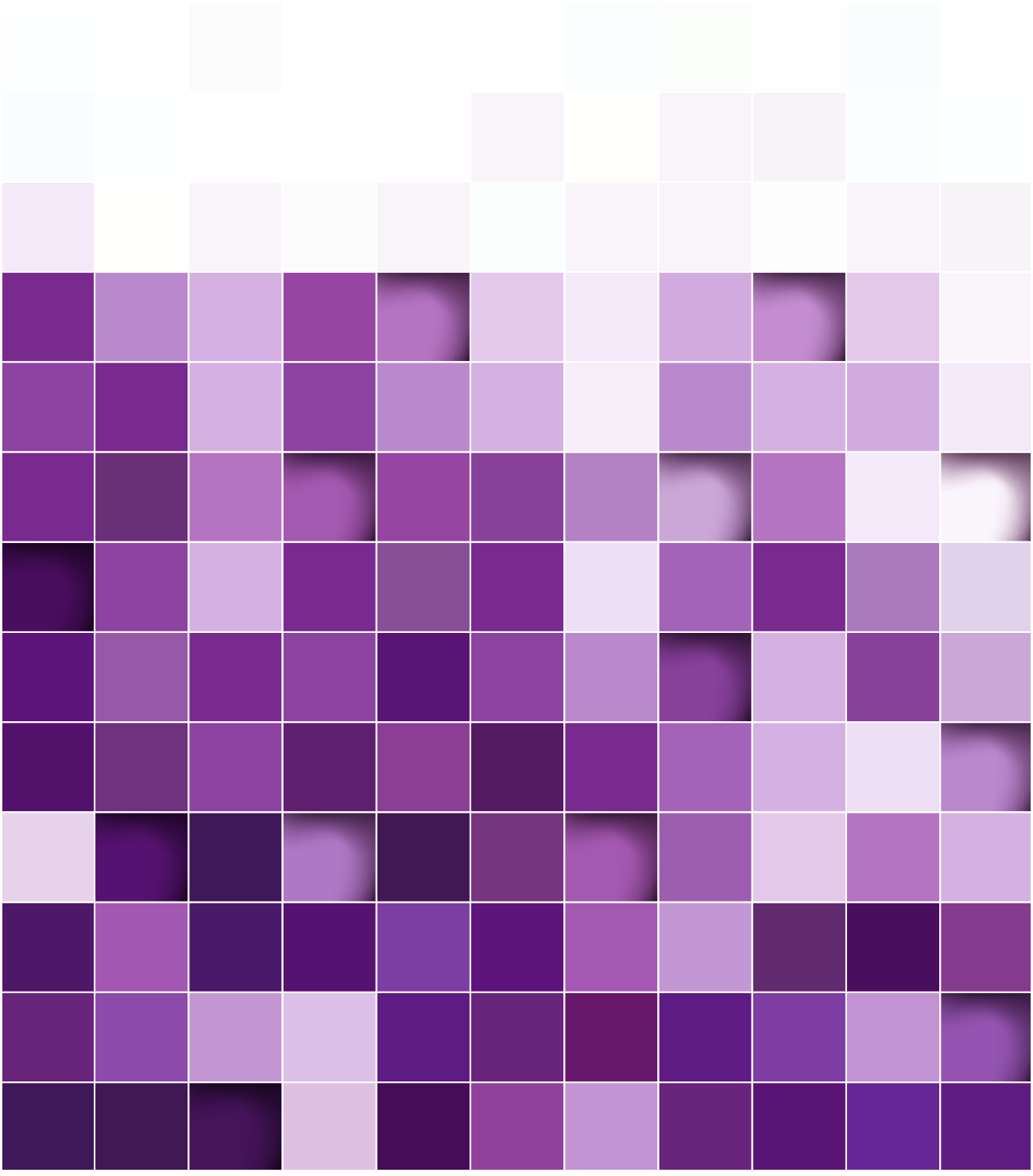
۶-۳-۱۰ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در کشور تأثیر بگذارد

در سال‌های جاری برای این صنعت چشم‌اندازی وجود ندارد. اما در صورت توجه سیاست‌گذاران پژوهش و فناوری احتمال دارد که به این موضوع در آینده دور توجه شود.

پی‌نوشت‌ها

۱– https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/pressure–sensitive–paints
۲– https://www.nal.res.in/en/techniques/pressure–sensitive–paint
۳– https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20000000191/downloads/20000000191.pdf
۴– https://innssi.com/psp/
۵– https://www.nal.res.in/en/technology
۶– https://innssi.com/psp/

۷ رنگ لومینسانس، رنگ‌های درخشنده



۷-۱ توصیف عمومی فناوری

۷-۱-۱ ویژگی مورد انتظار از فناوری (فناوری مبتنی بر این ویژگی چه کار می‌کند؟)

رنگ درخشان[۱] یا رنگ شب تاب رنگی است که درخشندگی را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، نور مرئی را از طریق فلورسانس، فسفرسانس یا رادیولومینسانس می‌تاباند. سه نوع رنگ درخشان وجود دارد: رنگ فلورسنت، رنگ فسفرسنت و رنگ رادیولومینسنت. رنگ لومینسانس یا لومینسنت رنگی است که خاصیت لومینسان ایجاد می‌کند. به عبارت دیگر، از طریق مکانیزم‌های فلورسانس، فسفرسانس یا رادیولومینسانس نور مرئی را تابش می‌کند. سه نوع رنگ درخشان وجود دارد: رنگ فلورسنت، رنگ فسفرسنت و رنگ رادیولومینسنت. رنگ‌های فلورسنت زمانی که در معرض اشعه ماورای بنفش موج کوتاه (UV) قرار می‌گیرند، می‌درخشند. این طول‌موج‌های UV در نور خورشید و بسیاری از نورهای مصنوعی یافت می‌شوند، اما برای مشاهده این رنگ به نور سیاه black light خاصی نیاز است، بنابراین به این کاربردهای رنگ درخشان «افکت‌های نور سیاه» می‌گویند. رنگ فلورسنت در طیف گسترده‌ای از رنگ‌ها موجود است. این رنگ‌ها در نور معمولی نیز چند برابر بیشتر از رنگ‌های معمولی می‌درخشند و به اصطلاح رنگ جیغ یا نئون نامیده می‌شوند. بیولومینسانس شکلی از نورتابی شیمیایی است. موجودات دریایی، کرم شب‌تاب، جلبک‌ها، باکتری‌ها و انواع دیگر موجودات زنده که در تاریکی می‌درخشند، از طریق واکنش‌های شیمیایی که در بدن آن‌ها رخ می‌دهد، نور ایجاد می‌کنند. این امر زمانی اتفاق می‌افتد که یک مولکول ساطع‌کننده نور با نوع خاصی از آنزیم که حیوان تولید می‌کند، واکنش نشان دهد.

LEDها (دیودهای ساطع کننده نور) وسایل نیمه‌هادی هستند که با عبور جریان الکتریکی از آن‌ها نور ساطع می‌کنند. رنگ چراغ‌های ال‌ای‌دی به میزان انرژی عبوری از نیمه‌رساناها بستگی دارد که سپس انرژی فوتون‌ها را تعیین می‌کند. مقادیر مختلف انرژی طول‌موج‌های نوری متفاوت و در نتیجه رنگ‌های متفاوت تولید می‌کند. LEDهای نور سفید با استفاده از چندین نیمه‌هادی یا لایه‌ای از فسفرهای ساطع کننده نور بر روی دستگاه نیمه‌هادی ایجاد می‌شوند. این ترکیبی از فلورسانس و الکترولومینسانس است. در حالی که امکان ایجاد نور سفید از LEDهای قرمز، سبز و آبی وجود دارد، این بهترین روش برای ارائه رنگ نیست زیرا تنها از یک نوار باریک از طول‌موج‌های نور استفاده می‌شود. اولین LEDها نور مادون قرمز با شدت کم ساطع می‌کردند. LEDهای نور مرئی و ماورای بنفش بعدها توسعه یافتند.

رنگ رادیولومینسانس یک رنگ خود درخشنده است که از مقدار کمی ایزوتوپ رادیواکتیو (رادیونوکلئید) مخلوط شده با یک ماده شیمیایی فسفر رادیو لومینسان تشکیل شده است. ایزوتوپ رادیویی به‌طور مداوم تجزیه می‌شود و ذرات تشعشعی را ساطع می‌کند که به مولکول‌های فسفر برخورد می‌کند و آن‌ها را برای انتشار نور مرئی تحریک می‌کند. ایزوتوپ‌های انتخاب‌شده معمولاً ساطع‌کننده‌های قوی تشعشعات بتا هستند، زیرا این تابش به داخل محفظه نفوذ نمی‌کند. تا زمانی که ایزوتوپ رادیواکتیو تجزیه نشود (یا فسفر تجزیه نشود) که ممکن است چندین سال طول بکشد، رنگ‌های رادیولومنسنت بدون قرار گرفتن در معرض نور به‌طور مداوم می‌درخشند.[۲] رادیولومینسانس زمانی اتفاق می‌افتد که نور از ماده‌ای که با تابش یونیزان بمباران می‌شود، مانند ذرات آلفا، ذرات بتا یا پرتوهای گاما تولید می‌شود. صفحه‌های ساعت و ساعت‌هایی که در تاریکی می‌درخشند از رنگ درخشان حاوی ماده رادیواکتیو رادیوم ساخته شده‌اند. رنگ رادیوم ماده‌ای سمی است و برای سلامتی افرادی که با آن برای ساخت ساعت و صفحه‌های ابزار دقیق کار می‌کنند، مشکلات جدی ایجاد می‌کند. رنگ‌های مبتنی بر رادیوم بعداً در قرن بیستم با پرومتیم و تریتیوم جایگزین شدند زیرا تابش بسیار کمتری داشتند و استفاده از آن‌ها را ایمن‌تر می‌کرد.

مکانولومینسانس – فشار فیزیکی اعمال شده به موادی مانند کریستال‌ها – پیزوالکتریک: دستگاه‌هایی که اجاق‌گاز، کوره و

برخی فندک‌ها را روشن می‌کنند از اشتعال پیزو استفاده می‌کنند. این مکانولومینسانس زمانی عمل می‌کند که با یک چکش کوچک به کریستال PZT (سرب زیرکونات تیتانات) فشار وارد شود که ولتاژ ناگهانی بالا ایجاد می‌کند و جرقه الکتریکی تولید می‌کند که گاز را مشتعل می‌کند.

فسفرسانس نوعی نورتابی است که به فلورسانس مربوط می‌شود. هنگامی که در معرض نور (تابش) با طول موج کوتاه‌تر قرار می‌گیرد، یک ماده فسفری می‌درخشد و نور را جذب می‌کند و آن را در طول‌موج طولانی‌تری بازتاب می‌کند. برخلاف فلورسانس، یک ماده فسفرسان بلافاصله تشعشعی را که جذب می‌کند دوباره ساطع نمی‌کند. در عوض، یک ماده فسفرسان مقداری از انرژی تشعشع را جذب کرده و پس از حذف منبع تشعشع، آن را برای مدت طولانی‌تری بازتاب می‌کند. در یک مفهوم کلی، هیچ مرز مشخصی بین زمان انتشار فلورسانس و فسفرسانس وجود ندارد (به‌عنوان مثال: اگر یک ماده در زیر نور سیاه بدرخشد، به‌طور کلی فلورسنت در نظر گرفته می‌شود و اگر در تاریکی می‌درخشد اغلب به‌سادگی فسفرسان نامیده می‌شود.) در یک مفهوم مدرن و علمی، پدیده‌ها را معمولاً می‌توان با سه مکانیسم مختلف که نور تولید می‌کنند و مقیاس‌های زمانی معمولی که طی آن مکانیسم‌ها نور ساطع می‌کنند، طبقه‌بندی کرد. در حالی که مواد فلورسنت پس از حذف تابش تحریک، در عرض نانوثانیه (میلیاردم ثانیه) تابش نور را متوقف می‌کنند، مواد فسفری ممکن است به ساطع نور پس از حذف تحریک به‌مدت چند میکروثانیه تا چندین ساعت تحریک ادامه دهند. رنگ فسفرسان معمولاً رنگ «درخشنده در تاریکی» نامیده می‌شود. از فسفرهایی مانند سولفید روی فعال شده با نقره یا آلومینات استرانسیوم دوپ شده، ساخته شده است و معمولاً به رنگ سبز کم‌رنگ تا آبی مایل به سبز می‌درخشد. مکانیسم تولید نور شبیه به رنگ فلورسنت است، اما انتشار نور مرئی مدت‌ها پس از قرار گرفتن در معرض نور ادامه می‌یابد. رنگ‌های فسفرسان، درخشندگی پایداری دارند که تا ۱۲ ساعت پس از قرار گرفتن در معرض نور باقی می‌ماند و به‌مرور زمان محو می‌شود.

۷-۱-۲ کاربردهای محتمل این ویژگی و فناوری (به‌طور خاص، در حوزه‌های ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

- دکوراسیون معماری، دکوراسیون داخلی، نورپردازی، نقاشی، سطح دیوار؛
- برچسب شناسایی شی شب، کلید برق، ابزار یا جعبه ابزار؛
- مکان‌های تجاری مانند KTV، PUB، ویترین فروشگاه‌ها؛
- علائم راهنمایی و رانندگی، علائم جاده‌ای در مناطق جنگلی و بین شهری، سیستم فرار اضطراری آتش‌نشانی، تجهیزات نظامی، زیباسازی باغ و محوطه‌ها؛
- ساعت، ساعت شنا و غواصی، دکمه، ابزار یا نشانگر میدانی، رادیو، دوربین؛

- دوچرخه، لوکوموتیو، خودرو، الگوهای بدنه و حلقه‌های آلومینیومی، حلقه‌های فولادی.
- تجهیزات ماهیگیری، تجهیزات آکواریوم، پرچم، برچسب، اسباب‌بازی؛
- زیورآلات عمومی، نقاشی تصویر خیره کننده، زیباسازی سقف و...؛
- علائم ولوگوها برای کاربردهای ضدجعل اسناد؛
- کاربردهای نظامی دید در شب و علائم و صفحه نمایش هواپیما و رادار (رادیولومینسانس)؛
- تجهیزات بازرسی غیرمخرب مانند مایع نافذ فلورسنت یا مایع مگنتیک آزمون MT؛
- رنگ مو با درخشندگی بیشتر و لباس، رنگ بدن؛
- پلاک منازل، نام کوچه‌ها و خیابان‌ها و نماد شهرها و همچنین تابلوهای مورداستفاده در زیباسازی شهری؛
- استخر و سونا؛
- تونل‌ها؛
- فندک‌های پیزوالکتریک؛
- لامپ‌های LED؛
- رنگ‌های بلک لایت؛
- اغلب صفحه ساعت‌ها با رنگ‌های فسفری رنگ‌آمیزی می‌شوند. بنابراین می‌توان آن‌ها را تا چند ساعت پس از قرار گرفتن در معرض نور شدید در محیط‌های تاریک مطلق استفاده کرد؛
- یکی از کاربردهای رایج فسفرسان، دکوراسیون است. ستارگان ساخته شده از پلاستیک درخشان در تاریکی بر روی دیوارها، سقف‌ها یا آویزان‌شدن از ریسمان‌ها، اتاق را شبیه آسمان شب می‌کند. در اشیای دیگر مانند مجسمه‌ها، فنجان‌ها، پوسترها، وسایل لامپ، اسباب‌بازی‌ها و مهره‌های دستبند نیز به‌کار رفته و باعث درخشش می‌شوند. استفاده از چراغ‌های سیاه باعث درخشش در اتاق‌خواب‌ها، پارک‌های موضوعی و جشنواره‌ها می‌شود و این کاربرد اخیرا بسیار رایج شده است؛
- دیوار سایه زمانی ایجاد می‌شود که نوری بر روی یک فرد یا شی در مقابل صفحه فسفری که به‌طور موقت سایه را می‌گیرد، می‌تابد. صفحه نمایش یا دیوار با محصولی درخشنده در تاریکی رنگ می‌شود که حاوی ترکیبات فسفری است. به‌طور عمومی این دیوارهای سایه را می‌توان در موزه‌های علمی خاص یافت؛
- در صنعت نفت، گاز و پتروشیمی در علائم هشداردهنده و اضطراری در اماکن و ساختمان‌ها و سایت و وسایل نقلیه و ابنیه و کارخانجات به‌صورت گسترده استفاده می‌شود؛
- رنگ فسفرسان هنگامی که به‌عنوان یک رنگ یا یک پوشش پیچیده‌تر (به‌عنوان مثال یک پوشش مانع حرارتی thermal barrier coating) استفاده می‌شود، می‌توان از آن برای تشخیص دما یا اندازه‌گیری تخریب استفاده کرد که به این فرایند فسفر ترمومتری phosphor thermometry گفته می‌شود. ترمومترهای مذکور برای اندازه‌گیری غیرتماسی حرارت استفاده می‌شوند. در مورد لایه‌های مانع حرارتی TBC بر روی پره‌های توربین از سال ۲۰۰۰ میلادی استفاده از ذرات فسفرسان به‌صورت ترکیب با پودر TBC یا لایه TBC، برای اندازه‌گیری پروفیل حرارتی پره و همچنین تغییرات عمر پره‌ها و تغییرات ریزساختاری استفاده می‌شود.

۷-۱-۳ محصولات توسعه یافته یا در حال توسعه بر اساس این فناوری

- رنگ‌ها و جوهرهای لومینسانس
- برچسب‌های لومینسانس
- نوارهای لومینسانس
- برای کاربردهای بسیار متنوع (Fibers)
- پودرها و رنگ‌دانه‌های لومینسانس
- مستربچ‌های لومینسانس برای تزریق پلاستیک
- میکروپلیت ریدر کمی لومینسانس
- کیت کمی لومینسانس

۷-۱-۴ مزیت (های) کلیدی این فناوری (کاهش قیمت، سهولت اجرا، رفع نیازی که تاکنون برآورده نشده و...)

کاربردهای این فناوری ورنگ‌ها به‌صورت خاص هستند که نمی‌توان جایگزینی در حال حاضر برای آن‌ها یافت. مزیت مهم این فناوری‌ها عدم نیاز به منبع انرژی در بسیاری از مواقع است که در شرایط عدم دسترسی به منبع انرژی امکان دید و هشدار را می‌دهد. به‌طور کلی فرایند درخشندگی و ساطع‌کردن نور توسط علائم یا اشیا بدون نیاز به منبع انرژی جداگانه، توسط ذرات و رنگ‌های لومینسانس در

صنایع مختلف به‌دست می‌آید. در مورد علائم و نشانگرها، درخشندگی بالاتر و بیشتر در مورد رنگ‌های لومینسانس در نور روز به چشم می‌آید. این امر در کاربردهای زیبایی مانند رنگ مو و لاک ناخن و در کاربردهای ایمنی مانند لباس کارگران و کلاه ایمنی اهمیت دارد. استفاده از این تکنولوژی در طراحی دیوار سایه در موزه‌های علمی-تخصصی و چراغ‌ها و اشیای به‌کار رفته در اتاق‌خواب‌ها، پارک‌های موضوعی و جشنواره‌ها باعث جذابیت بسیاری شده است. اغلب صفحه ساعت‌ها با رنگ‌های فسفری رنگ‌آمیزی می‌شوند. بنابراین می‌توان آن‌ها را تا چند ساعت پس از قرار گرفتن در معرض نور شدید در محیط‌های تاریک مطلق استفاده کرد.

۷-۱-۵ نانوذرات بهره گرفته شده در این فناوری (از چه فناوری‌های نانویی برای تولید یا به‌کارگیری محصولات بهره گرفته می‌شود؟)

لومینسانس:

نوع متداول شامل پیگمنت‌های Melamine formaldehyde encapsulated pigments: دارای مقاومت در برابر حلال‌ها و حرارت و نور پلیمرهای هیبریدی جدید

فسفرسانس:

سولفیدروی فعال شده با نقره (۳۵درصد کل بازار رنگ‌های لومینسانس) یا آلومینات استرانسیوم دوپ شده یا سولفیدروی با ذرات دوپ شده ZnSCu

strontium aluminate pigments

پودر سولفید کلسیم

رادیو لومینسانس:

ذرات رادیوم ۲۲۶ که به‌علت زیان بار بودن استفاده آن‌ها از سال‌های پیش منع شده است. ولی در وسایل قدیمی و آنتیک هنوز ممکن است موجود باشد. دوره نیمه عمر آن ۱۶۰۰ سال است و ساعت‌های مچی و وسایل دیگر در گذشته از آن استفاده می‌کردند.

ذرات HYPERLINK: در نیمه قرن ۲۰ با جایگزین‌شدن رادیوم این ذرات هسته‌ای برای کاربرد رادیولومینسانس استفاده شدند. این ذرات هسته‌ایی تابش کننده از رادیوم ایمن‌تر هستند ولی تنها ۲ سال و نیم طول نیمه عمر آن‌هاست و برای کاربردهای طولانی و دائمی مناسب نیستند. از این ماده برای ساخت رنگ رادیولومینسانس برای کاربردهای هوافضا استفاده شده است.

ذرات تریتیوم Tritium: یکی از رادیوایزوتوپ‌های هیدروژن با نیمه عمر ۱۲ سال است که تشعشع بسیار کمی دارد. یکی از وسایلی که با آن ساخته می‌شود لوله‌های تریتیومی گازی هستند که از داخل با لایه فسفر پوشانده می‌شوند و با نام‌های نور بتا و تریزر شناخته می‌شوند. کاربردهای آن در ساخت ساعت‌های دید در شب و غواصی، وسایل تاکتیکی، علامت خروج دائمی، دکمه‌های تلفن و تماس در جایی که نور نیست مانند کابین هواپیما و نور برای خواندن نقشه و علامت برای اسلحه‌هاست.

ذرات اضافه شده به ذرات لومینسانس برای ایجاد رنگ دلخواه مانند: مس برای رنگ سبز روشن، نقره برای رنگ آبی و سبز، مس-منیزیوم برای رنگ زرد-نارنجی

۷-۱-۶ زنجیره ارزش کاربردهای مبتنی بر این فناوری (از تولید نانوذرات اولیه تا تولید محصول میانی تا تولید محصول نهایی و به‌کارگیری محصول)

- تولید و فراوری ذرات لومینسانس
- تولید ذرات و رنگ‌دانه‌های لومینسانس
- رنگ‌دانه‌ها و ذرات لومینساس دوپ شد با ذرات دیگر
- پودر لومینسانس شامل ذرات لومینسانس و ذرات رنگ‌دانه و ذرات رادیولومینسانس
- رنگ یا رزین لومینسانس
- برچسب‌های لومینسانس
- نانوذرات تثبیت شده لومینسانس
- جوهر لومینسانس

۷-۱-۷ فناوری‌های رقیب (از چه شیوه‌های دیگری برای رفع نیاز مرتبط با این فناوری بهره گرفته می‌شود؟)

در مورد علائم جاده‌ای و علائم هشداردهنده از رنگ‌های براق و یا نور منبع الکتریکی استفاده می‌شود. رنگ افزودنی با مخلوط‌کردن رنگ‌های نور کار می‌کند. هرچه رنگ‌های نور بیشتری را به هم اضافه کنید، به نور سفید نزدیک‌تر می‌شوید. برعکس طیف رنگی است که در آن نور سفید به رنگین‌کمانی از رنگ‌ها شکسته می‌شود. رنگ کاهشی شامل مخلوط‌کردن مواد فیزیکی مانند رنگ‌دانه‌های

رنـگ، جوهـر چاپ و رنگ اسـت. هرچه مواد رنگی بیشـتری را با هم مخلوط کنید، رنگ تیره‌تر می‌شـود. به‌دلیـل جذب یا تفریق طول موج‌های خاصی از نور سـفید، «تفریق» نامیده می‌شـود. این جذب بر اسـاس نحوه رفتار اتم‌های مختلف هنگام برخورد نور است. روش‌هـای مختلفـی برای ترکیـب رنگ برای ایجاد رنگ‌های مختلف وجـود دارد، مانند: ترکیب فیزیکی دو یا چنـد رنگ برای ایجاد رنگ متفاوت لعاب که لایه‌های شـفاف رنگ‌های رنگی مختلف را برای ایجاد رنگ جدید پوشـانده اسـت یا با اسـتفاده از روش‌هایی شبیه به نقاشـان امپرسیونیسـت که نقاط کوچک یا تکه‌های رنگی را در کنار یکدیگر قرار می‌دادند تا هنگام مشـاهده از فاصله، احسـاس رنگ دیگری را به وجود آورند. فرایندهای اولیه رنگ شـامل خیسـاندن و جوشاندن منسـوجات در محلول‌های رنگی ساخته شده از موادی مانند ریشه، توت، پوست، برگ، چوب، قارچ و محصولات حیوانی به روش رنگرزی مستقیم یا اساسی است. با این حال، این منسـوجات رنگ شـده ممکن است رنگ ماندگاری نداشته باشـند. در نهایت کشف شد که می‌توان از روش‌های مختلفی برای ایجاد رنگ‌هـای قوی تر و تثبیت رنگ‌ها اسـتفاده کرد تا به این سـرعت محو یا شسـته نشـوند. برخـی از روش‌ها از تخمیر بـرای ایجاد رنگ قوی اسـتفاده می‌کردند، مانند ایندیگو، چوب و ماددر. به‌عنوان مثال، گیاه ایندیگو در واقع آبی نیسـت. رنگ آبی فقط از خیساندن برگ‌ها برای آزادکردن اسـید آمینه ایندیکان به دسـت می‌آید که سـپس توسـط آنزیم‌های گیاهی دیگر تخمیر می‌شـود(فرایندی به نام ایندوکسـیل) و رنگ آبی ایجاد می‌کند. حمام رنگ ایندیگو سـبز به نظر می‌رسـد – تنها زمانی که مواد رنگ شـده در معرض هوا قرار می‌گیرد، اکسـید شـده و آبی دیده می‌شود.رنگ‌دانه‌های فلورسـنت می‌توانند از مواد آلی یا معدنی ساخته شوند. رنگ‌دانه‌ها در حالت جامد خود فلورسـانس نمی‌شـوند، اما اگر در یک رزین حامل گرمانرم یا ترموسـت حل شـوند و سـپس به پودر ریز تبدیل شـوند، تبدیل به رنگ‌دانه‌های فلورسـنت می‌شـوند. سـولفید روی فعال شـده با مس، به نام فسـفر GS، اغلب به‌عنوان فسفر در اسـباب‌بازی‌ها اسـتفاده می‌شـود، در حالی که ماده قوی تری مانند آلومینات استرانسـیوم برای علائم جاده، خطوط سطح جاده و علائم هشداردهنده استفاده می‌شود. رنگ‌دانه‌های فسفری را می‌توان با مواد رنگ، موم یا پلاستیک مخلوط کرد. آن‌ها کاربردهای مختلفی دارند.

۷-۱-۸ فناوری‌هـای مکمـل (بـرای توسـعه محصـولات در هـر یـک از کاربردهای ذکرشـده، به چه فناوری‌های دیگری نیاز وجود دارد؟)

فناوری‌های چاپ و فناوری‌های تولید مستربچ و پلیمری برای تولید محصولات مختلف می‌تواند استفاده شود.
همچنیـن فناوری‌هـای تولیـد و دوپ‌کـردن ذرات مختلف بـرای تولید رنگ‌دانه مهم اسـت. در مـورد کاربردهـای مختلف روش‌های لایه‌نشانی نیز گاهی استفاده می‌شود.

۷-۱-۹ فرصت‌هـای تحقیقاتـی کـه امکان دارد بر اثـر فعالیت در ایـن زمینه پدید آیـد. (آیا فعالیت در ایـن زمینه فرصت‌هـای تحقیقاتی را در حوزه‌هـای مرتبط پدید می‌آورد یا این اثر/فناوری نسـبتاً منزوی است؟)

فعالیت در این حوزه با فناوری‌های مختلف دیگر نیز در ارتباط اسـت. حوزه رنگ و پلیمر و فیزیک و هسـته‌ای در این حوزه می‌توانند درگیر باشند. همچنین بخش مهمی از رشته شیمی در این فرایند درگیر است. در حوزه کیت‌های کمی لومینسانس، ارتباط تنگاتنگی با رشته بیوشیمی و شیمی دارویی وجود دارد.

۷-۱-۱۰ اهمیـت فعالیـت در ایـن زمینه از نظـر اجتماعی یا راهبـردی (آیا این اثر/فنـاوری به حل یا کاهش شدت یک مسئله اجتماعی، محیط‌زیستی یا سیاسی کمک می‌کند؟)

از نظر سـاخت وسـایل و قطعات خاص در صنایع هوافضا و مهم، می‌تواند باعث قطع وابستگی و حل‌شدن بعضی گره‌های فناوری در محصولات راهبردی شود.
تاکنون کیت‌های تشـخیص طبی لومینسـانس به کشور وارد می‌شدند که با بومی‌سـازی دانش فنی تولید آن‌ها و سرمایه‌گذاری در این زمینه، بخش بزرگی از نیاز کشـور به این محصول ارزشـمند مرتفع شده اسـت. تولید رنگ‌های درخشنده یا شب‌تاب با ماندگاری بـالا، بـرای ایمنـی تردد در شـب به‌ویژه در جاده‌های خارج از شـهر بسـیار ضروری اسـت. حتی جنبه‌هـای زینتی و فانتزی اسـتفاده از رنگ‌های درخشنده در دکوراسیون، ساعت‌ها، اسباب‌بازی‌ها و... دارای بازار جذابی است.



رنگ‌های درخشنده جهت استفاده در علائم راهنمایی و رانندگی و هشداردهنده جاده‌ای

۷-۲ تحلیل بین‌المللی

۷-۲-۱ بازیگران کلیدی فعال در این فناوری



با توجه به اطلاعات یک تحقیق در مورد بازار رنگ‌های لومینسانس مهم‌ترین تولیدکننده‌های این رنگ‌ها عبارت‌اند از:
GloNation LLC., Indra Glowtech Private Limited, EverGlow NA, Inc., Rosco Laboratories, Noxton Company, Dayglo Color Corp, AcmeLight, APV Engineered Coatings, Rilit–Lackfabrik GmbH, Indra Glowtech Private Limited and Others.

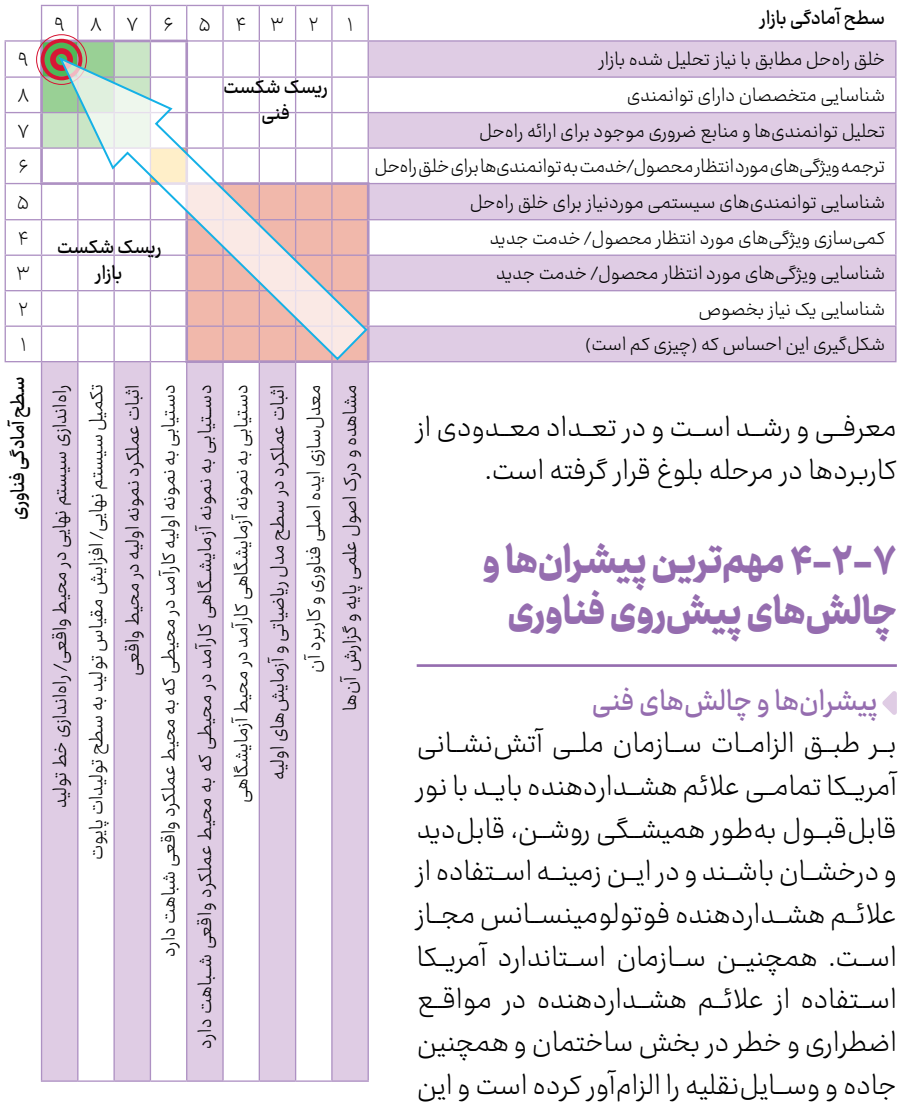
تولیدکنندگان مهم رنگ‌های فلورسنت[۳] عبارت‌اند از:
Radiant Color N.V., LuminoChem, Ronan Paints, Glow Paint Industries, GLOWTEC LTD, Krylon Products Group, DayGlo Color Corp, Brilliant Group, Inc., Aron Universal Limited, and Vicome Corp
اسپانیا AFFORD کمپانی

۷-۲-۲ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار

سطح آمادگی فناوری در حدود ۹ و آمادگی بازار نیز در حدود ۹ است.

۷-۲-۳ موقعیت فناوری در چرخه عمر

به نظر می‌رسد این فناوری در مرحله رشد و یا حتی بلوغ در دنیاست. در ایران، این فناوری در بسیاری کاربردها در مرحله



معرفی و رشد است و در تعداد معدودی از کاربردها در مرحله بلوغ قرار گرفته است.

۷-۲-۴ مهم‌ترین پیشران‌ها و چالش‌های پیش‌روی فناوری

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

بر طبق الزامات سازمان ملی آتش‌نشانی آمریکا تمامی علائم هشداردهنده باید با نور قابل‌قبول به‌طور همیشگی روشن، قابل‌دید و درخشان باشند و در این زمینه استفاده از علائم هشداردهنده فوتولومینسانس مجاز است. همچنین سازمان استاندارد آمریکا استفاده از علائم هشداردهنده در مواقع اضطراری و خطر در بخش ساختمان و همچنین جاده و وسایل‌نقلیه را الزام‌آور کرده است و این امر سبب رشد بسیار زیاد استفاده از رنگ‌های لومینسانس در وسایط نقلیه و جاده‌ها و ساختمان‌ها و صنایع در راهروهای اضطراری شده است.

چالش دیگر توسعه و رشد بازار رنگ‌های لومینسانس، توسعه نوارهای لایه نازک فسفرسان متشکل از فسفر همراه با مس و مس منیزیوم به‌عنوان فعال‌ساز است که این

نوارها نور را به‌صورت خود جذب‌کننده از خود عبور داده و فرایند لومینسانس در حضور نور کم امکان‌پذیر است.[۴]

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

پیشران اقتصادی استفاده از این رنگ‌ها، توسعه روزافزون جاده‌های هوشمند و راه‌ها و نیاز به علائم هشداردهنده بیشتر در جاده، راه‌ها و ابنیه است.[۵] چین و هند به تنهایی ۷۰۰ پروژه توسعه شهرهای هوشمند را اجرا می‌کنند. پیشران اقتصادی مربوط به سرمایه‌گذاری عظیم کشورهای آمریکا، چین، روسیه، عربستان و... در صنایع نظامی منجر به افزایش استفاده از این رنگ‌ها در توسعه محصولات و اسلحه‌های جدید در صنایع نظامی شده است.
از نظر قیمتی هزینه تولید و استفاده از این مواد بالاست.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

از نظر سلامتی وجود ذرات رادیواکتیو به‌عنوان چالش سلامتی و ایمنی مطرح است.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

بسیاری از رنگ‌دانه‌ها از مواد معدنی مانند سنگ‌ها و مواد معدنی ساخته می‌شوند، در حالی که بسیاری از رنگ‌ها از مواد آلی مانند گیاهان یا حشرات ساخته می‌شوند، اما استثناهایی برای این قاعده وجود دارد. رنگ‌های بیشتر هنرمندان از رنگ‌دانه‌ها ساخته می‌شوند، اما جوهرها را می‌توان از رنگ‌دانه‌ها یا رنگ‌ها تهیه کرد. جوهرها می‌توانند چسباننده‌های مختلفی مانند شلاک، امولسیون اکریلیک یا صمغ عربی داشته باشند. رنگ‌دانه‌ها معمولاً رنگ خود را بهتر از رنگ‌ها حفظ می‌کنند (دوام رنگ) و در نور ماوراءبنفش یا نور خورشید به‌سرعت محو نمی‌شوند (پایداری در نور). اشعه ماوراءبنفش می‌تواند پیوندهای شیمیایی موجود در مواد رنگی را بشکند که به‌مرور زمان منجر به محوشدن می‌شود. برخی از رنگ‌دانه‌ها نسبت به بقیه، نور سریع‌تر هستند. برخی از رنگ‌دانه‌ها و رنگ‌ها به‌دلیل نحوه ایجاد و استفاده از آن‌ها، برای انسان یا حیوانات مضر بوده یا به دلیل داشتن مواد سمی، باعث مسمومیت افرادی که با آن‌ها کار می‌کنند، شده و باعث مشکلات جدی سلامتی و مرگ می‌شوند.

۷-۲-۵ اطلاعات موجود درباره تحلیل بازار در سطح جهانی

بر اساس پیش‌بینی یک گزارش بازار رنگ‌های لومینسانس تا ۲۰۲۶ به رقم ۲۰میلیارد دلار با رشد سالانه ۹درصد خواهد رسید. از نظر نوع، در سال ۲۰۲۰ رنگ‌های فسفرسان بیش از ۴۰درصد بازار رنگ‌های لومینسانس را تشکیل داده است.
از نظر کاربردی، علائم هشداردهنده جاده‌ای ۳۰درصد از بازار کاربرد رنگ‌های لومینسانس در سال ۲۰۲۰ را تشکیل داده است. سایر کاربردها به‌ترتیب عبارت‌اند از:

- ساعت
- کاشی سرامیکی
- علائم اضطراری
- تجهیزات و ابزارهای نظامی
- دکوراسیون خانه
- آرایشی و بهداشتی
- ابزارآلات پزشکی

از نظر صنعتی، صنعت نظامی بیشترین میزان سهم استفاده از رنگ‌های لومینسانس را در سال ۲۰۲۰ در اختیار دارد.
در یک گزارش دیگر ارقام کاملاً متفاوت بوده و بازار رنگ‌های لومینسانس در سال ۲۰۱۷ حدودا ۱میلیارد دلار بوده وپیش‌بینی می‌شود تا ۲۰۳۰ به دو میلیارد دلار با رشد سالانه ۷درصد برسد.[۶]
گزارش Allied Market Research (AMR) بازار رنگ‌های فلورسنت را در سال ۲۰۲۱ به میزان ۳۵۷میلیون دلار برآورد کرده که پیش‌بینی می‌شد تا ۲۰۳۰ با رشد سالانه ۷درصد به میزان ۶۷۷میلیون دلار برسد.[۷]

۷-۲-۶ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در دنیا تأثیر بگذارد

با توجه به افزایش نیاز به علائم و ادوات خوددرخشان در صنایع مختلف به نظر می‌رسد رشد این صنعت بیشتر شود. دانشمندان همیشه در پی وسیله‌ای بوده‌اند که بدون نیاز به انرژی خاصی بتواند روشنایی و روزنه امیدی در شرایط بحرانی ایجاد کند. طی

دهه‌های اخیر درکشورهای پیشرفته طرحی ارائه شد که مورد استقبال بسیاری از کارشناسان ایمنی قرار گرفت. این طرح نسبت به سایر روش‌های موجود کم‌هزینه بوده و در عین حال از ویژگی‌های خاصی بهره‌مند است. این ابتکار جدید استفاده از مواد شب‌تاب یا فسفرسانس است.محدودیت انرژی و سوخت‌های فسیلی انسان‌ها را وادار کرده تا به منابع دیگری که اقتصادی، کارآمد و نامحدودتر هستند بیندیشند. برای همین امروزه بعضی از کمپانی‌ها اقدام به ارائه محصولات فسفرسنت کرده‌اند. هدف آن‌ها استفاده از انرژی‌های پنهانی است که در اطراف ما وجود دارد و می‌توان از آن‌ها به‌جای انرژی‌های سوختی استفاده کرد. بنابراین حتی در زمینه طراحی روشنایی باید به مسئله طراحی دوستدار طبیعت دقت کرد. استفاده از این مواد در طراحی روشنایی این امکان را به طراحان می‌دهد که دست به خلق فضاهایی با ایمنی بالا و فضاهایی که ایجاد حس لذت در مخاطب می‌کند، بزنند، مانند اتاق کودکی که سقف آن در شب مانند آسمان می‌درخشد. اکنون تابلوها و علائم شب‌تاب در مکان‌های عمومی کشورهای توسعه‌یافته مانند فرودگاه فرانکفورت، فرودگاه شارل دوگل پاریس، متروی مادرید، متروی آمستردام، مرکز تجارت جهانی نیویورک و سایر اماکن سیاسی و امنیتی مهم دنیا به‌کار گرفته می‌شود. این علائم در وسایط حمل‌ونقل عمومی مانند کشتی‌ها و هواپیماها نیز کاربرد دارد. به‌طور مثال این علائم در بیش از ۵۰۰ فروند هواپیمای ایرباس و بوئینگ به کار گرفته شده است. در ۲۰ آوریل ۲۰۰۱ وزارت امنیت ملی و وزارت عمران چین استفاده از تابلوها و علائم شب‌تاب را تصویب و آن را به سازمان آتش‌نشانی هم ابلاغ کردند. چینی‌ها این علائم را در پروژه بازسازی میدان Tian An men، تالار بزرگ چین، برج Jin mao و برج تلویزیونی Orient Pearl شانگهای نیز استفاده کردند.

در حادثه یازده سپتامبر پس از برخورد هواپیماها با برج‌های دوقلو و قطع‌شدن برق، پله‌های اضطراری در تاریکی کامل فرو رفت، اما به‌دلیل استفاده از علائم شب‌تاب و تأمین حداقل نور موردنیاز ۱۸۰۰۰ نفر از ساکنان موفق به فرار و نجات جان خود شدند. نمی‌توان تصور کرد که اگر پله‌های خروج فاقد تابلوها و علائم شب‌تاب بودند، با هجوم جمعیت وحشت‌زده که هیچ‌چیز و هیچ‌جا را نمی‌توانستند ببینند، چه اتفاقی می‌افتاد.

امروزه لومینسانس، در اشکال متنوع آن یکی از سریع‌ترین روش‌هاست که در دو دهه گذشته رشد و توسعه زیادی کرده که این رشد به‌علت گزینش‌پذیری خوب، حساسیت بالا، اطلاعات کمی محیطی و... این روش است. این روش یکی از بهترین و سریع‌ترین روش‌ها برای تشخیص ناخالصی‌های ماده نیز است.

Lighting:

Lighting شامل سه جزء است و به‌وسیله اتصال آن‌ها می‌توان شاخه‌های درختی استثنایی را ساخت. در ساخت فرم این چراغ محدودیتی در رنگ و اشکال شکل‌دهی وجود ندارد. در انتهای هر شاخه یک بست کروی شکل وجود دارد که می‌توان با کمک آن هر شاخه را در جاهای مختلفی با پیچاندن به هم وصل کرد و اشکال متنوعی ساخت. (طراحی از Michail Komarov)

Tea light:

طراحان کره ای یک lighting cocept طراحی کردند که شبیه به یک tea bag است. داخل این کیسه مواد فلورسنت وجود دارد که در مقابل ماده شیمیایی که داخل فنجان است، واکنش نشان می‌دهد. بنابراین نام مناسبی که برای این concept انتخاب شده است، Tea light است. بعد از اینکه چند بار tea light را داخل محلول تکان می‌دهیم تصاویر نورانی شروع به نقش بستن می‌کند و می‌توان چند بار از آن استفاده کرد و در نهایت می‌توان در تاریکی لیوانی از نور ساخت.

Sparkle sign board:

در حقیقت می‌توان گفت مواد شب‌تاب در نمایشگرهای صنعتی تغییرات اساسی ایجاد کرده است. هر کسی می‌تواند آن چیزی را که می‌خواهد روی تابلو بکشد و پاک کند. این تابلو با نورانی بودنش توجه مردم را به خودش جلب می‌کند. این تابلو را می‌توان با یک مایع شیشه پاک‌کن تمیز کرد.

نمونه دیگر کاربرد این مواد را در سطح شهر دیده‌اید که در سیستم حمل‌ونقل در شب برای جلوگیری از خطرهای احتمالی، از خطوط شب رنگ راهنما استفاده شده است، و همچنین سرامیک‌های فتولومینسنت (درخشان) و شیشه‌های فتولومینسنت، با افزودن رنگ‌دانه فتولومینسنت در فرایند مشترک تولید سرامیک و شیشه استفاده شده است. لعاب‌های فتولومینسنت می‌تواند به‌طور مستقیم برای تولید محصولات نورتاب مورداستفاده قرار گیرد. در مقایسه با سرامیک و شیشه معمول، این محصولات می‌توانند در تاریکی پس از جذب نور بدرخشند، این ویژگی سرامیک و شیشه استفاده گسترده‌تر این محصولات را در پی دارد. سرامیک و شیشه‌های فتولومینسانس در یک طول‌موج نور خاص، می‌توانند از برخی از کپک زدن‌ها و بیماری‌ها جلوگیری کنند.

۷-۳ تحلیل داخلی

۷-۳-۱ فعالیت‌های انجام گرفته در کشور

فعالیت‌های تحقیقاتی (چه تیم‌هایی در کدام نهادها در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ چه مقالاتی در این زمینه منتشر شده است؟ چه پایان‌نامه‌هایی نگارش شده است؟)

جدول ۷-۱ نمایی از تحقیقات انجام شده در کشور در حوزه رنگ‌های درخشنده

ردیف	نگارندگان	دانشگاه/ مؤسسه	نوع تحقیق	عنوان تحقیق
۱	**صدیقه درینی** **استاد راهنما: الهه مصدق** **استاد مشاور: موسی صادقی کیاخانی**	دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان، دانشکده شیمی	پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد	سنتز رنگ‌های دی آزوی فلورسانس جدید بر پایهٔ ۵-آمینو تترازول و مطالعه کاربرد آن‌ها
۲	**اریسا فراست** **استاد راهنما: مهدی سلامیکلجاهی** **استاد مشاور: حسین روغنی ممقانی**	دانشگاه صنعتی سهند، دانشکده مهندسی پلیمر	پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد	سنتز و بررسی خواص فلورسانس رنگ‌دانه هیبریدی پریلن-کومارین
۳	**مهدی سوهانگیر** **استاد راهنما: سیدمنصور بیدکی** **استاد مشاور: کمال الدین قرنجیگ**	دانشگاه یزد	دکتری تخصصی (PhD) ۱۴۰۱	سنتز مواد رنگزای جدید راکتیو با خاصیت فلورسنتی بر پایهٔ مشتقات کومارین
۴	**سردار پایدار** **استاد راهنما: مجتبی شمسی‌پور[۸]** **استاد مشاور: علی براتی**	دانشگاه رازی، دانشکده شیمی	پیشنهاده دکتری تخصصی (PhD) ۱۳۹۹	سنتز نانوپروب‌های فلورسنت برای سنجش گزینشی مقادیر بسیار کم یون‌های فلزی و گونه‌های زیستی

فعالیت‌های توسعه محصول و تجاری‌سازی (آیا نمونه‌سازی انجام گرفته است؟ چه شرکت‌هایی برای توسعه محصول در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ آیا محصولی مبتنی بر این فناوری در بازار به فروش می‌رسد؟ آیا شرکت‌های صنعتی بزرگ در این زمینه فعالیت می‌کنند؟ آیا شرکت‌های واردکننده در این زمینه فعالیت می‌کنند؟)

برخی از شرکت‌های داخلی محصولاتی را در زمینه کاربردهای خاص تولید کرده‌اند.

فعالیت‌های سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری

فعالیت خاصی صورت نگرفته است.

۷-۳-۲ کاربردهای احتمالی محصولات مبتنی بر این فناوری در کشور (به‌خصوص کاربردهای مرتبط با سه حوزه ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

کاربردهای احتمالی مشابه کاربردهای موجود در جهان است.



۷-۳-۳ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار در کشور

سطح آمادگی بازار ۸ و سطح آمادگی فناوری آن ۸ است.

۷-۳-۴ وضعیت فناوری‌های رقیب و مکمل در کشور در هر یک از کاربردهای احتمالی

اطلاعات در حال تکمیل است هر چند در بخش اول توضیحاتی داده شد.

۷-۳-۵ میزان سرمایه‌گذاری موردنیاز برای توسعه این فناوری تا سطح نمونه‌سازی (TRL6) و همچنین، برای تولید در مقیاس وسیع (TRL8) به‌صورت تخمینی

باتوجه به کاربردهای متفاوت این فناوری، باید تخمین هزینه‌ها متناسب با هر کاربرد برآورد شود.

۷-۳-۶ زیرساخت‌ها و منابع لازم برای توسعه فناوری، توسعه محصول و تجاری‌سازی در کشور

- منابع انسانی؛
- زیرساخت آزمایشگاهی و نمونه‌سازی؛
- زیرساخت تولید؛
- آزمایشگاه مرجع؛
- منابع مالی؛
- توانمندی‌های حفاظت از دارایی فکری؛
- زیرساخت‌های بازاریابی، توزیع، فروش و خدمات پس از فروش.

به نظر می‌رسد با توجه به وجود نیروی متخصص در کشور در این حوزه، می‌توان به توسعه و محصول و تجاری‌سازی آن پرداخت. با توجه به اینکه شرکت‌های دانش‌بنیان موفق به تولید نمونه‌هایی از این رنگ‌ها در کشور شده‌اند و با توجه به وجود نیروهای متخصص و تحقیقات انجام گرفته در این زمینه‌ها می‌توان انتظار توسعه و تجاری‌سازی این محصول و فناوری را داشت، همچنین افزایش نیاز بازار به این رنگ‌ها در حوزه‌های مختلف باعث تقویت این انتظار می‌شود.

۷-۳-۷ پیشران‌ها و چالش‌های توسعه و تجاری‌سازی این فناوری در کشور

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

با توجه به نرخ ارز، تولید محصولات در داخل کشور و بومی‌سازی دانش فنی تولید آن‌ها در داخل، نه‌تنها صرفه اقتصادی قابل‌توجهی را به‌همراه خواهد داشت بلکه از خروج ارز از کشور ممانعت کرده و موجب اشتغال‌زایی و بازارسازی بیشتر در این حوزه می‌شود. به نظر می‌رسد عدم معرفی کامل این فناوری به صنعتگران و سرمایه‌گذاران در داخل کشور و عدم وجود تحقیق و توسعه کافی در این حوزه توسط محققان کشور، باعث عدم رشد این تکنولوژی نوپا در کشور شده که ضرورت تحقیقات بیشتر در این حوزه با اعلام نیاز به محصولات این حوزه بارزتر خواهد شد.

پیشران‌ها و چالش‌های تقاضا

در حال تکمیل است.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

در حال تکمیل است.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

در حال تکمیل است.

۷-۳-۸ بازار داخلی محصولات مبتنی بر این فناوری در هر زنجیره ارزش

یک شرکت دانش‌بنیان موفق به تولید رنگ‌های مبتنی بر این فناوری در داخل کشور شده است. همچنین چند شرکت دانش‌بنیان دیگر موفق به تولید کیت کمی لومینسانس در داخل کشور شده‌اند.
این محصول اکثراً از کشورهای چین، ژاپن، ترکیه، اسپانیا و آلمان وارد کشور می‌شود و در سایت‌های مختلف به فروش می‌رسد.

۷-۳-۹ فرصت‌های صادراتی برای شرکت‌های فعال ایرانی

در صورت تولید صنعتی محصول و رقابتی بودن آن امکان صادرات وجود دارد. هرچند در حال حاضر هم برخی شرکت‌ها احتمالا صادرات دارند. (هنگام جمع‌آوری اطلاعات این محصول، گزارش متقنی مبنی بر صادرات آن در دسترس نبود)

۷-۳-۱۰ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در کشور تأثیر بگذارد

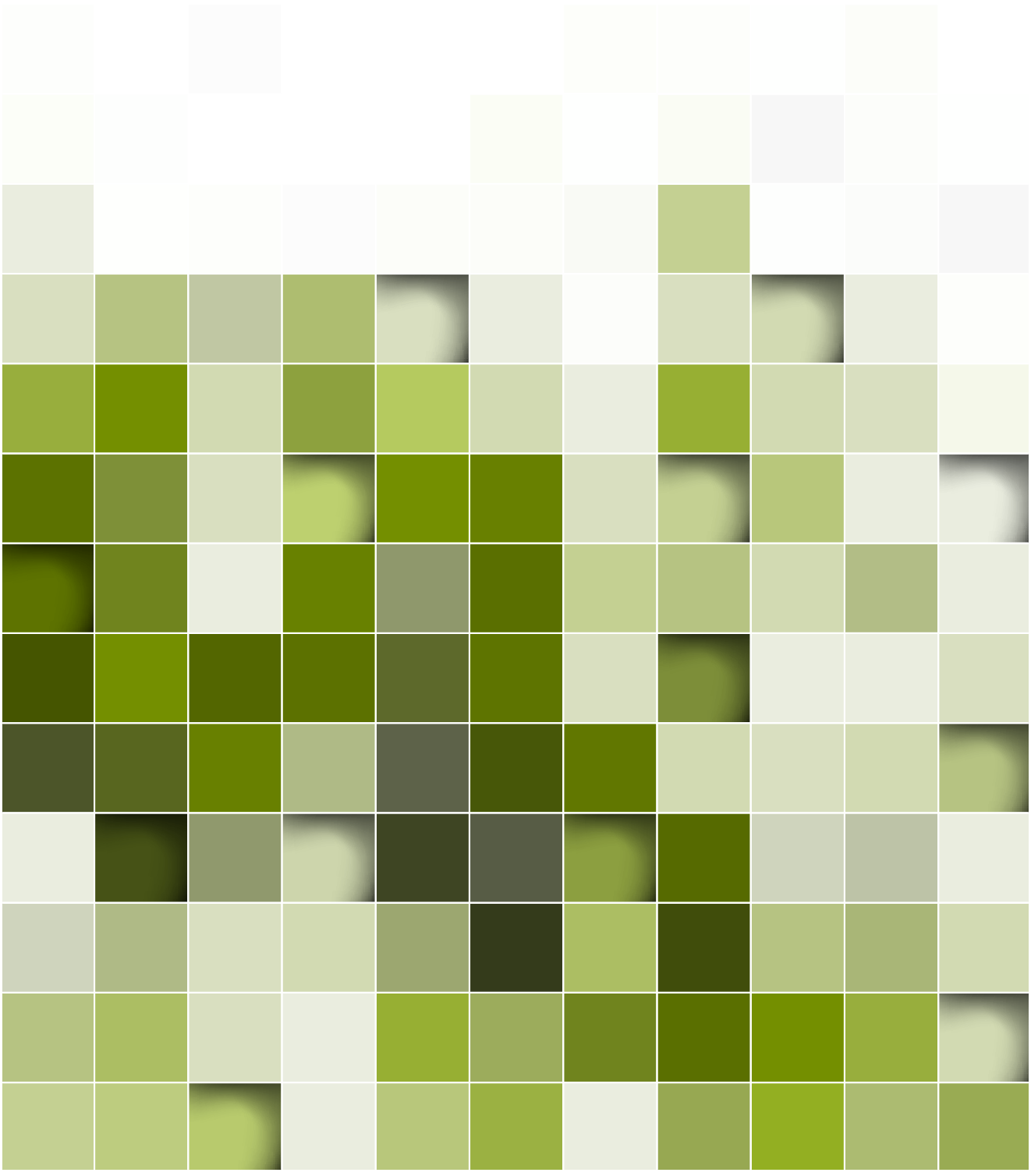
زیبایی ظاهری فانتزی در کنار قابلیت‌های فیزیکی-شیمیایی در پوشش لوازم‌خانگی و ملزومات آشپزخانه، بدنه درخشان و نورانی دوچرخه و موتورسیکلت، نورتابی لوازم و تجهیزات ورزشی در پارک‌ها و مکان‌های عمومی، حالت درخشش برای درب‌های اضطراری در مواقع خاموشی‌های غیرمنتظره، ایجاد اتوبانی با گاردریل‌های درخشان، نورانی بودن تابلوهای علائم هشدار در شب، همگی از نتایج استفاده از این محصول به شمار می‌رود.

بازار فروش رنگ ترافیکی شب‌تاب از رونق بسیار خوبی برخوردار بوده و افرادی که در زمینه خرید و فروش این کالا فعالیت می‌کنند معتقدند که با فعالیت در این زمینه کسب‌وکار آن‌ها رونق بسیار خوبی گرفته و درآمدشان نسبت به قبل افزایش قابل‌توجهی پیدا کرده است.

پی‌نوشت‌ها

۱– Luminous Paint
۲– https://en.wikipedia.org/wiki/Luminous_paint#Phosphorescent_paint
۳– https://www.einpresswire.com/article/622803334/fluorescent-paint-market-sales-revenue-to-touch-677-9-million-by-2031-major-companies-strategies-and-new-trends
۴– https://www.industryarc.com/Research/Luminous-Paint-Market-Research-501614
۵– https://www.industryarc.com/Research/Luminous-Paint-Market-Research-501614
۶– https://dataintelo.com/report/global-luminous-paint-market/
۷– https://www.einpresswire.com/article/622803334/fluorescent-paint-market-sales-revenue-to-touch-677-9-million-by-2031-major-companies-strategies-and-new-trends
۸– m.shamsipur [at] razi.ac.ir https://chm.razi.ac.ir/~m.shamsipur

۸ رنگ مقاوم به حرارت بالا



۸-۱ توصیف عمومی فناوری

۸-۱-۱ ویژگی مورد انتظار از فناوری (فناوری مبتنی بر این ویژگی چه کار می‌کند؟)

مقاومت در برابر حرارت بالا و تغییرات دمایی در تجهیزات یا محیط کاری یکی از ویژگی‌هایی است که رنگ موردنظر باید داشته باشد. رنگ‌ها و پوشش‌های مقاوم در برابر حرارت مواد شیمیایی هستند که از زیرلایه، تجهیز یا قطعه در برابر حرارت بالا و یا تغییرات دمایی شدید محافظت می‌کنند. این رنگ‌ها از سطح در برابر شکستن، خوردگی و یا آسیب در دماهای بالا به‌عنوان مثال تا ۷۰۰ یا ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد محافظت می‌کنند.
میزان دمای محیط کاری تجهیزات و وسایل در محیط‌های مختلف، متفاوت است. معمولاً دسته‌بندی رنگ‌ها و پوشش‌ها تا دماهای مشخصی مثلا تا ۳۰۰ یا ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد و یا ۷۰۰ یا ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد است.
نکته مهم توجه به تفاوت بین رنگ‌های مقاوم در حرارت بالا و رنگ‌های ضدآتش یا مانع آتش است. رنگ‌های ضدآتش با نام Fire retardant خاصیت تغییر ماهیت و تولید گازهای خاصی برای جلوگیری از گسترش آتش در دماهای خاصی دارند و بنابراین با رنگ‌های مقاوم به حرارت که اصولا در دماهای بالا بدون تغییر ماهیت و شکل باقی می‌مانند، متفاوت هستند. رنگ‌های ضدآتش نقش فداشونده داشته و با تغییر ماهیت مانند فومی‌شدن از انتشار آتش و انتقال حرارت جلوگیری می‌کنند.

۸-۱-۲ کاربردهای محتمل این ویژگی و فناوری (به‌طور خاص، در حوزه‌های ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

کابردهای متنوعی برای این رنگ‌ها وجود دارد:
این پوشش‌ها در صنایع نفت، گاز، پالایش، پتروشیمی و نیروگاهی در خطوط لوله، بویلرها، مخازن تحت فشار و سیستم‌های اگزاست نیروگاهی، پوسته‌های توربین و تجهیزات آن، پوسته‌های پمپ‌های دمای بالا، تأسیسات استخراج گاز و سوختن گاز flare کاربرد دارند. همچنین در ساختمان و بخش وسایل خانگی، دودکش، اجاق‌ها، وسایل پخت‌وپز و همچنین رنگ بدنه وسایل خوراک‌پزی مانند مایکروویو، تستر و اجاق اون کاربرد دارد. علاوه بر این در رنگ‌آمیزی ساختمان و سقف و دیوارها، رنگ‌های مقاوم و عایق حرارت دمای داخل را بالا نمی‌برند و مانع از انتقال حرارت می‌شوند و کیفیت خود را نیز حفظ می‌کنند. در بخش خودرویی کاربرد این رنگ‌ها در موتور و سیستم احتراق و خروج گازهای احتراق است. در صنایع عملیات حرارتی و ساخت آجر و فولاد، رنگ‌های مقاوم در برابر حرارت در ساخت کوره‌ها و تجهیزات در معرض حرارت بالای کوره‌های ذوب و عملیات حرارتی کاربرد دارند.

۸-۱-۳ محصولات توسعه یافته یا در حال توسعه بر اساس این فناوری

- رنگ‌های مقاوم به حرارت؛
- رنگ‌های عایق حرارت؛
- رنگ‌های ضدآتش و کنترل‌کننده آتش.

۸-۱-۴ مزیت (های) کلیدی این فناوری (کاهش قیمت، سهولت اجرا، رفع نیازی که تاکنون برآورده نشده و...)

به‌طور کلی رنگ‌ها دارای کاربرد آسان‌تری نسبت به سایر مواد و محصولات ضدآتش و حرارت هستند. در واقع استفاده از رنگ بر روی سطوح نامنظم و یا تجهیزاتی که در یک مجموعه پیچیده هستند بسیار راحت‌تر از استفاده از سایر عایق‌ها مانند لایه‌های عایق حرارت یا پوشش‌های پیشرفته گران‌قیمت مانند پوشش‌های آلیاژی فلزی و... هستند. علاوه بر این در بسیاری از محصولات و دستگاه‌ها رنگ دارای کاربرد ظاهری است. تعدادی از محصولات لوازم‌خانگی باید دارای رنگی باشند که علاوه بر ظاهر و براقیت خوب در مقابل حرارت نیز با دوام باشند. قطعات داخلی اجاق‌گاز و فر و مایکروفر از این دسته هستند.

نانوذرات بهره گرفته شده در این فناوری (از چه فناوری‌های نانویی برای تولید یا به‌کارگیری محصولات بهره گرفته می‌شود؟)

- نانو اکسیدآلومنیوم (آلومینا)، ایروژل سیلیکاتی، نانودی‌اکسید تیتانیوم (پتنت)[۱]
- نانو اکسیدمنیزیوم[۲]
- نانو اکسیدروی (پتنت)[۳]
- نانو اکسیدمولیبیدن
- نانو اکسیدسیلیکون[۴]
- فناوری نانو سرامیک مایع[۵]: فناوری تولید ماتریکس شامل ذرات توخالی سرامیکی شیشه‌ای با ابعاد میکرومتری که مانع از انتقال حرارت می‌شوند و اشعه‌های نوری وارده را نیز منعکس می‌کنند.
- نانو زیرکونیوم[۶]، میکروشیشه‌های کروی توخالی
- نانو SiC و نانونیترات تیتانیوم، نانواکسیدروی، نانوسولفید مولیبیدن

۸-۱-۶ زنجیره ارزش کاربردهای مبتنی بر این فناوری (از تولید نانوذرات اولیه تا تولید محصول میانی تا تولید محصول نهایی و به‌کارگیری محصول)

در تولید این رنگ‌ها، در مرحله اول تولید نانوذرات مورداستفاده در این رنگ‌ها مطرح است. تولید رزین‌های مربوطه و فرمولاسیون اختلاط مواد اولیه رنگ (رنگ‌دانه، رزین‌ها، پایدارساز، عامل ترکننده و...) و ذرات نانویی مربوطه نیز از مراحل بعدی هستند. در

فناوری تولید ذرات کروی توخالی سرامیکی نیز، فناوری تولید این ذرات مطرح است. پایدارسازی اجزای اضافه شده به پایه رنگ و استفاده از سورفکتانت‌ها نیز دارای فناوری‌های مربوط به خود هستند. فناوری‌های مخلوط‌کردن ذرات نانویی با رنگ و پایدارسازی و یکنواخت پخش‌شدن ذرات نیز جزو مراحل ساخت است.

۸-۱-۷ فناوری‌های رقیب (از چه شیوه‌های دیگری برای رفع نیاز مرتبط با این فناوری بهره گرفته می‌شود؟)

انواع عایق‌های حرارتی بر روی لوله‌های حاوی مواد داغ مانند بویلرها بر پایهٔ الیاف و پشم شیشه نیز استفاده می‌شود. پتوهای عایق حرارتی به‌شکل‌های مختلف از جمله فناوری‌های رقیب هستند.

۸-۱-۸ فناوری‌های مکمل (برای توسعه محصولات در هر یک از کاربردهای ذکر شده، به چه فناوری‌های دیگری نیاز وجود دارد؟)

فناوری‌های پاشش و اعمال رنگ و همچنین تمامی فناوری‌های مربوط به تولید رنگ با کیفیت بالا جزو فناوری‌های مکمل هستند.

۸-۱-۹ فرصت‌های تحقیقاتی که امکان دارد بر اثر فعالیت در این زمینه پدید آید. (آیا فعالیت در این زمینه فرصت‌های تحقیقاتی را در حوزه‌های مرتبط پدید می‌آورد یا این اثر/فناوری نسبتاً منزوی است؟)

به‌طور کلی حوزه رنگ و رزین شامل بخش‌های مختلفی است. فعالیت در زمینه رنگ‌های عایق حرارت و مقاوم به دمای بالا در بخش‌های صنعتی و ساختمان خود گستره بسیار وسیعی دارد. فعالیت در این حوزه منجر به فعالیت در زمینه‌های ساخت نانوذرات و تولید رنگ و یا محصولات مربوط به پوشش‌های مذکور نیز می‌شود. محصولات خانگی، صنعتی یا خودرویی با پوشش‌های مذکور می‌توانند به‌عنوان یک فعالیت مربوط با ارزش‌افزوده بالاتر نسبت به سایر محصولات مطرح شوند.
توسعه رنگ‌های مقاوم در برابر شعله و یا کندکننده آتش‌سوزی می‌تواند در کنار توسعه رنگ‌های مقاوم به حرارت بالا انجام شود.

۸-۱-۱۰ اهمیت فعالیت در این زمینه از نظر اجتماعی یا راهبردی (آیا این اثر/فناوری به حل یا کاهش شدت یک مسئله اجتماعی، محیط‌زیستی یا سیاسی کمک می‌کند؟)

کاربرد این رنگ‌ها به‌صورت صنعتی است. این رنگ‌ها می‌توانند منجر به کاهش اتلاف انرژی و هزینه‌های مربوط به از بین رفتن تجهیزات در اثر دمای بالا و خوردگی و... شود.



استفاده از رنگ‌های مقاوم در برابر حرارت در کوره‌های ذوب و تجهیزات در معرض حرارت بالا

۸-۲ تحلیل بین‌المللی

۸-۲-۱ بازیگران کلیدی فعال در این فناوری



با توجه به گزارش تحلیل بازار رنگ‌های مقاوم به حرارت، مهم‌ترین بازیگران این صنعت شرکت‌های زیر هستند[۷]:
AkzoNobel N.V, Hempel A/S, Jotun A/S, Axalta Coating Systems, Sherwin Williams, PPG Industries Inc.,
چندین شرکت در حوزه تولید و عرضه رنگ‌های مقاوم به حرارت فعال هستند. تنوع محصولات رنگی دمای بالا در شرکت‌های عرضه‌کننده محصولات مربوطه دیده می‌شود.

شرکت PLPcoating[۸] دارای برندهای رنگ thempores و pyropaint است. رنگ‌های thempores902 و thempores900 و thempores650 در زمینه رنگ‌های دمای بالا هستند. این رنگ‌ها در دماهای ۳۰۰ تا ۷۵۰ درجه سانتی‌گراد کارایی دارند. در کاربردهایی که به‌طور مستقیم در تماس با آتش هستند، این رنگ‌ها می‌توانند استفاده شوند. رنگ pyropaint دارای دمای کاری حداکثر ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد است. این رنگ براق بوده و در کوره خشک می‌شود. دارای رزین‌های پلی‌استر سیلیکونی است و در طول زمان براقیت خود را حفظ می‌کند.این رنگ دارای آستری مقاوم به دمای بالاست. این رنگ پس از ۳۰ دقیقه در دمای ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد پخت می‌شود.

شرکت mavro[۹] نیز پوشش‌هایی با نام تجاری Ceradur را تولید می‌کند که یک پوشش سرامیکی با فناوری پتنت شده بر پایهٔ پلی‌سیلازان polysilazane است. پلی‌سیلازان یک سوپرپلیمر بلند از Si و N است که به‌عنوان بایندر برای کاربردهای دمای بالا استفاده می‌شود. این پوشش‌ها با نام پوشش‌های شیشه‌ای یا شیشه مایع نیز شناخته می‌شود زیرا خواص مشابه شیشه دارند. این پوشش‌ها دارای مقاومت به خوردگی و شیمیایی بالایی نیز هستند. این پوشش‌ها بر روی

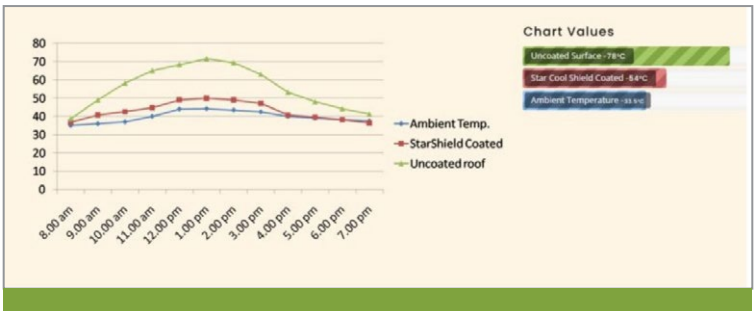
فلزاتی مانند فولاد، تیتانیوم و ورق‌های فولاد گالوانیزه که در معرض دمای تا ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد هستند، کاربرد دارد. مثال‌هایی از کاربرد این پوشش‌ها شامل لوله‌های اگزوز، بلوک موتور و سایر قطعات خودرو است. قیمت این محصول ۱۳۶ یورو به ازای هر لیتر است.



شکل ۸-۱-رنگ Ceradur

شرکت STARSHIELD[۱۰] در حوزه رنگ‌ها و پوشش‌های هوشمند فعال است. این شرکت به معرفی انواع پوشش‌های مقاوم به حرارت پرداخته است. رنگ‌های چند پلیمری دارای مقداری کمی از اکسید آهن، آلومینیوم، سیلیکون و تیتانیوم هستند که برای کاربردهای مقاوم به حرارت تا ۳۷۰ درجه سانتی‌گراد در ساخت‌وساز و محیط‌های ساختمانی استفاده می‌شوند. در شوفاژخانه‌ها نیز این پوشش‌ها برای پوشش‌دهی بویلرها، اجاق‌ها، دودکش‌ها و وسایل پخت‌وپز استفاده می‌شوند. پوشش‌های اپوکسی در صنایع پتروشیمی و نفتی استفاده می‌شوند. این پوشش‌ها چون ترموست هستند در دماهای بالاتری مقاومت دارند. پوشش‌های اپوکسی فنولیک نیز برای دماهای تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد برای کاربردهای مقاوم در برابر مواد شیمیایی کاربرد دارند. پوشش‌های سیلیکونی بهینه شده نسبت به پوشش‌های سیلیکونی دارای کاربردهای دمای بالاتر هستند که برای بویلرها و سطوح فلزی است که در دمای حداقل ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد پخته و کاملاً خشک می‌شوند. پوشش‌های اپوکسی نولاک یکی از بهترین گزینه‌ها در حوزه تانکرها و نفت خام است. این پوشش‌ها بهترین عملکرد را در دمای ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد دارند و در برابر انواع اسیدهای اکسیدی و غیراکسیدی مقاوم هستند.

رنگ STAR Thermal Shield یک رنگ مقاوم به حرارت تادمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد و در انواع دیگر تا ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد است که بر پایهٔ پلی سیلوکسان ساخته شده است. تعداد دیگری از رنگ‌های این شرکت با نام Star cool shield برای رنگ‌آمیزی پشت‌بام و دیوارها به‌کار می‌روند که بر این اساس منجر به کاهش چشمگیر دمای اتاق و محیط داخلی در روزهای گرم سال می‌شوند. مقایسه قدرت عایق بودن این پوشش‌ها و مقاومت در برابر اشعه UV و فروسرخ را در شکل ۸-۲ نشان داده شده است.



شکل ۸-۲ مقایسه عملکرد رنگ STAR Thermal Shield

رنگ‌های نانوفناوری سرامیکی Eastwood برای کاربردهای قطعات موتور تا دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌کار می‌روند. این محصول به رنگ قرمز است. در معرفی این رنگ Ceramic Nanotechnology ذکر شده است.



شکل ۸-۳ به کارگیری رنگ Eastwood در قطعات موتور

شرکت Huntington Specialty material[۱۱] دو رنگ با نام‌های HS-980HT و HS-1220HT را بر پایهٔ فناوری پلی‌سیلازان Polysilazane توسعه داده است که تا دمای کاری ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌تواند استفاده شود. این پوشش‌ها مانع از انتقال حرارت به محیط از منبع گرمایی می‌شوند. این پوشش بر روی انواع زیرلایه‌های فلزی و غیرفلزی می‌تواند اعمال شود و در دمای محیط یا کوره‌ای پخت می‌شود. فرمول این محصول بر پایهٔ ترکیب منحصربه‌فرد نانوسرامیکی و حلال‌های فاقد VOC تولید شده است. این پوشش دارای مقاومت به خوردگی بالایی است و در صنایع دارای حرارت بالا و هوافضا استفاده شده است.

شرکت Rawlinspaints[۱۲] نیز ارائه‌دهنده رنگ‌های مقاوم به حرارت از تولیدکنندگان معتبر است. این رنگ‌ها تا دمای ۷۵۰ درجه سانتی‌گراد مقاومت دارند و در کاربردهای عمومی و صنعتی مصرف می‌شوند. متداول‌ترین این رنگ‌ها شامل رنگ سیاه و نقره‌ای است که با نام آلومینیوم شناخته می‌شود. این پوشش‌ها با نام‌های رنگ‌های سیلیکون- آلومینیوم مقاوم به حرارت نیز شناخته می‌شوند که دارای رنگ‌دانه‌های آلومینیومی هستند. برندهای مقاوم به حرارت این شرکت عبارت‌اند از:
Blackfriar, Coo-Var, International (including Intertherm 50), Jotun and Rust-Oleum
هرکدام از این رنگ‌های برای کاربردهای دمایی مشخصی استفاده می‌شوند. تعدادی از آن‌ها برای سطوح در تماس با آتش، سطوح در معرض خوردگی بالا و سطوحی که به‌صورت متناوب سرد و گرم می‌شوند، استفاده می‌شود. یک نوع از برند Jotun Jotatemp ۶۵۰ می‌تواند به‌صورت مستقیم بر روی سطح با دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد پاشش و اعمال شود. همچنین از رنگ‌های دارای ذرات آلومینیومی که رنگ نقره‌ای به ایجاد می‌کند، می‌توان برای پوشش‌دهی انواع سازه‌های آلومینیومی استفاده کرد.



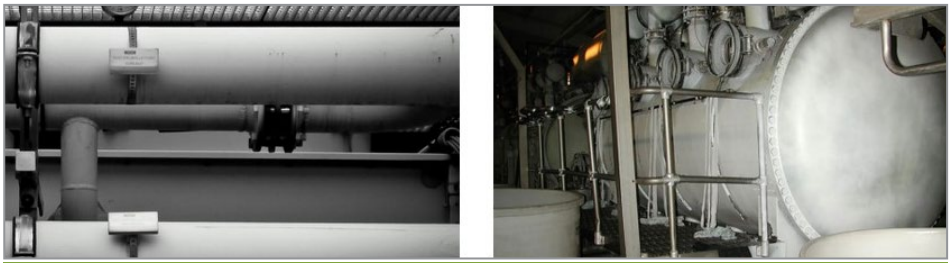
شکل ۸-۴ انواع رنگ‌های عایق حرارت شرکت Rawlinspaints

شرکت آمریکایی Syneffex[۱۳] رنگ‌های مقاوم به حرارت بالا ارائه می‌کند. رنگ Heat Shield™ EPX-H2O رنگ پتنت شده عایق حرارت بر پایهٔ فناوری نانو است که در مدت یک سال هزینه صرف شده را جبران می‌کند. این رنگ تا ده سال هزینه‌ها را صرفه‌جویی می‌کند. کاربردهای آن شامل عایق لوله‌ها، لوله‌های بخار، بویلرها، تجهیزات تولید نساجی، تانک‌های LNG، سیستم‌های HFO دریایی، مبدل‌های حرارتی، خشک‌کن‌ها، مخازن نگهداری سوخت و مواد شیمیایی و تجهیزات سرد و گرم است. این رنگ بر پایهٔ آب و دوجزئی است، مانع از خوردگی زیر عایق می‌شود و برای استفاده تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد مناسب است.

این رنگ از ۲ ساعت تا ۲ روز می‌تواند به‌طور کامل آماده و پخت شود. مهم‌ترین مزایای آن استفاده بدون محدودیت در نقاط مختلف تجهیزات بدون نیاز به طراحی خاص در مقایسه با محصولات پتوهای عایق یا جکت‌های عایق است.



شکل ۸-۵ رنگ Heat Shield™ EPX-H2O



شکل ۸-۶ کاربرد رنگ Heat Shield™ EPX-H2O

شرکت استرالیایی Wagon paints[۱۴] ارائه‌دهنده رنگ‌های پیشرفته صنعتی است. تعدادی از رنگ‌های آن بر پایهٔ سیلوکسان و پلی‌سیلوکسان است. به‌عنوان مثال رنگ دمای بالای Thermaguard SAL۶۰۰ یک رنگ دمای بالای سیلوکسان آلومنیوم تک‌جزئی است که در دمای محیط پخت می‌شود و برای مقاومت به خوردگی در دمای -۱۹۶ تا ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد برای تجهیزات فولادی بر روی بدنه بیرونی در دمای بالا و یا خیلی پایین ساخته شده است. این رنگ برای دوام در شرایط سیکل‌های زیاد حرارتی با رنگ‌های آلومنیومی روشن و تیره ارائه شده است. خواص آن مقاومت به خوردگی بسیار عالی و مقاومت به دمای بسیار خوب تا دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد است. همچنین رنگ‌های عایق حرارت آن تا دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد با نام Thermaguard TIC180 نیز برای کاربردهای مقاومت در برابر نفوذ آب و هوازدگی و مقاومت به خوردگی شیمیایی تا دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد ارائه شده است. رنگ Thermosil HR یک رنگ بهینه شده بر پایهٔ فرمول سیلیکون و مقاوم به حرارت تا ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد است. بهترین گزینه برای استفاده بر روی گرم‌کن‌های چوبی، باربیکیو BBQ و سیستم اگزوز موتور است. به رنگ سیاه مات است و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در عرض ۱۰ دقیقه خشک شده و در عرض ۳۰ دقیقه در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌طور کامل پخت می‌شود. برای کاربردهای پخت‌وپز عالی است.

۸-۲-۲ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار

با توجه به تولید این رنگ در تعدادی از شرکت‌ها و کاربردهای آن در بخش‌های صنعتی، سطح آمادگی بازار و فناوری در حد بالا یعنی ۹ است.



۸-۲-۳ موقعیت فناوری در چرخه عمر

این فناوری به نظر می‌رسد در مرحله رشد و یا حتی بلوغ است زیرا استفاده از آن در بخش‌های مختلف برای کاربردهای ضدحرارت صورت می‌گیرد.

۸-۲-۴ مهم‌ترین پیشران‌ها و چالش‌های پیش روی فناوری

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

یکی از چالش‌های این رنگ‌ها لزوم کاهش مواد فرار آلی VOC است که با توجه به قوانین بین‌المللی بازار این محصولات را دچار چالش می‌کند.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

نیاز روزافزون بخش صنعت به رنگ‌های مقاوم به حرارت پیشران این نوع محصولات است.[۱۵] از نظر هزینه باید قابلیت رقابت با محصولات غیرنانویی را داشته باشد.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

در حال تکمیل است.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

در حال تکمیل است.

۸-۲-۵ اطلاعات موجود درباره تحلیل بازار در سطح جهانی

نیاز روزافزون به عملکرد موتورهای دارای بازدهی دمای بالا و افزایش طول عمر و کاهش ضخامت لایه پوشش منجر به کاهش وزن اجزای موتورها و قطعات دوار و ثابت می‌شود. عوامل پیش‌برنده بازار پوشش‌های مقاوم به حرارت نیازمند خواص مقاومت

به حرارت، خوردگی و شیمیایی است.
نمونه‌هایی از محصول و قیمت آن‌ها عبارت‌اند از:

- Heat Shield™ EPX-H2O Thermal Insulation and Protective Coating ظرف ۲ گالن به قیمت ۳۹۸ دلار؛[۱۶]
- رنگ سرامیکی eastwood برای قطعات موتور خودرو به مبلغ ۱۲۸ دلار به ازای هر لیتر در سایت‌ها به‌فروش می‌رسد؛[۱۷]
- رنگ STAR Thermal Shield تا دمای ۶۵۰ درجه سانتی‌گراد به قیمت ۱یورو به ازای هر فوت مربع؛[۱۸]
- رنگ سرامیکی Ceradur شرکت mavro به قیمت ۱۳۶ یورو به ازای هر لیتر.[۱۹]

۸-۲-۶-روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در دنیا تأثیر بگذارد

در سال‌های گذشته استفاده از رنگ‌های مقاوم به حرارت در بخش‌های مختلفی صورت گرفته و به نظر می‌رسد در سال‌های آتی نیز به رشد خود ادامه دهد. بازار بزرگی در کشورهای مختلف در بخش صنعتی، خانگی و خودرویی به این نوع رنگ‌ها نیاز دارند.

۸-۳تحلیل داخلی

۸-۳-۱ فعالیت‌های انجام گرفته در کشور

فعالیت‌های تحقیقاتی (چه تیم‌هایی در کدام نهادها در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ چه مقالاتی در این زمینه منتشر شده است؟ چه پایان‌نامه‌هایی نگارش شده است؟)

برخی از مقالات و پایان‌نامه‌های انجام شده در این زمینه در جدول ۸-۱ قابل‌ملاحظه است.

جدول ۸-۱ نمایی از تحقیقات انجام‌شده در کشور در حوزه رنگ‌های حرارت‌زا

ردیف	نگارندگان	دانشگاه/ مؤسسه	نوع تحقیق	عنوان تحقیق
۱	محمود پاکشیر، محمدجعفر هادیان‌فرد	دانشگاه شیراز	-	اثر اندازه دانه‌های SiC برروی رنگ‌های مقاوم به حرارت بر پایهٔ کربور سیلیسیم با بایندر آلکالی آلومیناسیلیکاتی
۲	رضا گل‌حسینی بیدگلی	دانشگاه کاشان، پژوهشکده علوم و فناوری نانو	-	سنتز نانوکره سیلیکای توخالی عایق حرارتی و بررسی عملکرد آن در ماتریس‌های مختلف به‌عنوان جایگزین عایق‌های حرارتی مرسوم
۳	مهدی کاروان	دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی مکانیک	پایان‌نامه دکتری تخصصی (۱۳۹۹)	طراحی و ساخت نانو/ مایکرو کامپوزیت‌های پلیمری چندمنظوره با پایداری حرارتی (ضدحریق) بالا
۴	نوید رمضانیان	دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم پایه	پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد (۱۳۹۸)	تهیه کامپوزیت‌های پلیمری مقاوم در برابر حرارت توسط رزین اپوکسی و رزین آکریلیک و بررسی خواص آن‌ها
۵	حسین روغنی ممقانی	دانشگاه سهند تبریز	-	بهبود رفتار حرارتی رزین‌های اپوکسی با افزودن نانولوله‌های کربنی به زمینه رزین اپوکسی و ایجاد یک ساختار نانوکامپوزیتی و متخلخل

۸-۳-۱ فعالیت‌های انجام گرفته در کشور

فعالیت‌های توسعه محصول و تجاری‌سازی (آیا نمونه‌سازی انجام گرفته است؟ چه شرکت‌هایی برای توسعه محصول در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ آیا محصولی مبتنی بر این فناوری در بازار به فروش می‌رسد؟ آیا شرکت‌های صنعتی بزرگ در این زمینه فعالیت می‌کنند؟ آیا شرکت‌های واردکننده در این زمینه فعالیت می‌کنند؟)

نمونه محصولاتی در برخی از دانشگاه‌ها و شرکت‌ها ساخته شده است.

فعالیت‌های سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری

تعدادی از شرکت‌های ایرانی رنگ‌های مقاوم به حرارت را ارائه کرده‌اند. شرکت‌هایی نیز محصولات وارداتی این نوع رنگ‌ها

را در بازار عرضه می‌کنند.

۸-۳-۲ کاربردهای احتمالی محصولات مبتنی بر این فناوری در کشور (خصوصا کاربردهای مرتبط با سه حوزه ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

همان‌طور که در بخش معرفی نیز بیان شد در سه حوزه لوازم‌خانگی در معرض حرارت مانند دستگاه‌های فر، مایکروفر و شوفاژ یا قطعات دیگر و در حوزه نفت، نیروگاهی و پتروشیمی در بخش‌های مختلف مانند توربین‌ها، بویلرها، کمپرسورها، دیگ‌های بخار و مخازن نگهداری یا فرایندی در پتروشیمی و... انواع رنگ‌های مقاوم به حرارت استفاده می‌شوند. در حوزه ساخت‌وساز بیشتر در بخش شوفاژخانه و قسمت موتورخانه مانند دیگ بخار، لوله‌ها و پره‌ها کاربرد دارد و در بخش‌های دیگر ساختمان اصولاً به‌علت بالا نبودن دما کاربردی ندارد.

۸-۳-۳ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار در کشور

با توجه به کاربرد این رنگ‌ها در تجهیزات صنعتی کشور که دمابالاست و همچنین اطلاعات موجود در خصوص تولید نوع نانویی وغیرنانویی آن در کشور، سطح آمادگی بازار و فناوری بالا و روی عدد ۹ است.



۸-۳-۴ وضعیت فناوری‌های رقیب و مکمل در کشور در هر یک از کاربردهای احتمالی

فناوری رنگ‌های مقاوم به حرارت غیرنانویی در کشور توسط شرکت‌ها تولید و استفاده می‌شود. همچنین سایر عایق‌ها مانند پشم شیشه یا عایق‌های الیافی نیز در بعضی کاربردها جای رنگ را می‌گیرند. با این حال کاربرد رنگ‌های مقاوم به حرارت در بسیاری از موارد حتمی و موردنیاز است.

۸-۳-۵ میزان سرمایه‌گذاری موردنیاز برای توسعه این فناوری تا سطح نمونه‌سازی (TRL۶) و همچنین، برای تولید در مقیاس وسیع (TRL۸) به‌صورت تخمینی

اطلاعات در حال تکمیل است.

۸-۳-۶ زیرساخت‌ها و منابع لازم برای توسعه فناوری، توسعه محصول و تجاری‌سازی در کشور

- منابع انسانی؛
- زیرساخت آزمایشگاهی و نمونه‌سازی؛
- زیرساخت تولید؛
- آزمایشگاه مرجع؛
- منابع مالی؛
- توانمندی‌های حفاظت از دارایی فکری؛
- زیرساخت‌های بازاریابی، توزیع، فروش و خدمات پس از فروش

بله زیرساخت‌های لازم در کشور وجود دارد.

۸-۳-۷ پیشران‌ها و چالش‌های توسعه و تجاری‌سازی این فناوری در کشور

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

کارایی رنگ‌های نانویی در مقایسه با رنگ‌های کنونی سیلیکون آلومینیوم از نظر مقاومت و دوام در دمای بالا باید بررسی شود و چالش فنی به حساب می‌آید. از سوی دیگر استفاده از فناوری نانو برای تولید ذرات و یا سنتز این رنگ‌ها نیز باید بررسی شود. به نظر

می‌رسد کاهش میزان استفاده از فلزات در این رنگ‌ها به سبب نانویی‌شدن و افزایش کارایی آن‌ها با استفاده از نانوذرات و بنابراین کاهش وزن و یا میزان لایه استفاده شده نسبت به سایر رنگ‌های متداول، پیشران فنی این رنگ باشد.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

از نظر اقتصادی چالش میزان هزینه تولید ومصرف نسبت به سایرمحصولات مطرح است. در قیمت باید بتوان رقابت‌پذیر بود. همچنین پیشران اقتصادی کاهش میزان مصرف و یا افزایش دمای تحمل در این رنگ‌ها تا دماهای ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد و یا دوام بیشتر می‌تواند مشتری را ترغیب به استفاده نماید.
از سوی دیگر با افزایش میزان دمای کاری تجهیزات و نیاز به کاهش هزینه‌های خرابی وتعویض قطعات نیاز به این پوشش‌ها از نظر اقتصادی بیشتر خواهد شد.

آیا از نظر قیمت نسبت به محصولات مشابه توجیه دارد؟ اگر دارد پس چرا تا به حال شرکت‌های بزرگ برای تجاری‌سازی اقدام نکرده‌اند؟

باید قیمت مورد بررسی قرار گیرد و قیمت نمونه‌های مربوطه به‌دست آید.

پیشران‌ها و چالش‌های تقاضا

به نظر می‌رسد بازار این محصول از نوع B2B بوده و بسیاری از صنایع و یا شرکت‌های تولیدکننده قطعات و تجهیزات باید مورد بازاریابی قرار گیرند. به لحاظ تقاضا به نظر می‌رسد بسیاری از صنایع در حال حاضر نیاز خود را با رنگ‌های وارداتی یا تولیدی غیرنانویی تأمین می‌کنند که استفاده از نوع نانویی و مزایای آن باید موردتوجه و آگاه‌سازی قرار گیرد.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

از نظر ایمنی و سلامت باید استانداردهای مربوط به رنگ‌های دمای بالا در نوع نانویی بررسی و الزامات مربوطه برآورد شوند.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

در حال تکمیل است.

۸-۳-۸ بازار داخلی محصولات مبتنی بر این فناوری در هر زنجیره ارزش

بله، در قالب وارداتی در بازار کشور عرضه شده است.

۸-۳-۹ فرصت‌های صادراتی برای شرکت‌های فعال ایرانی

با تولید نمونه‌های نانویی و اثبات کارایی آن‌ها در کشورهای همسایه مانند عراق، ترکیه، روسیه و... در بخش‌های صنعتی موردنیاز به‌طور حتم می‌توان صادرات این رنگ‌ها را انجام داد.

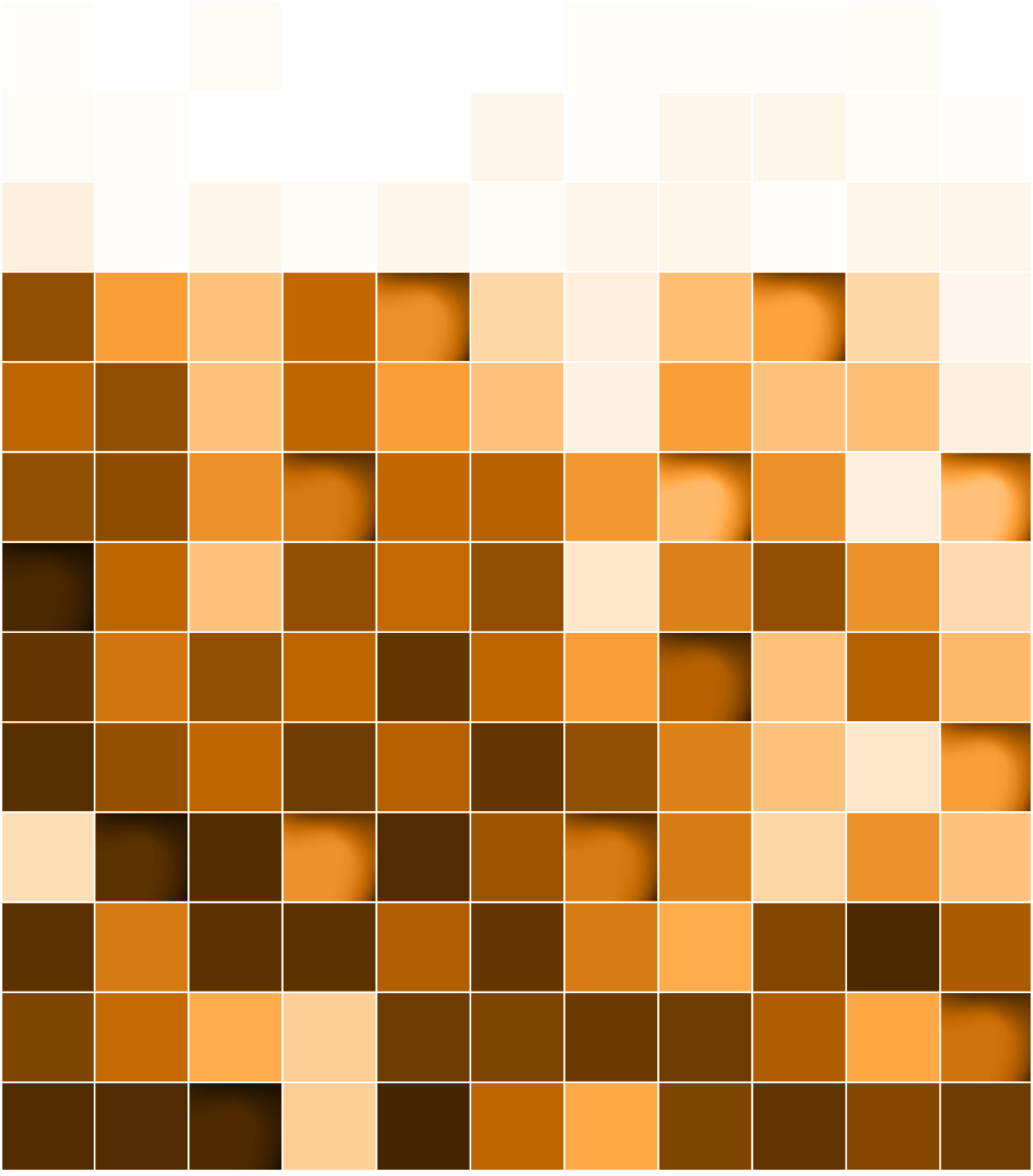
۸-۳-۱۰ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در کشور تأثیر بگذارد

همان‌طور که در قسمت‌های قبلی بیان شد با رشد صنعت و نیاز به رنگ‌های مقاوم در دمای بالا مطمئنا میزان استفاده از آن رشد خواهد داشت. وجود شرکت‌های کنونی ارائه‌دهنده این رنگ‌ها نشانگر مصرف کنونی این رنگ در کشور است ولی با آگاهی بیشتر صنعت از آن و نیاز به کاهش هزینه‌ها و نوسازی تجهیزات، مصرف آن بیشتر خواهد شد.

پی‌نوشت‌ها

۱– https://patents.google.com/patent/CN104231917B/en?q=heat+resistance+paint+nano&oq=heat+resistance+paint+nano
۲– https://patents.google.com/patent/CN102391779B/en?q=heat+resistance+paint+nano&oq=heat+resistance+paint+nano&page=2
۳– https://patents.google.com/patent/CN103232795B/en?q=heat+resistance+paint+nano&oq=heat+resistance+paint+nano
۴– https://patents.google.com/patent/CN101787228A/en
۵– Liquid nano ceramic thermal insulation
۶–https://patents.google.com/patent/CN101665645B/en?q=heat+resistance+paint+nano&oq=heat+resistance+paint+nano&page=2
۷– https://www.fortunebusinessinsights.com/heat–resistant–coatings–market–103786
۸– https://www.heat–resistant–paints.be/en/
۹– https://mavro–int.shop/en/ceramic–coating–heat1
۱۰– https://www.starshieldpaints.com/heat–resistant–paints–manufacturers/
۱۱– http://huntspecmat.com/hs–980ht–high–temperature–coating/
۱۲– https://www.rawlinspaints.com/heat–resistant–paints
۱۳– https://www.syneffex.com/informational–brochures/
۱۴– www.Wagonpaints.com
۱۵– https://www.fortunebusinessinsights.com/heat–resistant–coatings–market–103786
۱۶– https://www.syneffex.com/product/heat–shield–epxh2o–thermal–insulation–protective–coating/
۱۷– https://www.ebay.com.au/itm/153438361642
۱۸– https://www.indiamart.com/proddetail/transparent–heat–insulating–coating–for–glass–13776851197.html
۱۹– https://mavro–int.shop/en/flexible–ceramic–coating

۹ | پوشش ضدچسبندگی (ضدنوشتاری)



۹-۱ توصیف عمومی فناوری

۹-۱-۱ ویژگی مورد انتظار از فناوری (فناوری مبتنی بر این ویژگی چه کار می‌کند؟)

پوشش ضدنوشتاری یک پوشش برای جلوگیری از چسبیدن رنگ‌های نقاشی (نوشتاری) بر روی سطوح است. ویژگی مورد انتظار، امکان پاک‌کردن آسان انواع رنگ‌ها و نوشته‌ها بر روی سطوح رنگ شده یا پوشش داده شده است. در حال حاضر دو نوع طبقه‌بندی پوشش‌های ضدنوشتاری وجود دارد:
نوع اول پوشش‌های فداشونده بوده که بر روی سطوح اعمال می‌شوند و وقتی رنگ‌آمیزی یا نوشتن بر روی آن انجام می‌شود توسط روش‌های مشخصی حذف شده و سطح زیرین سالم پدیدار می‌شود. در این حالت می‌توان پوشش فداشونده جدیدی اعمال کرد. این پوشش‌ها یک یا چند بار مصرف اند و نیاز به استفاده مجدد دارند.
نوع دیگر پوشش‌های دائمی هستند که مانع از چسبیدن رنگ یا نوشتار به سطح می‌شوند. انواع جدید این پوشش‌ها از پلیمرهای باردار تشکیل شده که یک ژل بر روی سطح ساختمان یا زیرلایه ایجاد می‌کند. مهم‌ترین خواص پوشش‌های ضدنوشتاری عبارت‌اند از:

- چسبیدگی کافی بدون آسیب به زیرلایه؛
- آب‌گریز بودن؛
- مواد دوستدار محیط‌زیست؛
- مقاومت به اشعهUV و هوازدگی؛
- بازدهی تمیزکاری بسیار خوب؛
- کاهش رشد قارچ و کپک؛
- محافظت در برابر آلودگی‌های سطحی، لک و شوره‌زدگی؛
- تولید پوشش‌های رنگی خوراکی برای کاربرد در افزایش طول عمر ماندگاری مواد غذایی و دارویی.

استفاده از این پوشش‌ها باعث حذف شوینده‌ها برای برطرف‌کردن لکه‌ها از سطوح می‌شود، این پوشش، آلودگی ناشی از استفاده شوینده‌ها را نیز کاهش می‌دهد. این پوشش به‌دلیل آب‌گریز بودن عایق رطوبت نیز است و در مناطق مرطوب از تخریب ناشی از رطوبت نیز جلوگیری می‌کند. علاوه بر آن مقاوم به اشعه UV، ضدآب، ضدلکه، مقاوم به یخ‌زدگی، مقاوم به سایش و دارای قدرت چسبندگی خوب به سطح است.

۹-۱-۲ کاربردهای محتمل این ویژگی و فناوری (به‌طور خاص، در حوزه‌های ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

مهم‌ترین کاربرد این رنگ‌ها در حوزه شهری، ساخت‌وساز، ابنیه و علائم موجود در سطح شهر است. این رنگ‌ها برای جلوگیری از خرابکاری ناشی از نوشتن شعار و یا نقاشی‌های شهری بدون مجوز و همچنین ایجاد خرابکاری در نمای خانه‌ها یا مکان‌های دولتی و ساختمان‌هاست. همچنین در زمینه ممانعت از تغییر در علائم موجود در راه‌ها و شعارنویسی بر روی آن‌ها به‌کار می‌رود.

این رنگ‌ها بر روی مجسمه‌ها و بناهای یادبود برای محافظت در برابر خرابکاری و رنگ‌آمیزی استفاده می‌شوند. در مورد ابنیه و میراث تاریخی باید با مشورت کارشناسان و در نظر گرفتن جوانب کار اعمال شوند زیرا ممکن است در طولانی‌مدت خود عامل خرابی و از بین رفتن بافت زیرلایه شوند. در این موارد بهتر است از سایر روش‌های محافظت فیزیکی و جلوگیری از دسترسی به آن توسط افراد برای محافظت از آن‌ها استفاده شود. نانومواد چون پایه معدنی دارند از نظر محیط‌زیستی مناسب هستند و آلودگی محیط‌زیست را ندارند.

۹-۱-۳ محصولات توسعه یافته یا در حال توسعه بر اساس این فناوری

به‌طور کلی سه نوع محصول بر اساس این فناوری تولید شده‌اند:

- پوشش فداشونده شفاف که به‌عنوان لایه محافظ بر روی سطح، یک لایه سد تشکیل می‌دهد. اگر سطح مورد خرابکاری قرار گرفت بخشی از پوشش که بر روی آن نوشتار است قابل‌شست‌وشو با شوینده‌های فشار بالاست. هر بار پس از حذف، برای محافظت دوباره باید پوشش اعمال شود. این پوشش‌ها اغلب از اکریلات‌ها، بیوپلیمرها و واکس‌ها که شفاف و ارزان هستند، تشکیل می‌شوند. این پلیمرها سطح اتصال ضعیفی دارند تا به‌راحتی حذف شوند.
- پوشش‌های نیمه‌فداشونده که به لایه‌های ایمنی شناخته می‌شوند و به‌عنوان یک آب‌بند نفوذ کننده در سطوح متخلخل به‌کار می‌روند. در صورتی که بخشی از سطح مورد خرابکاری قرار گیرد، قابل‌شست‌وشو با شوینده‌های فشار بالا یا مواد حلال مخصوص هستند. این پوشش‌ها تا دو تا ۳ بار قابل‌شست‌وشو هستند و پس از آن باید دوباره اعمال شوند.
- پوشش‌های دائمی که اغلب گران‌قیمت ترین نوع هستند و در صورتی که به‌درستی اعمال شوند تنها یکبار استفاده از آن به‌صورت دائمی کافی است. این پوشش‌ها یک لایه بر روی سطوح تشکیل می‌دهند که رنگ‌های اسپری شده بر روی آن‌ها نمی‌چسبد.

بعضی از انواع آن عبارت‌اند از پوشش‌های بر پایهٔ پلی‌یورتان، نانوذرات، هیدروکربن‌های فلورینه و سیلوکسان‌ها. پوشش‌های پلی‌یورتان به سبب خاصیت سدکنندگی کاربرد خوبی دارند. استحکام بالای زنجیره پلیمری و دانسیته بالای اتصالات جانبی مانع از چسبیدن و نفوذ رنگ به ساختار آن می‌شود. رنگ‌های فلورینه هم بسیار موثر هستند. یکی از عناصر الکترونگاتیو بالا فلورین است که نشان می‌دهد واکنش‌پذیری بسیار کمی در برابر سایر الکترون‌ها و عناصر دارد. وقتی فلورین به سطح می‌چسبد انرژی فصل مشترک را کاهش داده و تماس با رنگ‌های نوشتاری را به حداقل می‌رساند. این

پوشش‌ها آب و روغن را دفع می‌کنند. اعمال آن‌ها نیز سخت است. پوشش‌های بر پایهٔ سیلیکون آب‌گریز بوده و در نتیجه سطح مانع از اکسیداسیون می‌شود.

۹-۱-۴ مزیت (های) کلیدی این فناوری (کاهش قیمت، سهولت اجرا، رفع نیازی که تاکنون برآورده نشده و...)

مزیت‌های این فناوری کاهش هزینه‌های تمیزکاری و نگهداری سطوح در نقاط مختلف شهر و یا وسایط نقلیه عمومی و تجهیزات عمومی است. در صورت شعارنویسی و یا خرابکاری با رنگ، امکان حذف آن و ایجاد تابلوی جدید هزینه‌بر و اغلب نیازمند جداسازی، حمل‌ونقل و نصب دوباره است. با استفاده از رنگ‌های ضدنوشتاری امکان تمیزکردن آسان سطوح و دستیابی به شرایط قبل بدون نیاز به استفاده از رنگ دوباره یا طراحی دوباره وجود دارد. این امر منجر به صرفه‌جویی زیادی در وقت و هزینه می‌شود. همچنین اگر از نانومواد در این پوشش‌ها استفاده شود برای محیط‌زیست آلودگی ایجاد نمی‌کنند.

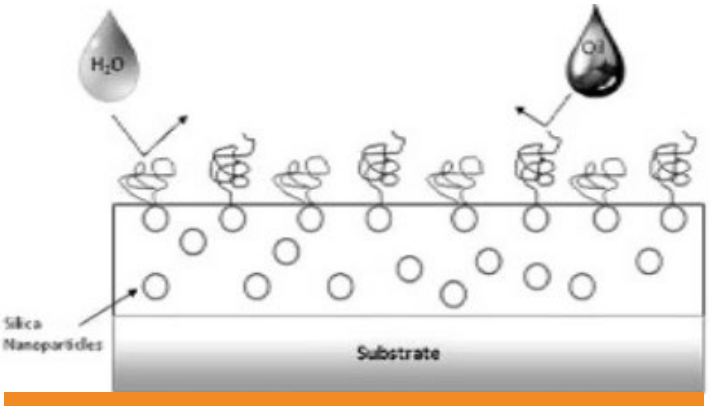
۹-۱-۵ نانوذرات بهره گرفته شده در این فناوری (از چه فناوری‌های نانویی برای تولید یا به‌کارگیری محصولات بهره گرفته می‌شود؟)

رزین‌های سیلیکونی با پرایمر نانوفلزی و نانومواد پایه معدنی:

پوشش‌های رزینی سیلیکونی آب‌گریز هستند. در پوشش‌های ضدنوشتاری دائمی، یکی از جدیدترین پوشش‌ها، پوشش‌های حاوی نانوذرات هستند. ذرات سیلیکا با روش سل-ژل تولید می‌شوند. ذرات سیلیکای تولید شده هم دارای گروه‌های واکنش‌پذیر Si-OH و هم به‌صورت غیرواکنش‌پذیر Si=O بر روی سطح هستند. گروه‌های واکنش‌پذیر مکان‌هایی برای واکنش‌های شیمیایی بعدی ایجاد می‌کنند که امکان تغییر خواص سطح نانوذرات را می‌دهند. در مورد پوشش‌های ضدنوشتاری لیگاندهای آب و روغن‌گریز بر روی ذرات نانوسیلیکا ایجاد می‌شوند. لیگاندهای آب‌گریز مولکول‌های غیرقطبی مانند زنجیره‌های هیدروکربنی هستند. لیگاندهای روغن‌گریز از مولکول‌های قطبی تشکیل شده‌اند. معمولاً این دو نوع ملکول‌های مختلف در محلول به‌صورت فازی جدا می‌شوند، به همین علت است که آب و روغن با هم مخلوط نمی‌شوند. با ایجاد لیگاندها بر روی نانوذرات به‌صورت شیمیایی، این خاصیت پدید می‌آید. در این حالت پوشش به‌صورت یکسان هم آب‌گریز بوده و هم روغن‌گریز.

نانوذرات SiO_2 با اندازه ۴۰ تا ۵۰ نانومتر در رزین‌های پایه آب فلورین مورداستفاده بر روی سطوح سنگی:

پوشش‌های زیادی بر پایهٔ پلی‌سیلازان‌ها Polysilazanes تولید شده‌اند. رزین‌های پلی‌سیلازان یک لایه شفاف تشکیل می‌دهند که خواص زیرلایه را تغییر نمی‌دهند. به سبب ضخامت فوق نازک این پوشش‌ها، ایجاد لایه پوشش بسیار مقرون‌به‌صرفه است. این پوشش سطح را آب‌بند نموده و مانع از چسبیدن رنگ یا علامت بر روی زیرلایه می‌شود. این پوشش با واکنش با رطوبت هوا لایه مستحکم و فشرده (-Si-N-)n را تشکیل می‌دهد. این پوشش‌ها در برابر اشعه UV و هوازدگی مقاوم هستند. در این پوشش‌ها برای خواص ضدآب و نوشتار، لیگاندهای آب‌گریز و روغن‌گریز بر روی نانوذرات سیلیکا تعبیه می‌شوند. (شکل ۹-۱)



شکل ۹-۱ عملکرد رنگ‌های ضدنوشتار مبتنی بر سیلیکا

۹-۱-۶-زنجیره ارزش کاربردهای مبتنی بر این فناوری (از تولید نانوذرات اولیه تا تولید محصول میانی تا تولید محصول نهایی و به کارگیری محصول)

- زنجیره ارزش کاربردهای این فناوری شامل موارد کلی زیر است:
- تولید نانوذرات مورداستفاده در پوشش‌های ضدنوشتاری مانند SiO_2؛
- تولید پلیمر و رزین‌های حامل برای پوشش‌های ضدنوشتاری (مانند سیلان‌ها و سیلوکسان‌ها)؛
- تولید انواع پوشش‌ها و پایه‌های آبی و حلالی برای زیرلایه‌های مختلف مانند چوب، سنگ، بتن، سیمان، سرامیک، فلز و...؛
- تولید غشاهای آب‌گریز جهت جداسازی آب و روغن یا سایرکاربردهای مشابه؛
- تولید پودر ضدنوشتاری برای تولید رنگ‌های ضدنوشتاری با طیف‌ها و انواع مختلف (تولید شرکت ADAPTA[1]).

۹-۱-۷-فناوری‌های رقیب (از چه شیوه‌های دیگری برای رفع نیاز مرتبط با این فناوری بهره گرفته می‌شود؟)

معمولاً از روش‌های شست‌وشو با آب فشار قوی و دمای بالا و یا شست‌وشو با انواع حلال‌ها استفاده می‌شود. در بعضی موارد مانند سیمان یا بتن استفاده از سندبلاست نیز صورت می‌گیرد.
در برخی موارد از تکنولوژی لیزر برای لایه‌برداری از سطح آغشته به این پوشش استفاده می‌شود.

۹-۱-۸-فناوری‌های مکمل (برای توسعه محصولات در هر یک از کاربردهای ذکر شده، به چه فناوری‌های دیگری نیاز وجود دارد؟)

- فرایندهای تولید پلیمر و رزین‌های سیلیکونی و پلی‌سیلازان؛
- فرایندهای سل ژل؛
- فرایندهای شیمیایی برای ایجاد لیگاندهای آب و روغن‌گریز؛
- فرایندهای اعمال مانند اسپری برای ایجاد پوشش‌ها بر روی سطوح؛
- فرایندهای اعمال با برس و قلم‌مو.

۹-۱-۹-فرصت‌های تحقیقاتی که امکان دارد براثر فعالیت در این زمینه پدید آید. (آیا فعالیت در این زمینه فرصت‌های تحقیقاتی را در حوزه‌های مرتبط پدید می‌آورد یا این اثر/فناوری نسبتاً منزوی است؟)

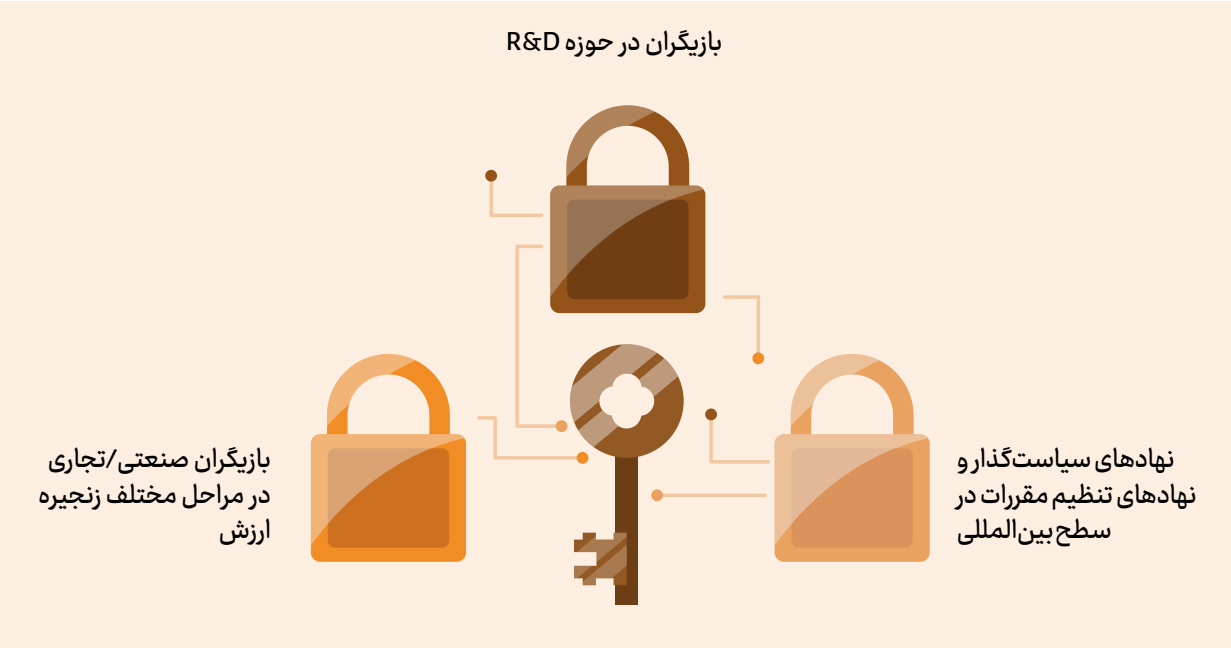
تاکنون فعالیت‌های زیادی در این زمینه صورت گرفته است ولی با توجه به کاربردهای مختلف این فناوری و همچنین استفاده از نانوذرات مختلف، هنوز زمینه فعالیت‌های تحقیقاتی وجود دارد.

۹-۱-۱۰-اهمیت فعالیت در این زمینه از نظر اجتماعی یا راهبردی (آیا این اثر/فناوری به حل یا کاهش شدت یک مسئله اجتماعی، محیط‌زیستی یا سیاسی کمک می‌کند؟)

در حوزه اجتماعی یکی از معضلات شهری یعنی خرابکاری از طریق نوشتن و اسپری‌کردن رنگ، حل می‌شود. همچنین از نظر هزینه‌های عمومی منجر به کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیر تجهیزات و زیرساخت‌های شهری و زیباسازی می‌شود. در این حوزه هزینه‌های مربوطه و وقت صرف شده بسیار بالاست که می‌توان آن را به‌صورت چشمگیری کاهش داد.

۹-۲ تحلیل بین‌المللی

۹-۲-۱ بازیگران کلیدی فعال در این فناوری



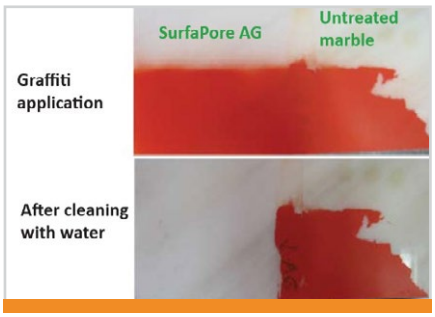
بر اساس گزارش‌های تحلیل بازار منتشر شده تعدادی از بازیگران اصلی تولید محصولات ضدنوشتاری عبارت‌اند از[۲]: Sherwin-Williams Company, Evonik Industries, DuluxGroup, Axalta Coating Systems, Teknos Group, Merck Group, Rainguard, Wacker Chemie, 3M, Avery Dennison Corporation, ADAPTA, Opalux, Graffiti Shield, Hydron Protective Coatings, and SEI Industrial Chemicals.

چندین شرکت در حوزه تولید و عرضه رنگ‌ها و پوشش‌های ضدنوشتاری در دنیا فعال هستند:

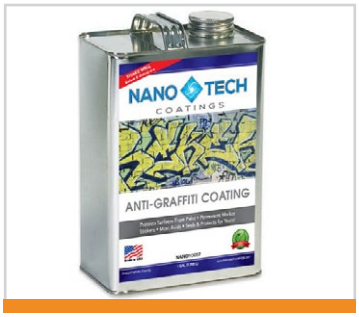
شرکت یونانی نانوفوس[۳] با تمرکز بر فناوری نانو سعی در ارائه محصولاتی در حوزه ساخت‌وساز و ساختمان برای حل مشکلات روزمره دارد. این شرکت بر روی پروژه‌هایی در حوزه فناوری نانو در زمینه ساخت محصولات و یا تجهیزات مانند مواد ترمیم‌کننده و حفظ بتن در سازه‌های قدیمی، عایق‌های سقف غیرنفتی، پوشش‌های خنک‌کننده محیط و... در حال کار است.

SurfaPore AG (Anti-Graffiti) محصولی برای ایجاد خاصیت ضدنوشتاری در دیواره، سطوح پرسلانی به‌صورت پوشش شفاف است. این محصول نیز با نفوذ به منافذ سطح و ایجاد یک لایه پلیمری مانع از چسبیدن رنگ و لکه می‌شود. پیش از استفاده از این محصول، سطح باید با آب داغ شسته شده و سپس با فرچه کاملاً تمیز شود. در شکل ۹-۲ مقایسه بین پوشش ضدنوشتار و سطح مرمر معمولی دیده می‌شود. پس از پاشیدن رنگ بر روی هر دو سطح و باقی ماندن رنگ به مدت ۲۴ ساعت، سطوح با آب گرم شست‌وشو داده شدند. پس از شست‌وشو قسمت دارای پوشش نانویی فاقد رنگ بود و رنگ به‌راحتی پاک شد. این خاصیت تا ۷ بار شست‌وشو باقی خواهد ماند. در واقع رنگ، بر روی سطح سه‌بعدی شفاف پوشش نانویی قرار می‌گیرد و به‌داخل منافذ سنگ نفوذ نمی‌کند.

شرکت ADAPTA یک محصول جدید در حوزه رنگ‌های



شکل ۹-۲ مقایسه بین پوشش ضدنوشتار و سطح مرمر معمولی



شکل ۹-۳ مقایسه بین پوشش ضدنوشتار و سطح معمولی

ضدنوشتاری دائمی ارائه کرده است که با گذراندن تست‌های بسیار مختلف در این زمینه توجهات بسیاری را به خود جلب کرده است. محصول این شرکت به‌صورت پودری بوده و با رنگ‌های مختلف و پایه آب و حلال قابل‌ارائه بوده و خواص ضدنوشتاری دارد. این محصول در برابر مواد شیمیایی مختلف مقاوم است. پوشش‌های پودری HCR که خواص ضدنوشتاری دارند در برابر حلال‌های مختلفی مانند استون، زایلن، متیل اترکتون مقاومت بالایی دارد.[۴] شرکت آمریکایی NanoTech یک محصول ضدنوشتاری ارائه کرده است. این محصول برای پوشش‌دهی شفاف علائم جاده‌ای، ترن‌ها، قطارها، سطوح بتنی صاف، دیوارها و سایر زیرلایه‌های صاف استفاده می‌شود.

شرکت نانوفناوری NanoSlic[۵] بر پایهٔ مهندسی سرامیک، نانوپوشش‌های جدیدی ارائه کرده است. ساختار پوشش‌های ضدنوشتاری دائمی این شرکت بر اساس ایجاد ساختار فشرده چسبیده به سطح که یک لایه پلیمری با خواص برتر و خنثی ایجاد می‌کند، است. این ساختار خاصیت آب‌گریزی و روغن‌گریزی بر روی سطح ایجاد می‌کند. این محصول از سیلیکا تشکیل شده است و دارای سختی 9H است. با ایجاد گروه‌های عاملی خاص در پلیمر خواص مختلفی در آن می‌تواند ایجاد شود. این پوشش بر روی زیرلایه‌های مختلف قابل‌استفاده بوده و در ضخامت ۱ تا ۴ میکرومتر استفاده می‌شود.

یکی از محصولات دیگر ضدنوشتاری FN NANO[۶] است که برای ساختمان‌ها و بناهای تاریخی استفاده می‌شود. این شرکت در کشور چک بر فناوری نانو متمرکز است. یکی از مشخصات این محصول آب‌گریزی است. لایه ملکولی آب بر روی سطح پوشش مانع از چسبیدن رنگ پاشش شده بر روی سطح می‌شود. در واقع این لایه رویی مقدار زیادی از رنگ را مصرف کرده و مانع از نفوذ آن به زیرلایه می‌شود. این پوشش‌ها دارای خاصیت خودتمیزشوندگی فوتوکاتالیستی نیز هستند. این پوشش دارای تراوایی بوده و مانع حبس بخار آب می‌شود. برای استفاده در بناهای یادبود و بناهای قدیمی نیز تأیید شده است.

۹-۲-۲ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار

باتوجـه به تولید این محصولات در کشـورهای مختلف دنیا و وجود بـازار آن در بخش‌های مختلف آمادگی فناوری و آمادگی بازار آن در سطح بین‌المللی به میزان حداکثر یعنی TRL=9 و MRL=9 است.



راهنما

- عدم آمادگی برای ورود به بازار
- منطقهٔ گذار
- آمادگی برای ورود به بازار
- خارج از قطر: ریسک شکست فنی و / یا شکست بازار
- مدیریت فناوری: هدایت پروژه روی قطر

۹-۲-۳ موقعیت فناوری در چرخه عمر

بین مرحله رشد و بلوغ است در خیلی از کاربردها به مرحله بلوغ رسیده است و در کاربردهای دیگر هنوز در حال رشد است.

۹-۲-۴ مهم‌ترین پیشران‌ها و چالش‌های پیش روی فناوری

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

پیشران‌های فنی در این فناوری گسترش سریع علوم نانو و پلیمر در حوزه رنگ است. در واقع از نظر فنی راه‌های دستیابی به انواع پوشش‌های ضدنوشتاری وجود دارد. از نظر فنی چالش‌های افزایش طول عمر و مقاومت در برابر آسیب‌های محیطی مطرح است.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

از نظر اقتصادی هزینه‌های مربوط به پاک‌سازی و نگهداری تأسیسات و تجهیزات و ساختمان‌ها در محیط شهری بسیار زیاد است که خود پیشرانی برای استفاده از این فناوری در جهت کاهش هزینه‌هاست. با توجه به اطلاعات به‌دست آمده هزینه سالانه تمیزکاری شهری در آمریکا حدود ۱۲میلیارد دلار است. در کنار این هزینه، مواد فرار تولید شده از مواد شوینده و آب استفاده شده هم به محیط‌زیست و هم زیرلایه آسیب می‌زند.[۷] از نظر چالش‌های اقتصادی، هزینه استفاده از پوشش‌های دائمی اغلب بالا بوده و بسیاری ترجیح می‌دهند چندین بار از پوشش‌های موقتی استفاده کنند. در صورتی که قیمت

پوشش‌های دائمی کاهش یابد استفاده از آن‌ها بسیار بیشتر می‌شود.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

از نظر ایمنی استفاده از این پوشش‌ها بر روی بناهای تاریخی و ارزشمند نیازمند تأیید و آزمایش بسیار توسط متخصصان است. چالش بی‌خطر بودن این پوشش‌ها برای بناها و وسایل ارزشمند وجود دارد. به‌خصوص در صورت استفاده از نوع موقتی آن و فداشونده، امکان خرابی و آسیب به زیرلایه در اثر تمیزکاری وجود دارد. همچنین از نظر بهداشتی نیز مواد مورداستفاده باید تأییدیه سلامت برای استفاده‌کنندگان و همچنین عدم انتشار در اثر ایجاد خراش یا تماس با دست و... وجود داشته باشد. حین اجرای فرایند بر روی سطوح باید مواردی جدی گرفته شود تا عوارض خاصی بر کاربر و حتی افرادی که بعد از آن استفاده می‌کنند، نداشته باشد.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

در حال تکمیل است.

۹-۲-۵-اطلاعات موجود درباره تحلیل بازار در سطح جهانی

اندازه بازار پوشش‌های ضدنوشتاری تا سال ۲۰۲۶ پیش‌بینی شده است که به مقدار ۱۰۰میلیون دلار برسد و در سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۶ رشد سالانه ۳٫۲درصد داشته باشد.[۸]

در سال ۲۰۲۰ بازار عمده محصولات ضدنوشتاری مربوط به نوع فداشونده بوده و بازار آن‌ها به سبب اقتصادی بودن استفاده اولیه آن‌ها، نسبت به نوع دائمی رشد بیشتری را خواهد داشت. از نظر زیرلایه، سطوح بتنی بیشترین سهم بازار استفاده از این محصولات را دارد. سطوح بتنی قابلیت تمیزکاری کمتری دارند و بنابراین استفاده از پوشش‌های ضدنوشتاری بر روی آن‌ها اهمیت بالاتری دارد. علاوه بر خواص ضدنوشتاری، استفاده از این پوشش‌ها مانع رشد قارچ و جلبک نیز می‌شود.

از نظر فناوری نیز بخش پوشش‌های پایه آب بیشترین سهم را نسبت به پوشش‌های پایه حلالی و پودری در اختیار دارد. علت‌های مختلفی مانند کاهش فوم‌شوندگی، کنترل براقیت و... سبب استفاده بیشتر از نوع پایه آب آن است.

بخش ساختمان و ساخت‌وساز نیز اولین مشتری و سهم استفاده از پوشش‌های ضدنوشتاری را دارد. پیشران‌های بازار این محصول نیز افزایش تولید خودروها و استفاده از آن در صنایع خودروسازی و بزرگ‌ترشدن بخش ساخت‌وساز در کشورهای مختلف در سال‌های آتی است.

چالش‌های بازار این محصول نیز عبارت‌اند از:

افزایش استفاده از پوشش‌های میکروواکس Micro waxing coating

چالش آسیب رساندن پوشش‌های ضدنوشتاری بر روی بناهای تاریخی و ساختمان‌های ارزشمند و یا وسایل ارزشمند وجود دارد. تحقیقات نشان داده است که در بعضی موارد ضرر استفاده از پوشش‌ها و حذف آن‌ها از روی بناها بسیار بیشتر از استفاده نکردن آن‌هاست. از سوی دیگر تحقیقات نشان داده است که در این زمینه استفاده از پوشش‌های میکرو واکس کاملاً بی‌خطر هستند و استفاده از آن‌ها به‌عنوان یک رقیب در مقابل رنگ‌های ضدنوشتاری است.

تعدادی از محصولات موجود در اینترنت عبارت‌اند از:

- محصول Ceradur Ag به قیمت ۱۲۹ یورو به ازای هر لیتر به‌فروش می‌رسد. که هر لیتر آن ۶۰ تا ۷۰ مترمربع را پوشش‌دهی می‌کند.[۹]
- محصول CleverCOAT PRO anti-graffiti به مبلغ ۵۱ یورو به ازای هر ظرف ۳ کیلوگرمی به فروش می‌رسد. این پوشش تا ۳۰ مترمربع را پوشش می‌دهد.[۱۰] این محصول واکس همراه با نانوذرات سیلیکا بوده که به‌صورت پوشش شفاف فداشونده است و پس از حذف نوشته‌های ناخواسته دوباره باید اعمال شود.
- محصول NanoTech Anti-Graffiti که یک پوشش دائمی است با قیمت ۲۹۵ دلار به ازای یک گالن به‌فروش می‌رسد. این مقدار از محصول می‌تواند ۵۰۰ تا ۸۰۰ فوت مربع را پوشش‌دهی کند.[۱۱]

۹-۲-۶-روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در دنیا تأثیر بگذارد

در سال‌های اخیر تعداد زیادی از شرکت‌های شیمیایی و رنگ به تولید این محصول پرداخته و بازار آن همواره روبه‌رشد بوده است. با توجه به افزایش روزافزون هزینه‌های نیروی کار و مخرب بودن استفاده از مواد شوینده و آلاینده محیط‌زیست، به نظر می‌رسد استفاده از رنگ‌های ضدنوشتاری گزینه بسیار خوبی برای رشد بازار آن در آینده باشد. با بهبود فناوری‌های ساخت و کاهش قیمت آن، این رشد بیشتر نیز خواهد بود. در صورتی که چالش بی‌ضرر بودن استفاده از آن بر روی بناهای تاریخی و معماری و وسایل ارزشمند برطرف شود و تمامی آزمایش‌ها صورت گیرد بازار آن در بخش حفاظت از میراث فرهنگی بیشتر نیز خواهد شد.

۹-۳ تحلیل داخلی

۹-۳-۱ فعالیت‌های انجام گرفته در کشور

فعالیت‌های تحقیقاتی (چه تیم‌هایی در کدام نهادها در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ چه مقالاتی در این زمینه منتشر شده است؟ چه پایان‌نامه‌هایی نگارش شده است؟)
بخشی از فعالیت‌های صورت گرفته در جدول ۹-۱ ذکر شده است.

جدول ۹-۱ نمایی از تحقیقات صورت گرفته در زمینه محصولات ضدنوشتار

ردیف	نگارندگان	دانشگاه/ مؤسسه	نوع تحقیق	عنوان تحقیق
۱	جواد سرگلزایی	دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی	رساله دکتری تخصصی سال ۱۳۹۲	مطالعه آزمایشگاهی پوشش‌های ضدچسبنده روی سطح فلزی
۲	محسن محسنی	دانشگاه امیرکبیر		Surface analysis and anti-graffiti behavior of a weathered polyure-thane-based coating embedded with hydrophobic nano silic

فعالیت‌های توسعه محصول و تجاری‌سازی (آیا نمونه‌سازی انجام گرفته است؟ چه شرکت‌هایی برای توسعه محصول در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ آیا محصولی مبتنی بر این فناوری در بازار به فروش می‌رسد؟ آیا شرکت‌های صنعتی بزرگ در این زمینه فعالیت می‌کنند؟ آیا شرکت‌های واردکننده در این زمینه فعالیت می‌کنند؟)
برخی از شرکت‌ها نمونه محصولاتی تولید کرده‌اند.

فعالیت‌های سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری
فعالیت خاصی صورت نگرفته است.

۹-۳-۲ کاربردهای احتمالی محصولات مبتنی بر این فناوری در کشور (خصوصا کاربردهای مرتبط با سه حوزه ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

در حوزه ساخت‌وساز در زمینه نگهداری و جلوگیری از آسیب توسط شعارنویسی یا نقاشی‌های خیابانی این محصول کاربرد دارد.

۹-۳-۳ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار در کشور

TRL=9 و MRL=4؛ البته بستگی به میزان تقاضا و کاهش تحریم‌ها از جهات واردات و مواد اولیه و صادرات محصولات دارد.



۹-۳-۴ وضعیت فناوری‌های رقیب و مکمل در کشور در هر یک از کاربردهای احتمالی

استفاده از محصولات پوشش‌های ضدآب و لک که به همان کاربرد ضدنوشتاری بر روی بعضی زیرلایه‌ها در کشور انجام شده است. با این حال به‌صورت ویژه برای علائم و مکان‌های عمومی از پوشش‌های ضدنوشتاری باید استفاده شود.

۹-۳-۵ میزان سرمایه‌گذاری موردنیاز برای توسعه این فناوری تا سطح نمونه‌سازی (TRL۶) و همچنین، برای تولید در مقیاس وسیع (TRL۸) به‌صورت تخمینی

با توجه به وجود زیرساخت‌های ساخت رنگ و پوشش و وجود پژوهشگاه‌های پلیمر و رنگ و سایر رشته‌های مرتبط و وجود منابع انسانی متخصص از این جهت بستر لازم فراهم است. تعدادی از آزمون‌های تست و بررسی ویژگی‌های ضدنوشتاری باید تهیه شوند که به نظر می‌رسد

آزمون‌های پیچیده‌ای نیستند.
از نظر بازاریابی و فروش نیز زیرساخت‌های موردنظر برای آگاهی‌دهی در زمینه استفاده از این پوشش‌ها خصوصا در زیرساخت‌های شهری باید با شهرداری و متولیان این امر رایزنی صورت گیرد. در صورت آگاهی‌دهی در خصوص استفاده از این رنگ‌ها در ساختمان‌ها یا دیوارهای شهری سایر مشتریان خصوصی نیز از این محصولات استفاده خواهند کرد.

۹-۳-۶ زیرساخت‌ها و منابع لازم برای توسعه فناوری، توسعه محصول و تجاری‌سازی در کشور

- منابع انسانی (وجود دارد)؛
- زیرساخت آزمایشگاهی و نمونه‌سازی (وجود دارد)؛
- زیرساخت تولید (وجود دارد)؛
- آزمایشگاه مرجع (وجود دارد)؛
- منابع مالی (وجود دارد)؛
- توانمندی‌های حفاظت از دارایی فکری (وجود دارد)؛
- زیرساخت‌های بازاریابی، توزیع، فروش و خدمات پس از فروش (وجود دارد).

۹-۳-۷ پیشران‌ها و چالش‌های توسعه و تجاری‌سازی این فناوری در کشور

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

پیشران‌های فنی در تجاری‌سازی این فناوری توسعه روزافزون صنعت رنگ و پوشش در کشور است. بسیاری از شرکت‌های معتبر دارای واحدهای تحقیق وتوسعه هستند و می‌توانند در این زمینه وارد شوند. چالش‌های فنی آن نیز تولید پوشش‌های دائمی با خواص مناسب است که بتواند نیازهای مربوطه را پاسخ گوید.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

از نظر اقتصادی صرفه‌جویی در هزینه‌های نگهداری و پاک‌سازی علائم و تجهیزات شهری به‌عنوان پیشران در نظر گرفته می‌شود. هزینه تمام شده این محصولات به‌عنوان چالش استفاده ازآن‌هاست.

پیشران‌ها و چالش‌های تقاضا

به نظر می‌رسد شناخت کافی از محصول در بازار وجود ندارد. به نظر می‌رسد در صورتی که بتوان آماری از میزان نیاز به تمیزکردن نوشته‌ها و میزان خرابکاری بر روی دیوارها و مکانها داشت، بتوان چالش‌ها و پیشران‌ها را بهتر شناسایی کرد. در صورتی که هنر گرافیتی در کشور به‌صورت غیرقانونی مانند سایر کشورها به‌طور گسترده باعث آسیب رساندن به ظاهر شهری شود نیاز به استفاده از این پوشش‌ها بیشتر شود.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

در حال تکمیل است.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

در حال تکمیل است.

۹-۳-۸ بازار داخلی محصولات مبتنی بر این فناوری در هر زنجیره ارزش

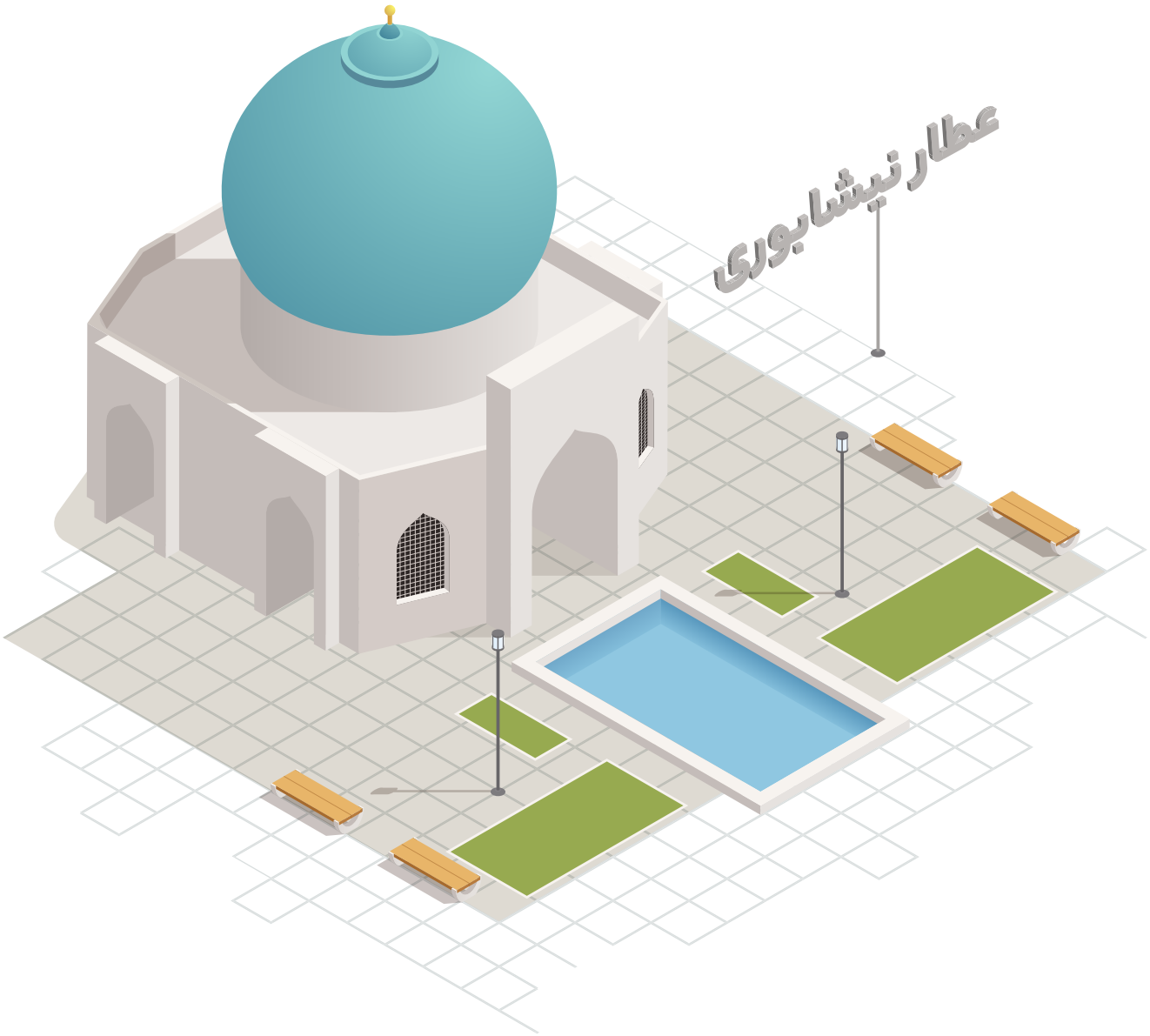
در قالب تولید توسط دو شرکت داخلی و به نظر می‌رسد توسط چند شرکت دیگر قابل‌عرضه و واردات است.

۹-۳-۹ فرصت‌های صادراتی برای شرکت‌های فعال ایرانی

از نظر صادراتی با توجه به قیمت تمام شده تولید کمتر در داخل و افزایش قیمت دلار به نظر می‌رسد محصول خوب و با کیفیت مزیت صادراتی داشته و ارزآوری خواهد داشت. با این حال باید از نظر کیفیت تمامی آزمون‌های مشابه نمونه‌های خارجی را با موفقیت برآورده کرده باشد.

۹-۳-۱۰ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در کشور تأثیر بگذارد

اطلاعات دقیق از میزان مصرف این مواد در کشور وجود ندارد. در صورت پیروی از الگوهای جهانی و آشنایی بیشتر عموم با این فناوری می‌توان پیش‌بینی کرد در آینده مصرف این پوشش‌ها در کشور نیز افزایش داشته باشد.



استفاده از رنگ‌های ضدنوشتار جهت محافظت از بناهای یادبود، ابنیه و میراث تاریخی

پی‌نوشت‌ها

۱- www.adaptacolor.com
۲- https://www.industryarc.com/Research/Anti-Graffiti-Coatings-Market-Research-5030231
۳- NanoPhos SA
۴- www.Adaptacolor.com
۵- https://nanoslic.com/nanoslic-ceramic-coating-technology/
۶- https://fn-nano.com/anti-graffiti/?lang=en
۷- https://gbdmagazine.com/anti-graffiti-coating/
۸- https://www.industryarc.com/Research/Anti-Graffiti-Coatings-Market-Research-5030231
۹- https://mavro-int.shop/en/ceramic-coating-anti-graffiti
۱۰- https://www.nanoformula.eu/shop/building_shop.html
۱۱- https://www.nanotechcoatings.com/products/anti-graffiti-coating/

۱۰ رنگ و پوشش ضدقارچ و کپک

۱۰-۱ توصیف عمومی فناوری

۱۰-۱-۱ ویژگی مورد انتظار از فناوری (فناوری مبتنی بر این ویژگی چه کار می‌کند؟)

قارچ و کپک در هر جایی که رطوبت به اندازه کافی وجود داشته باشد رشد می‌کند و بسته به میزان رشد، مواد فرار و بیماری زا تولید می‌کند. در صورت نبود تهویه، فضا و هوای موجود در مکان آلوده شده و بیماری زا خواهد بود. وجود قارچ و کپک در محیط عامل بسیاری از بیماری‌های تنفسی مانند آلرژی، آسم و بیماری‌های عفونی است. علاوه بر این قارچ و کپک به ساختار رنگ و سلولز حمله کرده و باعث تخریب رنگ و پوشش می‌شوند.
فناوری رنگ یا پوشش ضدقارچ و کپک مانع از رشد و گسترش کلونی‌های قارچ و کپک بر روی رنگ و سطوح می‌شود. این پوشش‌ها میزان رشد این عوامل را کاهش می‌دهند ولی مانع از انتقال آن‌ها نمی‌شوند.[۱]

۱۰-۱-۲ کاربردهای محتمل این ویژگی و فناوری (به‌طور خاص، در حوزه‌های ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

مهم‌ترین کاربردهای پوشش و رنگ ضدقارچ در محیط‌های بهداشتی و مرتبط با انسان عبارت است از:

- خانه؛
- بیمارستان؛
- محل کار؛
- مکان‌های ورزشی؛
- استخرهای ورزشی و کشاورزی؛
- مهدکودک؛
- کارخانجات و کارگاه‌های تولیدی مواد غذایی، آب معدنی، نوشابه و نوشیدنی‌ها؛
- تمامی ساختمان‌ها و سازه‌های در معرض آب و هوای مرطوب مانند شمال کشور؛
- سازه‌های دریایی.

همچنین استفاده از این رنگ‌ها در تجهیزات و مکان‌های در تماس با دریا مانند کشتی‌ها و تجهیزات مربوطه که رطوبت بالایی دارند، امکان‌پذیر است.

۱۰-۱-۳ محصولات توسعه یافته یا در حال توسعه بر اساس این فناوری

- رنگ‌های ضدقارچ و کپک؛
- محصولات پلاستیکی، پارچه‌ای، زیبایی، سرامیک و...؛
- پوشش‌های ضدقارچ و کپک؛
- رنگ‌ها و پوشش‌های چندکاره؛
- اسپری ضدقارچ و کپک؛

افزودنی‌های ضدقارچ برای افزودن به رنگ‌های معمولی.

۱۰-۱-۴ مزیت (های) کلیدی این فناوری (کاهش قیمت، سهولت اجرا، رفع نیازی که تاکنون برآورده نشده و...)

- فعال بودن فناوری بر روی سطوح بدون نیاز به استفاده دوباره؛
- مقاومت در برابر شست‌وشو و تمیزکاری؛
- استفاده آسان و بهره بردن از ویژگی رنگ همراه با خاصیت ضدقارچ توسط افراد معمولی؛
- دوستدار محیط‌زیست و بدون ضرر برای کودکان و حیوانات؛
- هیچ‌گونه ماده مضری در طبیعت و هوا آزاد نمی‌کنند. هوای داخل خانه را تمیز و بهداشتی نگه می‌دارد.

۱۰-۱-۵ نانوذرات بهره گرفته شده در این فناوری (از چه فناوری‌های نانویی برای تولید یا به‌کارگیری محصولات بهره گرفته می‌شود؟)

- نانونقره Ag+ ions (پرکاربردترین و موثرترین ماده در این زمینه[۲])؛
- نانومس و اکسید مس؛
- نانواکسیدروی؛
- گرافن؛
- نانواکسیدتیتانیوم و تقویت شده آن با نقره؛
- و...

۱۰-۱-۶ زنجیره ارزش کاربردهای مبتنی بر این فناوری (از تولید نانوذرات اولیه تا تولید محصول میانی تا تولید محصول نهایی و به کارگیری محصول)

زنجیره ارزش کاربردهای این فناوری شامل موارد کلی زیر است:

- تولید نانوذرات؛
- تهیه مواد اولیه رنگ یا پوشش؛
- افزودنی‌های ضدقارچ و کپک؛
- رنگ و پوشش ضدقارچ و کپک.

۱۰-۱-۷ **فناوری‌های رقیب** (از چه شیوه‌های دیگری برای رفع نیاز مرتبط با این فناوری بهره گرفته می‌شود؟)

ترکیبـات ضدقـارچ و کپـک آلی مانند آفت‌کش‌ها که به‌صورت‌های مختلف برای جلوگیری از قارچ و کپک از قدیم متداول بوده اسـت. این ترکیبات اغلب برای چرخه طبیعت انسـان مضر هسـتند. برخی از آفت‌کش‌های مورداسـتفاده در رنگ‌ها مانند Carbendazim (BCM)،Chlorothalonil (CTL) و ایزوتیازولین هستند.

۱۰-۱-۸ **فناوری‌های مکمل** (برای توسعه محصولات در هر یک از کاربردهای ذکر شده، به چه فناوری‌های دیگری نیاز وجود دارد؟)

فناوری encapsulated protectant technology In– Film chemistry برای آزادسـازی کنترل شـده و آرام ماده موثره در مدت زمان طولانی[۳]

۱۰-۱-۹ **فرصت‌های تحقیقاتی که امکان دارد براثر فعالیت در این زمینه پدید آید.** (آیا فعالیت در این زمینه فرصت‌های تحقیقاتی را در حوزه‌های مرتبط پدید می‌آورد یا این اثر/فناوری نسبتاً منزوی است؟)

فعالیت در این زمینه منجر به فعالیت بین رشته‌ای شامل شیمی، پلیمر، رنگ، میکروبیولوژی، داروسازی و... همراه با فناوری نانو در این حوزه‌ها و رنگ و پوشـش می‌شـود. در این زمینه باید اطلاعات مربوط به نحوه عملکرد نانوذرات در برابر قارچ و کپک به‌صورت جداگانه و در قالب رنگ و پوشش بررسی شود.

۱۰-۱-۱۰ **اهمیت فعالیت در این زمینه از نظر اجتماعی یا راهبردی** (آیا این اثر/فناوری به حل یا کاهش شدت یک مسئله اجتماعی، محیط‌زیستی یا سیاسی کمک می‌کند؟)

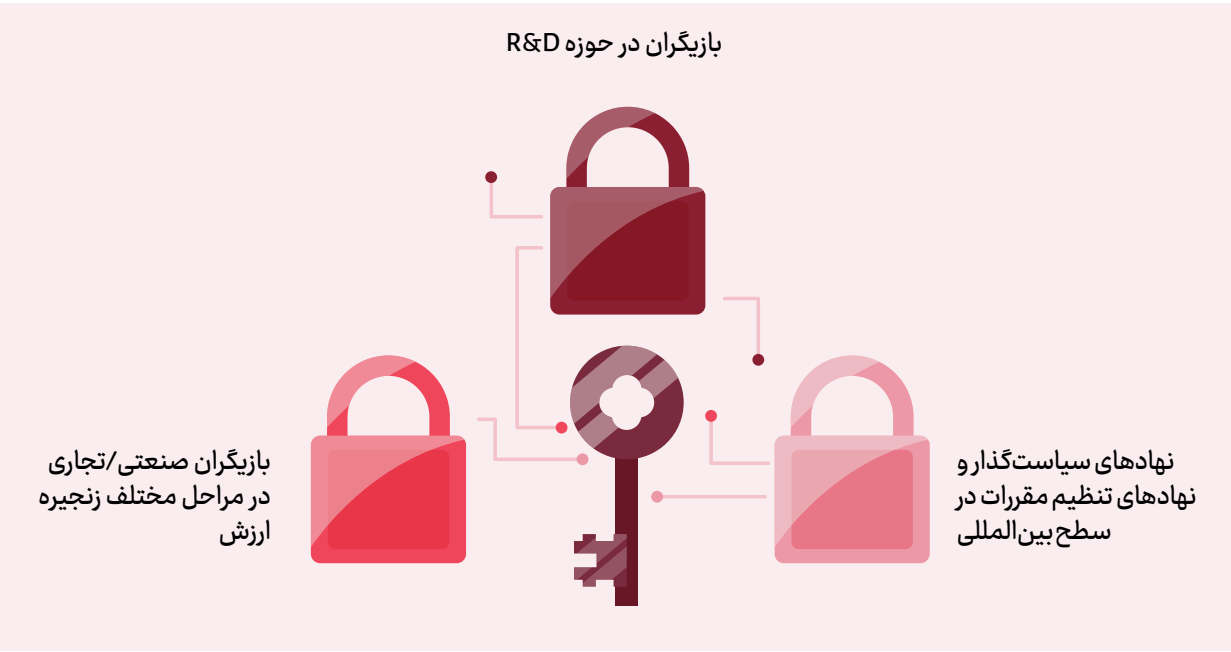
در محیط‌های مرطوب به‌خصوص محیط‌های پر رفت‌وآمد مانند سرویس‌های بهداشتی عمومی، بیمارستان‌ها، مراکز درمانی محلی و همچنین سـکونتگاه‌های مناطق مرطوب مانع از رشـد قارچ و کپک و بیماری‌های مربوط به آن در بزرگسـالان و کودکان می‌شـود. همچنین می‌تواند سبب افزایش طول عمر سازه‌های دریایی و سازه‌های آبی شود.



جلوگیری از رشد قارچ و کپک و بیماری‌های مربوط به آن در بیمارستان‌ها و مراکز درمانی

۱۰-۲ تحلیل بین‌المللی

۱۰-۲-۱ بازیگران کلیدی فعال در این فناوری



بـر اسـاس گزارش‌های تحلیل بازار منتشـر شـده تعـدادی از بازیگـران اصلی تولید پوشـش‌های ضدقارچ و کپـک (نانویی و غیرنانویی) عبارت‌اند از:

Arkema SA, Nippon Paints Holdings, Co. Ltd., PPG Industries, Inc., Akzo Nobel N.V., BASF SE, Du-Pont De Nemours, Inc., Biomerics, Axalta Coating Systems, LLC, nano-Care Deutschland AG, Bio-Fence, and The Sherwin-William Company.

چندین شرکت در حوزه تولید و عرضه رنگ‌ها و پوشش‌های ضدقارچ و کپک در دنیا فعال هستند:

شرکت Akzonobel:

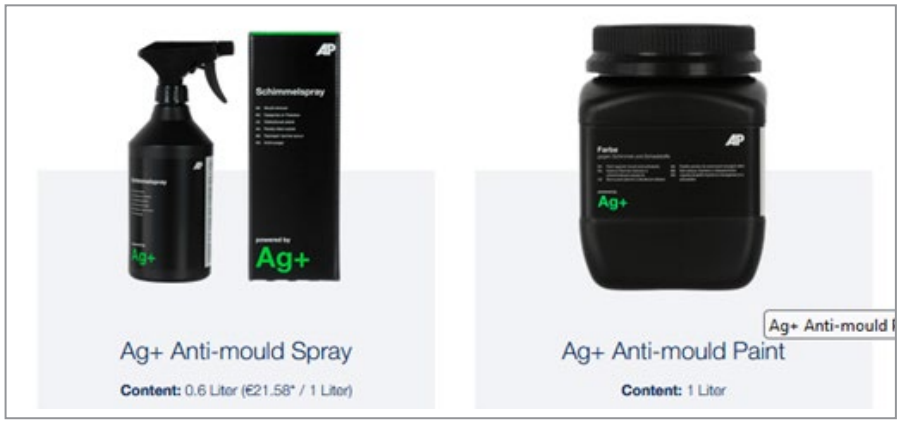
این شرکت یکی از بزرگ‌ترین شرکت‌های تولید رنگ در جهان است. یکی از محصولات آن Intercrete 4881 است.[۵] این رنگ آکریلیک یک لایه بر پایهٔ آب دارای آخرین فناوری encapsulated protectant technology همراه با ذرات نقره یون مثبت است که به‌طور موثری مانع از رشد قارچ و کپک بر روی رنگ و محیط اطراف می‌شود. شیمی منحصربه‌فرد in-film امکان رهاسـازی بسـیار آهسـته و کنترل شـده ذرات موثر در پوشـش در طول عمر آن را می‌دهد. این رنگ علاوه بر داشتن تمامی استانداردهای مربوط به چسبندگی، استحکام و انعطاف‌پذیری دارای استاندارد ضدباکتری و قارچ به شرح زیر است:

ISO 22196:2007 Measurement of antibacterial activity on plastics surfaces

No growth of:
Mould/Fungi: Altemaria alternate, Phoma violacea, Aspergillus versi–colour, Rhodotorula rubra, Aureobasidium pullulans, Sporoboromyces roseus, Cladosporium cladosporoides, Stachyboytrys chartarum, Peni–cillium purpurogenum, Ulocladium atrum
Algae: Chlorella emersonii, Gloeocapsa sp, Nostoc commune, Pleuro–coccus sp, Stichococcus bacillaris, Stigeoclonium tenue, Trentepohlia auerea, Trentepohlia odorata.

شرکت AP:

این شرکت آلمانی تولیدکننده اسپری و رنگ فاقد کلراین و از بین برنده قارچ و کپک است. اسپری یون نقره مثبت برای از بین بردن قارچ و کپک ایجاد شده بر روی سطوح و رنگ دارای یون نقره برای رنگ‌آمیزی و جلوگیری از تشکیل قارچ و کپک برروی سطح جدید به‌کار می‌رود. فناوری به‌کار رفته در این رنگ‌ها MicroSilver است.



شکل ۱۰-۱ محصولات ضدقارچ شرکت AP

شرکت چینی Tipe:

این شرکت در حوزه فناوری نانو فعالیت دارد و یکی از محصولات آن در زمینه پوشش‌ها و رنگ‌های ضدقارچ و کپک با استفاده از فناوری فوتوکاتالیستی است. با این حال توضیح بیشتری در مورد فناوری به‌کار رفته در این محصولات داده نشده است.[۶]

شرکت ایتالیایی NanoSilv S.r.l.:

این شـرکت در حوزه سـاخت رنگ، پوشـش‌ها و مـلات بنایی فعالیت دارد. رنگ‌هـای ضدقارچ و کپک این شـرکت به‌نام NS67 Anti mold با استفاده از نانوذرات نقره Ag تولید شده است.[۷]

۱۰-۲-۲ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار

سـطح آمادگی فناوری با توجه به تنوع تولید شـده توسـط شـرکت‌ها در خصوص رنگ‌های حاوی نقره و نانونقره در حد بالا TRL=9 ولی در زمینه اسـتفاده از سـایر نانوذرات در رنگ و پوشـش در مرحله TRL=7 اسـت. بازار این محصولات در حال گسترش بوده ولی به‌طور کامل جایگزین روش‌های دیگر نشـده اسـت. با توجه به نیاز کنونی بازار راه‌حل‌هایی در خصوص این فناوری برای بازار در نظر گرفته شده و مشابه آمادگی فناوری سطح آمادگی بازار نیز در دامنه MRL=9 را دارد.[۸]



۱۰-۲-۳ موقعیت فناوری در چرخه عمر

چرخه عمر فناوری در مرحله پیش از بلوغ یعنی ایجاد راه‌حل و گسترش است.

۱۰-۲-۴ مهم ترین پیشران‌ها و چالش‌های پیش روی فناوری

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

عـدم امـکان ارائـه دمو و اطمینـان از نحوه کارکرد ایـن محصولات مانع از رشـد بازار این محصولات می‌شود.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

منابع محدود و گران‌قیمت بودن نقره که یکی از عوامل مهم مورداسـتفاده در رنگ‌های ضدقارچ و کپک است از چالش‌های اقتصادی تولید این رنگ‌هاست.
افزایـش طول عمر و به‌صرفه بودن اسـتفاده از رنگ‌های ضدقارچ و کپک از پیشـران‌های اقتصادی استفاده از این رنگ‌ها در مناطق مرطوب و کارخانجات مواد غذایی و مکان‌های بهداشتی است.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

الزام به حذف مواد آفت‌کش از محصولات مربوطه مانند carbendazim, diuron and OIT و همچنین بی‌خطر بودن اسـتفاده از نانـوذرات در میزان کم در رنگ‌های ضدقارچ و

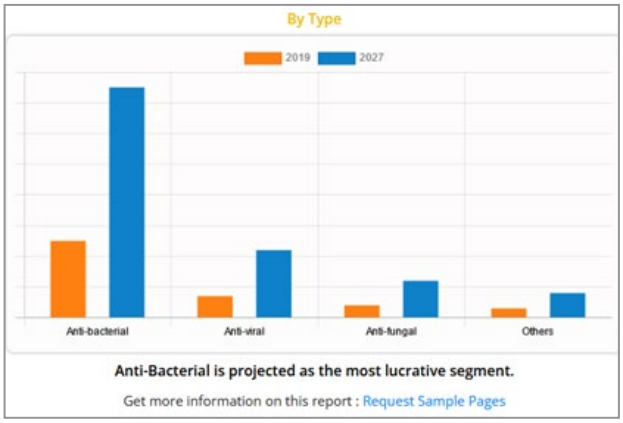
کپک از پیشران‌های سلامت و ایمنی در افزایش استفاده از این رنگ‌هاست. کاهش میزان اجزای فرار مشابه تمامی رنگ‌های دیگر از چالش‌های ایمنی و بهداشت در توسعه صنعت رنگ است.
با اینحال نامشخص بودن شرایط رهایش مواد نانو در این محصولات و تأثیر آن‌ها بر سلامتی انسان از چالش‌های دیگر در این زمینه است.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

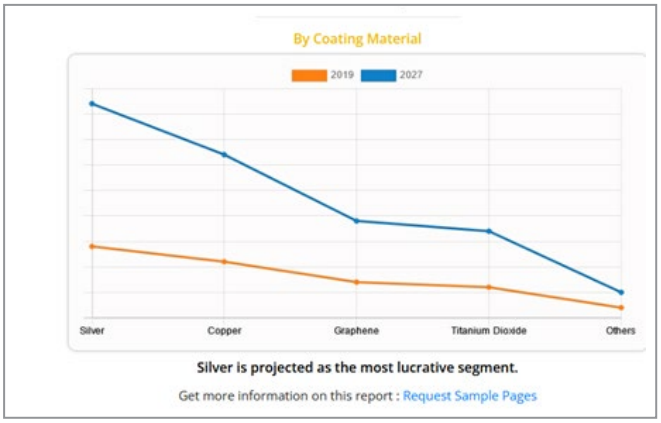
ایجاد پاندمی در سال ۲۰۱۹ یکی از پیشران‌های اجتماعی استفاده از این محصولات است. رشد استفاده از این محصولات در سال‌های پاندمی بسیار زیاد بوده است.

۱۰-۲-۵ اطلاعات موجود درباره تحلیل بازار در سطح جهانی

طبق گزارش تحقیقات بازار، بازار پوشش‌های ضدباکتری در سال ۲۰۱۹ به میزان ۴میلیارد دلار بوده و تا سال ۲۰۲۷ انتظار می‌رود به ۱۱میلیارد دلار برسد. این بازار شامل پوشش‌های ضدباکتری، ضدقارچ و کپک و ضدویروس است. حدوداً ۲۰درصد این بازار مربوط به ضدقارچ است. نقره بیشترین ماده مورداستفاده در پوشش‌های ضدباکتری است.



شکل۱۰-۲ بازار پوشش‌های آنتی‌باکتریال



شکل۱۰-۲ بازار پوشش‌های آنتی‌باکتریال بر اساس نوع نانوذره

۱۰-۲-۶ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در دنیا تأثیر بگذارد

مصرف رنگ‌های ضدقارچ و کپک بر پایهٔ نانونقره به میزان زیادی صورت می‌گیرد. به‌علت الزام حذف مواد زیست کش در مواد و محصولات، استفاده از سایر مواد بی‌خطر در حد استانداردهای تعیین شده روند استفاده از این مواد را افزایش می‌دهد. در آینده با افزایش الزامات و استانداردهای ایمنی و بهداشت در مراکز مختلف و همچنین افزایش ساخت‌وساز در کشورهای در حال توسعه به نظر می‌رسد روند رشد استفاده از این محصولات بیشتر شود.

۱۰-۳ تحلیل داخلی

۱۰-۳-۱ فعالیت‌های انجام گرفته در کشور

فعالیت‌های تحقیقاتی (چه تیم‌هایی در کدام نهادها در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ چه مقالاتی در این زمینه منتشر شده است؟ چه پایان‌نامه‌هایی نگارش شده است؟)

بخشی از فعالیت‌های صورت گرفته در جدول ۱۰-۱ ذکر شده است.

جدول ۱۰-۱ نمایی از فعالیت‌های تحقیقاتی در زمینه رنگ و پوشش‌های ضدقارچ و کپک

ردیف	نگارندگان	دانشگاه/ مؤسسه	نوع تحقیق	عنوان تحقیق
۱	مجید منتظر	دانشگاه امیرکبیر		
۲	صمد صباغی	دانشگاه شیراز		A comparative study of gelatin and starch–based nano–composite films modified by nano–cellulose and chi–tosan for food packaging applications
۳	علی میکائیلی	دانشگاه کرمانشاه، دانشکده میکروبیولوژی		
۴	فرزاد کتیرایی	دانشگاه تبریز، میکروبیولوژی		

فعالیت‌های توسعه محصول و تجاری‌سازی (آیا نمونه‌سازی انجام گرفته است؟ چه شرکت‌هایی برای توسعه محصول در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ آیا محصولی مبتنی بر این فناوری در بازار به فروش می‌رسد؟ آیا شرکت‌های صنعتی بزرگ در این زمینه فعالیت می‌کنند؟ آیا شرکت‌های واردکننده در این زمینه فعالیت می‌کنند؟)

برخی از شرکت‌های داخلی موفق به تولید نمونه محصولات شده‌اند و برخی دیگر از طریق واردات این محصول را در کشور عرضه می‌کنند.

فعالیت‌های سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری

فعالیت خاصی صورت نگرفته است.

۱۰-۳-۲ کاربردهای احتمالی محصولات مبتنی بر این فناوری در کشور (به‌خصوص کاربردهای مرتبط با سه حوزه ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

عمده استفاده از این رنگ و پوشش‌ها در ساخت‌وساز و در مناطق مرطوب برای جلوگیری از تخریب رنگ و تولید قارچ و باکتری است. در صنعت نیز در بخش تأسیسات فراساحلی و یا ابنیه مورداستفاده در مناطق مرطوب می‌توان از این رنگ‌ها

استفاده کرد. در بخش خانگی و بیمارستانی استفاده از این رنگ‌ها برای بهینه‌کردن شرایط بهداشتی محیط و جلوگیری از رشد قارچ و کپک صورت می‌گیرد. در بخش عایق‌کاری استخر نیز تبلیغاتی در خصوص استفاده از رنگ ضدقارچ و جلبک دیده می‌شود. این رنگ‌ها که به نام رنگ‌های نانو شناخته می‌شوند برای عایق‌کاری استخرهای ورزشی و آبگیرهای کشاورزی نیز به‌کار می‌روند.[۹]

سایر مکان‌هایی که می‌توان در آن‌ها از مواد ضدقارچ و کپک استفاده کرد:

- سالن‌های ورزشی؛
- استخرها برای جلوگیری از رشد قارچ‌ها، جلبک‌ها و خزه‌ها؛
- حمام و سونا؛
- مدارس، دانشگاه‌ها و سایر مراکز آموزشی با رفت‌وآمد زیاد؛
- کارخانجات تولید مواد غذایی؛
- رستوران‌ها و سالن‌های غذاخوری و اماکن بین‌راهی.

۱۰-۳-۳ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار در کشور

وجود یک یا دو محصول در زمینه رنگ‌های ضدباکتری و قارچ نشان‌دهنده سطح بالای فناوری در زمینه تولید این محصول است. در صورت تأیید اطلاعات مربوط به تولید این رنگ‌ها توسط شرکت‌های مربوطه سطح آمادگی فناوری TRL=9 بوده ولی میزان آمادگی بازار در این زمینه باید با دقت بالاتری بررسی شود. به نظر می‌رسد آگاهی در مورداستفاده از رنگ‌های ضدقارچ در این زمینه در سطح کشور به میزان بالایی نیست و MRL=5 است.

۱۰-۳-۴ وضعیت فناوری‌های رقیب و مکمل در کشور در هر یک از کاربردهای احتمالی

در حال تکمیل است.

۱۰-۳-۵ میزان سرمایه‌گذاری موردنیاز برای توسعه این فناوری تا سطح نمونه‌سازی (TRL۶) و همچنین، برای تولید در مقیاس وسیع (TRL۸) به‌صورت تخمینی

اطلاعاتی در این زمینه جمع‌آوری نشده است.



۱۰-۳-۶ زیرساخت‌ها و منابع لازم برای توسعه فناوری، توسعه محصول و تجاری‌سازی در کشور

- منابع انسانی؛
- زیرساخت آزمایشگاهی و نمونه‌سازی؛
- زیرساخت تولید؛
- آزمایشگاه مرجع؛
- منابع مالی؛
- توانمندی‌های حفاظت از دارایی فکری؛
- زیرساخت‌های بازاریابی، توزیع، فروش و خدمات پس از فروش.

بررسی روند پایان نامه‌های مربوط به سنتز و ساخت نانوذرات آنتی باکتریال مانند نقره در دانشگاه‌ها نشان می‌دهد حجم قابل‌قبولی از تحقیقات در مورد این نانوذرات، پوشش‌ها و رنگ‌ها انجام شده است که تولید محصولات مشابه را ممکن می‌سازد. سایر توانمندی‌ها مانند حفاظت در دارایی فکری و بازاریابی و فروش نیز در کشور وجود دارد.

۱۰-۳-۷ پیشران‌ها و چالش‌های توسعه و تجاری‌سازی این فناوری در کشور

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

یکی از پیشران‌های فنی در این زمینه امکان آسان استفاده از رنگ‌ها و اسپری در محیط‌های داخلی ساختمان و محیط‌های بیرونی در معرض رطوبت و قارچ است. همچنین دانش مناسب تولید نانوذرات و اختلاط در رنگ نیز در این حوزه به‌عنوان پیشران است.

از نظر چالش فنی باید بحث ماندگاری خواص این رنگ‌ها، طول عمر نانوذرات و میزان دقیق و ایمن استفاده از این نانوذرات در محصولات مربوطه با توجه به استانداردهای محیط‌زیستی و بهداشتی بررسی و حل شود. در خصوص میزان اختلاط و نحوه اختلاط باید استانداردهای سلامتی در خصوص نانومواد و محدودیت استفاده از آن‌ها در نظر گرفته شود تا با حداقل استفاده، حداکثر تأثیر به‌دست آید.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

از مهم‌ترین چالش‌های این صنعت، محدود بودن منابع نفره و گران‌قیمت بودن محصولات تولید شده بر اساس این فناوری است. باید هزینه این محصولات نسبت به ماندگاری آن‌ها در برابر محصولات معمولی توجیه اقتصادی داشته باشد. پیشران اقتصادی این محصول رشد ساخت‌وساز و نیاز به حفاظت از تأسیسات و ابنیه در مکان‌های مرطوب شمال و جنوب کشور است. با افزایش ساخت‌وساز و همچنین افزایش دستورالعمل‌های بهداشتی محیط‌های بهداشتی و درمانی، استفاده از پوشش‌ها و اسپری و رنگ‌های ضدقارچ و کپک بیشتر خواهد شد.
اطلاعات کافی برای بررسی قیمتی این محصولات به‌صورت گسترده وجود ندارد. بااین حال در یک مورد از قیمت محصول پوشش نامرئی آنتی میکروبیال سابود طلایی یک لیتری به قیمت ۲میلیون تومان[۱۰] تولید می‌شود که در مقایسه با نمونه‌های خارجی با توجه به نوسان دلار قیمت سه برابری دارد.

پیشران‌ها و چالش‌های تقاضا

یکی از چالش‌های تقاضا در این خصوص شرایط نامناسب اقتصادی و کاهش تحریک تقاضا به‌علت اولویت نبودن صرف هزینه در این خصوص است. در واقع با اینکه می‌توان با بازاریابی، تقاضا برای این محصول را افزایش داد ولی شرایط نامناسب اقتصادی شاید نتواند تقاضاهای بالقوه را به بالفعل تبدیل نماید.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

در بخش بین‌الملل توضیح داده شده است.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

در حال تکمیل است.

۱۰-۳-۸ بازار داخلی محصولات مبتنی بر این فناوری در هر زنجیره ارزش

در قالب تولید توسط یک شرکت داخلی و به نظر می‌رسد توسط یک شرکت دیگر قابل‌عرضه و واردات است.

۱۰-۳-۹ فرصت‌های صادراتی برای شرکت‌های فعال ایرانی

از نظر صادراتی باید هزینه تمام شده محصول نسبت به رقبای خارجی قابل‌رقابت باشد. همچنین از نظر کیفیت تمامی آزمون‌های مشابه نمونه‌های خارجی را با موفقیت برآورده کرده باشد. علاوه بر پوشش‌های ضدقارچ، صادرات مواد خام و اولیه تولید این محصولات مانند نانونقره یا گرافن و نانو روی می‌تواند صورت پذیرد. همچنین صادرات افزودنی‌های نانو به رنگ‌ها برای ایجاد خاصیت ضدقارچ و باکتری می‌تواند در نظر گرفته شود. این افزودنی‌ها در صورت استفاده می‌توانند هر رنگی را به رنگ آنتی‌باکتریال و ضدقارچ تبدیل کند.

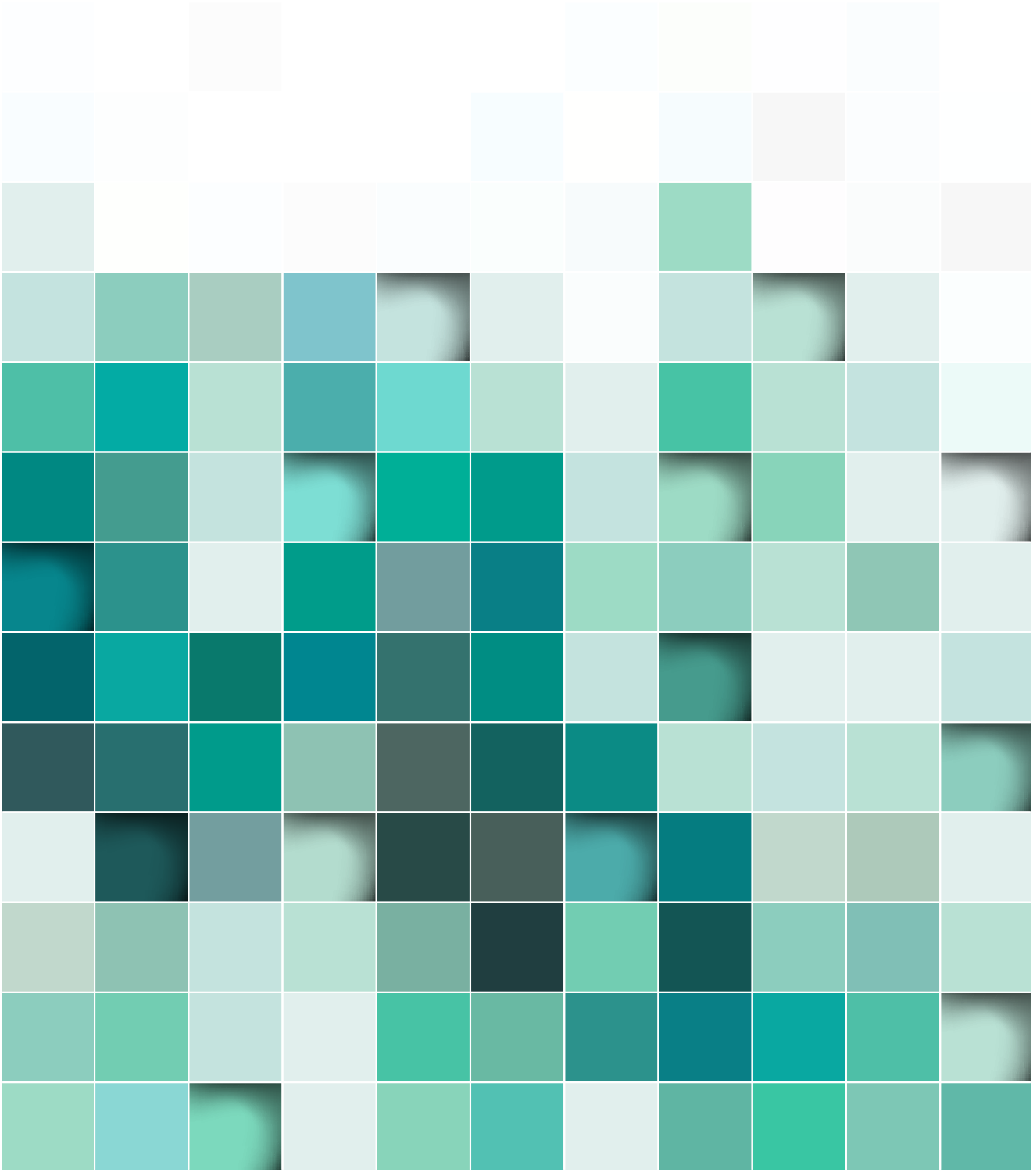
۱۰-۳-۱۰ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در کشور تأثیر بگذارد

اطلاعات دقیق از میزان مصرف این مواد در کشور وجود ندارد. با این حال به نظر می‌رسد مصرف زیادی نداشته باشد ولی در سال‌های اخیر به‌دلیل وجود پاندمی کرونا میزان مصرف این مواد در بخش‌های درمانی و عمومی بیشتر شده است. در صورت پیروی از الگوهای جهانی و آشنایی بیشتر عموم با این فناوری می‌توان پیش‌بینی کرد در آینده مصرف این محصولات در کشور نیز افزایش داشته باشد. در بخش هایی که نیاز به جلوگیری از قارچ و کپک وجود دارد مانند محیط‌های ورزشی و استخرها و حتی در حوزه کشاورزی در خصوص محافظت از تنه درختان در برابر باکتری و بیماری‌های قارچی رشد استفاده بیشتر خواهد شد. در بخش‌های خانگی نیز در مناطق مرطوب کشور این امر نیاز بیشتری خواهد داشت.

پی‌نوشت‌ها

۱- https://sci-hub.st/10.1016/j.porgcoat.2015.03.006
۲- https://www.futuremarketinsights.com/reports/anti-fungal-and-anti-bacterial-paints-market
۳- https://international.brand.akzonobel.com/m/6730194239526861/original/Intercrete_4881_eng_A4_20190415.pdf
۴- https://www.marketdataforecast.com/market-reports/anti-slip-coating-market
۵- https://international.brand.akzonobel.com/m/6730194239526861/original/Intercrete_4881_eng_A4_20190415.pdf
۶- https://www.tipe.com.cn/anti-mold/
۷- https://product.statnano.com/product/13216/ns67-anti-mold
۸- https://www.shop-ap.de/en/Ag-mould-hygiene-products/Anti-mould-products/
۹- https://ayeghkarii.niazerooz.com/c-3121/a-1758305
۱۰- https://pakfan.ir/product/poshes-antimicrobial/

۱۱ رنگ‌های خنک‌کننده تابشی

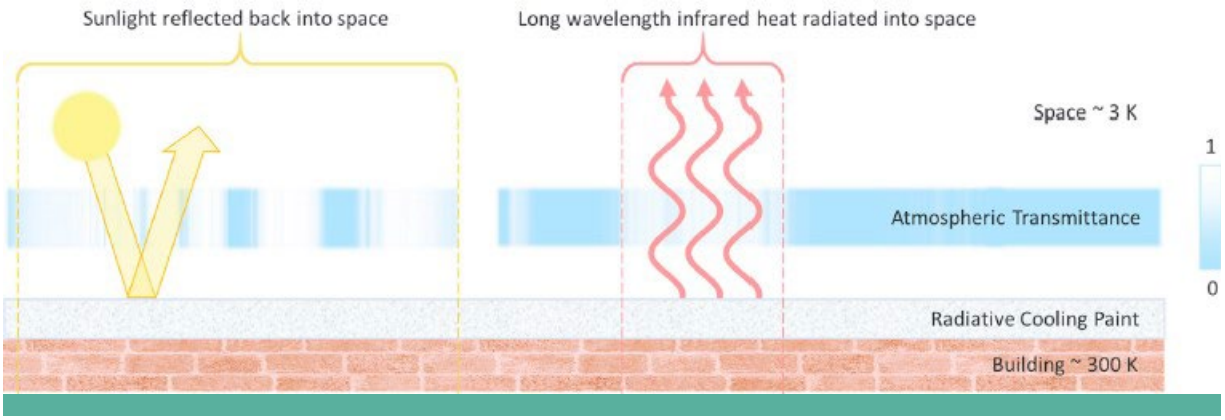


۱۱-۱ توصیف عمومی فناوری

۱۱-۱-۱ ویژگی مورد انتظار از فناوری (فناوری مبتنی بر این ویژگی چه کار می‌کند؟)

مکانیسم خنک‌کنندگی این رنگ‌ها شامل انعکاس نور خورشید در محدوده طول‌موج 0.3-3 µm و دفع حرارت با نشر امواج بلند مادون‌قرمز (LWIR) در طول‌موج‌های بزرگ‌تر از 3 µm به فضای بیرونی است. به عبارت دیگر یک ضریب بازتاب نور خورشید بالا (TSR>95%) برای به حداقل رساندن گرمایش خورشیدی و یک ضریب صدور (emissivity, ε) بالا برای به حداکثر رساندن اتلاف گرمای تابشی به فضا موردنیاز است. پوشش‌های دارای چنین رفتار انتخابی بر اساس طول‌موج را اصطلاحاً پوشش‌های طیفی انتخابی (spectrally selective coatings) می‌نامند.

فناوری نانو، افزایش کارایی (بهبود خواص نوری) به‌شکل بهبود خاصیت انعکاس نور خورشید یا افزایش قدرت گسیل امواج بلند مادون‌قرمز را موجب می‌شود.



شکل ۱۱-۱ مکانیزم عملکرد رنگ‌های خنک‌کننده

۱۱-۱-۲ کاربردهای محتمل این ویژگی و فناوری (به‌طور خاص، در حوزه‌های ساخت و ساز، لوازم خانگی و نفت و پتروشیمی)

به‌طورکلی در هر فضایی که در معرض تابش خورشید قرار دارد و نیاز به خنک نگاه داشته‌شدن دارد، این رنگ‌ها کاربرد دارد. نمای ساختمان و پشت‌بام، خودرو، مخازن ذخیره نفت، پنل‌های خنک‌کننده تابشی، مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای، لوله‌های خطوط انتقال آب، دکل‌های برق، آسفالت‌ها (چون گرما موجب خرابی آسفالت می‌شود)، مخازن آب، یخچال[۱]، چادرها و تجهیزات نظامی از جمله این کاربردها هستند.

۱۱-۱-۳ محصولات توسعه یافته یا در حال توسعه بر اساس این فناوری

رنگ، پوشش‌های مبتنی بر پلیمرهای متخلخل (Porous polymer coating)

۱۱-۱-۴ مزیت(های) کلیدی این فناوری (کاهش قیمت، سهولت اجرا، رفع نیازی که تاکنون برآورده نشده و...)

استفاده و اجرای آسان:
همانند رنگ معمولی قابل‌اعمال به سطوح مختلف است و در مقایسه با روش‌هایی مثل استفاده از سیستم‌های خنک‌کاری، عایق‌ها و یا مواد تغییر فاز دهنده اجرای راحت‌تری دارد.

مناسب برای آب‌وهوای گرم:
این رنگ برای خنک‌کاری سطوح و فضاهای در معرض تابش خورشید مورداستفاده قرار می‌گیرد و بر اساس مکانیزم انتقال حرارت تشعشع (بازتاب بالای تابش خورشید و نشر بالای امواج مادون‌قرمز) عمل می‌کند در حالی که رنگ‌های گرمایی (Thermal Paints) بر اساس مکانیزم کاهش انتقال حرارت هدایت (با کاهش ضریب هدایت گرمایی) به/از فضای موردنظر کار می‌کنند و کاربرد کمتری در خنک‌کاری سطوح در معرض تابش خورشید دارند.

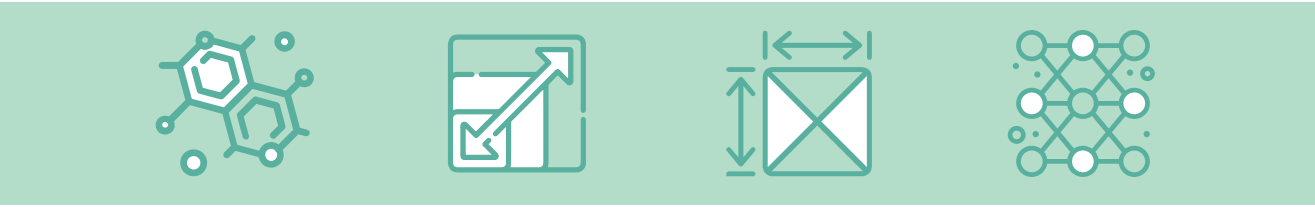
۱۱-۱-۵ نانوذرات بهره گرفته شده در این فناوری (از چه فناوری‌های نانویی برای تولید یا به کارگیری محصولات بهره گرفته می‌شود؟)

از نانوذرات TiO_2، Al_2O_3، ZnO، SiO_2، $BaSO_4$، SiC، Cr_2O_3، CuO، Fe_2O_3 و... در تولید رنگ‌های خنک استفاده می‌شود. همچنین از phase inversion method برای تولید پوشش‌های مبتنی بر پلیمرهای متخلخل استفاده می‌شود.

۱۱-۱-۶ زنجیره ارزش کاربردهای مبتنی بر این فناوری (از تولید نانوذرات اولیه تا تولید محصول میانی تا تولید محصول نهایی و به‌کارگیری محصول)

نانوذرات موردنیاز پس از تولید، با تشکیل‌دهنده‌های دیگر رنگ مثل حلال، رزین و مواد افزودنی (جهت مقاوم‌سازی رنگ نسبت به خراش، ترک‌خوردگی، ورقه‌شدن و...) ترکیب می‌شود. خصوصیات و عملکرد رنگ از نظر تشعشعی عمدتاً تحت تأثیر مشخصات نانوذرات مورداستفاده است.

عوامل موثر در خصوصیات و عملکرد رنگ



۱۱-۱-۷ فناوری‌های رقیب (از چه شیوه‌های دیگری برای رفع نیاز مرتبط با این فناوری بهره گرفته می‌شود؟)

PCM، رنگ‌های عایق حرارتی

۱۱-۱-۸ فناوری‌های مکمل (برای توسعه محصولات در هر یک از کاربردهای ذکر شده، به چه فناوری‌های دیگری نیاز وجود دارد؟)

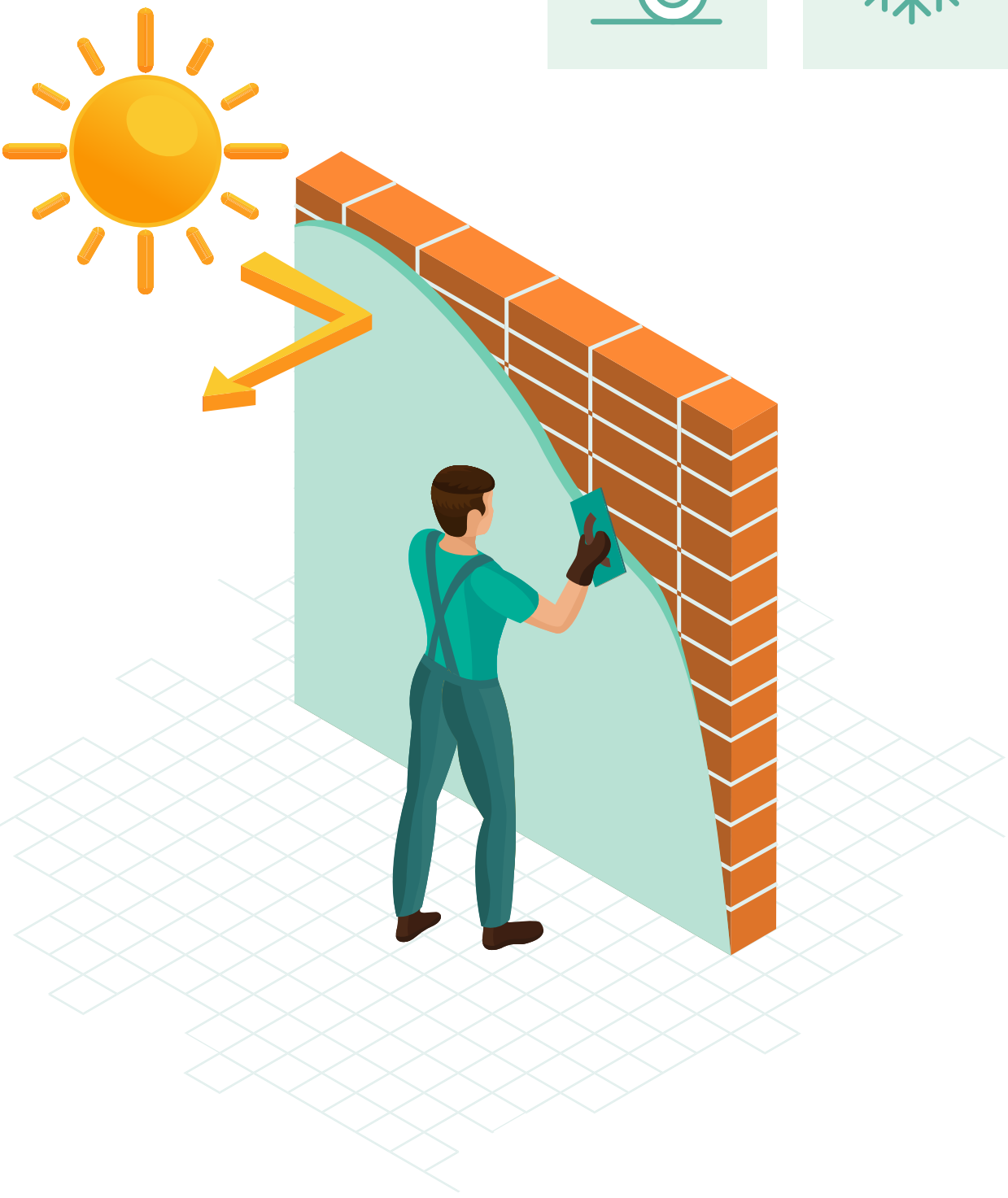
تولید نانوذرات: فناوری اصلی این محصول نانوذرات هستند.

۱۱-۱-۹ فرصت‌های تحقیقاتی که امکان دارد براثر فعالیت در این زمینه پدید آید. (آیا فعالیت در این زمینه فرصت‌های تحقیقاتی ای را در حوزه‌های مرتبط پدید می‌آورد یا این اثر/فناوری نسبتاً منزوی است؟)

در حقیقت رنگ‌های خنک‌کننده یک کاربرد خاص از محصولات خنک‌کننده هستند مثلا در مورد پلیمرهای متخلخل ممکن است زمینه‌های تحقیقاتی دیگر هم به وجود بیاید. ولی در مورد رنگ به این شکل نیست.

۱۱-۱-۱۰ اهمیت فعالیت در این زمینه از نظر اجتماعی یا راهبردی (آیا این اثر/فناوری به حل یا کاهش شدت یک مسئله اجتماعی، زیست محیطی یا سیاسی کمک می‌کند؟)

در زمینه کاهش مصرف انرژی که مسئله روز است، مؤثر است.



بهبود خاصیت انعکاس نور خورشید یا افزایش قدرت گسیل امواج بلند مادون قرمز

۱۱-۲ تحلیل بین‌المللی

۱۱-۲-۱ بازیگران کلیدی فعال در این فناوری



نهادهای تحقیقاتی و همچنین شرکت‌های تولیدکننده متعددی درحال‌توسعه رنگ‌های خنک‌کننده تابشی هستند. از میان نهادهای دانشگاهی فعال می‌توان به دانشگاه پردو[۲]، دانشگاه سوین برن در استرالیا و دانشگاه علم و فناوری چین در هِفِی اشاره کرد. مؤسسه تحقیق و توسعه PARC رنگی را توسعه داد که می‌تواند بیش از ۹درصد از نور خورشید در بخش مادون‌قرمز (طول‌موج ۸-۱۳ میکرومتر) را بازتاب دهد. بدین ترتیب سطح داخلی محیط رنگ شده تا ۱۰ درجه خنک‌تر از سطح بیرونی خواهد بود. اثر خنک‌کنندگی حدود ۱۰۰ وات بر مترمربع برآورد شده است.[۳] رنگ‌های خنک‌کننده تابشی به‌تازگی وارد بازار شده‌اند. نمونه‌هایی از این محصول در ادامه معرفی خواهند شد. تقاضای بالقوه قابل‌توجهی که برای این رنگ‌ها وجود دارد که پیشران اصلی تحقیقات در این زمینه است. با استفاده از این رنگ‌ها می‌توان مصرف انرژی برای خنک‌کردن محیط‌های داخلی را کاهش داد.

شورای رده‌بندی محصولات خنک‌کننده سقف (CRRC) یک سازمان غیرانتفاعی است که روش‌های مطمئن، عادلانه، دقیق و صحیح برای ارزیابی و برچسب‌گذاری خواص محصولات دیوار و سقف را توسعه می‌دهد. CRRC همچنین برای عموم مردم آموزش‌هایی در خصوص استفاده از محصولات سقف و دیوارهای بازتابش‌دهنده نور خورشید که می‌تواند منجر به افزایش راحتی افراد، کاهش اثرات گرم‌شدن زمین و کاهش اثر گرم‌شدن محیطی و کاهش مصرف انرژی شود، ارائه می‌دهد.

این شورا با انجام آزمایش‌های موردنظر یک سیستم ارزیابی تشکیل داده که محصولات موجود در بازار بر اساس آن

قابل‌ارزیابی و رتبه‌بندی هستند. این شورا در سال ۱۹۹۸ میلادی تشکیل شد و از طریق پایگاه داده رتبه‌بندی محصولات اطلاعات بخش‌های مختلف و تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان را افزایش می‌دهد. در سال ۲۰۱۹ این شورا گستره مأموریت خود را برای در برگرفتن محصولات بیشتری شامل محصولات بیرونی ساختمان افزایش داد.

برنامه رتبه‌بندی محصولات برای محصولات دیوار و سقف را انجام می‌دهد. این رتبه‌بندی رایگان بوده و اطلاعات مهمی درباره خواص بازتابشی محصولات مختلف ارائه می‌کند و این محصولات نیز CRRC را به‌صورت مالی حمایت می‌کنند. شرکت‌کنندگان در این برنامه یک هزینه سالانه برای شرکت در این برنامه پرداخت می‌کنند. بانک داده محصولات بر روی وب‌سایت شورا به‌صورت رایگان در دسترس افراد است.

در این پایگاه داده محصولاتی مانند رنگ، غشاهای آسفالتی، پوشش‌های سقف مایع، فوم، فلزات، پلیمر، کاشی و چوب رتبه‌بندی شده‌اند. اطلاعات رتبه‌بندی شامل سازنده، نام تجاری، نوع محصول، رنگ، میزان بازتابش خورشیدی، میزان انتشار حرارتی و اندکس بازتابش نور SRI اولیه و سه ساله است.

بهترین محصولات رنگ در رتبه‌بندی این شورا بر اساس بالاترین میزان اندکس بازتابش نور هستند که رنگ APOC256X از شرکت APOC/Garner-Gibson در رتبه اول است. پس از آن محصول R-Mer coat از شرکت Garland compan In و در رتبه سوم AcryShield A179 High Reflectance White از شرکت National Coatings Corporation است. در این پایگاه داده رتبه‌بندی ۷۶۵ محصول رنگ قابل‌مشاهده است.

کل محصولات رتبه‌بندی شده در این شورا تاکنون ۳۱۲۷ محصول است. علامت CRRC اکنون به‌عنوان یک علامت مهم در نشان‌های تأییدیه محصولات است.

شرکت آمریکایی Gardner-Gibson

یک شرکت بزرگ و پیشرو در زمینه پوشش و محصولات رنگ برای ساختمان و ابنیه است. این شرکت محصولات متنوعی با نام تجاری APOC ارائه می‌کند که یکی از آن‌ها محصول رنگ فلوئوروپلیمر PVDF با خاصیت الاستومتری با نام تجاری APOC 256X است که قابلیت بازتابش و انتشار دارد و خواص خنک‌کنندگی تابشی دارد.

تعداد دیگری از رنگ‌های این شرکت در زمینه خنک‌کنندگی عبارت‌اند از:

APOC 252 sunwhite XL: رنگ اکریلیکی فوری با خواص خنک‌کنندگی سطوح، دارای ضخامت بالا با دوام بسیار بالا، مقاوم به ترک، پوسته‌شدن، بازتابش نور UV و انتشار حرارت به بیرون است. این رنگ به‌عنوان سرمایه‌گذاری می‌تواند هزینه خنک‌سازی را صرفه‌جویی کند.

APOC 252 energy armor sunwhite: یک رنگ برای مصارف روی سقف، دارای بازتابش بسیار قدرتمند، مقاوم به رطوبت و باران در محل‌هایی که آب بیشتر از میزان معمول وجود دارد.

شرکت آمریکایی National coatings corporation

یکی از شـرکت‌های فعال در حوزه تعمیر پشـت‌بام و تأمین رنگ و مشـتقات مربـوط در آمریکاسـت. این شـرکت چهل سـال پیش با تمرکز بر رنگ‌های اکرلیک با برند AcryShield شروع به‌کار کرد. هم‌اکنون محصولات این شرکت در حوزه رنگ و عایق پشت‌بام تحت نام‌های تجاری AcryLock™, AcryPly®, AcryPly®–D, AcryFlex®, and RenuWall® ارائه می‌شود.
پوشش‌های Cool roof شرکت national coating یکی از بهترین محصولات آزمایش شده توسط Energy Star و شورای CRRC و Title 24 اسـت و محصول Acryshield A590 بازتابشـی بالا، دارای بیشـترین میزان بازتابش سه سـاله در پایگاه داده CRRC در میان ۲۹۶۵ محصول اسـت. این پوشـش‌ها بر روی سـقف و بر روی انواع زیرلایه‌ها مانند فلز، آسفالت، پلیمر، بتن و... قابل‌استفاده هستند.

انجمن cool communities

یک برنامه غیرانتفاعی اجرایی بر پایهٔ بهبود و حفظ انرژی با ایجاد و گسترش استفاده از مواد سقف سبک‌تر و بازتابشی‌تر و همچنین مواد پوشش‌دهنده کف و خیابان و همچنین کاشت درختان سایه‌دار به‌عنوان یک سیستم یکپارچه است. این انجمن در ایالت‌های مختلـف از طریـق وزارت انـرژی و آژانس حفاظت از محیط‌زیسـت، در زمینه پیاده‌سـازی این سیسـتم هزینه و سـرمایه‌گذاری و گرنت می‌دهد.
سیستم پایدار انجمن cool community از چندین مؤلفه برای کاهش گرمای منطقه‌ای تشکیل شده است:
محصولات پشت‌بام بازتابشی reflective roofing
محصولات پیاده رو سبک‌تر lighter color paving
درختان سایه‌دار محلی Urban shade trees
تعدادی از شرکت‌های آمریکایی این انجمن را در انجام وظایف و پیاده‌سازی سیستم‌ها یاری می‌کنند.

شرکت SkyCool Pty Ltd

شرکت استرالیایی اسکای کول در زمینه رنگ‌های خنک‌کننده فعالیت می‌کند. با توجه به مقاله‌ای که در وب‌سایت این شرکت وجود دارد، خواص بازتابشی و انتشار حرارت رنگ‌های این شرکت از ترکیبی از ذرات TiO_2 و ZnS است.
نتایج آزمایش‌های محصول این شـرکت نشـان می‌دهد که اسـتفاده از SkyCool بر روی سـقف فلزی منجر به خنکی در حدود ۳۹ درجه سـانتی گراد در وسـعت ۱۷۰۰۰ مترمربع از سـقف بوده است که منجر به صرفه‌جویی انرژی بسـیار چشمگیری شده است. این شـرکت توانسـته ۴۰۰میلیون مترمربع از سقف‌های فلزی در اسـترالیا را با رنگ‌های خنک‌کننده پوشش دهد و به‌عنوان تأمین‌کننده اصلی این فناوری در استرالیا شناخته شود.
بر اساس آزمایش‌های انجام شده در دانشگاه سیدنی بر روی پوشش Skycool این پوشش علاوه بر بازتابش نور خورشید، حرارت جمـع شـده در زیرلایـه را به بیرون انتقال داده و مانند پمپ حرارتی عمل می‌کند. در اثـر این انتقال حرارت، دما تا ۱۴ درجه خنک‌تر از دمای محیط بیرون در زمان اوج تابستان است.

۱۱-۲-۲ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار

ایـن رنگ وارد بازار شـده و در مقیاس تجاری به فروش می‌رسـد. بنابراین، سـطح آمادگی فناوری را می‌توان برابـر با ۹ درنظر گرفت. از حیث آمادگی بازار، نیاز شناسـایی شـده و محصول نیز به بازار ارائه شـده اسـت. بنابراین، سـطح آمادگی بازار را می‌توان برابر با ۹ دانست.

۱۱-۲-۳ موقعیت فناوری را در چرخه عمر

اگرچه نمونه‌هایی از محصول مبتنی بر این فناوری وارد بازار شـده، اما تحقیق و توسـعه در این زمینه کماکان ادامه دارد و ممکن اسـت اصلاحـات مختلفـی در محصول روی دهـد. بنابراین، باید این فنـاوری را در اوایل مرحله توسـعه بازار درنظـر گرفت. اطلاعات صریحی درباره چرخه انتظارات در این زمینه به دست نیامد. اما به نظر نمی‌رسد که انتظاراتی در سطح عمومی درباره این رنگ شکل گرفته باشد و قطعاً هیاهویی در این زمینه دیده نمی‌شود.
این موضوع با توجه به اهمیت این رنگ و راه‌حلی بدیعی که برای کاهش مصرف انرژی ارائه می‌کند، کمی غیرعادی به نظر می‌رسد.



با این حال، این نکته نیز قابل‌توجه است که صنعت رنگ به‌طور نسبی در مقایسه با صنایعی چون الکترونیک و فناوری اطلاعات، کمتر موردتوجه رسانه‌هاست و چرخه انتظارات در مورد آن با شدت و حدت کمتری طی می‌شود.

۱۱-۲-۴ مهم‌ترین پیشران‌ها و چالش‌های پیش روی فناوری

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

یکی از چالش‌های مهم از نظر فنی، تثبیت‌شدن افزودنی‌هایی است که خاصیت خنک‌کنندگی را به رنگ می‌دهند. در حال حاضر، نامزدهای مختلفی چون اکسیدتیتانیوم، اکسیدروی، سولفات باریم و ترکیبات سیلیس در آزمایش‌ها و نمونه‌سازی‌ها و همچنین در محصولاتی که هم‌اکنون در بازار وجود دارد، به کار گرفته شده‌اند، اما این مواد هنوز تثبیت نشده‌اند و تحقیق و توسعه در این زمینه ادامه دارد.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

این محصول در زمره محصولاتی قرار می‌گیرد که اثر خنک‌کنندگی منفعل دارند، یعنی انرژی برای خنک‌کردن ساختمان صرف نمی‌شود. بدین ترتیب، این محصولات مزیت اقتصادی قابل‌توجهی را پدید می‌آورند و از مصرف منابع برای خنک‌کردن ساختمان‌ها می‌کاهند. این موضوع یک پیشران اقتصادی مهم برای این فناوری به شمار می‌رود. با توجه به گرمایش جهانی، افزایش هر ساله دما در بسیاری از نقاط جهان و طولانی‌شدن دوره‌های گرم در طی سال، تقاضا برای این محصول افزایش خواهد یافت.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

چالش‌های محیط‌زیستی مربوط به رنگ‌ها همواره دارای اهمیت بوده‌اند. استفاده از نانوذرات تیتانیوم، روی و باریم در این فناوری باید از نظر محیط‌زیستی مورد بررسی قرار گیرند. این موضوع نیاز به بررسی اختصاصی دارد.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

مسئله گرمایش جهانی و تلاش‌های گسترده‌ای که برای کاهش مصرف انرژی انجام می‌شود، یک پیشران اجتماعی قابل‌توجه را برای این فناوری پدید می‌آورد. هر محصولی که بتواند مصرف انرژی را به شکلی کاهش دهد، از این حیث موردتوجه قرار خواهد گرفت. آیین‌نامه‌هایی که توصیه به کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها می‌کنند، به افزایش تقاضا برای این محصول کمک خواهند کرد.

۱۱-۲-۵ اطلاعات موجود درباره تحلیل بازار در سطح جهانی

با بررسی انجام شده، دست کم سه نمونه از این محصول هم‌اکنون در سایت آمازون قابل‌خریداری است. نام تجاری COOLCOAT ثبت شده و دو نمونه از این محصولات دیده می‌شود. شرکت دیکور (Dicor) محصولی را در رده EPDM & PVC Rubber و با نام تجاری CoolCoat به‌عنوان رنگ مانع حرارتی برای پشت‌بام‌ها عرضه می‌کند. هر گالن (۳٫۷ لیتری با وزن ۶ کیلوگرم) از این محصول به قیمت ۱۴۰ دلار (با تخفیفی که در زمان دسترسی به سایت وجود داشته، ۸۲ دلار) به فروش می‌رسد و برای رنگ‌کردن ۱۲ مترمربع کافی است. در اطلاعات محصول ذکر شده که از اکسیدتیتانیوم و اکسیدروی برای دست یافتن به اثر خنک‌کنندگی بهره گرفته شده است.[۴] محصول دیگری از این دست که از نام CoolCoat بهره می‌گیرد، توسط شرکت زورو (Zoro) عرضه می‌شود. هر سطل ۵ گالنی (۲۵ کیلوگرمی) از این محصول به قیمت ۲۶۰ دلار عرضه می‌شود و می‌توان از آن برای رنگ‌کردن سطحی بین ۶۲ تا ۱۰۰ مترمربع بهره گرفت. این محصول برای انواع سطوح آجری، بتنی و چوبی طراحی شده و می‌توان آن را به شیوه اسپری، قلم‌مو یا رول استفاده کرد.[۵] محصول سوم به شرکت گاردنر تعلق دارد و فناوری خنک‌کنندگی آن تحت عنوان CoolCore ثبت شده است. ظرف گالنی (برابر با ۱۹ لیتر) از این محصول به قیمت ۱۴۰ دلار (با تخفیف در نظر گرفته شده در زمان بازدید، ۱۱۰ دلار) به فروش می‌رسد. این محصول نیز برای پشت‌بام طراحی شده است.[۶] اطلاعات اختصاصی درباره بازار جهانی این محصول به دست نیامد.

۱۱-۲-۶ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در دنیا تأثیر بگذارد

با توجه به اطلاعات موجود، به نظر می‌رسد که نمونه‌های کاراتری از رنگ‌های خنک‌کننده تابشی در سال‌های آتی توسعه پیدا کنند. روند گرم‌شدن جهانی به‌همراه افزایش هزینه‌های انرژی و همچنین، نیاز به کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی موجب خواهند شد که تقاضا برای این محصول رو به افزایش باشد. با توجه به تداوم روند تحقیق و توسعه و همچنین، عرضه کنونی محصول در بازار، به نظر می‌رسد که این محصول در سال‌های آتی، بیشتر شناخته خواهد شد و فناوری رنگ‌های خنک‌کننده تابشی بیش از امروز توسعه خواهد یافت. در صورتی که بحران انرژی و افزایش قیمت سوخت در پی جنگ اوکراین تداوم داشته باشد، نیاز به کاهش مصرف انرژی در سطح ملی و افزایش هزینه‌های انرژی در سطح مصرف‌کنندگان منفرد، خانواده‌ها و نهادهای بیشتری را به استفاده از رنگ‌های خنک‌کننده برای رنگ‌کردن خانه‌ها و ساختمان‌ها ترغیب خواهد کرد.



سطح آمادگی بازار جهت فروش رنگ‌های خنک‌کننده تابشی را می‌توان برابر با ۹ دانست.

۱۱-۳ تحلیل داخلی

۱۱-۳-۱ فعالیت‌های انجام گرفته در کشور

فعالیت‌های تحقیقاتی (چه تیم‌هایی در کدام نهادها در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ چه مقالاتی در این زمینه منتشر شده است؟ چه پایان‌نامه‌هایی نگارش شده است؟)

جدول ۱۱-۱ نمایی از تحقیقات انجام شده در زمینه رنگ‌های خنک‌کننده

ردیف	نگارندگان	دانشگاه/ مؤسسه	عنوان تحقیق
۱	دکتر مهدی بانشی	دانشگاه شیراز - بخش انرژی- هوافضا	Baneshi M, Gonome H, Maruyama S. Cool black roof impacts into the cooling and heating load demand of a residential building in various climates. Solar Energy Materials and Solar Cells. 2016 Aug 1;152:21–33.
۲			Baneshi M, Maruyama S. The impacts of applying typical and aesthetically–thermally optimized TiO2 pigmented coatings on cooling and heating load demands of a typical residential building in various climates of Iran. Energy and Buildings. 2016 Feb 1;113:99–111.
۳			Gonome H, Baneshi M, Okajima J, Komiya A, Yamada N, Maruyama S. Control of thermal barrier performance by optimized nanoparticle size and experimental evaluation using a solar simulator. Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer. 2014 Dec 1;149:81–9
۴			Gonome H, Baneshi M, Okajima J, Komiya A, Maruyama S. Controlling the radiative properties of cool black–color coatings pigmented with CuO submicron particles. Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer. 2014 Jan 1;132:90–8.
۵			Baneshi M, Gonome H, Komiya A, Maruyama S. The effect of particles size distribution on aesthetic and thermal performances of polydisperse TiO2 pigmented coatings: Comparison between numerical and experimental results. Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer. 2012 May 1;113(8):594–606.
۶			Baneshi M, Maruyama S, Nakai H, Komiya A. A new approach to optimizing pigmented coatings considering both thermal and aesthetic effects. Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer. 2009 Feb 1;110(3):192–204.
۷	مهدی قهاری	پژوهشگاه رنگ، گروه پژوهشی نانوفناوری رنگ	

ردیف	نگارندگان	دانشگاه/ مؤسسه	عنوان تحقیق
۸	ابراهیم قاسمی	پژوهشگاه رنگ، گروه پژوهشی رنگ‌های سرامیکی و لعاب	Sadeghi-Niaraki S, Ghasemi B, Ghasemi E, Ghahari M. Preparation of (Fe, Cr) 2O3@ TiO2 cool pigments for energy saving applications. Journal of Alloys and Compounds. 2019 Hosseini S, Ghasemi E. Synthesis and characterization of hybrid MgAl-LDH@ SiO2@ CoAl2O4 pigment with high NIR reflectance for sustainable energy saving ap-plications. Applied Clay Science. 2020 Aug 1;193:105674. Mar 30;779:367-79.
۹	علی حبیب‌الله‌زاده	دانشگاه سمنان- بخش متالورژی صنعتی	Sadeghi-Niaraki S, Ghasemi B, Habibolahzadeh A, Ghasemi E, Ghahari M. Cool and photocatalytic reddish-brown nanostructured Fe2O3@ SiO2@ TiO2 pigments. Materials Sadeghi-Niaraki S, Ghasemi B, Habibolahzadeh A, Ghasemi E, Ghahari M. Nanostructured Fe2O3@ TiO2 pigments with improved NIR reflectance and photo-catalytic ability. Materials Chemistry and Physics. 2019 Sep 1;235:121769. Science and Engineering: B. 2020 Dec 1;262:114752.

فعالیت‌های توسعه محصول و تجاری‌سازی

آیا نمونه‌سازی انجام گرفته است؟
چه شرکت‌هایی برای توسعه محصول در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟
آیا محصولی مبتنی بر این فناوری در بازار به فروش می‌رسد؟
آیا شرکت‌های صنعتی بزرگ در این زمینه فعالیت می‌کنند؟
آیا شرکت‌های واردکننده در این زمینه فعالیت می‌کنند؟

یکی از فناورها نمونه آزمایشگاهی را تولید کرده‌اند (در ژاپن).
شرکت‌های صنعتی در زمینه تولید این محصول فعالیتی نکرده‌اند.
شرکت‌های وارداتی فعالیت دارند.

فعالیت‌های سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری

هیچ فعالیت سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری صورت نگرفته است. همان استانداردهای رایج در مورد این محصول صادق است ولی امکان تدوین استاندارد جدید وجود دارد.

۱۱-۳-۲ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار در کشور

اگر نانوذرات موجود باشه سطح آمادگی فناوری ۳ و آمادگی بازار ۵ است.

۱۱-۳-۳ وضعیت فناوری‌های رقیب و مکمل در کشور در هر یک از کاربردهای احتمالی

مواد تغییر فازدهنده هنوز تجاری نشده‌اند ولی رنگ‌های عایق حرارت تجاری‌سازی شده‌اند و مورداستفاده قرار می‌گیرند.

۱۱-۳-۴ میزان سرمایه‌گذاری موردنیاز برای توسعه این فناوری تا سطح نمونه‌سازی (TRL6) و همچنین، برای تولید در مقیاس وسیع (TRL8) به‌صورت تخمینی

مواد موردنیاز جهت ساخت نمونه آزمایشگاهی رنگ:
نانوذرات (با توجه به درصد حجمی در رنگ تعیین می‌شود) + رزین (مثل Acrylic resin) + رقیق‌کننده (Thinner)

دستگاه موردنیاز جهت ساخت نمونه آزمایشگاهی رنگ:
میکسر قوی (مثل THINKY CORP., AR-100 Super mixer) جهت جلوگیری از به هم چسبیدن ذرات داخل رنگ
دستگاه Spiral bar coater (مثل Elcometer ۴۳۳۰) جهت اعمال رنگ ساخته شده بر روی سطح آزمایشگاهی با ضخامت مناسب موردنیاز است.
دستگاه‌های اندازه‌گیری خصوصیات تشعشعی: شامل دستگاه UV-VIS-NIR spectrometer جهت اندازه‌گیری در محدود طول‌موج خورشیدی و دستگاه FTIR جهت اندازه‌گیری در طول‌موج‌های بلند (این دو دستگاه اندازه‌گیری هم‌اکنون در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه شیراز موجود است.)
برای تجاری‌سازی، هزینه اصلی مربوط به تولید نانوذرات است و تهیه رنگ خنک در مقیاس تجاری با استفاده از ظرفیت‌های کارخانه‌های رنگ‌سازی موجود داخل کشور قابل‌انجام است.

۱۱-۳-۵ زیرساخت‌ها و منابع لازم برای توسعه فناوری، توسعه محصول و تجاری سازی در کشور

- منابع انسانی؛
- زیرساخت آزمایشگاهی و نمونه‌سازی؛
- زیرساخت تولید؛
- آزمایشگاه مرجع؛
- منابع مالی؛
- توانمندی‌های حفاظت از دارایی فکری؛
- زیرساخت‌های بازاریابی، توزیع، فروش و خدمات پس از فروش.

تولید محصول به وسایل یا ابزار خاصی نیاز ندارد فقط مسئله تولید همین نانوذرات هستند (چرا با این تعریف شرکت‌های ایرانی تا به حال سراغ تولید این رنگ نرفته‌اند؟ احتمالا به‌دلیل گرانی یا در دسترس نبودن نانوذرات مناسب جهت تهیه رنگ‌های خنک، بی‌اهمیت بودن مصرف انرژی به‌دلیل ارزان بودن آن و عدم توجیه استفاده از رنگ‌های خنک برای مشتریان و...)

۱۱-۳-۶ پیشران‌ها و چالش‌های توسعه و تجاری‌سازی این فناوری را در کشور

پیشران‌ها و چالش‌های فنی
چالش اصلی به نظر می‌رسد تولید اقتصادی نانوذرات جهت استفاده در رنگ‌های خنک باشد.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی
آیا از نظر قیمت نسبت به محصولات مشابه توجیه دارد؟ اگر دارد چرا تا حالا شرکت‌های بزرگ برای تجاری‌سازی اقدام نکرده‌اند؟

پیشران‌ها و چالش‌های تقاضا
به نظر می‌رسد شناخت کافی از محصول در بازار وجود ندارد.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)
چالش خاصی ندارد.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)
چالش خاصی ندارد.

چالش خاصی ندارد.

۱۱-۳-۸ بازار داخلی محصولات مبتنی بر این فناوری در هر زنجیره ارزش

بله در بررسی‌های انجام شده در حوزه نانو فعالیتی در زمینه تولید این رنگ‌ها انجام نشده است. با این حال محصولاتی در خصوص عایق نانو پشت‌بام در اینترنت مشاهده می‌شود. تعدادی از این محصولات به‌صورت ملات و تعدادی از آن‌ها نیز به‌صورت پوشش شفاف و آب‌بند ارائه شده‌اند.
در سایر محصولات نیز نانو ذکر نشده است.
شرکت دیاکوپارس: رنگ عایق سفید دیوکس که به عایق سفیدبام نیز شناخته می‌شود از بهترین مواد اولیه و با تکنولوژی بالا در شرکت دیاکو پارس طراحی و فرموله شده است و در فرمولاسیون آن به خواصی چون میزان انعطاف‌پذیری در برابر کشیدگی یا خاصیت الاستیه یا کشسان، خاصیت مقاومت در برابر آب و رطوبت یا خاصیت ضدآب، میزان سفیدی که نقش مهمی در خنک نگه داشتن سقف در فصول گرم دارد و مقاومت در برابر اشعه ماوراءبنفش نور خورشید که نقش مهمی در طول عمر عایق دارد توجه ویژه می‌شود.
از ویژگی‌های مختلف آن خنک نگه‌داشتن بام در فصول گرم نیز ذکر شده است.
سایر محصولات موجود در فروشگاه‌های اینترنتی عبارت‌اند از:
عایق پشت‌بام شکیل: اگر دمای بیرون ساختمان بالا باشد، عایق پلیمری به‌دلیل رنگ سفیدی که دارد، نور کمتری جذب می‌کند و باعث کاهش دمای داخل ساختمان می‌شود اما ایزوگام‌ها به‌دلیل داشتن رنگ تیره، نور بیشتری جذب می‌کند و در شرایط مشابه، دمای داخل ساختمان بالا می‌رود. عایق‌های پلیمری بر خلاف ایزوگام‌ها با توجه به ماندگاریشان قیمت به‌صرفه‌تری دارند.
گروه صنعتی نوین شیمی گروه شکیل با شماره ثبت ۸۲۳۹۶ با پشتوانه متخصصان و تکیه بر علم روز دنیا، نیاز صنایع داخلی را سنجیده و اقدام به تولید، طراحی و عرضه محصولاتی از قبیل رنگ، چسب، فرمولاسیون مواد شیمیایی، آموزش‌های مرتبط و سایر تجهیزات موردنیاز آن‌ها نموده است. این محصولات شامل رنگ، چسب، ترکیبات شیمیایی به‌صورت ارائه محصول آماده و یا فرمولاسیون نحوه تولید آن‌هاست.
عایق سفید درجه یک کاراگستر ۲۵ کیلویی: عایق سفید کاراگستر محصول فوق درجه یک است با طول عمر بالای بیست سال و اجرای بسیار آسان کیفیت بالا یکپارچه بودن زیبایی زیاد مناسب برای تمامی سطوح عایق حرارت و رطوبت کاهش مصرف انرژی و...ویژگی‌های این محصول است. از این محصول برای نما، استخر، بام، سرویس و محیط‌های صنعتی از این محصول می‌توان استفاده کرد.

۱۱-۳-۸ فرصت‌های صادراتی برای شرکت‌های فعال ایرانی

با توجه به قرارگیری کشور ما در منطقه دارای آب‌وهوای گرم و اهمیت استفاده از رنگ‌های خنک در کاهش مصرف انرژی در فصول گرم سال، به نظر می‌رسد فرصت مناسبی برای صادرات این محصول به کشورهای همسایه وجود داشته باشد.

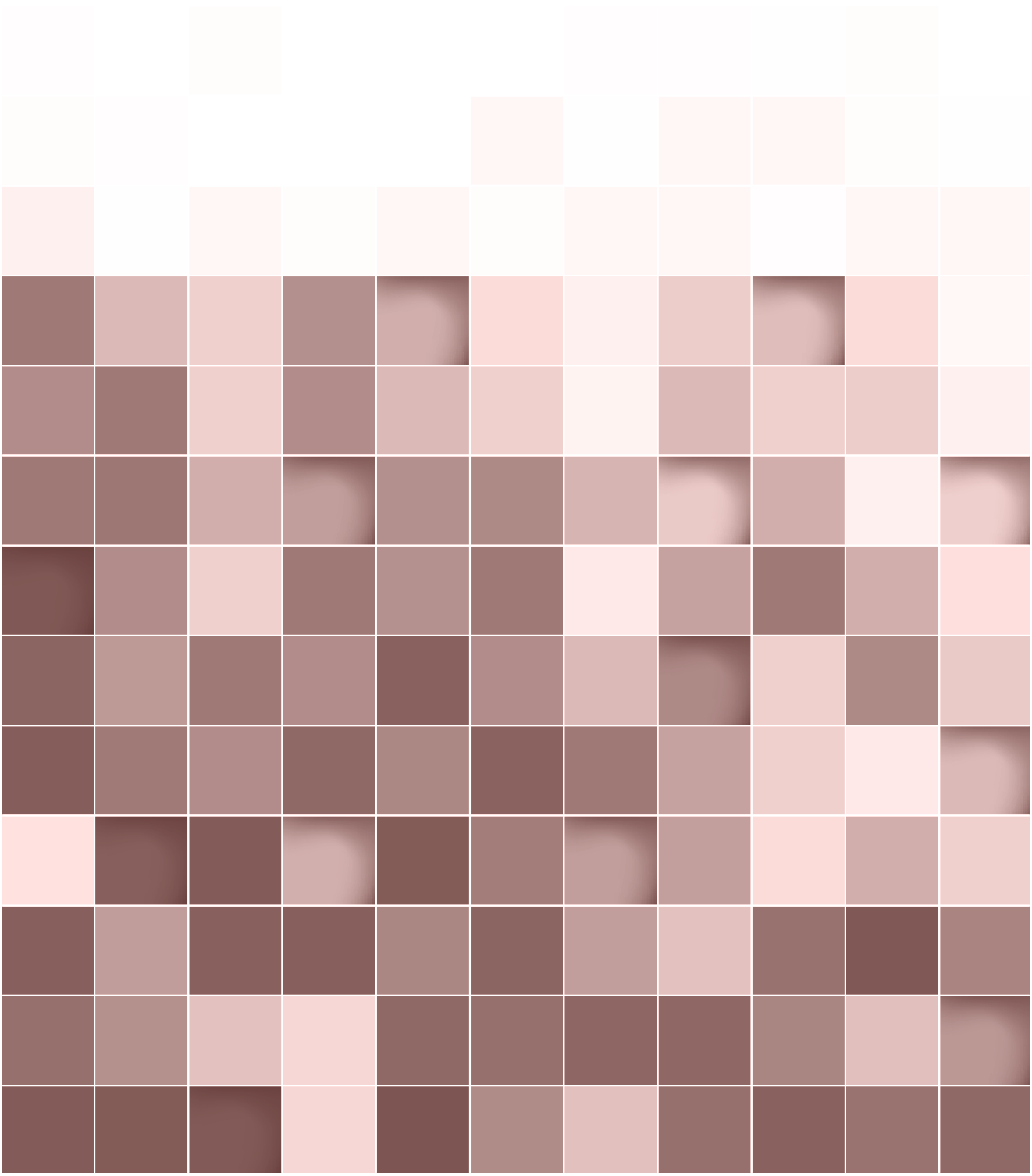
۱۱-۳-۹ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در کشور تأثیر بگذارد

مثلا در سال‌های اخیر جهت‌گیری به‌سمت پلیمرهای متخلخل است و روند تحولات انرژی در دنیا در استفاده و به‌کارگیری این محصولات تأثیرگذار است.

پی‌نوشت‌ها

۱- https://arpa-e.energy.gov/technologies/projects/passive-radiative-cooling-film
۲- https://ceramics.org/ceramic-tech-today/materials-innovations/new-reflecting-paint-achieves-full-daytime-sub-ambient-radiative-cooling
۳- https://www.parc.com/technologies/self-cooling-paint/
۴- https://www.amazon.com/Dicor-RP-IRCT-1-CoolCoat-Insulating-Coating/dp/B0778KM2Y8/ref=asc_df_B0778KM2Y8/?tag=hyprod-20&linkCode=df0&hvadid=319863728342&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=13544728460790637240&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=21176&hvtargid=pla-644044820302&psc=1
۵- https://www.zoro.com/rainguard-thermal-barrier-clear-5-gal-size-sp-2004/i/G6669457/?utm_source=google&utm_medium=surfaces&utm_campaign=shopping%20feed&utm_content=free%20google%20shopping%20clicks&gclid=EAIaIQobChMI_NWF1IHT9wIVYRLnCh2M6w6ZEAQYAiABEgKNr_D_BwE
۶- https://prosolutionsdirect.com/products/gardner-sta-kool-15-yr-turbo-dri-elastomeric-roof-coating-white?variant=38079399231641

۱۲ رنگ ضدلغزش



۱-۱۲ توصیف عمومی فناوری

۱-۱-۱۲ ویژگی مورد انتظار از فناوری (فناوری مبتنی بر این ویژگی چه کار می‌کند؟)

این پوشش‌ها و رنگ‌ها در صورت استفاده با افزایش اصطکاک سطح با سطح مقابل، مانع از سرخوردن و لغزیدن به هنگام خیس‌شدن یا آغشته‌شدن سطح با مواد صابونی و شوینده می‌شود.
فناوری به‌کار رفته در این محصولات سطحی به‌شکل طرح‌دار ولی شفاف و یا دارای نانوحفرات و یا میکروحفرات ایجاد می‌کند که به هنگام راه رفتن و تماس با سطح دیگر، سطح تماس را افزایش داده و مانع از لغزش سطوح روی هم می‌شود.
در نوع دیگر از این محصولات که دارای ذرات جامد هستند، وجود ذرات جامد منجر به افزایش اصطکاک و ایجاد خواص ضدلغزش می‌شوند.

۲-۱-۱۲ کاربردهای محتمل این ویژگی و فناوری (به‌طور خاص، در حوزه‌های ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

کاربردهای این فناوری در خصوص ایجاد سطوح ضدلغزش در کنار سایر ویژگی‌های مرتبط با سطوح مانند خواص ضدآب و لک و یا خودتمیزشونده است. در این خصوص کاربردهای آن بیشتر در حوزه ساخت‌وساز و ساختمان عبارت‌اند از:

- سطوح حمام و سرویس بهداشتی برای محافظت از کودکان و سالمندان و زنان باردار؛
- سطوح سرامیک و تراورتن در خانه و آشپزخانه؛
- سطوح بیمارستانی و مراکز نگهداری سالمندان برای محافظت از سالمندان در برابر لغزش و آسیب؛
- محیط‌های کاری دارای سطوح لغزنده مانند پارکینگ‌ها، رمپ‌های شیبدار و محیط‌های صنعتی؛
- استخرها و پارک‌های آبی برای جلوگیری از لغزش در کناره‌ها و راهروها و...؛
- تأسیسات دریایی، فراساحلی و عرشه کشتی‌ها؛
- مهدکودک‌ها.

۳-۱-۱۲ محصولات توسعه یافته یا در حال توسعه بر اساس این فناوری

- رنگ‌های ضدلغزش؛
- پوشش‌های ضدلغزش؛
- رنگ‌ها و پوشش‌های چندکاره (ضدلغزش، ضدآب و لک و روغن، ضداشعه UV و...).

۴-۱-۱۲ مزیت(های) کلیدی این فناوری (کاهش قیمت، سهولت اجرا، رفع نیازی که تاکنون برآورده نشده و...)

- ایجاد پوشش شفاف بر روی سطح؛

- عدم تغییر در ظاهر سطح و زیبایی سطح مورداستفاده؛
- دارای خواص مختلف همراه با ویژگی ضدلغزش (حذف پوشش‌های چندلایه با یک لایه)؛
- سهولت استفاده و کاربرد بر روی سطوح؛
- امکان تمیزکردن آسان و در صورت نیاز حذف آن؛
- مقاومت در برابر خراش و اشعه UV و در انواع مختلف آن مقاومت در برابر اسید و شوینده‌ها.

۱۲-۱-۵ نانوذرات بهره گرفته شده در این فناوری (از چه فناوری‌های نانویی برای تولید یا به کارگیری محصولات بهره گرفته می‌شود؟)

- نانوسیلیکا و کوانتوم دات[۱]؛
- نانو و میکرو حفرات[۲]؛
- نانولوله کربنی همراه ذرات ضدلغزش در ساختار اپوکسی ضدلغزش[۳]؛
- نانوذرات سرامیکی[۴]؛
- ذرات اکسید آلومنیوم[۵]؛
- ساختار میکروسکوپی طرح‌دار ضدلغزش[۶]؛
- پوشش‌های بر پایهٔ سیلان‌ها و سیلوکسان‌ها؛
- گرافن لایه‌ای در پلیمر PU[۷]؛
- واکنش شیمیایی که منجر به ایجاد طرح هایی روی سطح شده و ساختار ضدلغزش می‌شود.

۱۲-۱-۶ زنجیره ارزش کاربردهای مبتنی بر این فناوری (از تولید نانوذرات اولیه تا تولید محصول میانی تا تولید محصول نهایی و به کارگیری محصول)

زنجیره ارزش کاربردهای این فناوری شامل موارد کلی زیر است:

- تولید نانوذرات؛
- تولید مواد تولیدکننده حباب و یا الگو؛
- تهیه پلیمرهای مربوطه به‌شکل پوشش یا رنگ.

۱۲-۱-۷ فناوری‌های رقیب (از چه شیوه‌های دیگری برای رفع نیاز مرتبط با این فناوری بهره گرفته می‌شود؟)

- برچسب‌ها و نوارچسب‌های ایمنی بر روی سطوح برای افزایش اصطکاک سطح که بیشتر در محیط‌های صنعتی و یا محیط‌های دارای ترافیک رفت‌وآمد افراد استفاده می‌شود. در صورت افتادن فرد امکان صدمه به پوست دست و پا وجود دارد.
- استفاده از مت‌های ضدلغزش: مت‌های دارای طرح‌های با منافذ منظم برای پوشاندن کف سرویس بهداشتی یا حمام استفاده می‌شوند. کاربرد این مت‌ها در محیط‌های آبی مانند حمام به سبب کاهش عمر آن‌ها محدود است. همچنین امکان نظافت و تمیزکردن نیز سخت است. تولید باکتری و تجمع مواد ناخواسته و جرم در شبکه‌های مت از معایب استفاده از این روش است.
- اپوکسی‌های حاوی ذرات پولکی: استفاده از این اپوکسی‌ها به سبب ایجاد سطح زبر و مقرون‌به‌صرفه بودن در اماکن عمومی و محیط‌های صنعتی رواج دارد. این پوشش‌ها به سبب استفاده از ذرات مانع سایش، ظاهر سطح را به‌طور کلی عوض کرده و سطح جدید ایجاد می‌کند. تغییرات ایجاد شده دائمی بوده و قابل‌برگشت نیست.
- استفاده از اسید هیدروفلوریک بر روی سطوح گرانیت و مرمر برای اچ‌کردن سطح و ایجاد سطح مات و ضدلغزش. در این روش سطح براق و اولیه موزاییک یا سرامیک یا کاشی به‌طور کلی فدا شده و سطح مات و خش‌دار به سبب تأثیر اسید و خورندگی سطحی آن به‌وجود می‌آید.

۱۲-۱-۸ فناوری‌های مکمل (برای توسعه محصولات در هر یک از کاربردهای ذکر شده، به چه فناوری‌های دیگری نیاز وجود دارد؟)

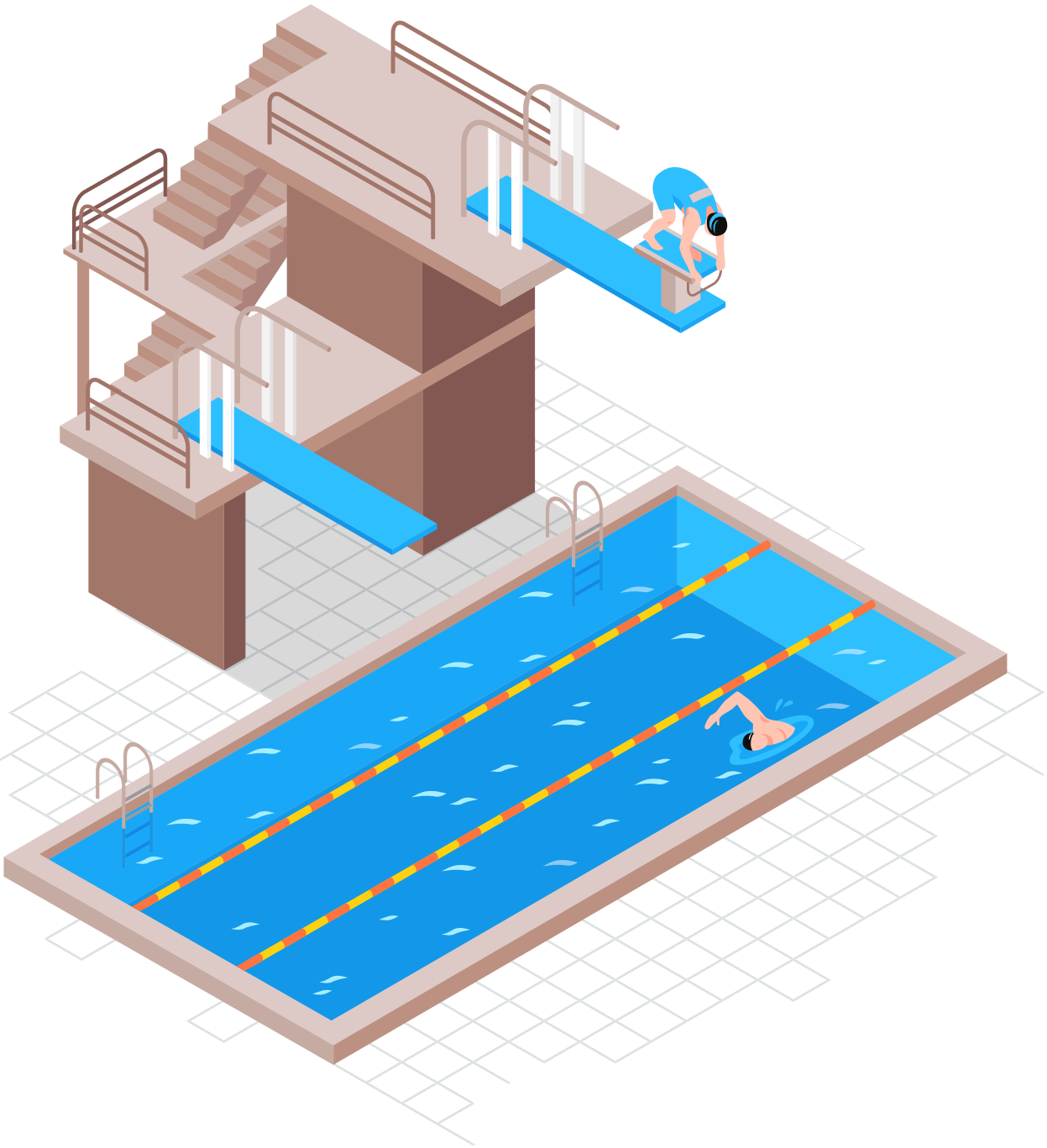
در حال تکمیل است.

۱۲-۱-۹ فرصت‌های تحقیقاتی که امکان دارد براثر فعالیت در این زمینه پدید آید. (آیا فعالیت در این زمینه فرصت‌های تحقیقاتی را در حوزه‌های مرتبط پدید می‌آورد یا این اثر/فناوری نسبتاً منزوی است؟)

فناوری پوشش‌های ضدلغزش به تنهایی مورداستفاده قرار نمی‌گیرد. معمولاً پوشش‌های مربوطه دارای خواص مختلفی مانند ضدآب، لک، روغن و ضداشعه UV و در بعضی از کاربردها ضدخوردگی است. تحقیقات در این حوزه همراه با آشنایی با توسعه پوشش‌های فوق منجر به ایجاد دامنه وسیعی از کاربردهای پوشش‌ها برای مکان‌های مختلف صنعتی و خانگی می‌شود.

۱۲-۱-۱۰ اهمیت فعالیت در این زمینه از نظر اجتماعی یا راهبردی (آیا این اثر/فناوری به حل یا کاهش شدت یک مسئله اجتماعی، محیط‌زیستی یا سیاسی کمک می‌کند؟)

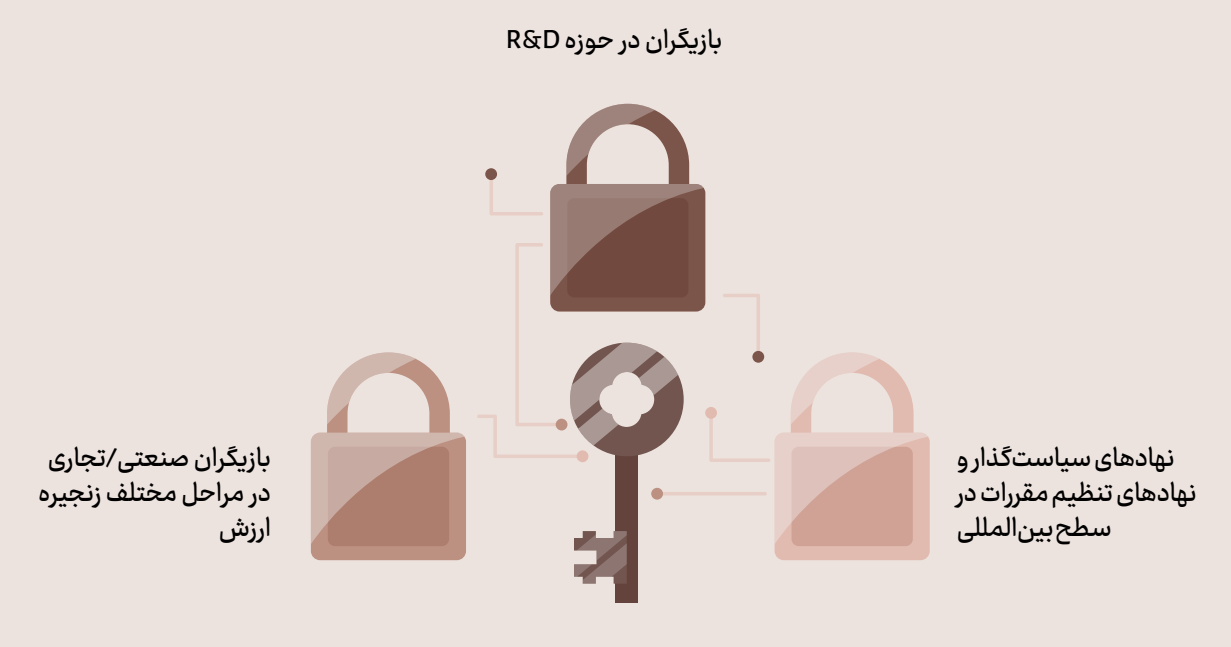
سالانه تعداد زیادی از آسیب‌های بدنی ناشی از لغزش و سرخوردن افراد منجر به شکستگی و در شرایط بد منجر به سکته یا مرگ فرد می‌شود. به‌طور کلی حمایت و نگهداری از سالمندان، افراد سالخورده، بزرگسال و زنان باردار در منزل و یا محیط‌های اشتراکی دارای اهمیت و از مسئولیت‌های اجتماعی است. در محیط‌های کاری نیز حفاظت از افراد و ایمنی افراد در محیط کاری دارای اهمیت و جزو مسئولیت‌های اجتماعی شرکت‌ها و کارفرمایان است. استفاده از این محصولات در جهت کاهش آسیب‌های وارده به افراد دارای اهمیت بوده و منجر به بهبود شرایط زندگی و کاری افراد می‌شود.



استفاده از این فناوری در استخرها و پارک‌های آبی برای جلوگیری از لغزش در کناره‌ها و راه‌روها

۱۲-۲ تحلیل بین‌المللی

۱۲-۲-۱ بازیگران کلیدی فعال در این فناوری



بر اساس گزارش‌های تحلیل بازار منتشر شده تعدادی از بازیگران اصلی تولید پوشش‌های ضدلغزش (نانویی و غیرنانویی) عبارت‌اند از[۸]:

Dow Dupont, 3M, skidproof ltd (uk), Axalta coating system, hempel A/S, Sherwin wiliams, Amesteps products, Randolph product, anti slip anywhere, Safemate anti slip pvt, industrial applications inc, Halu surface internationals, North central electrics, Paramelt RMC, Wooster products, Tesoplas, American safety technologies

چندین شرکت در حوزه تولید و عرضه رنگ‌ها و پوشش‌های ضدلغزش در دنیا فعال هستند:

شرکت تسلانانو:

این شرکت با همکاری دو شرکت دیگر برای توسعه پوشش‌های ضدخوردگی و ضدلغزش برای روکش تأسیسات فراساحلی، یک محصول خود را که بر پایهٔ نانولوله کربنی و ذرات فداشونده روی است با ذرات ضدلغزش مخلوط و بهینه کرده است. این محصول با نام رنگ نانویی ضدلغزش ۱۱۰۵ شناخته می‌شود. این محصول الزامات استاندارد خوردگی ISO12944 را برآورده کرده است.[۹]

گروه Walkway Management:

محصول BOOST™ MAX Slip Resistant Nano Sealant یک سیلانت یا آب‌بند دارای ذرات سرامیکی نانویی است.

این محصول برای بازسازی سطح و کف ارائه شده است و خواص ضدلغزش مطابق با استاندارد ANSI A326.3[۱۰] با مقاومت به لغزش DCOF +0.50 را ارائه می‌کند. فناوری به کار رفته در این پوشش سبب وجود ۱۲میلیون ذره سرامیکی در یک فوت مربع می‌شود که در یک بستر پلیمری نرم معلق هستند. در هنگام استفاده، لایه سرامیکی شفاف به‌وجود می‌آید که دارای خواص ضدآب، لک و لغزش است.[۱۱]

شرکت Nano-G:

این شرکت در حوزه راه‌حل‌های ضدآب و ضدلغزش فعال است. این شرکت در مالزی پروژه‌های بسیار زیادی در خصوص ضدآب‌کردن سطح در بیش از ۱۰۰۰ خانه اجرا کرده است. محصول این شرکت پوشش شفاف خودتمیزشونده با خواص ضدآب ولک است که در نوع ضدلغزش آن، خواص ضدآب و ضدلغزش با سختی بالا را دارد. پوشش‌های ضدلغزش این شرکت دارای ساختار دانه‌ای grainy texture منجر به کاهش حوادث لغزش به ۱ در میلیون شده است. این پوشش یک ساختار میکروسکوپی طرح‌دار (الگوی میکروسکوپی) که به‌صورت نامرئی است، ایجاد می‌کند. این امر منجر به کاهش لغزش بر روی سطح بدون تأثیر در ظاهر سطح می‌شود.[۱۲]

شرکت national sealing co[۱۳]:

این شرکت تولیدکننده پوشش‌های ضدلغزش است و دو نوع محصول در این حوزه دارد که یک نوع مربوط به آب‌بند ضدلغزش است که تنها ۱ سال دوام داشته و از نظر هزینه دوباره اعمال‌کردن آن مق رون‌به‌صرفه نیست. نوع دیگر پوشش این شرکت یک پوشش ۳ جزئی همراه با فناوری Nano Beads است که یک پوشش با دوام با طول عمر بالا حدودا ۳ تا ۵ برابر نسبت به پوشش‌های متداول به‌وجود می‌آورد. متأسفانه اطلاعاتی در مورد فناوری NanoBead در وب‌سایت شرکت موجود نیست. این محصولات برای ضدلغزش‌کردن تراورتن و سنگ مرمر، آهک و بتن‌های استامپ است. این شرکت در نقاط مختلف آمریکا به‌صورت حضوری فرایند پوشش‌دهی را انجام می‌دهد. توصیه به استفاده از پوشش دائمی ۳ جزئی با نانوبید نسبت به آب‌بندها توسط این شرکت صورت می‌گیرد.

محصول NANOSIGN® ANTISLIP PU[۱۴] از شرکت Nanosign یک پوشش شفاف یا مات به‌صورت تک‌لایه است که از ساختار دوجزئی بر پایهٔ پلی‌یورتان همراه با نانوفناوری (سیلان با افزودنی‌های UV) تشکیل شده است. این محصول ویژگی ضدلغزش به کف و سطوح لغزنده را می‌دهد. این محصول دارای مقدار زیادی ماده جامد است. بعد از اعمال این پوشش می‌تواند پس از مدت زمان کوتاهی بر روی آن راه رفت.
در محصول NANOSIGN® ANTISLIP GLASS BEADS از ذرات سخت شیشه سیلیکات پتاسیم به‌عنوان افزودنی برای افزایش زبری سطح و افزایش مقاومت به



شکل ۱۲-۱ محصول ضدلغزش شرکت Nanosign

سایش استفاده شده است.[۱۵]

شرکت Nanoconcep

محصولی به‌صورت پوشش با نام NanoGrip ارائه کرده است که با واکنش شیمیایی با سطح به‌صورت میکروسکوپی تغییراتی در صافی سطح می‌دهد و الگوهای ایجاد شده توسط آن بر روی سطح منجر به افزایش اصطکاک و عدم لغزش می‌شود. این محصول کاملاً بی‌رنگ بوده و ظاهر سطح را به هیچ وجه تغییر نمی‌دهد.[۱۶] این محصول هیچ پوششی ایجاد نمی‌کند و بنابراین از بین نمی‌رود بلکه با واکنش شیمیایی خود سطح را به ضدلغزش تبدیل می‌کند. این اثر تا دوسال گارانتی دارد و هیچ تغییری در ظاهر و کارکرد آن بوجود نمی‌آورد.

شرکت YHH Plus Enterprise[۱۷]

محصول ضدلغزش بر پایهٔ تولید نانوحفرات در سطح تولید کرده است. این محصول نانوحفرات بیشماری در سطح تولید می‌کند که این نانوحفرات ضریب اصطکاک را افزایش می‌دهد و تغییری در ظاهر و سطح ایجاد نمی‌کند. عامل تولید حفرات به‌صورت لایه جدا نیست و در نتیجه با شست‌وشو و تمیزکاری از بین نمی‌رود.

۱۲-۲-۲ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار

سطح آمادگی فناوری با توجه به تنوع تولید شده توسط شرکت‌ها در حد بالا TRL=9 است. بازار این محصولات در حال گسترش بوده ولی به‌طور کامل جایگزین روش‌های دیگر نشده است. با توجه به نیاز کنونی بازار، راه‌حل‌هایی در خصوص این فناوری برای بازار در نظر گرفته شده و مشابه آمادگی فناوری سطح آمادگی بازار نیز در دامنه MRL=9 را دارد.

۱۲-۲-۳ موقعیت فناوری در چرخه عمر

چرخه عمر فناوری در مرحله پیش از بلوغ یعنی ایجاد راه‌حل و گسترش است.



۱۲-۲-۴ مهم ترین پیشران‌ها و چالش‌های پیش روی فناوری

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

یکی از پیشران‌های فنی این محصولات افزایش محل‌های موردنیاز برای جلوگیری از لغزش و عدم کارایی سایر محصولات و معایب مربوط به آن‌هاست. به‌عنوان مثال استفاده از مت‌ها با توجه به فضا، محدودیت و عدم راحتی تردد را دارد. همچنین در محیط‌های در تماس با آب سایر روش‌ها مانند برچسب امکان‌پذیر نیست. همچنین استفاده از گرانول و ذرات ایجادکننده اصطکاک تنها در محل‌های عمومی و رفت‌وآمد افراد در بیرون و نه در فضای داخلی ساختمان است. بنابراین نیاز به محصولی که کمترین تغییر در سطح و ویژگی سطح را بدهد، بیشتر می‌شود.

از چالش‌های فنی این محصولات طول عمر و دوام آن‌هاست. همچنین دوام در برابر شوینده‌ها و سیکل‌های رطوبتی و حرارتی نیز باید بیشتر شود. پنل‌های ضدلغزش FRP و برچسب‌های ضدلغزش نیز به‌عنوان یک رقیب تهدیدکننده رشد پوشش‌های ضدلغزش است.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

به سبب هزینه‌های مادی مربوط به خطر افتادن سلامتی افراد در اثر افتادن و شکستگی و هزینه‌های مادی مربوط به درمان، همچنین هزینه استفاده و تعویض سایر روش‌های ضدلغزش، روش مبتنی بر پوشش‌های ضدلغزش به‌صرفه‌تر است و این پیشران اقتصادی خوبی در این زمینه است. همچنین نیاز به بهینه‌کردن شرایط زندگی در ساختمان‌ها و همچنین شرایط کاری در صنعت دریایی از پیشران‌های استفاده از این فناوری در این بخش‌هاست.

چالش‌های قیمت و هزینه‌های مربوط به پوشش‌های با طول عمر بالا به‌عنوان بازدارنده استفاده از این پوشش‌ها مطرح است.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

یکی از چالش‌های ایمنی و سلامت، محدودیت روزافزون استفاده از مواد فرار آلی VOC در پوشش‌ها و رنگ‌ها در آینده است. قوانین محدودکننده جدید نیز در استفاده از هر نوع پوششی می‌تواند منجر به کندشدن روند استفاده از این محصول شود.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

یکی از پیشران‌های حقوقی در این زمینه تأمین سلامتی کارکنان و افراد در مراکز صنعتی و یا تجاری است که بر عهده صاحبان کسب‌وکار بوده و استفاده از این پوشش‌ها منجر

به کاهش آسیب‌های این زمینه می‌شود. برآورد شده است در سرتاسر جهان ۲٫۳میلیون اتفاق منجر به آسیب در محل کار که ۸۰درصد آن ناشی از لیزخوردن، لغزش است اتفاق می‌افتد. در خصوص افراد سالخورده نیز پیشران اجتماعی و اخلاقی کاهش هزینه‌های درمان مربوط به لیزخوردن و شکستگی استخوان یا حتی کاهش مرگ‌ومیر در افراد ناتوان و سالخورده وجود دارد. با کاهش رشد جمعیت و افزایش افراد سالخورده این امر دارای اهمیت بالایی در محل نگهداری یا منزل افراد سالخورده و یا بیمار است.
استانداردهای مربوط به سلامتی و ایمنی در محیط کاری نیز به‌عنوان مشوق‌های حقوقی و اجتماعی برای استفاده از این پوشش‌ها برای بهبود شرایط محیط کاری در نظر گرفته می‌شوند.

۱۲-۲-۵ اطلاعات موجود درباره تحلیل بازار در سطح جهانی

طبق چکیده گزارش‌های تحلیل بازار پیش‌بینی می‌شود پوشش‌های ضدلغزش (نانویی و غیرنانویی) تا انتهای ۲۰۲۱، بازاری حدود ۱۱۸میلیون دلار داشته باشد و تا ۲۰۲۷ به میزان ۱۶۱میلیون دلار با رشد سالانه ۸درصد برسد.[۱۸]
بر طبق گزارش دیگر انتظار می‌رود بازار این محصولات تا ۲۰۳۰ به میزان رشد سالانه ۸درصد تا ۲۴۲میلیون دلار برسد.[۱۹]

تعدادی از محصولات موجود در اینترنت عبارت‌اند از:

Nanotech Anti-Slip Coating – 1 Gallon

- Price Each: $ 149.55[۲۰]

SlipDoctors Deck Grip S-CT-DECKGRP1G 1 Gallon

- $144.99/Each[۲۱]

Trip Guard – Clear Anti Slip – Non Skid – Safety Tile and Floor Treatment – Multi-Surface Textured Coating for Stairs, Floors, Walkways & Concrete – Prevents Slip and Fall Accidents

- 1 Gallon 130$[۲۲]

۱۲-۲-۶ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در دنیا تأثیر بگذارد

در سال‌های اخیر اهمیت بالابردن ایمنی و سلامت افراد در محل زندگی و محل کار منجر به افزایش استفاده از محصولات ضدلغزش شده است. به سبب استفاده آسان از این محصولات و دوام و طولانی بودن استفاده از آن‌ها روند استفاده از این محصولات افزایش داشته است. به نظر می‌رسد از آنجایی که این پوشش‌ها کمترین میزان تغییر در زیبایی و ظاهر سطح را نسبت به سایر روش‌های ضدلغزش دارند، استفاده از آن‌ها در آینده بیشتر شود. با این حال در صورتی که چالش‌های فنی مربوط به این فناوری رفع نشود، سایر فناوری‌های رقیب می‌توانند بازار این محصولات را در دست بگیرند.



استفاده در مراکز نگهداری سالمندان برای محافظت از سالمندان در برابر لغزش و آسیب

۱۲-۳ تحلیل داخلی

۱۲-۳-۱ فعالیت‌های انجام گرفته در کشور

فعالیت‌های تحقیقاتی (چه تیم‌هایی در کدام نهادها در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ چه مقالاتی در این زمینه منتشر شده است؟ چه پایان‌نامه‌هایی نگارش شده است؟)

بخشی از تحقیقات صورت گرفته در کشور در جدول ۱۲-۱ ذکر شده است.

جدول ۱۲-۱ نمایی از فعالیت‌های تحقیقاتی در زمینه رنگ و پوشش‌های ضدلغزش

ردیف	نگارندگان	دانشگاه/ مؤسسه	نوع تحقیق	عنوان تحقیق
۱	محمد رضوانی، طاهر ربیع‌زاده	دانشگاه تبریز، دانشکده مهندسی مکانیک	پایان‌نامه	بررسی اثر افزودنی‌های BaO و CaO در خواص ضدلغزشی لعاب سیستم SiO_2-Al_2O_3-B_2O_3-K_2O-Na_2O مورداستفاده در کاشی کف
۲	سید آرمان رضوانی			ساخت سطوح ضدلغزش anti-slip و کاربرد آن در سنگ فرش‌های مخصوص نابینایان
۳	الهه هادی‌زاده استاد راهنما: سیدمجتبی میرعابدینی	پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، دانشکده علوم		بهینه‌سازی مقاومت در برابر سُرخوردگی و جذب آلودگی رنگ‌های ترافیکی با استفاده از اگریگیت‌ها و نانوذرات سیلیکا و مواد افزودنی
۴	مسعود صلواتی	دانشگاه کاشان، دانشکده شیمی		

فعالیت‌های توسعه محصول و تجاری‌سازی (آیا نمونه‌سازی انجام گرفته است؟ چه شرکت‌هایی برای توسعه محصول در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ آیا محصولی مبتنی بر این فناوری در بازار به فروش می‌رسد؟ آیا شرکت‌های صنعتی بزرگ در این زمینه فعالیت می‌کنند؟ آیا شرکت‌های واردکننده در این زمینه فعالیت می‌کنند؟)

محصولات مربوط به خواص ضدلغزش در جستجوهای اینترنتی بیشتر کف‌پوش‌های اپوکسی یا پلاستیکی هستند. این کف پوش‌ها معمولاً دو جزئی بوده و پس از مخلوط‌کردن باید اعمال شوند. این کف‌پوش‌ها معمولاً دارای ذرات ریز مانند کوارتز، پلاستیک، اکسید آلومینوم هستند که سطح زبری را ایجاد می‌کنند. کف‌پوش‌های اپوکسی ضدلغزش یا مقاوم در برابر لغزش، کف‌پوش‌هایی هستند که با داشتن ناهمواری‌های ریز و کوچک بر روی سطح خود و ایجاد کشش مثبت، احتمال لیز خوردن افراد یا اجسام را کاهش می‌دهند. بعضی از صنایع هنگام انتخاب پوشش‌های کف باید به مقاومت کف‌پوش در برابر لغزش توجه کنند.[۲۳]

فعالیت‌های سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری

فعالیت خاصی صورت نگرفته است.

۱۲-۳-۲ کاربردهای احتمالی محصولات مبتنی بر این فناوری در کشور (خصوصا کاربردهای مرتبط با سه حوزه ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

پوشش‌ها و رنگ‌های ضدلغزش عموماً در دو بخش خانگی و صنعتی کاربرد دارند. در محیط‌های خانگی در معرض آب مانند آشپزخانه، سرویس بهداشتی و... و در محیط‌های صنعتی مانند عرشه کشتی‌ها، تأسیسات فراساحلی، سالن‌های ورزشی و یا سالن‌های صنعتی در معرض آب و روغن به‌کار می‌روند.

۱۲-۳-۳ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار در کشور

هم‌اکنون محصولات پوشش بر پایهٔ نانو توسط یک شرکت تولید می‌شود که از نظر سطح فناوری برای کاربردهای خانگی و محدود TRL=9 را دارد. از نظر بازار به‌علت وجود راه‌حل‌های مختلف بر پایهٔ اپوکسی و برچسب‌ها و... هنوز پوشش‌های نانویی نتوانسته جایگزین این موارد در کاربردهای مختلف شود و آمادگی بازار MRL=7 را دارد.

۱۲-۳-۴ وضعیت فناوری‌های رقیب و مکمل در کشور در هر یک از کاربردهای احتمالی

هم‌اکنون مهم‌ترین رقیب پوشش‌ها و رنگ‌های نانویی در این زمینه اپوکسی‌های دوجزئی حاوی ذرات ریز یا فناوری پوست پرتقالی‌کردن سطح اپوکسی هستند. چسب‌ها و نوارهای ضدلغزش و اپوکسی‌های لایه‌ای حاوی ذرات سیلیس نیز در بسیاری از مکان‌ها استفاده می‌شوند.

۱۲-۳-۵ میزان سرمایه‌گذاری موردنیاز برای توسعه این فناوری تا سطح نمونه‌سازی (TRL۶) و همچنین، برای تولید در مقیاس وسیع (TRL۸) به‌صورت تخمینی

در یک نمونه از اعلام نیاز به سرمایه‌گذاری برای محصول نانوپوشش ایستای یک شرکت ایرانی، میزان سرمایه‌گذاری برای تجاری‌سازی در حالی که نمونه صنعتی آن تولید شده است ۵میلیارد تومان اعلام شده است. با این حال زمان اعلام نیاز به سرمایه‌گذاری در این سایت مشخص نیست.[۲۴]



۱۲-۳-۶ زیرساخت‌ها و منابع لازم برای توسعه فناوری، توسعه محصول و تجاری‌سازی در کشور

- منابع انسانی؛
- زیرساخت آزمایشگاهی و نمونه‌سازی؛
- زیرساخت تولید؛
- آزمایشگاه مرجع؛
- منابع مالی؛
- توانمندی‌های حفاظت از دارایی فکری؛
- زیرساخت‌های بازاریابی، توزیع، فروش و خدمات پس از فروش.

به نظر می‌رسد با توجه به وجود زیرساخت‌های ساخت رنگ و پوشش، وجود پژوهشگاه‌های پلیمر و رنگ و سایر رشته‌های مرتبط و وجود منابع انسانی متخصص از این جهت بستر لازم فراهم است. با این حال در زمینه تولید محصولات مرتبط با محیط‌های مختلف هنوز کمبود وجود دارد و نیازمند مهندسی و ساخت پوشش‌های متفاوت هستیم. در خصوص بازاریابی نیز باید به‌صورت تخصصی عمل شود تا مکان‌هایی که امکان استفاده از این فناوری را دارند، با آن آشنا شوند.

۱۲-۳-۷ پیشران‌ها و چالش‌های توسعه و تجاری‌سازی این فناوری در کشور

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

استفاده در مکان‌هایی که نیاز به فناوری افزایش اصطکاک بدون تغییر در ظاهر سطح وجود دارد، پیشران فنی استفاده از این فناوری خواهد بود. در واقع خلأ نبود محصول برای استفاده در مکان‌هایی مانند حمام، آشپزخانه، خانه سالمندان، استخرها، خانه بازی و پارک‌های آبی و... باید پر شود.

از نظر فنی دوام و کارایی این پوشش‌ها پس از گذر زمان و در معرض شوینده‌ها باید اثبات شده و تضمین شود. یکی از چالش‌های فنی این حوزه دوام در برابر سیکل‌های حرارتی و شوینده‌ها و کارایی آن‌ها در گذر زمان است. استفاده از سایر فناوری‌ها رقیبی برای این فناوری است.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

مهم‌ترین چالش اقتصادی این محصولات قیمت بالای آن‌هاست. در صورتی که قیمت کاهش یابد، مصرف و کاربردهای آن افزایش خواهد یافت. قیمت نمونه‌های داخلی در یک مورد نسبت به نمونه خارجی ده برابر گران‌تر و در مقایسه با یک نمونه دیگر نزدیک ولی باز هم گران‌تر است. در صورت تولید به‌صورت حجیم و عرضه کیلویی به بازار، قیمت کاهش خواهد یافت.

پیشران‌ها و چالش‌های تقاضا

به نظر می‌رسد نیاز به استفاده از این محصولات به‌ویژه در زمینه ایمنی سالمندان و یا کارکنان در کشور هنوز حس نمی‌شود. در صورت نیاز در بخش صنعتی از راهکارهای چسب و اپوکسی و... استفاده می‌شود. بنابراین در بخش خانگی و بیمارستانی و یا صنعتی در حوزه دریایی باید بازاریابی و تحریک تقاضا صورت گیرد.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

در بخش بین‌الملل توضیح داده شده است.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

مشابه بخش بین‌الملل با این تفاوت که ممکن است در کشور استانداردهای ایمنی محل کار و خانه به‌صورت واضح در مورد خطرات لغزش افراد و آسیب‌های آن توضیحی داده نشده باشد.

۱۲-۳-۸ بازار داخلی محصولات مبتنی بر این فناوری در هر زنجیره ارزش

اطلاعات در حال تکمیل است.

۱۲-۳-۹ فرصت‌های صادراتی برای شرکت‌های فعال ایرانی

از نظر صادراتی باید هزینه تمام شده محصول نسبت به رقبای خارجی قابل‌رقابت باشد. همچنین از نظر کیفیت تمامی آزمون‌های مشابه نمونه‌های خارجی را با موفقیت برآورده کرده باشد.

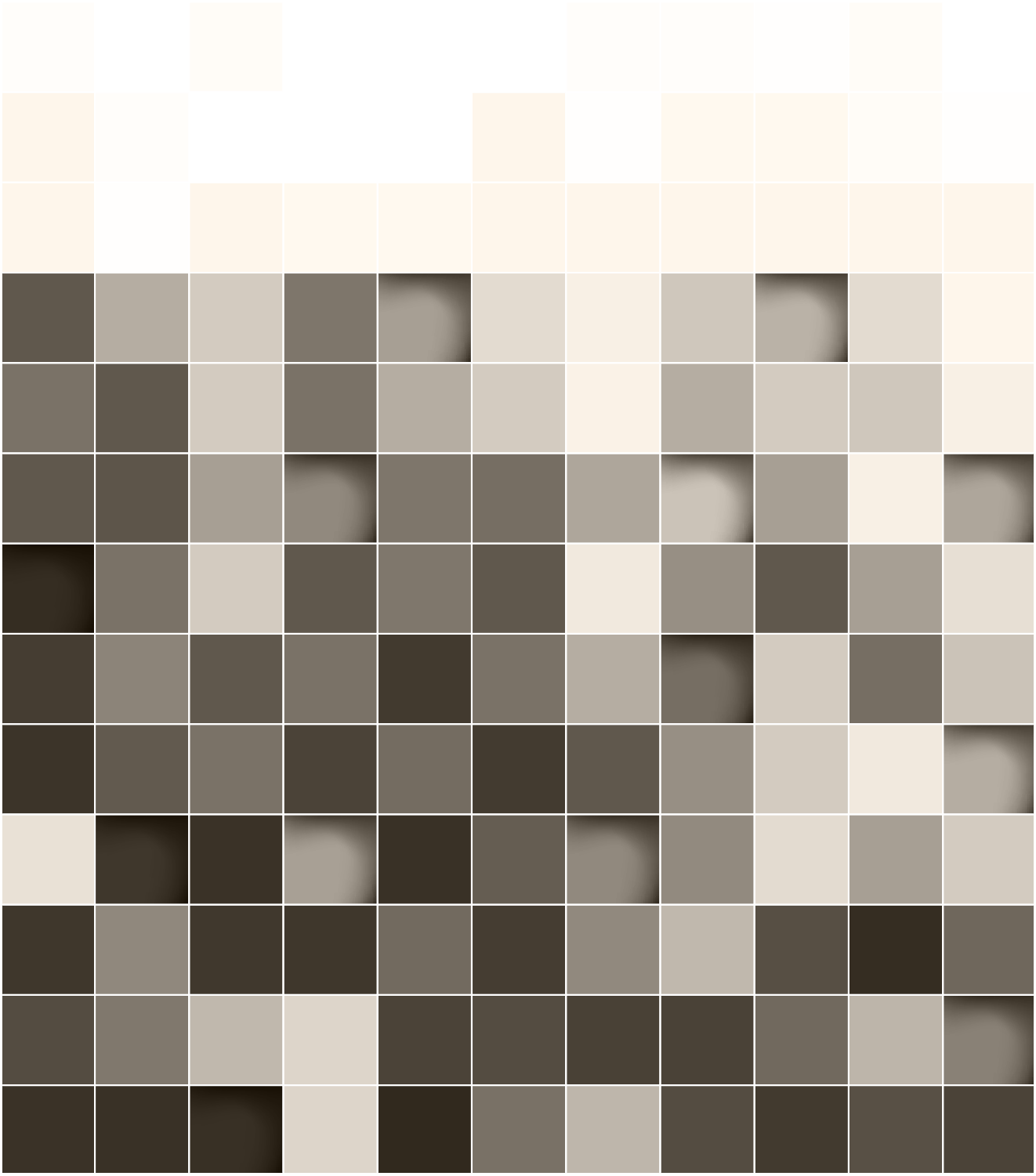
۱۲-۳-۱۰ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در کشور تأثیر بگذارد

اطلاعات دقیق از میزان مصرف این مواد در کشور وجود ندارد، با این حال به نظر می‌رسد مصرف زیادی نداشته باشد. در صورت پیروی از الگوهای جهانی و آشنایی بیشتر عموم با این فناوری، می‌توان پیش‌بینی کرد در آینده مصرف این محصولات در کشور نیز افزایش داشته باشد.

پی‌نوشت‌ها

۱- (EP37787-87) Paint composition for producing an environmentally-friendly coating with rough surface and high slip resistance,
۲- https://www.garageflooringllc.com/nanotech-anti-slip-coating/
۳- https://teslanano.com/2021/nano-non-skid-coating-for-offshore-environments/
۴- https://www.walkwaymg.com/pages/boostmax
۵- https://www.iguanagrip.com/anti-slip-coating.html
۶- https://nanoconcepts.net/non-slip-floor-services/
۷- https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359836821001207
۸- https://www.marketdataforecast.com/market-reports/anti-slip-coating-market
۹- www.teslanano.com/products
۱۰- NSI A326.3 American National Standard Test Method for Measuring Dynamic Coefficient of Friction of Hard Surface Flooring Materials
۱۱- https://www.walkwaymg.com/pages/boostmax
۱۲- https://nanog.com.my/article/everything-you-need-to-know-about-anti-slip-coatings/
۱۳- https://www.nationalsealing.com/nano-beads/
۱۴- https://www.prochemko.eu/product/nanosign-antislip-pu
۱۵- https://www.prochemko.eu/static/datasheet_nanosign_antislip_glasparel_en.pdf
۱۶- https://nanoconcepts.net/non-slip-floor-services/
۱۷- https://antislipsolution.sg/#AboutUs
۱۸- https://www.marketdataforecast.com/market-reports/anti-slip-coating-market
۱۹- https://www.reportsanddata.com/report-detail/anti-slip-coating-market
۲۰- https://www.garageflooringllc.com/nanotech-anti-slip-coating/
۲۱- https://www.webstaurantstore.com/slipdoctors-deck-grip-s-ct-deckgrp1g-1-gallon-clear-indoor-outdoor-non-slip-sealer-for-concrete/844SCTDECK1GGRP.html
۲۲- https://www.amazon.com/Slip-Guard-Treatment-Multi-Surface-Environmentally/dp/B07JVBVCF4
۲۳- https://www.basapolymer.com/blog/detail/%D9%8EAntislip-flooring/9151/view/
۲۴- https://kariz.net -/product006/

۱۳ رنگ خورشیدی



۱-۱۳ توصیف عمومی فناوری

۱-۱-۱۳ ویژگی مورد انتظار از فناوری (فناوری مبتنی بر این ویژگی چه کار می‌کند؟)

فناوری رنگ خورشیدی[1] مانند فناوری سلول‌های خورشیدی و پنل‌های خورشیدی برای تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی به‌کار می‌رود. این فناوری مبتنی بر رنگ به‌صورت مایع با خواص فوتوولتاییک است. عملکرد فوتوولتاییک این رنگ‌ها از ذرات مخلوط شده با این رنگ‌ها به‌دست خواهد آمد. به نظر می‌رسد این فناوری در مرحله ایده‌پردازی و تولید نمونه‌های اولیه تحقیقاتی است.

۲-۱-۱۳ کاربردهای محتمل این ویژگی و فناوری (به‌طور خاص، در حوزه‌های ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

از آنجایی که این فناوری هنوز در مراحل اولیه توسعه و ایده‌محوری است، کاربردهای آن نیز ناشناخته و به‌صورت گمان خواهد بود.

- کاربرد در ساختمان و پشت‌بام سازه‌های بزرگ و وسیع به‌عنوان تولیدکننده انرژی الکتریسیته از نور خورشید برای مصارف خانگی و توان پایین؛
- کاربرد در شیشه‌های ساختمان و ابنیه به‌صورت لایه نازک شفاف تولیدکننده انرژی الکتریسیته؛
- کاربرد در رنگ‌آمیزی بدنه کشتی‌ها و ارتفاعات برای تولید انرژی الکتریسیته در دریا و از نور منعکس شده از آب دریا؛
- کاربرد در صنعت خودرو به‌عنوان عامل تولید قدرت در خودروهای هیبریدی و برقی به‌عنوان رنگ بدنه.

۳-۱-۱۳ محصولات توسعه یافته یا در حال توسعه بر اساس این فناوری

رنگ‌های خورشیدی و تولیدکننده هیدروژنی و فیلم‌های نازک شفاف خورشیدی در حال توسعه هستند.

۴-۱-۱۳ مزیت(های) کلیدی این فناوری (کاهش قیمت، سهولت اجرا، رفع نیازی که تاکنون برآورده نشده و...)

مزیت‌های کلیدی این فناوری غلبه بر محدودیت‌ها و تهدیدات مرتبط با فناوری‌های کنونی مانند سلول‌های خورشیدی است:

- عدم نیاز به استفاده از سیلیکون و مس به‌عنوان اجزای اصلی و تهدید کم‌شدن منابع Si و Cu که به‌طور وسیع در سلول‌های خورشیدی استفاده می‌شوند؛
- امکان استفاده در مکان‌ها و سقف خانه‌هایی که مناسب استفاده از سلول‌های خورشیدی نیستند؛
- عدم جاگیرشدن و اشغال فضای سطح به سبب قابلیت اسپری رنگ و لایه نازک بودن آن؛
- امکان رنگ‌آمیزی تمامی سطوح افقی، عمودی، مورب و پیچیده که امکان استفاده از سلول‌های خورشیدی در این سطوح نیست.

۱۳-۱-۵ نانوذرات بهره گرفته شده در این فناوری (از چه فناوری‌های نانویی برای تولید یا به کارگیری محصولات بهره گرفته می‌شود؟)

سلول‌های خورشیدی بر پایهٔ کوانتوم‌دات‌ها (رنگ‌های فوتوولتاییک):

سلول‌های خورشیدی قابل‌اسپری از کوانتوم‌دات‌ها یکی از روش‌های بسیارمتداول تولید رنگ‌های خورشیدی است. پنل‌های خورشیدی متداول تنها انرژی نهفته در نور مرئی را جمع‌آوری و تبدیل به الکتریسیته می‌کنند، اما ۹۹درصد از امواج الکترومغناطیسی دارای تابش و انرژی هستند. کوانتوم‌دات‌ها ابتدا در دانشگاه تورنتو برای استخراج انرژی از بخش فروسرخ نور خورشید ابداع شدند. این بخش از نور خورشید دارای ۵۰درصد از انرژی حرارتی است. با استفاده از نانوذرات نیمه‌هادی و واردکردن آن‌ها به ساختار سلول‌های خورشیدی میزان بازدهی سلول‌ها بیشتر خواهد شد.

رنگ خورشیدی پروسکیت Perovskite Solar Paint:

پروسکیت ار ابتدای پیدایش،خواص منحصربه‌فردی نشان داده است. این ماده معدنی قابلیت تولید انرژی الکتریسیته از نور را دارد و نکته قابل‌توجه در آن قابلیت تبدیل به حالت مایع است. تلاش‌های اخیر برای تولید لایه نازکی از ماده اسپری شده برای تولید رنگ خورشیدی بوده است. لایه نازک مذکور به‌صورت شفاف قابلیت استفاده بر روی شیشه‌ها برای تولید انرژی را دارد. هنوز زمان زیادی برای ارائه رنگ از این فناوری باقی مانده است و لی تحقیقات زیادی برای تولید لایه نازک از آن مانند پنل‌های خورشیدی لایه نازک کادمیم تلوراید در حال انجام است.

رنگ‌های خورشیدی تولیدکننده هیدروژن:

در دو فناوری قبلی فرایند تولید الکتریسیته DC از مواد نیمه‌هادی موردتوجه قرار گرفته است. ولی یکی از جنبه‌های نوآورانه و جذاب دیگر در حوزه رنگ‌های خورشیدی تولید سوخت هیدروژنی است. انستیتو رویال ملبورن به‌تازگی مایعی دارای اجزای جذب‌کننده رطوبت از هوا توسعه داده است. این محصول در واقع دارای نیمه‌هادی است که در معرض نور خورشید ملکول‌های آب را به اتم‌های تشکیل‌دهنده آن تجزیه می‌کند. این فرایند الکترولیز نامیده می‌شود. محققان دریافتند با ترکیب اجزای رنگ شامل اجزا جاذب رطوبت و کاتالیست با ذرات دی‌اکسیدتیتانیوم، یک رنگ جاذب نور تولید می‌شود که می‌تواند هیدروژن تولید کند. رنگ موردنظر دارای فام آلبالویی و قرمز است که از هوا حتی در مناطق خشک ولی نزدیک به اقیانوس می‌تواند سوخت پاک هیدروژنی تولید کند.[۲] ذرات دی‌اکسیدتیتانیوم نور را جذب کرده و به انرژی الکتریسیته تبدیل می‌کند و این انرژی به کاتالیست جاذب رطوبت انتقال می‌یابد که در آنجا آب حذف شده و هیدروژن تولید می‌شود.

۱۳-۱-۶ زنجیره ارزش کاربردهای مبتنی بر این فناوری (از تولید نانوذرات اولیه تا تولید محصول میانی تا تولید محصول نهایی و به‌کارگیری محصول)

- تولید رنگ‌دانه‌ها و ذرات نانویی و کوانتوم‌دات‌ها به‌عنوان اجزای اصلی تولیدکننده انرژی؛
- رنگ‌های تولید شده از این ذرات؛
- فیلم‌های نازک تولید شده بر پایهٔ این ذرات؛
- توسعه سیستم جمع‌آوری انرژی الکتریسیته و اجزای مرتبط با آن از رنگ‌های خورشیدی.

۱۳-۱-۷ فناوری‌های رقیب (از چه شیوه‌های دیگری برای رفع نیاز مرتبط با این فناوری بهره گرفته می‌شود؟)

- سلول‌های خورشیدی که متداول‌ترین و روش کنونی اصلی تولید انرژی الکتریکی از نور خورشید هستند. در واقع رنگ‌های خورشیدی برای توسعه و ورود به بازار راه نسبتاً زیادی در برابر فناوری مرسوم در پیش دارند؛
- فیلم‌های نازک خورشیدی به‌صورت لایه نازک بر روی سطوح شیشه‌ای یا سرامیکی؛
- سفال‌های خورشیدی یا کاشی‌های خورشیدی سقفی solar shingles or solar roof tile: قالب‌ها یا بلوکه‌های مشابه بلوک سفالی بر روی سقف خانه‌ها برای تولید انرژی از نور خورشید که به‌تازگی وارد بازار شده‌اند و برای پوشاندن سقف منازل از آن‌ها در آمریکا و تعدادی از کشورهای دیگر استفاده می‌شود.[۳]

۱۳-۱-۸ فناوری‌های مکمل (برای توسعه محصولات در هر یک از کاربردهای ذکر شده، به چه فناوری‌های دیگری نیاز وجود دارد؟)

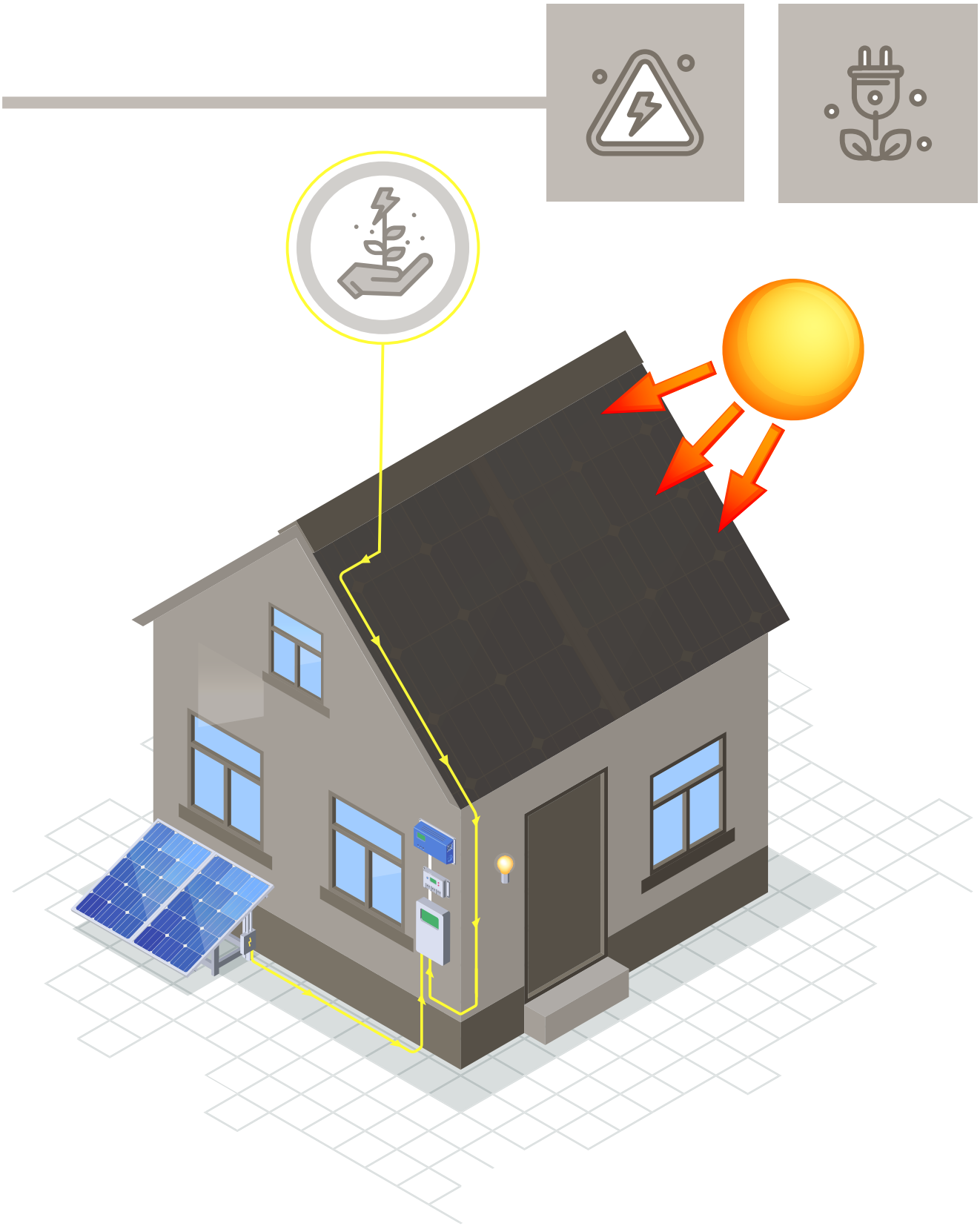
- فناوری باتری و ذخیره‌سازی انرژی تولید شده از رنگ و شارژهای باتری؛
- فناوری جمع‌آوری انرژی الکتریسیته از سطح رنگ شده به صورتی که بتوان آن را وارد باتری یا سیستم توزیع برق در خانه کرد؛
- فناوری محافظت از رنگ در برابر آسیب‌ها و سایش‌ها و... برای اطمینان از عملکرد و دوام فناوری در طولانی‌مدت،
- سیستم مونیتورینگ انرژی.

۱۳-۱-۹ فرصت‌های تحقیقاتی که امکان دارد براثر فعالیت در این زمینه پدید آید. (آیا فعالیت در این زمینه فرصت‌های تحقیقاتی را در حوزه‌های مرتبط پدید می‌آورد یا این اثر/فناوری نسبتاً منزوی است؟)

فعالیت در این حوزه با فناوری‌های مختلف دیگر نیز در ارتباط است. حوزه رنگ و پلیمر و حوزه انرژی الکتریسیته و همچنین فناوری نانو و تولید نیمه‌هادی‌ها به یکدیگر مرتبط هستند.

۱۳-۱-۱۰ اهمیت فعالیت در این زمینه از نظر اجتماعی یا راهبردی (آیا این اثر/فناوری به حل یا کاهش شدت یک مسئله اجتماعی، محیط‌زیستی یا سیاسی کمک می‌کند؟)

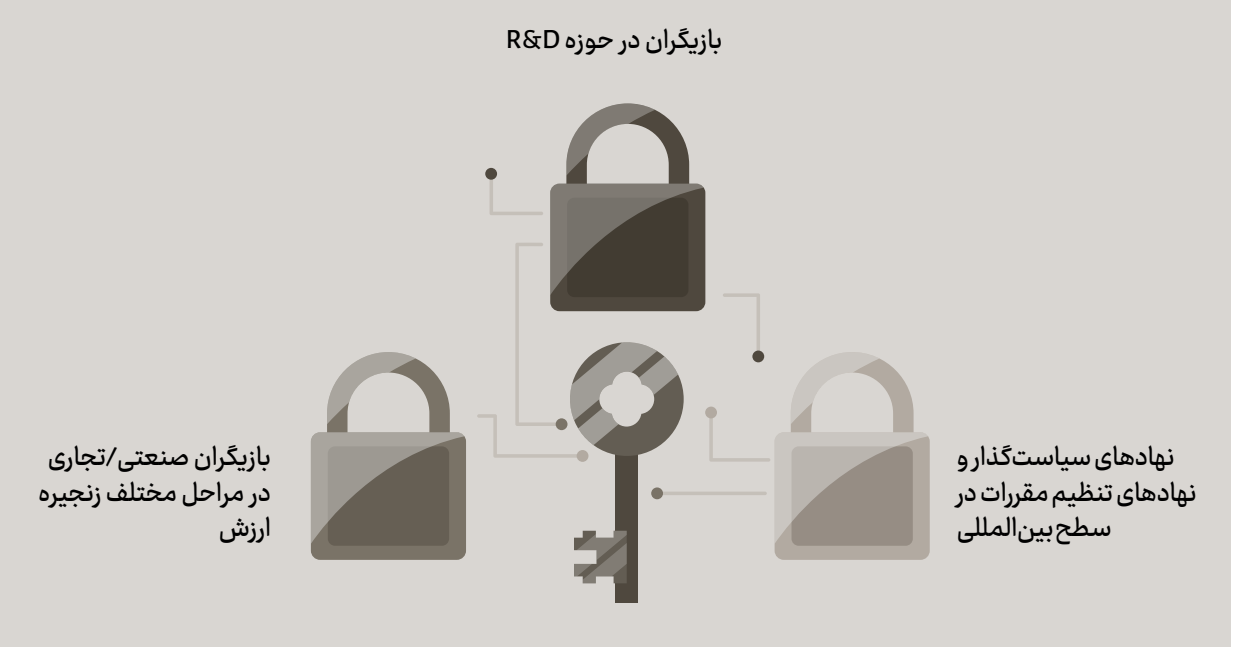
به‌طور کلی فناوری خورشیدی یکی از فناوری‌های پاک در دنیاست که روزبه‌روز استفاده از آن بیشتر شده و اهمیت بیشتری دارد. استفاده از فناوری‌های مرتبط با تولید انرژی از نور خورشید در کشور منجر به کاهش هزینه‌های خانوار و کاهش آلایندگی و همچنین ایجاد فرصت‌های شغلی و افزایش صادرات انرژی پاک به سایر کشورها و بهبود شرایط اقتصادی می‌شود.



فناوری رنگ خورشیدی در ساختمان و پشت بام سازه‌ها برای تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی

۱۳-۲ تحلیل بین‌المللی

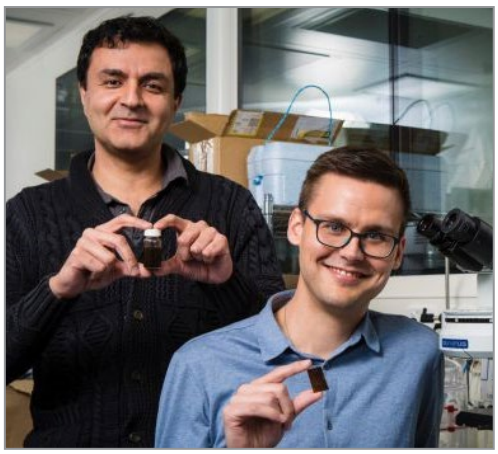
۱۳-۲-۱ بازیگران کلیدی فعال در این فناوری



از آنجایی که این رنگ‌ها و فناوری آن در حال توسعه است. در مطالب جستجو شده نام چند مرکز تحقیقاتی به چشم می‌خورد:

انستیتو فنی رویال ملبورن (RMIT)[۴]:

دکتر کورش کلانترزاده و دکتر توربن داینکه از این انستیتو اولین نمونه از جوهر یا رنگ خورشیدی را توسعه داده‌اند. رنگ خورشیدی ترکیبی از دو جزء است: یک ماده جدید- سولفید مولیبدن مصنوعی- که قادر به جذب رطوبت از هوای مرطوب است و دی‌اکسیدتیتانیوم که نور خورشید را جذب می‌کند. هنگامی که نور خورشید به رنگ برخورد می‌کند، مولکول‌های آب موجود در جو به هیدروژن و اکسیژن تقسیم می‌شوند و هیدروژن به‌عنوان منبع انرژی برداشت می‌شود.



شکل ۱۳-۱ نمونه‌ای از رنگ خورشیدی

هیدروژن به‌عنوان پاک‌ترین منبع انرژی در نظر گرفته می‌شود. وقتی می‌سوزد، الکتریسیته تولید می‌کند و سوختی با انتشار صفر در نظر گرفته می‌شود. این پیشرفت پتانسیل این را دارد که نحوه مصرف انرژی را در مقیاس بزرگ تغییر دهد، زیرا سوخت هیدروژن می‌تواند در سلول‌های سوختی، موتورهای احتراقی و به‌عنوان جایگزینی برای سوخت‌های فسیلی استفاده شود. محققان RMIT امیدوارند در آینده

نزدیک شاهد استفاده از رنگ بر روی ساختمان‌های مسکونی و تجاری باشند.

دانشگاه شفیلد۵:

این دانشگاه در بخش انستیتو انرژی بر روی مواد و دستگاه‌های جدید سلول خورشیدی کار می‌کنند. این بخش تحقیقات دقیقی را در مورد توسعه دستگاه‌های سلول خورشیدی (فتوولتائیک) بر اساس لایه‌های نازک پروسکایت و نیمه‌هادی آلی انجام می‌دهد. درک اساسی از ویژگی‌های اساسی مواد نیمه‌رسانا و فیزیک دستگاه‌ها به‌همراه کاوش در کاربرد دستگاه‌های سلول خورشیدی جدید برای برنامه‌های برق سیار از جمله فعالیت‌های این مرکز است. این بخش با شرکت‌های بریتانیایی که به‌دنبال تجاری‌سازی دستگاه‌های سلول خورشیدی پروسکایت هستند، همکاری داشته و در حال توسعه قابلیت‌هایی برای کمک به آن‌ها در تولید فناوری‌هایشان است. همچنین این انستیتو در حال توسعه فناوری‌های پوشش اسپری فراصوت رنگ‌ها و پوشش‌های بر پایهٔ پروسکایت بر روی طیف وسیعی از بسترها یا دستگاه‌های سلول خورشیدی با سرعت بالا و هزینه کم است.

تعدادی از مقالات منتشر شده در خصوص رنگ‌های خورشیدی عبارت‌اند از:

G. Shen, "Solar Paint from TiO2 Particles Supported Quantum Dots for Photoanodes in Quantum Dot–Sensitized Solar Cells," ACS Omega, vol. 3, no. 1, pp. 1102–1109, 2018. http://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acsomega.7b01761

P. C. Dastoor, "Solar paint: Harvesting light," Nature Photonics, vol. 7, 6 2013. https://www.nature.com/articles/nphoton.2013.130

H. K. Jun, "Quantum dot–sensitized solar cells—perspective and recent developments: A review of Cd chalcogenide quantum dots as sensitizers," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 22, pp. 148–167, 6 2013. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032113000610

A. A. Muhammad, "Revival of Solar Paint Concept: Air–Processable Solar Paints for the Fabrication of Quantum Dot–Sensitized Solar Cells," The Journal of Physical Chemical, vol. 121, no. 33, p. 17658–17670, 2017. http://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jpcc.7b05207

M. P. Genovese, "Sun–Believable Solar Paint. A Transformative One–Step Approach for Designing Nanocrystalline Solar Cells," ACS NANO, vol. 6, no. 1, pp. 865–872, 2012. http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nn204381g

S. A. Agarkar , "Dye sensitized solar cell (DSSC) by a novel fully room temperature process: a solar paint for smart windows and flexible substrates," Royal Society of Chemistry, vol. 2, pp. 11645–11649, 17 9 2012. http://pubs.

rsc.org/-/content/articlehtml/2012/ra/c2ra22182a
N. Canter, "Solar paint," Tribology & Lubrication Technology;, vol. 68, no. 4, pp. 12–13, 8 2012.
G. Ondrey, "SOLAR PAINT," Chemical Engineering, vol. 124, no. 8, p. 8, 8 2017.
T. Daeneke, "Surface Water Dependent Properties of Sulfur–Rich Molybdenum Sulfides: Electrolyteless Gas Phase Water Splitting," ACS NANO, vol. 11, no. 7, p. 6782–6794, 2017. https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsnano.7b01632
G. Connery , "Solar paint prototype to offer endless energy from water vapour," 2017 16 2017. [Online]. Available: http://www.smh.com.au/technology/sci-tech/solar-paint-prototype-to-offer-endless-energy-from-water-vapour-20170612-gwpnoq.html . [Accessed 2018 2 6].

یک گزارش در خصوص رنگ‌های خورشیدی اطلاعاتی در خصوص بازار آن و بازیگران کلیدی آن ارائه نموده است:
در سال ۲۰۱۴ مرسدس بنز یک خودروی هیبریدی با استفاده از توان تولید شده توسط رنگ خورشیدی تولید کرده است. در صورت تبدیل این مدل که به‌صورت ایده (کانسپت) ارائه شده است به‌صورت تجاری، خودروهای برقی آینده دچار تحول بزرگی خواهند شد.[۶]



بازیگران کلیدی این فناوری در این گزارش عبارت‌اند از:

Transfer electric GMBH ◀ Solar Energy Corporation

بررسی وب‌سایت این شرکت‌ها اطلاعاتی در خصوص رنگ خورشیدی دربرنداشت. تنها واژگان این رنگ در وب‌سایت موجود بود و مطلبی در مورد آن به‌دست نیامد.

۱۳-۲-۲ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار

سطح آمادگی فناوری در حدود TRL=3 و یا TRL=4 و آمادگی بازار نیز در حدود MRL=3 و یا ۴ است.

۱۳-۲-۳ موقعیت فناوری در چرخه عمر

این فناوری در مرحله ایده‌پردازی و تولید اجزای اولیه یا نمونه‌های اولیه آزمایشگاهی است. انتظار می‌رود با توسعه مناسب این فناوری آینده مناسبی برای آن وجود داشته باشد.

۱۳-۲-۴ مهم ترین پیشران‌ها و چالش‌های پیش روی فناوری

◀ پیشران‌ها و چالش‌های فنی

پیشران توسعه و استفاده از فناوری رنگ‌های خورشیدی مربوط به نیاز به استفاده از

نور خورشید و تبدیل آن به انرژی الکتریسیته در سطوح مختلف، غیرمسطح و پیچیده و وسیع است که هر سطحی را تبدیل به سطح تولیدکننده انرژی و سوخت پاک می‌کند. همچنین امکان استفاده از این رنگ‌ها بدون نیاز به اشغال فضای زیاد، یکی از پیشران‌های استفاده از این فناوری است. از سوی دیگر چالش‌های فنی نظیر کم بودن راندمان این فناوری در تولید برق (در مقیاس رنگ با ضخامت کم و یا در سطح کوچک تولید انرژی بسیار کم است) و عدم توسعه و نیاز به فناوری برای جمع‌آوری انرژی از سطح رنگ و آسیب پذیر بودن و دوام آن در معرض مداوم نور خورشید است. در صورتی که بتوان رنگی با دوام بالا و راندمان تولید انرژی قابل‌قبول تولید کرد، این فناوری قابلیت تجاری‌شدن خواهد داشت.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

توسعه فناوری فوق از نظر هزینه نسبت به فناوری‌های موجود در بازار به‌عنوان چالش اقتصادی وجود دارد. هزینه بالای تحقیقات و مشخص نبودن راه توسعه و ورود به بازار برای این فناوری وجود دارد. پیشران اقتصادی آن نیز افزایش تولید خودروهای برقی، کمبود و آلاینده بودن سوخت‌های فسیلی، کاهش ذخایر عناصر سیلیکون و مس در دنیا و هزینه برشدن تولید پنل‌های خورشیدی است. برای تبدیل سطوح بزرگ به تولیدکننده الکتریسیته احتمالاً رنگ خورشیدی جایگزین اقتصادی نسبت به پنل‌های خورشیدی و هزینه‌های مرتبط با نصب و نگهداری پنل‌ها خواهد بود.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

پخش‌شدن و آزادکردن ذرات نانویی و ریز در اثر سایش و تخریب رنگ یکی از چالش‌های ایمنی استفاده گسترده از این رنگ‌ها خواهد بود.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

در حال تکمیل است.

۱۳-۲-۵ اطلاعات موجود درباره تحلیل بازار در سطح جهانی

در جستجوی اینترنتی محصولی برای این فناوری یافت نشد. به نظر می‌رسد محصولات در حد آزمایشگاهی و تحقیقاتی است.

۱۳-۲-۶ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در دنیا تأثیر بگذارد

در سال‌های اخیر تحقیقاتی در حوزه رنگ و پوشش خورشیدی برای کاربردهای صنعت خودروسازی و ساختمان صورت گرفته است. با این حال توسعه و تجاری‌شدن این فناوری با چالش‌های مهمی از جمله راندمان و میزان انرژی تولید شده کم، قابلیت کاربرد آن در سطوح، جمع‌آوری انرژی از آن و در نهایت هزینه روبه‌رو است. به نظر می‌رسد فناوری از نظر بسیاری دارای چشم‌انداز خوب و جذابیت بسیار بالایی است و در آینده در صورت یافتن کاربردهای خاص و قابل‌سازگاری با مشخصات فنی محصول می‌توان به آن امیدوار بود.

۱۳-۳ تحلیل داخلی

۱۳-۳-۱ فعالیت‌های انجام گرفته در کشور

فعالیت‌های تحقیقاتی (چه تیم‌هایی در کدام نهادها در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ چه مقالاتی در این زمینه منتشر شده است؟ چه پایان‌نامه‌هایی نگارش شده است؟)

جدول ۱۳-۱ نمایی از تحقیقات انجام شده در زمینه موضوعات مرتبط با رنگ خورشیدی

ردیف	نگارندگان	دانشگاه/ مؤسسه	نوع تحقیق	عنوان تحقیق
۱	مهرداد حسین‌پور استاد راهنما: مسعود همدانیان	دانشگاه کاشان، دانشکده مهندسی شیمی	کارشناسی‌ارشد	استفاده از رنگ‌های طبیعی در ساخت سلول‌های خورشیدی حساس شده با رنگ
۲	فریدون سماوات محمدرضا زمانی میمیان	دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده علوم پایه	کارشناسی‌ارشد	ساخت و بررسی بهینه‌سازی سلول‌های خورشیدی حساس‌شده با رنگ‌دانه
۳	غلامعلی فرزی	دانشگاه حکیم سبزواری، دانشکده مهندسی		ساخت و بررسی سلول خورشیدی پلیمری تقویت شده با نانولوله کربنی

فعالیت‌های توسعه محصول و تجاری‌سازی (آیا نمونه‌سازی انجام گرفته است؟ چه شرکت‌هایی برای توسعه محصول در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ آیا محصولی مبتنی بر این فناوری در بازار به فروش می‌رسد؟ آیا شرکت‌های صنعتی بزرگ در این زمینه فعالیت می‌کنند؟ آیا شرکت‌های واردکننده در این زمینه فعالیت می‌کنند؟)

با توجه به نو پابودن این فناور در دنیا جستجو در ایران برای یافتن اطلاعات مربوطه نتیجه‌ای دربرنداشت.

فعالیت‌های سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری

۱۳-۳-۲ کاربردهای احتمالی محصولات مبتنی بر این فناوری در کشور (به‌خصوص کاربردهای مرتبط با سه حوزه ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

کاربردهای احتمالی مشابه کاربردهای موجود در جهان است. با این تفاوت که در نوع تولید هیدروژنی می‌توان از بخش جاذب رطوبت برای تولید آب در مناطق کویری یا خشک استفاده و مشکل کم‌آبی را حل کرد.

۱۳-۳-۳ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار در کشور

به نظر می‌رسد سطح آمادگی فناوری و بازار در کمترین میزان و TRL/MRL=1 باشند.



۱۳-۳-۴ وضعیت فناوری‌های رقیب و مکمل در کشور در هر یک از کاربردهای احتمالی

هم‌اکنون سلول‌های خورشیدی متداول بر پایهٔ سیلیکون در کشور در مناطق دورافتاده برای تولید انرژی و آبگرم‌کن و همچنین در شهرها برای تولید جریان برق موردنیاز علائم و نور معابر استفاده می‌شود. در مناطقی که نور خوبی دارند بر روی سقف خانه‌ها برای تأمین انرژی الکتریسیته مورداستفاده قرار می‌گیرند.

۱۳-۳-۵ میزان سرمایه‌گذاری موردنیاز برای توسعه این فناوری تا سطح نمونه‌سازی (TRL6) و همچنین، برای تولید در مقیاس وسیع (TRL8) به‌صورت تخمینی

در حال تکمیل است.

۱۳-۳-۶ زیرساخت‌ها و منابع لازم برای توسعه فناوری، توسعه محصول و تجاری‌سازی در کشور

- منابع انسانی؛
- زیرساخت آزمایشگاهی و نمونه‌سازی؛
- زیرساخت تولید؛
- آزمایشگاه مرجع؛
- منابع مالی؛
- توانمندی‌های حفاظت از دارایی فکری؛
- زیرساخت‌های بازاریابی، توزیع، فروش و خدمات پس از فروش.

به نظر می‌رسد با توجه به وجود نیروی متخصص در کشور در این حوزه می‌توان به توسعه و محصول و تجاری‌سازی آن پرداخت.

۱۳-۳-۷ پیشران‌ها و چالش‌های توسعه و تجاری‌سازی این فناوری در کشور

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

از نظر فنی، دانش موردنیاز برای تولید پوششهای پلیمری فتوولتاییک بهینه و دستیابی به آن چالش است. مشابه چالش‌های فنی در دنیا در ایران نیز وجود دارد. پیشران آن نیز تحقیقات زیاد در حوزه سلول‌های خورشیدی لایه نازک در کشور است. به نظر می‌رسد دانش فنی حداقلی در حوزه‌های مرتبط با اصول اولیه این فناوری در کشور وجود دارد.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

از نظر اقتصادی پیشران این حوزه می‌تواند کمبود کنونی برق در مناطق دورافتاده و هزینه بالای نصب، راه‌اندازی و نگهداری سلول‌های خورشیدی کنونی باشد. همچنین وجود تابش بالای خورشید در کشور و همیشگی بودن تابش در بعضی نقاط می‌تواند به افزایش تولید و راندمان این رنگ‌ها کمک کند. از نظر چالش اقتصادی عدم نیاز به تولید برق از این روش به سبب وجود سوخت‌های فسیلی و گاز ارزان‌قیمت در تولید برق از سایر روش‌ها و نیروگاه‌های کشور است. در صنعت خودرو وجود بنزین ارزان‌قیمت و نبود خودروهای هوشمند و برقی نیز از چالش‌های توسعه این محصول است.

پیشران‌ها و چالش‌های تقاضا

چالش تقاضا به سبب نبود احساس کمبود به این نوع تولید برق در شهرها وجود دارد.هنوز بازار و عرضه و تقاضا وجود ندارد.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

مشابه چالش‌های بخش بین‌المللی

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

در حال تکمیل است.

۱۳-۳-۸ بازار داخلی محصولات مبتنی بر این فناوری در هر زنجیره ارزش

در صورتی که برای تولید شیشه‌های فوتوکرومیک و الکتروکرومیک بتوان استفاده کرد، در هتل‌ها، ساختمان‌های لوکس و ویلاها کاربرد خوبی خواهد داشت.

۱۳-۳-۹ فرصت‌های صادراتی برای شرکت‌های فعال ایرانی

در حوزه شیشه‌های هوشمند در صورتی که بتوان از لایه شفاف خورشیدی بر روی آن‌ها استفاده کرد،صادرات به اروپا، آمریکا و آسیای جنوب‌شرقی امکان‌پذیر است.

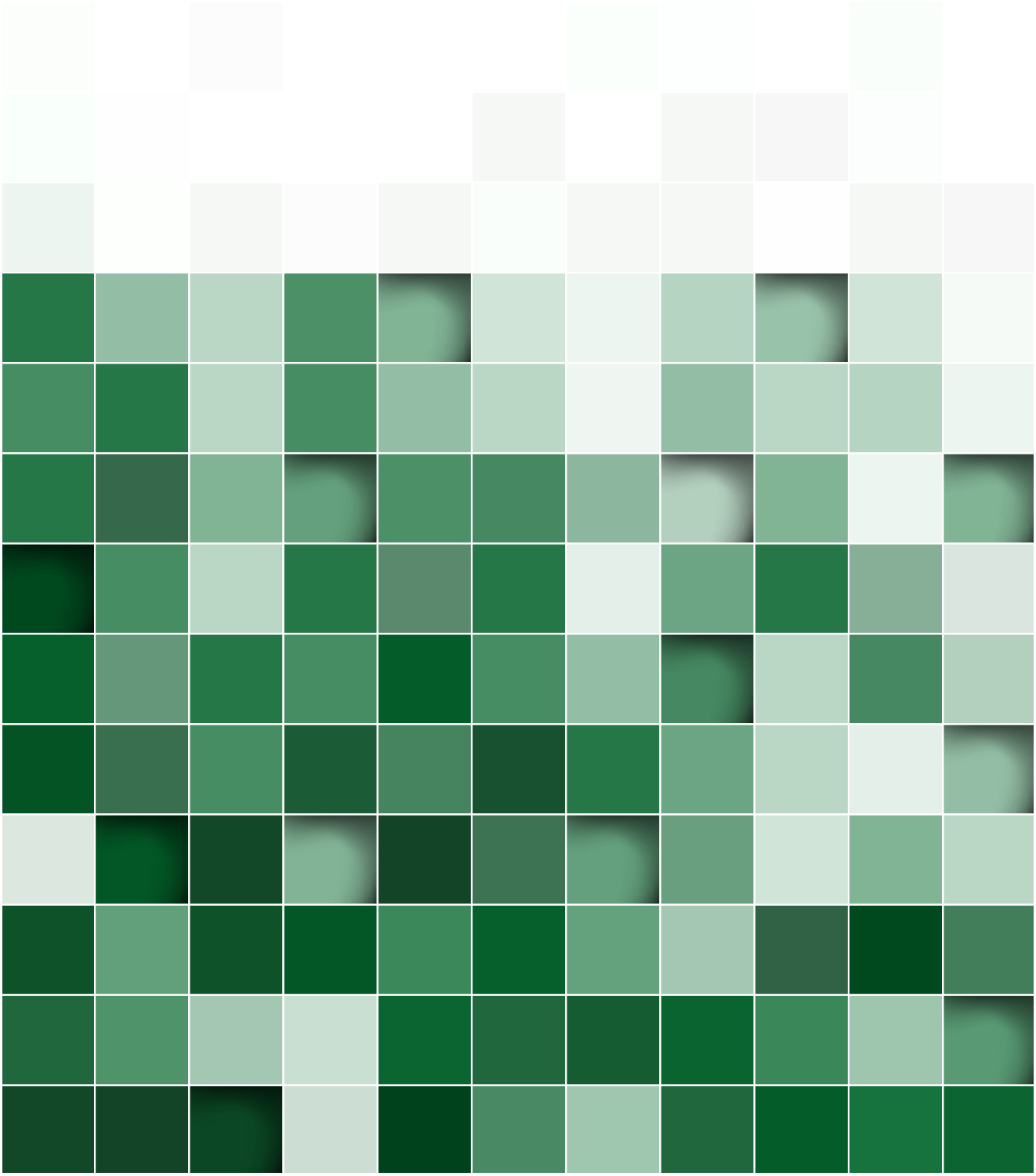
۱۳-۳-۱۰ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در کشور تأثیر بگذارد

با توجه به جستجو در اینترنت، در این حوزه به نظر می‌رسد تاکنون تحقیقات و فعالیتی در کشور صورت نگرفته است.

پی‌نوشت‌ها

۱- solar paint or photovoltaic paint
۲- https://www.ecowatch.com/solar-paint-guide-2655369088.html
۳- https://www.ecowatch.com/solar/solar-shingles
۴- https://www.certifiedenergy.com.au/emerging-materials/emerging-materials-solar-paint
۵- https://www.sheffield.ac.uk/energy/our-research/solar
۶- https://www.transparencymarketresearch.com/solar-paint-market.html#

۱۴ | رنگ ترموکرومیک



۱-۱۴ توصیف عمومی فناوری

۱-۱-۱۴ ویژگی مورد انتظار از فناوری (فناوری مبتنی بر این ویژگی چه کار می‌کند؟)

ویژگی ترموکرومیک شامل تغییرات در طیف رنگ بسته به تغییرات دمایی محیطی است. این ویژگی شامل حالت تغییر رنگ برگشت‌پذیر یا غیربرگشت‌پذیر یا دائمی است. فناوری ترموکرومیک منجر به ایجاد تغییر رنگ به واسطه تغییر دما می‌شود. این تغییر رنگ گاهی به‌صورت دائمی باقی می‌ماند یعنی در صورتی که دما به حالت اولیه برگردد، دیگر رنگ به حالت اولیه خود برنمی‌گردد. گاهی نیز تغییر رنگ حالت برگشت‌پذیر داشته و با تغییر دما و برگشت دما به حالت قبل، رنگ تغییر می‌کند. فرایند کروماتیزه‌شدن در یک دامنه دمایی یا یک دمای مشخص می‌تواند ایجاد شود. بسته به نوع فناوری تغییر رنگ می‌تواند فقط در یک دما یا چند دما و یا فقط بین دو طیف رنگ مشخص یا چندین رنگ در دامنه‌های دمایی مختلف ایجاد شود. به دماهای تغییردهنده رنگ، دماها یا دمای فعال‌سازی گفته می‌شود.

۲-۱-۱۴ کاربردهای محتمل این ویژگی و فناوری (به‌طور خاص، در حوزه‌های ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی، نفت و پتروشیمی)

کابردهای بسیار متنوعی برای این رنگ‌ها وجود دارد:
در حوزه صنعتی رنگ‌های هشداردهنده دمایی، برای کنترل و پایش فرایندها در صنایع مختلف استفاده می‌شوند. در شرایط وجود اصطکاک و سایش ماشین‌آلات حفاری و قطعات آن‌ها در صورت حرارت دیدن بیش از اندازه، موتور و شیرهای اتصال برای حفاظت، وسایل الکترونیکی اندازه‌گیری دما و بردهای الکترونیکی و کنترل کیفیت در تجهیزات از این رنگ‌ها می‌توان استفاده کرد. در صنایع نفت و گاز برای علائم هشداردهنده افزایش دما در مخازن و لوله‌ها و همچنین برچسب‌ها و علائم هشداردهنده می‌توان استفاده کرد. در صنایعی مانند خودروسازی و هوافضا، حفاری و معدن‌کاری، دفاع، حمل‌ونقل جاده‌ای، غذایی و نوشیدنی، نگهداری و تعمیرات، نیمه‌هادی‌ها، پزشکی و درمان، نساجی، آتش‌نشانی و... نیز از رنگ‌ها یا جوهرهای ترموکرومیک استفاده می‌شود.

۳-۱-۱۴ محصولات توسعه یافته یا در حال توسعه بر اساس این فناوری

علامت شارژ باتری‌های ماشین، علائم و نوارهای تب‌سنج، لیوان‌ها، فلاسک‌ها و بطری نوشیدنی‌ها، علائم هشداردهنده در راه‌ها، اسباب‌بازی‌ها و خمیرهای بازی کودکان، علائم هشداردهنده سطوح داغ، جوهرهای امنیتی در اسکناس و اوراق بهادار، رنگ خودرو، تی‌شرت‌ها و منسوجات، علائم هشداردهنده در تجهیزات دوار و ثابت نیروگاهی و تجهیزات اندازه‌گیری دما مانند پیرومتر.

۴-۱-۱۴ مزیت (های) کلیدی این فناوری (کاهش قیمت، سهولت اجرا، رفع نیازی که تاکنون برآورده نشده و...)

در حال تکمیل است.

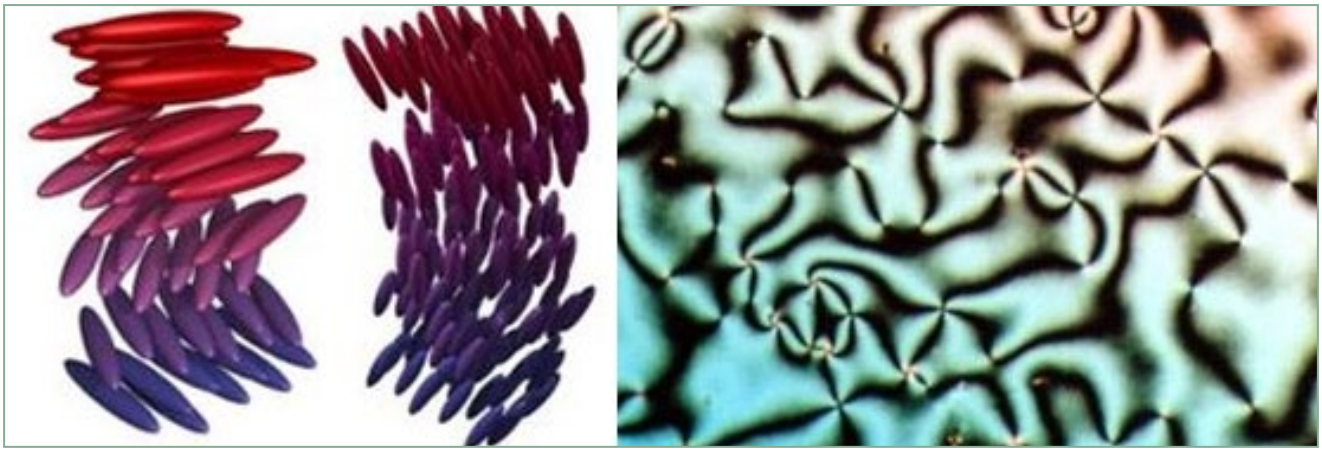
۱۴-۱-۵ نانوذرات بهره گرفته شده در این فناوری (از چه فناوری‌های نانویی برای تولید یا به‌کارگیری محصولات بهره گرفته می‌شود؟)

به‌طور کلی از دو رویکرد در تولید محصولات ترموکرومیک استفاده می‌شود: کریستال مایع[1] و leuco dyes. کریستال مایع در کاربردهای دقیق استفاده می‌شوند، زیرا می‌توانند برای پاسخ‌دهی در دمای دقیق مهندسی شوند ولی دامنه دمایی آن‌ها به سبب اساس کاری آن‌ها، محدود است. Leuco dyes امکان استفاده از طیف وسیع‌تر از رنگ‌ها را می‌دهد ولی پاسخ دمایی آن‌ها دقیق نیست.

کریستال مایع

کریستال مایع خواصی بین مایع و بلورهای جامد دارد. به‌عنوان مثال، یک کریستال مایع مانند یک مایع می‌تواند جاری شود ولی مولکول‌هایش شبیه بلورجامد دارای ساختار و چینش منظم باشد. در واقع بسیاری از کریستال‌های مایع دارای خواص نوری متفاوتی هستند. انواع کریستال‌های مایع شامل نوع آلی و معدنی آن‌هاست. بسیاری از پروتئین‌ها، غشای سلول‌ها و ویروس‌ها از دسته آلی هستند. بعضی از کریستال‌های مایع قابلیت ایجاد رنگ‌های مختلف در دماهای مختلف را دارند. این امر بسته به بازتابش انتخابی طول‌موج‌های مشخصی به سبب ساختار بلوری این مواد دارد. در واقع در دماهای پایین فازهای بلوری تغییر می‌کنند و از حال یکنواخت به فازهای دوتایی پیچیده و سپس در دماهای بالا دوباره به فاز تکی تغییر می‌کنند. به بیان دیگر، مناطق بلوری شامل مولکول‌های مشخص در کریستال مایع که در دماهای پایین هم‌راستایی خاصی دارند، در دماهای بالا دچار تغییر در راستا و یا چینش می‌شوند و بنابراین خواص نوری آن‌ها تغییر می‌کند. در این فازها تنها مزوفازهای نماتیک خاصیت ترموکرومیک دارند و بر این اساس دامنه دمایی موثر برای این تغییرات را محدود می‌کند. خواص بازتابش نور در این مواد بسته به اندازه بین لایه‌ای متناوب لاندا تغییر می‌کند. به سبب تغییر دما لاندا نیز تغییر می‌کند. معمولاً در دماهای بالا رنگ آبی- بنفش و دماهای پایین رنگ قرمز را نشان می‌دهند. چون طول‌موج آبی کوتاه‌تر از قرمز است، نشان می‌دهد که فاصله بین شبکه‌ای لاندا با حرارت‌دادن کاهش می‌یابد. مثال‌هایی از کریستال‌های مایع، نونانوئات کلستریل[2] یا سیانوبیفنیل[3] هستند.

انواع معدنی کریستال‌های مایع شامل اکسید وانادیوم، تعدادی از نانوذرات شامل گرافن و نانولوله کربنی و یا در خاک رس بررسی و یافت شده‌اند. مطالعات در خصوص این مواد ادامه دارد.



شکل ۱۴-۱ بافت فاز نماتیک کریستال مایع، نحوه چیدمان مناطق ملکولی در دو نوع فاز کریستال مایع

Leuco dyes:

یک رنگ یا عامل رنگی است که بین دو شکل شیمیایی تغییر می‌کند. یکی از این دو حالت بدون رنگ است. تبدیل بازگشت‌پذیر به‌وسیله حرارت[۴]، نور[۵] یا PH[۶] امکان‌پذیر است. لذا خواص ترموکروماتیک، فوتوکروماتیک و هالوکروماتیک حاصل این تبدیل‌هاست. تبدیل غیرقابل‌بازگشت معمولاً شامل اکسیداسیون یا کاهش است. حالت بدون رنگ معمولاً حالت Leuco form نامیده می‌شود. Leuco dyes اساس پرینترهای حرارتی و بعضی از نشانگرهای PH هستند.

رنگ‌های ترموکرومیک معمولاً بر پایهٔ مخلوطی از leuco dyes با مواد شیمیایی مناسب دیگر هستند که تغییرات در رنگ (معمولاً بین حالت بیرنگ leuco form و رنگی) بسته به دما را نشان می‌دهند. Dyeها معمولاً به‌صورت مستقیم روی مواد استفاده نمی‌شوند. این عامل‌های رنگی معمولاً به‌صورت میکروکپسول‌هایی با مخلوطی درون آن‌ها هستند. به‌عنوان مثال لباس‌های هایپر کالر hypercolor که در آن میکروکپسول‌ها با لاکتون بنفش بلوری، اسید ضعیف و یک نمک جداشدنی حل شده در ددوکانول بر روی منسوج اعمال می‌شود. وقتی حلال جامد است، ماده رنگی Dye در شکل Lactone Leuco (بیرنگ) است، وقتی ماده حلال ذوب می‌شود، نمک جدا می‌شود و PH داخل میکروکپسول کاهش می‌یابد و Dye پروتونیت شده و حلقه لاکتون آن باز شده و لذا دامنه طول موج جذبی آن تغییر کرده و کاملاً بنفش می‌شود. مهم‌ترین Dyeهای قابل‌استفاده عبارت‌اند از: spirolactones, fluorans, spiropyrans, and fulgides. رنگ‌های ترموکرومیک یا جوهر یا پلیمرهای حاوی Dyeها دارای حساسیت کمتری نسبت به فناوری کریستال مایع هستند و در کاربردهای غیرحساس مانند ترمومتر روی دستگاه‌های پخت وپز، دمای اکواریوم، نشانگر باتری، لباس‌ها و منسوجات، تب‌سنج روی پیشانی، لیوان‌های جادویی و... استفاده می‌شوند.



شکل ۱۴-۲ مثال‌هایی از لباس آستین کوتاه ترموکرومیک، تبدیل بین حالت Leuco و رنگی لاکتون بنفش بلوری

تعداد دیگری از مواد معدنی ترموکرومیک که تحقیقات بر روی کاربردهای آن‌ها (به‌صورت نانویی یا غیرنانویی) انجام می‌شود عبارت‌اند از:

- تیتانیوم دی‌اکسید، زینک سولفید و زینک اکسید در دمای محیط سفید و با حرارت زرد می‌شوند.
- اکسید ایندیوم و اکسید سرب که به طرق مشابه با حرارت تغییر رنگ می‌دهند.

در این مواد به سبب تغییر در شرایط الکترون‌های هادی در ساختار باندهای هدایت، خاصیت ترموکروماتیک پدید می‌آید.

در تعداد دیگری از مواد نیز به سبب تغییر فاز با دما این پدیده ایجاد می‌شود که عبارت‌اند از:

- Cuprous mercury iodide (Cu2[HgI4]) تغییر برگشت‌پذیر در ۶۷ درجه سانتی‌گراد؛
- Silver mercury iodide (Ag2[HgI4]) در دمای بالاتر از ۴۷ تا ۵۱ درجه سانتی‌گراد رنگ زرد-نارنجی تبدیل می‌شود؛
- Mercury(II) iodide در ۱۲۶ درجه سانتی‌گراد تبدیل برگشت‌پذیر فاز آلفا قرمزبه فاز بتا زرد؛
- Vanadium dioxide, یکی از مواد بسیار جذاب که دارای خاصیت طول‌موج انتخابی برای کاربرد بر روی شیشه برای تغییر از حالت شفاف به حالت بازتابش آینه‌ای در دمای ۶۸ درجه سانتی‌گراد به‌واسطه تبدیل از حالت نیمه‌هادی به هادی الکتریسیته است. وقتی با ۱٫۹درصد تنگستن دوپ می‌شود، دمای تبدیل به حدود ۲۹ درجه سانتی‌گراد پایین می‌آید.

۱۴-۱-۶ زنجیره ارزش کاربردهای مبتنی بر این فناوری (از تولید نانوذرات اولیه تا تولید محصول میانی تا تولید محصول نهایی و به‌کارگیری محصول)

- زنجیره ارزش کاربردهای این فناوری شامل موارد کلی زیر است:
- تولید ذرات یا محیط یا میکروکپسول‌های بر پایهٔ کریستال مایع یا Leuco dyes؛
- تولید جوهر، رنگ یا مایع حاوی ذرات یا میکروکپسول‌های مذکور؛
- استفاده از این رنگ یا جوهر در تولید محصولات متنوع مانند برچسب، مستربچ، رنگ، رزین یا اپوکسی؛
- به‌کار بردن برچسب یا نشانگر بر روی محصولات موردنظر و در مواردی مانند باتری‌های خودرو برای اتصال سیستم برقی یا حرارتی در مجاورت برچسب یا مایع مذکور برای انتقال حرارت؛
- به‌کار بردن برچسب‌ها یا نوارهای مخصوص به‌صورت چاپی یا پرینت برای نشانگر دما مانند تب‌سنج یا نمایشگر روی تجهیزات؛
- تولید محصولات مکمل مانند رنگ‌های شفاف یا براق محافظ رنگ ترموکرومیک مانند وارنیش یا ضدUV.

۱۴-۱-۷ فناوری‌های رقیب (از چه شیوه‌های دیگری برای رفع نیاز مرتبط با این فناوری بهره گرفته می‌شود؟)

- الکترو کرومیک؛
- هالوکرومیک؛
- فسفرسان و عناصر فعال در نور UV.

۱۴-۱-۸ فناوری‌های مکمل (برای توسعه محصولات در هر یک از کاربردهای ذکر شده، به چه فناوری‌های دیگری نیاز وجود دارد؟)

- فناوری میکروکپسول‌کردن؛
- فناوری سنتز عوامل ترمو کروماتیک؛
- فناوری قراردادن عوامل شیمیایی مکمل در میکروکپسول‌های Dye؛
- فناوری تولید رنگ و جوهر یا سایر محصولات مانند منسوج یا برچسب؛

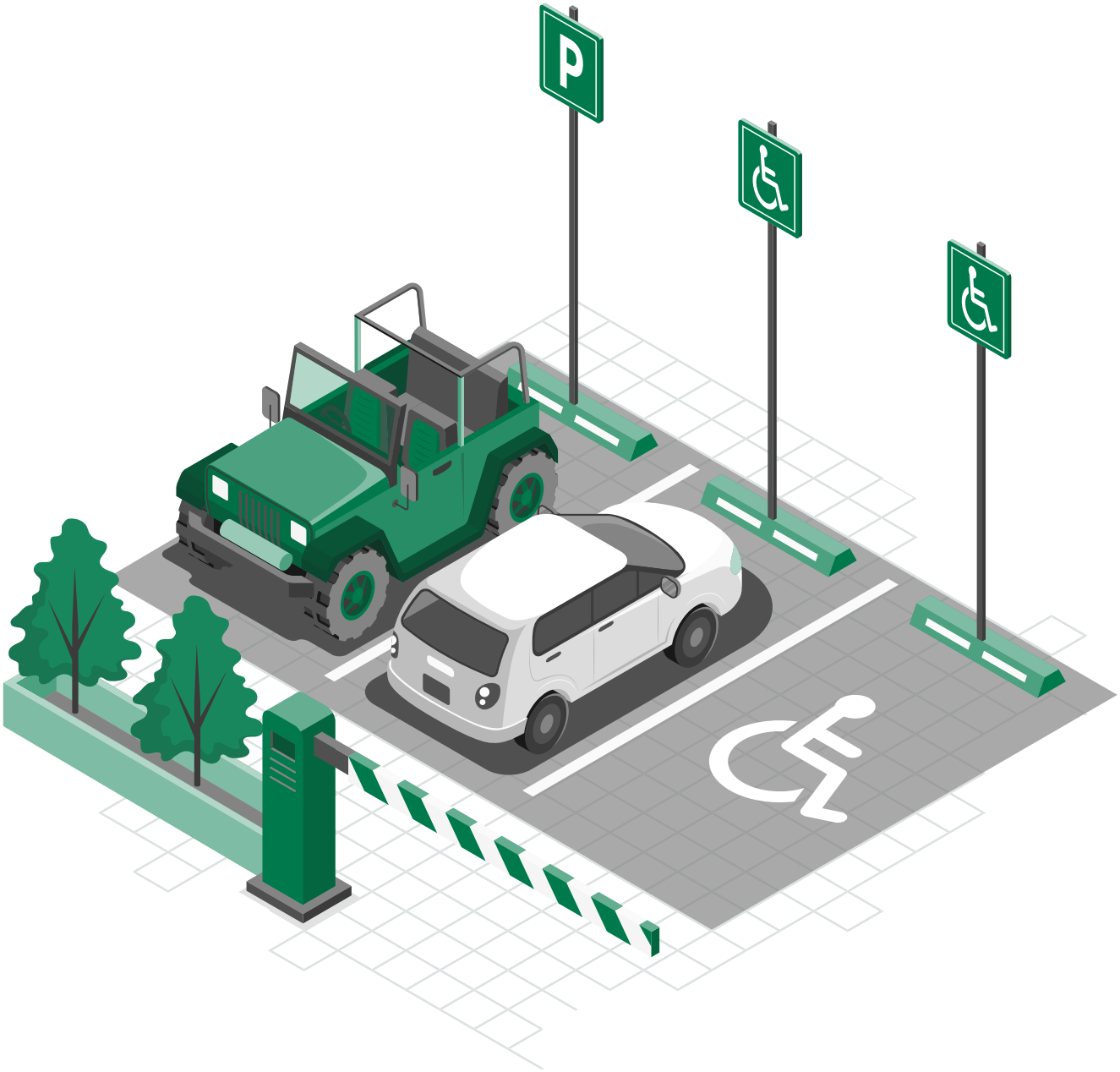
تطبیق فناوری‌های ساخت و چاپ این رنگ‌ها خصوصا در نوع Leuco Dyes؛ زیرا اندازه میکروکپسول‌ها در حدود ۳ تا ۵ میکرومتر است که حدودا ۱۰ برابر از رنگ‌دانه‌های معمولی بزرگ‌تر هستند.

۱۴-۱-۹ فرصت‌های تحقیقاتی که امکان دارد براثر فعالیت در این زمینه پدید آید. (آیا فعالیت در این زمینه فرصت‌های تحقیقاتی را در حوزه‌های مرتبط پدید می‌آورد یا این اثر/ فناوری نسبتاً منزوی است؟)

به‌طور کلی حوزه رنگ و رزین شامل بخش‌های مختلفی است. فعالیت در حوزه رنگ‌های ترموکرومیک شامل زمینه‌های تحقیقاتی در حوزه شیمی، فیزیک و مهندسی است. طراحی و ساخت رنگ‌دانه‌ها و فازهای کریستال مایع و مهندسی آن‌ها منجر به کاربردهای مختلف آن در صنایع صوتی تصویری مانند نمایشگرهای LCD و وسایل تزیینی، وسایل ورزشی، آشپزخانه و... می‌شود. طراحی وسایل و تجهیزاتی که بتوان از این رنگ‌ها در آن استفاده کرد نیز بخش وسیعی را شامل می‌شود. تولید مواد اولیه و سپس به‌کارگیری آن شامل حوزه وسیعی از فناوری‌ها می‌شود.

۱۴-۱-۱۰ اهمیت فعالیت در این زمینه از نظر اجتماعی یا راهبردی (آیا این اثر/فناوری به حل یا کاهش شدت یک مسئله اجتماعی، محیط‌زیستی یا سیاسی کمک می‌کند؟)

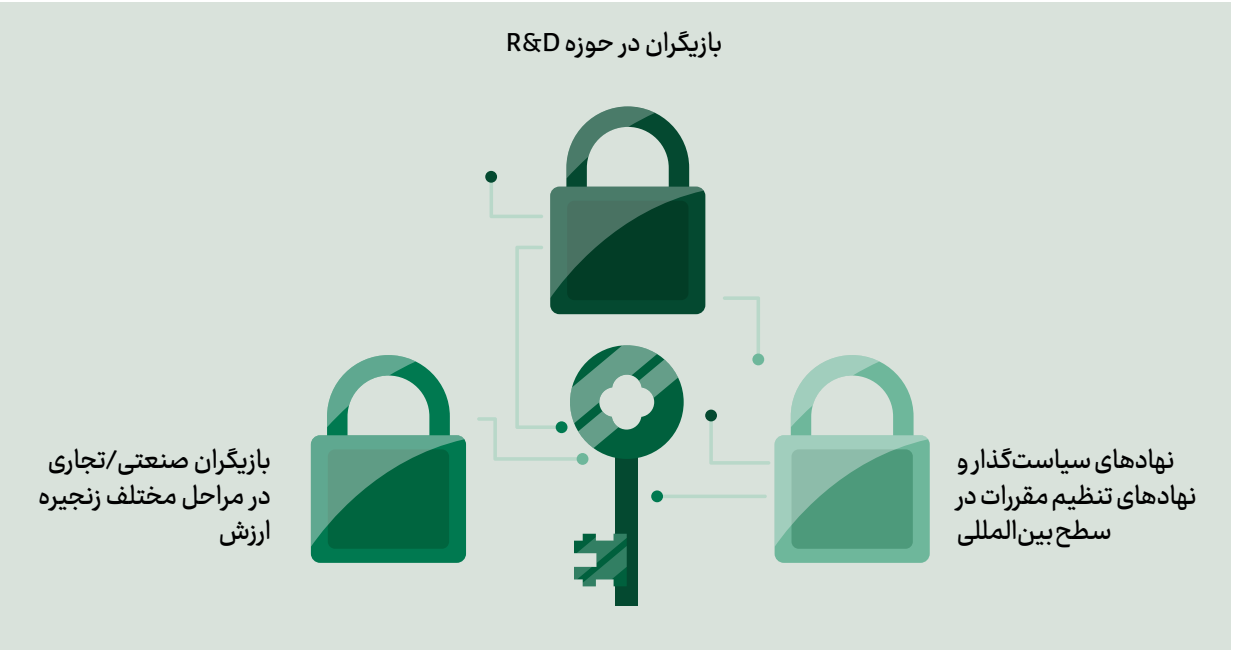
در حوزه امنیتی و هشداردهنده می‌تواند از نظر راهبردی کمک کننده باشد.



استفاده از رنگ ترموکرومیک در علائم، تابلوها و تجهیزات ترافیکی که تغییر رنگ برگشت‌پذیر می‌دهد

۱۴-۲ تحلیل بین‌المللی

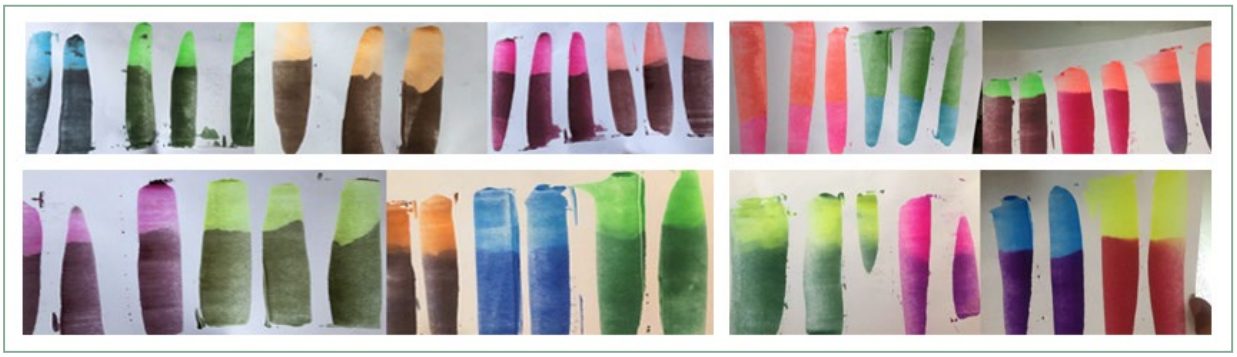
۱۴-۲-۱ بازیگران کلیدی فعال در این فناوری



چندین شرکت در حوزه تولید و عرضه رنگ و جوهرهای ترموکرومیک فعال هستند:

شرکت هنگ کنگی Nanomatrix[۷]

رنگ‌دانه‌های ترموکرومیک برای کاربردهای امنیتی، حفاظت از برند وضدجعل را ارائه می‌کند. این رنگ‌ها با تغییرات دمایی تغییر رنگ می‌دهند. این رنگ‌ها بر روی محصولات مختلفی از جمله مدارک و مستندات اعمال می‌شوند. رنگ‌های متنوعی در این



شکل ۱۴-۳ جوهرهای ترموکرومیک

رنگ‌دانه‌ها قابل‌رویت هستند.
نوع دیگر محصول این شرکت است که کاربردهای وسیعی دارد. این جوهرها بر روی محصولات متنوعی مانند برچسب‌ها، بلیط‌ها، وچرها و استمپ‌های مالیاتی می‌توانند استفاده شوند. دو نوع جوهر ترموکرومیک وجود دارد:

جوهرهای غیرقابل‌بازگشت:

که از حالت بی‌رنگ یا نامرئی به حالت رنگی تغییر می‌کنند. وقتی به دمای مشخصی برسد به حالت رنگی تبدیل شده و باقی می‌ماند و دیگر قابل‌برگشت به حالت اولیه نیست.

جوهرهای بازگشت‌پذیر:

از حالت رنگی به حالت بی‌رنگ تبدیل می‌شوند یا از حالت رنگی به رنگی یا حالت نامرئی به حالت رنگی یا به‌صورت ۳ حالته (رنگی به رنگی به نامرئی) تبدیل می‌شوند.

دماهای تغییر عبارت‌اند از:

۶۵، ۸۰، ۱۰۰ و ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد

میزان دقت شروع تغییر رنگ:

در دامنه ۵ ± درجه سانتی‌گراد است.
این محصولات بر پایهٔ آب هستند.
در جدول مقابل شرایط جوهرهای برگشت‌پذیر قابل‌مشاهده است.

Reversible Inks			
Color Effects:	Color to invisible	Color to color	Invisible to color
Temperature change points	5°C - 50°C	> 50°C	> 60°C
Start of color change to full color development	+/-3°C	+/-5°C	
Type of security	Covert, forensic		
Printing technology	Offset (wet/dry), letterpress, gravure , flexo and screen		
Ink type	Water based, UV curing		
Product Package	Can, 1 kg		
Printing technology	Offset (wet/dry), letterpress, gravure , flexo and screen		
Ink type	Water based, UV curing		
Product Package	Can, 1 kg		
Authentication method	Color appearance changes when exposed beyond certain temperature points and returns to same colour at lower temperature		
Others	Short delivery time		
Available color			

شکل ۱۴-۵ شرایط جوهرهای برگشت‌پذیر

کاربردهای آن شامل کنترل کیفیت و ایمنی غذا در صنایع غذایی، هشداردهنده نوری برای افزایش دمای بیش از حد برد الکترونیکی در صنایع الکترونیک، تشخیص اصل بودن بلیط، تشخیص اصالت کالا در صنایع آرایشی و بهداشتی.



شکل ۱۴-۶ برخی از کاربردهای این رنگ

شرکت فرانسوی Stardust[۸]



شکل ۱۴-۷ کاربرد رنگ ترموکرومیک در نساجی

این شرکت از سال ۲۰۰۶ در جنوب فرانسه تأسیس شد و در حوزه تولید و صادرات پیشرفته فعالیت دارد. این شرکت فرانسوی توانسته در سال ۲۰۱۶ به درآمد یک میلیون یورو که ۳۰درصد آن حاصل صادرات به بیش از ۶۰ کشور دنیاست، برسد. این شرکت با دقت بالا مشغول ساخت، توسعه و صادرات رنگ‌های Stardust است. یکی از انواع رنگ‌های تولیدی آن رنگ‌های ترموکرومیک برای کاربردهای خودرویی، صنعتی، طراحی و امنیتی است.

رنگ‌های ترموکرومیک در دماهای پایین همیشه رنگی ومات هستند و وقتی دما بالا می‌رود به حالت بی‌رنگ یا نامرئی تغییر می‌کنند. وقتی حرارت داده می‌شوند امکان دیده‌شدن رنگ پس زمینه به‌وجود می‌آید زیرا رنگ ترموکرومیک بی‌رنگ یا نامرئی می‌شود. دماهای تغییر حالت در این رنگ‌ها ۱۰، ۳۲ و ۵۴ درجه سانتی‌گراد است. حالت تغییرات به‌صورت برگشت‌پذیر بوده و وقتی به دمای تبدیل نزدیک می‌شود به‌آرامی نامرئی شده و در دمای مربوطه به‌صورت ناگهانی از حالت مات یا رنگی به‌صورت شفاف تبدیل می‌شود.

نحوه استفاده این رنگ‌ها به‌صورت اسپری و پاشش است و معمولاً لایه‌های زیاد و به‌صورت یکنواخت لازم است. معمولاً دوام این رنگ‌ها به شرایط نگهداری آن‌ها مربوط است. در صورتی که از نور خورشید و UV و دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد دور نگه داشته شوند تا ۱۰۰۰۰ سیکل تغییر رنگ کار می‌کنند. برای استفاده بر روی سطوح در معرض نور خورشید مانند رنگ خودرو یا محصولات بیرون خانه، باید از رنگ‌های جلا و شفاف ضدUV بر روی رنگ ترموکرومیک استفاده شود. همچنین رنگ ترموکرومیک نباید در معرض دماهای بیش از ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت طولانی قرار گیرند. این رنگ‌ها در سه رنگ قرمز، آبی و سبز ارائه می‌شوند. رنگ مذکور به قیمت ۱۲۶ پوند انگلیس به ازای هر لیتر به‌فروش می‌رسد.

رنگ ترموکرومیک چند رنگه Pulsar جذاب‌ترین و فناورانه‌ترین محصول شرکت Stardust است که از حالت شفاف به قرمز، سبز، آبی و سپس شفاف تغییر می‌کند. سطح این رنگ در اثر کوچک‌ترین تغییر دمایی، به‌صورت آنی تغییر رنگ داده و چند رنگه می‌شود. این محصول شامل دو بخش رنگ ترموکرومیک pulsar و به همان مقدار محصول محافظتی پایدارساز[۹] است. ترتیب رنگ‌های مورد مشاهده در این محصول به‌صورت زیر است:

41°C: Transparent> 37°C: Blue> 31°C: Green> 29°C: Red> 27°C: Transparent>

این رنگ به‌شدت حساس و دقیق است و حتی با دمای دم و بازدم تنفس انسان، تغییر رنگ می‌دهد. این رنگ پایه آب بوده و باید حتما بر روی رنگ سیاه به‌عنوان پس زمینه اعمال شود. برای استفاده باید ۴ تا ۶ مرتبه لایه‌های رنگ را پاشش کرد و بین هر پاشش ۱ دقیقه زمان برای تبخیر ماده فرار وقفه بیفتد. سپس بر روی آن ۳ تا ۴ لایه از رنگ محافظ برای محافظت از رنگ ترموکرومیک pulsar اعمال نمود.



شکل ۱۴-۸ نمونه‌ای از کاربردهای رنگ ترموکرومیک

هم‌اکنون ۱۰۰ میلی لیتر از این رنگ به قیمت ۵۴ پوند انگلیس به‌فروش می‌رسد.

شرکت هندی Americos[۱۰]

یک شرکت نوآور در حوزه تولید مواد موردنیاز در صنایع نساجی، مواد شیمیایی خاص، مواد شیمیایی براق کننده و رنگ‌دانه‌ها و حامل‌های رنگی Dyes است. این شرکت علاوه بر این به صنایع غذایی و دارویی طعم‌دهنده‌ها و آنزیم‌ها را نیز ارائه می‌کند.

محصول پودر ترموکرومیک این شرکت به‌صورت فوق ریزدانه با رنگ‌های متنوع است. دامنه دمایی تغییر رنگ آن بین ۰ تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد است. رنگ ترموکرومیک نوع رنگی به بی‌رنگ شامل رنگ‌های سیاه، آبی روشن، آبی تیره، آبی بنفش، سبز، نارنجی، قرمز و زرد است. در نوع تبدیل رنگی به رنگی شامل رنگ‌های نارنجی به زرد، قرمز به زرد، قرمز به نارنجی، آبی تیره به بنفش، سیاه به آبی، سیاه به زرد و سیاه به صورتی است. این رنگ برای رنگ‌آمیزی پلاستیک و تولید مستربچ پلاستیکی و در بسیاری از صنایع دیگر مانند اسباب بازی، سرامیک، اسلایم، رنگ، رزین، اپوکسی، لاک ناخن، پرینت بر روی صفحه، لعاب و منسوجات به‌کار می‌رود.



شکل ۱۴-۹ نمونه‌ای از کاربردهای رنگ ترموکرومیک شرکت هندی Americos

۱۴-۲-۲ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار

باتوجه به تولید این محصولات در کشورهای مختلف دنیا و وجود بازار آن در بخش‌های مختلف، آمادگی فناوری و آمادگی بازار آن در سطح بین‌المللی به میزان حداکثر یعنی TRL=9 و MRL=9 است.



۱۴-۲-۳ موقعیت فناوری در چرخه عمر

به نظر می‌رسد با توجه به استفاده از این رنگ‌ها در بخش‌های مختلف این فناوری در مرحله رشد نزدیک به بلوغ است. با این حال مسیر رشد زیادی در پیش روی دارد.

۱۴-۲-۴ مهم ترین پیشران‌ها و چالش‌های پیش روی فناوری

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

در حال تکمیل است.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

نیاز به افزایش طراحی‌ها و در نظر گرفتن شرایط امنیتی در محصولات و مدارک برای جلوگیری از کپی آن‌ها منجر به افزایش درخواست برای استفاده از رنگ‌ها و جوهرهای فوتوکرومیک می‌شود. همچنین در تجهیزات بزرگ و گران‌قیمت صنعتی مانند نیروگاه‌ها و پتروشیمی استفاده از رنگ‌های هشداردهنده در صورت ایجاد ضرورت، منجر به رشد زیادتر مصرف رنگ‌ها یا جوهرهای فوتوکرومیک و صرفه‌جویی از طریق پیشگیری از خطر می‌شود.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

در حوزه ایمنی پیشران خوبی وجود دارد و از نظر ایمنی محل کار در محیط‌های کاری با تجهیزات دمای بالا، وسایل نقلیه، موتور کشتی‌ها و توربین‌ها استفاده از این رنگ‌ها به‌صورت پیشران در نظر گرفته می‌شود.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

در حال تکمیل است.

۱۴-۲-۵ اطلاعات موجود درباره تحلیل بازار در سطح جهانی

بازار جهانی رنگ‌دانه‌های ترموکرومیک در سال ۲۰۱۹ به میزان ۴۲۸ میلیون دلار بوده است که پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۲۷ به میزان ۵۹۵ میلیون دلار برسد. مهم‌ترین بازیگران این صنعت عبارت‌اند از:

- Devine Chemicals inc
- New color chemical limited
- CTI and Flint group
- Olikrom
- QCR solutions corp
- Matsui color

- LCR hallcrest
- Hali industrial corp
- KOLORTEK
- SMAROL INDUSTRY CO.LTD[11]

بخش‌های مختلف استفاده کننده از رنگ‌دانه‌های فوتوکرومیک عبارت‌اند از:

- جوهر چاپی
- رنگ و پوشش
- غذا و نوشیدنی
- آرایشی بهداشتی
- نساجی
- پلاستیک و پلیمر
- کاغذ
- سایر

تعدادی از محصولات موجود در اینترنت عبارت‌اند از:

- رنگ ترموکرومیک محصول یکی از شرکت‌های آفریقای جنوبی که بین ۳۰ تا ۳۱ درجه سانتی‌گراد، تغییر رنگ برگشت‌پذیر می‌دهد. قیمت یک بطری ۳۰۰ میلی لیتری آن **۲۰ یورو** است.
- در شرکت Stardust رنگ ترموکرومیک ۱ لیتری با قیمت **۱۵۲ دلار** به‌فروش می‌رسد.[12]
- محصول شرکت Hali رنگ ترموکرومیک به ازای ۱ کیلوگرم رنگ‌دانه پودری **۳۳۰ دلار** به‌فروش می‌رسد.[13]

۱۴-۲-۶ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در دنیا تأثیر بگذارد

در سال‌های گذشته میزان مصرف رنگ‌های ترموکرومیک افزایش داشته و به نظر می‌رسد بازار عمده آن به‌صورت جوهر چاپ برای مسائل امنیتی بوده است. با توجه به رشد صنعت و پدیدارشدن برندهای جدید و نیاز به جلوگیری از جعل و کپی، میزان مصرف این رنگ‌دانه‌ها بیشتر خواهد شد و بازار آن رشد خواهد داشت. با آگاهی و کشف کاربردهای جدیدی برای آن در بخش‌های دیگر صنعتی، میزان رشد آن چشمگیرخواهد بود.

۱۴-۳ تحلیل داخلی

۱۴-۳-۱ فعالیت‌های انجام گرفته در کشور

فعالیت‌های تحقیقاتی (چه تیم‌هایی در کدام نهادها در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ چه مقالاتی در این زمینه منتشر شده است؟ چه پایان‌نامه‌هایی نگارش شده است؟)

جدول ۱۴-۱ نمایی از تحقیقات انجام شده در زمینه رنگ و پوشش ترموکرومیک

ردیف	نگارندگان	دانشگاه/ مؤسسه	نوع تحقیق	عنوان تحقیق
۱	امیرحسین نعمت الهی استاد راهنما: بهرام گسیلی	دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده فنی مهندسی	کارشناسی‌ارشد ۱۴۰۰	کاربرد رنگ‌های ترموکرومیک در پوسته بیرونی ساختمان‌ها در جهت کاهش مصرف انرژی، نمونه موردی تبریز و یزد
۲	ویدا عابدی طامه، فریده طالب‌پور، کمال‌الدین قرنجیگ	دانشگاه الزهرا(س)، دانشکده هنر	کارشناسی‌ارشد	تهیه منسوجات هوشمند با مواد ترموکرومیک
۳	آذر صبری، سعید طالبی، حسین روغنی ممقانی، هانیه مردانی	دانشگاه صنعتی سهند، دانشکده مهندسی پلیمر	کارشناسی‌ارشد	لیتوگرافی هوشمند با استفاده از نانوذرات پلیمری جهت آشکارسازی علائم امنیتی ترموکرومیک
۴	سیدابوالقاسم کاهانی	دانشگاه کاشان	دکتری تخصصی (PhD) ۱۳۹۲	تهیه و شناسایی برخی از ترکیبات معدنی ترموکرومیسم برگشت‌پذیر در حالت جامد
۵	مسعود صلواتی	دانشگاه کاشان		
۶	امیر مسعود اعرابی	پژوهشگاه رنگ		

فعالیت‌های توسعه محصول و تجاری‌سازی (آیا نمونه‌سازی انجام گرفته است؟ چه شرکت‌هایی برای توسعه محصول در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ آیا محصولی مبتنی بر این فناوری در بازار به فروش می‌رسد؟ آیا شرکت‌های صنعتی بزرگ در این زمینه فعالیت می‌کنند؟ آیا شرکت‌های واردکننده در این زمینه فعالیت می‌کنند؟)

برخی از شرکت‌ها نمونه‌ای از این محصول را تولید کرده‌اند.

فعالیت‌های سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری

فعالیت خاصی صورت نگرفته است.

۱۴-۳-۲ کاربردهای احتمالی محصولات مبتنی بر این فناوری در کشور (خصوصا کاربردهای مرتبط با سه حوزه ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

برخی مواد ترموکرومیک در گستره وسیعی از رنگ‌ها تغییر رنگ می‌دهند اما ثبت دمای تغییر رنگ دقیق برای آن‌ها ممکن نیست. در برخی دیگر از این مواد دمای تغییر رنگ با دقت قابل‌قبولی قابل‌تشخیص است. به همین دلیل امکان استفاده از آن‌ها در کالاهای تبلیغاتی و دماسنج‌های مورداستفاده برای غذای نوزادان، نوشیدنی‌ها، آکواریوم‌ها و یخچال‌ها

وجود دارد. در صنایع فضایی از مواد ترموکرومیک برای تغییر ضریب تابش سطوح استفاده می‌شود. رنگ‌ها و جوهرهای ترموکرومیک نیز برای رنگ‌آمیزی انواع مصنوعات مورداستفاده قرار می‌گیرند.
در صنعت دکوراسیون در مکان‌هایی مانند کافی‌شاپ‌ها، رستوران‌ها، دیوارها، خودرو، اشیای تزیینی و لوازم جانبی کاربرد دارد.
از خاصیت ترموکرومیک می‌توان در لایه‌ای مخصوص بین شیشه استفاده کرد که با تغییر شرایط نوسانی در برابر حرارت به دو صورت شفاف یا کدر قرار دارند. در این شیشه‌ها با افزایش دما شیشه به‌صورت کدر تغییر رنگ داده و نیازی به تغییر شرایط محیط به‌صورت



دستی و توسط کاربر است.
با تنظیم دقیق گستره تغییر رنگ می‌توان از این مواد به‌عنوان هشداردهنده نیز استفاده کرد. در صنعت نفت و پتروشیمی، جهت مسائل ایمنی و قابلیت تشخیص افزایش حرارت سیستم‌ها، اتصالات و لوله‌کشی‌های منتقل‌کننده محصولات از این دسته رنگ‌ها استفاده می‌شود.

۱۴-۳-۳ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار در کشور

سطح آمادگی فناوری آن ۷ و سطح آمادگی بازار ۹ است.

۱۴-۳-۴ وضعیت فناوری‌های رقیب و مکمل در کشور در هر یک از کاربردهای احتمالی

گرمارنگی می‌تواند در ترموپلاستیک‌ها، دوراپلاستیک‌ها، ژل‌ها یا هر نوع دیگری از پوشش‌ها دیده شود. بسپار (پلیمر) به خودی خود، یک مکمل گرمارنگ جای‌سازی شده یا ساختاری با نظم بالاست که در نتیجه تعامل بسپار با مکمل غیرگرمارنگ ساخته می‌شود و می‌تواند منشأ اثر گرمارنگی باشد. علاوه بر این، از دید فیزیکی، منشأ اثر گرمارنگی می‌تواند مختلف باشد؛ بنابراین، از تغییرات بازتاب نور، جذب یا پراکندگی با دما پدید می‌آید. کاربرد بسپارهای گرمارنگ برای محافظت خورشیدی، موضوع بسیار مهمی است. به‌عنوان تابعی برای راهبرد طراحی که برای بسپارهای گرمارنگ غیرسمی به کار برده می‌شود، در دهه اخیر بسیار موردتوجه قرار گرفته‌است.

از تکنولوژی الکتروکرومیک می‌توان در کنار فناوری ترموکرومیک در کاربردهای مختلف بهره گرفت. به‌عنوان مثال در شیشه‌ها، آینه‌ها و پنجره‌های هوشمند از این تکنولوژی استفاده می‌شود.

مواد الکتروکرومیک مواد هوشمندی هستند که در اثر قرار گرفتن در یک پتانسیل مخصوص دچار تغییر رنگ بازگشت‌پذیر می‌شوند.

۱۴-۳-۵ میزان سرمایه‌گذاری موردنیاز برای توسعه این فناوری تا سطح نمونه‌سازی (TRL6) و همچنین، برای تولید در مقیاس وسیع (TRL8) به‌صورت تخمینی

در زمان انجام این پروژه اطلاعاتی به‌دست نیامده است.

۱۴-۳-۶ زیرساخت‌ها و منابع لازم برای توسعه فناوری، توسعه محصول و تجاری‌سازی در کشور

- منابع انسانی؛
- زیرساخت آزمایشگاهی و نمونه‌سازی؛
- زیرساخت تولید؛
- آزمایشگاه مرجع؛
- منابع مالی؛
- توانمندی‌های حفاظت از دارایی فکری؛
- زیرساخت‌های بازاریابی، توزیع، فروش و خدمات پس از فروش.

با وجود صنعت رنگ و دسترسی به مشتقات رنگ و پلیمر در صنعت ایران، بستر لازم برای مطالعه و تولید رنگ‌های ترموکرومیک وجود دارد. اگر چه، در حوزه صنایع مختلف هنوز جایگاه این فناوری در کشور تنها به کاربردهای مرتبط با ایمنی محدود می‌شود. با این حال در زمینه تولید محصولات مرتبط علم، نیروی انسانی و منابع مهم مواد اولیه در دسترس تولیدکنندگان می‌باشد. به نظر می‌رسد با بازاریابی و تبلیغات صحیح بتوان صنایع و زیرساخت‌های لازم را برای تولید و به کارگیری این نوع محصولات مجاب کرد.

۱۴-۳-۷ پیشران‌ها و چالش‌های توسعه و تجاری‌سازی این فناوری در کشور

- **پیشران‌ها و چالش‌های فنی**

چالش ابتدایی برای رنگ‌های ترموکرومیک، عدم آشنایی صنایع مختلف با کاربرد این ترکیبات هوشمند است. علاوه بر آن، استفاده از روش‌های قدیمی در صنایع مختلف جهت هشدار نسبت به فناوری‌های هوشمند و عدم معرفی این تکنولوژی نوعی چالش بر سر راه تولیدکنندگان خواهد بود که بتوانند بازار تولید را در دست بگیرند. همچنین عدم وجود برخی مواد اولیه در ایران از جمله چالش‌هاست.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

این نوع محصولات با توجه به قیمت بالا در صنایع مختلف ضروری محسوب نمی‌شوند. در صورت بومی‌سازی این نوع رنگ‌ها با قیمت مناسب، می‌توان برای کاربرد در صنایع مختلف نساجی، دکوراسیون، شیشه‌های هوشمند و به‌خصوص در زمینه ایمنی سازه‌ها و صنایع استراتژیک بهره گرفت.

پیشران‌ها و چالش‌های تقاضا

در حال تکمیل است.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

در صنایع مختلف استراتژیک همچون حمل‌ونقل و پتروشیمی که با حرارت‌های بالا سروکار دارند استفاده از این فناوری ضروری است و جهت بالا بردن ایمنی سازه‌ها و کارگران بسیار ضروری است. محصولات مبتنی بر جیوه برای سلامتی مضر هستند.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

در این زمینه اطلاعاتی در دسترس نیست.

۱۴-۳-۸ بازار داخلی محصولات مبتنی بر این فناوری در هر زنجیره ارزش

در قالب واردات در کشور عرضه می‌شود، همچنین چند شرکت داخلی هم اقدام به تولید برخی از کابردهای این رنگ کرده‌اند.

۱۴-۳-۹ فرصت‌های صادراتی برای شرکت‌های فعال ایرانی

در صورتی که تولیدکننده داخلی توانایی رقابت از نظر کیفیت و هزینه تمام شده را با رقبای خارجی داشته باشد، ایران می‌تواند با توجه به دسترسی به مواد اولیه پتروشیمی از تولیدکنندگان موفق باشد.

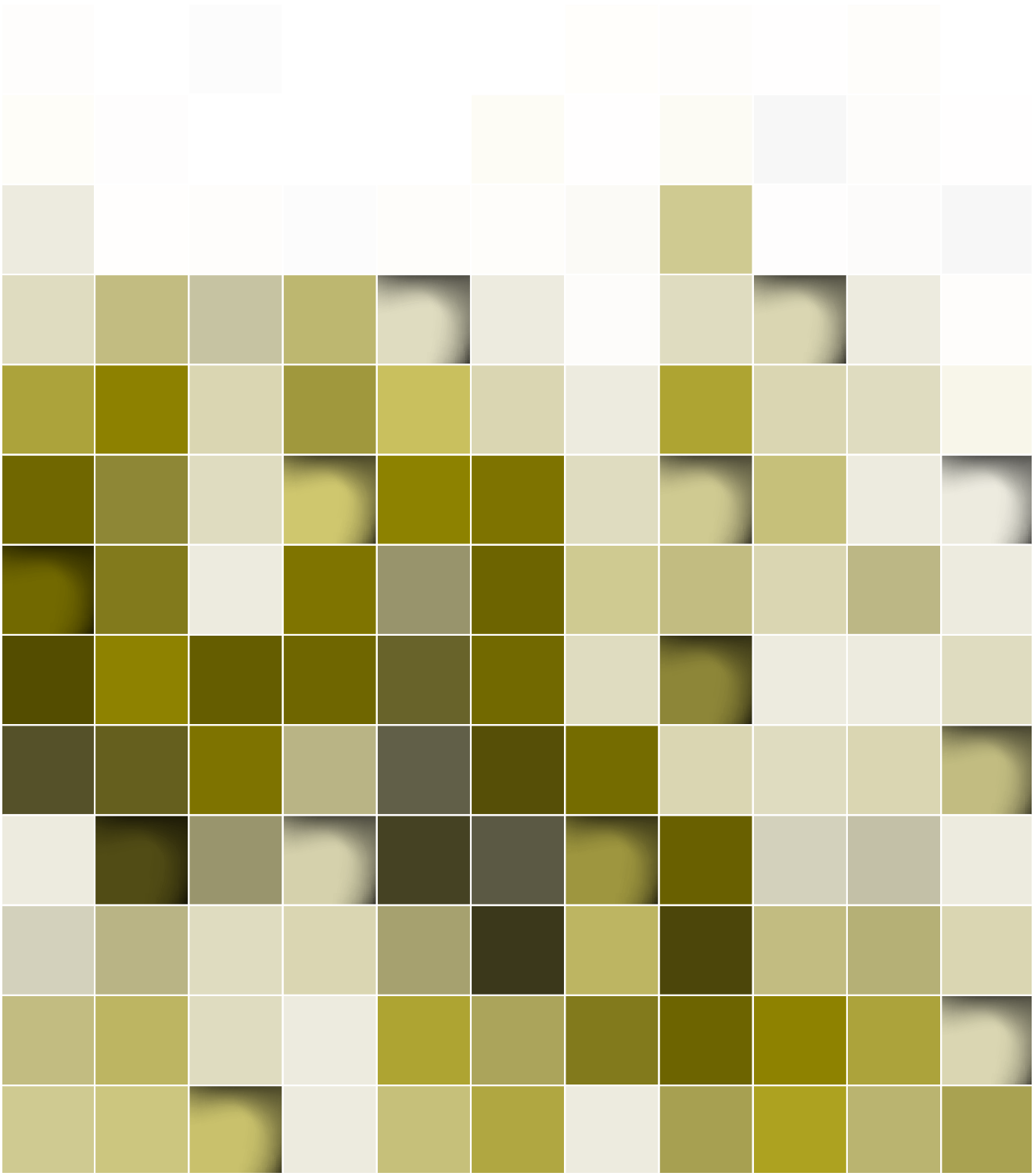
۱۴-۳-۱۰ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در کشور تأثیر بگذارد

در حال حاضر به‌دلیل عدم آشنایی کاربردهای گسترده و ضروری وجود ندارد و بیشتر صنایع تلاش داشته‌اند با روش‌های قدیمی نیازهای خود را مرتفع سازند. در صورت آشنایی بیشتر عموم با این فناوری می‌توان پیش‌بینی کرد در آینده مصرف این محصولات در کشور نیز افزایش داشته باشد. در زمینه این رنگ‌ها هنوز فناوری در حد کم رنگ‌شدن یا پررنگ‌شدن رنگ اولیه است و تغییر کلی رنگ اولیه به رنگ دیگر به بلوغ نرسیده است و در این زمینه هنوز تحقیقاتی زیادی در حال انجام است.

پی‌نوشت‌ها

۱– liquid crystals
۲– cholesteryl nonanoate
۳– cyanobiphenyls
۴– thermochromism
۵– photochromism
۶– halochromism
۷– https://www.nanomatrixsecure.com/thermochromic–pigment/
۸– https://www.stardustcolors.co.uk/35–thermo
۹– protective fixative product
۱۰– https://colourchangingpigment.com/thermochromic–pigments/
۱۱– https://www.alliedmarketresearch.com/thermochromic–pigments–market–A06536#:~:text=The%20global%20thermochromic%20pigments%20market%20size%20was%20at,a%20key%20factor%20in%20restructuring%20the%20pigments%20industry.
۱۲– https://www.bing.com/search?q=thermochromic+paint+price&qs=n&form=QBRE&sp=–1&pq=thermochromic+paint+&sc=10–20&sk=&cvid=5BB594B26FD648D3AA3F7FFC50C1D126&ghsh=0&ghacc=0–&ghpl=
۱۳– https://www.stardustcolors.co.uk/thermo/142–thermochromic–paint–1l.

۱۵ رنگ‌های عایق صدا

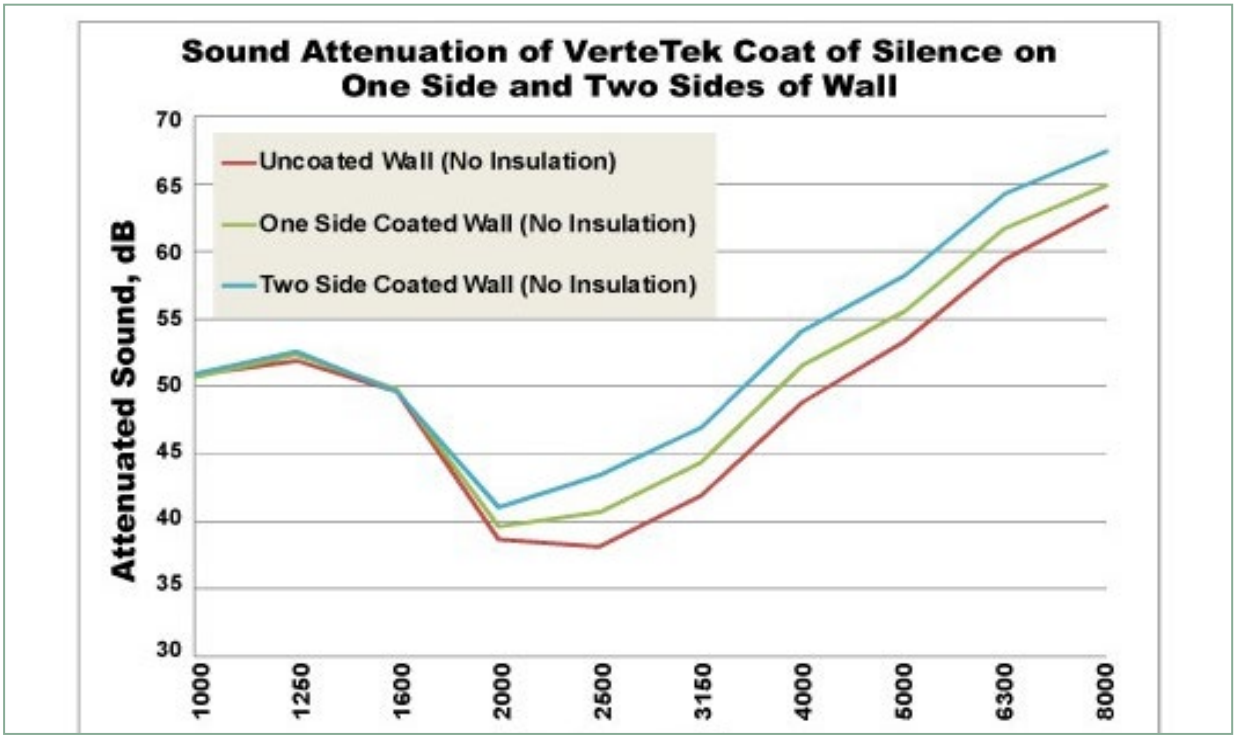


۱۵-۱ توصیف عمومی فناوری

۱۵-۱-۱ ویژگی مورد انتظار از فناوری (فناوری مبتنی بر این ویژگی چه کار می‌کند؟)

یکی از مشـکلات مهم در محیط‌های بسـته ورود صدا و صداهای مزاحم (نویز) به داخل است. فناوری رنگ‌های عایق صوت دارای نام‌هـای زیـادی از جمله رنگ آکوسـتیک[۱]، رنگ عایق صـوت[۲]، رنگ از بین برنده صدا[۳] و رنگ مانع صدا[۴] اسـت. این رنگ از ورود صداها و صداهای مزاحم یعنی نویز به داخل محیط موردنظر و همچنین در صورت اسـتفاده از فناوری متناسـب از ایجـاد اکـو (بازتولید صدا) در محیط جلوگیری می‌کند. این فناوری می‌تواند بـا چندین ویژگی مانند خاصیت بازگردانی صدا، جذب صدا و سدکردن صدا مانع از انتقال آن به محیط موردنظر شود.

با این حال کارکرد و انتظارات از این رنگ باید در حد متعارف باشد. این رنگ نمی‌تواند صداهای مزاحم با شدت بالا را به‌طور کامل حذف کند. همچنین صداهای ناشی از ضربه ناگهانی به دیوار یا با فرکانس خارج از محدوده تعریف شده را نمی‌توان بـا ایـن رنـگ حذف کـرد. در واقع میـزان کارایی آن‌هـا از دیوارها و پنل‌هـای عایق صوت کمتر اسـت زیرا ضخامـت دیوارها و پنل‌های عایق صوت بیشتر و لذا کارایی بالاتری دارند.



شکل ۱۵-۱ نمایی از کارآیی رنگ عایق صوت

در توضیحات یکی از محصولات دیگر این حوزه، کاهش تا ۳۰درصدی در انتقال و بازپخش (اکو) صدا در صورت اسـتفاده از رنگ عایق صوت بیان شده است.

۱۵-۱-۲ کاربردهای محتمل این ویژگی و فناوری (به‌طور خاص، در حوزه‌های ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

در حوزه ساخت‌وساز کاربرد اصلی این رنگ جلوگیری از ورود صداهای مزاحم و یا صدای گفتگوی افراد در سطوح تعریف شده محصول به درون محیط و اتاق می‌شود. در واقع افراد در بسیاری از ساختمان‌ها و آپارتمان‌ها، به‌علت وجود دیوار مشترک در معرض شنیدن صداهای ناخواسته و مزاحم مانند گفتگوی افراد، تلویزیون، ترافیک و یا صداهای مزاحم دستگاه‌های ماشین‌لباسشویی و ظرف‌شویی و... هستند. استفاده از فناوری رنگ عایق صوت تا حدی این میزان از صداها را حذف کرده و محیط آرام‌تری برای افراد ایجاد می‌کند.[۵]

این فناوری در محیط‌های تخصصی مانند استودیوها، بیمارستان‌ها و آزمایشگاه‌ها نیز می‌تواند استفاده شود. آزمایشگاه‌های بررسی شنوایی یا استودیوهای ضبط صدا می‌توانند در کنار استفاده از دیوارها و پنل‌های عایق صوت از این رنگ‌ها نیز برای کاهش حداکثری نویز در محیط موردنظر استفاده کنند.

۱۵-۱-۳ محصولات توسعه یافته یا در حال توسعه بر اساس این فناوری

رنگ‌های مختلفی بر این اساس توسعه یافته‌اند. گچ و ملات عایق صدا در بعضی از منابع بر این اساس ساخته شده‌اند. همچنین دیوارها، پنل‌ها و قطعات پیش‌ساخته عایق صدا نیز از گذشته در این زمینه استفاده می‌شوند.

۱۵-۱-۴ مزیت (های) کلیدی این فناوری (کاهش قیمت، سهولت اجرا، رفع نیازی که تاکنون برآورده نشده و...)

- سهولت استفاده از محصول: رنگ به‌راحتی و با حداقل آماده‌سازی سطوح و توسط یک نفر می‌تواند استفاده شود.
- کاهش قیمت نسبت به سایر محصولات مانند دیوارها و پنل‌های عایق: در صورت یکسان بودن میزان عایق‌کردن صوت، استفاده از رنگ هزینه کمتری دارد.
- امکان استفاده در اتاق‌ها و محیط بدون نیاز به بازسازی کامل ساختمان یا دیوارها و کاهش میزان نویز در محیط برای ایجاد محیط آرام‌تر جهت استراحت و کار.
- چندکاره بودن: در بعضی از محصولات خاصیت ضدآتش نیز به رنگ اضافه شده است.

۱۵-۱-۵ نانوذرات بهره گرفته شده در این فناوری (از چه فناوری‌های نانویی برای تولید یا به کارگیری محصولات بهره گرفته می‌شود؟)

در محصولات بررسی شده چند فناوری مورداستفاده قرار گرفته است:

- پرکننده‌های جاذب صدا و ذرات سرامیکی کروی میکرونی تو خالی (فناوری غالب)؛
- ذرات جاذب صوت thermacel؛
- نانوممبران‌های[۶] جاذب و منحرف‌کننده صدا[۷]: دارای حفرات و جای خالی بسیار کوچک؛
- soda-lime borosilicate glass (SLBG0)حاوی ۷۰ تا ۸۰درصد سیلیکا (پتنت[۸]) و سیلیکات آلومنیوم پتاسیوم (APS)؛
- هواژل سیلیکایی: کاربرد عایق حرارت و صدا (پتنت[۹])؛
- ویسکرهای اکسیدروی دارای هسته چهاروجهی با سوزن‌های برآمده از هر وجه (پتنت[۱۰]) به‌عنوان جاذب صدا و ارتعاش.

۱۵-۱-۶ زنجیره ارزش کاربردهای مبتنی بر این فناوری (از تولید نانوذرات اولیه تا تولید محصول میانی تا تولید محصول نهایی و به‌کارگیری محصول)

- ذرات جاذب صوت و نانوممبران‌ها و هواژل سیلیکاتی؛
- رزین‌های حاوی ذرات جاذب صوت؛
- رنگ‌های جاذب صوت؛
- ممبران‌های جاذب صوت؛
- پنل‌های جاذب صوت.

۱۵-۱-۷ فناوری‌های رقیب (از چه شیوه‌های دیگری برای رفع نیاز مرتبط با این فناوری بهره گرفته می‌شود؟)

فناوری‌های رقیب شامل انواع دیوارها، پنل‌ها، لایه‌ها و قطعات عایق صوت هستند. این محصولات به‌علت ضخامت بالا توانایی ایجاد عایق صوت بسیار خوبی دارند. ضخامت بعضی از این محصولات تا ۶ سانتی‌متر است. در واقع صداهای ناگهانی و با شدت بالا مانند صدای نواختن ساز ترومپت، صداهای کوبیدن اشیا مثل چکش زدن و صداهای با فرکانس‌های پایین و شدت بالا نمی‌توانند با رنگ‌های عایق صوت کنترل شوند بلکه باید با دیوارها و پنل‌های مخصوص عایق صوت کنترل شوند.

در صنایع خودروسازی و عایق وسایل نقلیه از پنل‌های منسوجات نبافته و الیاف مخصوص برای ایجاد لایه فشرده همراه با لایه‌های اپوکسی یا پلیمری استفاده می‌شود. همچنین پنل‌های عایق صوت که بر پایهٔ ممبران‌های دارای حفرات ریز تولید می‌شوند، جزو فناوری‌های رقیب هستند.

به‌طور کلی تعدادی از عایق‌های صوتی عبارت‌اند از:

- پشم سنگ
- پلی‌یورتان
- پشم شیشه
- پشم سرباره
- عایق الاستومری
- فوم XPS
- یونولیت
- فوم ریباند یا rebond foam
- عایق ایزوهم
- فوم سایلنت
- عایق اکوستیک فوم شانه تخم‌مرغی
- دیوارپوش ضدصدا

نمد صوتی

از نمد صوتی یا همان عایق‌های نمدی اکثراً در صنعت خودروسازی و در ساختمان‌ها استفاده می‌شود. نمد صوتی فقط به‌منظور جلوگیری از عبور صدا از محیطی به محیط دیگر نیست؛ بلکه همین نوع نمدهای صوتی می‌توانند جلوی انتقال حرارت را هم از محیطی به محیط دیگر بگیرند. در نتیجه نمد صوتی باعث کاهش مصرف انرژی و صرفه‌جویی در هزینه‌های انرژی خانوارها هم می‌شود.

عایق دو طرف صاف

قابل‌استفاده به‌عنوان عایق صوتی خودرو، دیوار مشترک، عایق صوتی سقف آپارتمان، مکان‌های عمومی، جلوگیری از لرزش و صدا در سقف، حذف صداهای عمومی داخل آپارتمان، قطار، مترو، هواپیما، کانال انتقال هوا، کانال‌های فاضلاب، عایق صوتی برای ماینر، عایق صوتی درب، عایق شانه تخم‌مرغی ساده و حرارتی

ضمنا از عایق صوتی دو طرف صاف به‌عنوان عایق حرارتی در سالن‌ها به‌منظور جلوگیری از ورود گرمای خورشید در فصل تابستان و خروج هوای گرم در فصل زمستان به‌منظور بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش هزینه‌ها استفاده می‌شود.

عایق شانه تخم‌مرغی

قابل‌استفاده برای صداگیری وسایل صنعتی، محفظه توربین‌ها، پمپ‌ها، ژنراتورها، کمپرسورها، مکان‌های عمومی مانند سالن‌های آمفی تئاتر، کنسرت‌ها و سینماها، استودیوها و اتاق‌های ضبط صدا، سالن جلسات و کنفرانس، چاله و کابین آسانسور، عایق صوتی دیوار مشترک در آپارتمان و عایق صوتی روکار کف.

این نوع از عایق‌های صوت با توجه به‌شکل ظاهری شبیه به شانه تخم‌مرغ در یک سمت خود، به فوم آکوستیک یا عایق صوتی شانه تخم‌مرغی معروف هستند. این فوم‌ها می‌توانند طیف وسیعی از صداها با فرکانس‌های بالا را جذب کرده و از پژواک آن جلوگیری نمایند.

به‌دلیل حالت شش وجهی که دارند و در نتیجه سطح مقطع بیشتری که نسبت به حالت دو طرف صاف دارند، جذب فوق‌العاده‌ای داشته و اکثر اوقات به‌صورت نمایان (Expose) در پروژه‌ها و در حالتی که سمت تخم‌مرغی رو به منبع صوت باشد، نصب می‌شوند. در صورتی که در ساختمانی چند طبقه زندگی می‌کنید که امکان انتقال صدا از کف یا سقف به طبقه دیگر وجود دارد، می‌توانید از عایق صوتی کف ساختمان هم استفاده کنید.[11]



شکل ۱۵-۲ پارچه‌های صوتی

پارچه‌های آکوستیک، ضخیم‌تر و سنگین‌تر از پارچه‌های دیگر هستند و در پرده‌های تئاتر، پرده‌های خاموشی و پتوهای استودیو مورداستفاده قرار می‌گیرند.

پوشش‌های صوتی

موادی مانند Mass Loaded Vinyl MLV ماده‌هایی به صورت لاستیکی متراکم هستند که در موقعیت‌های متفاوت، مانند عایق صوتی اتومبیل، ماشین‌آلات، لوازم‌خانگی و حتی به‌عنوان زیرانداز مورداستفاده قرار می‌گیرند. جرم مواد به‌عنوان یک مانع صوتی عمل خواهند کرد.

فوم سفید پلی‌اتیلن

برای جلوگیری از صدای آزاردهنده از فوم سفید می‌توان استفاده کرد.

۱۵-۱-۸ فناوری‌های مکمل (برای توسعه محصولات در هر یک از کاربردهای ذکر شده، به چه فناوری‌های دیگری نیاز وجود دارد؟)

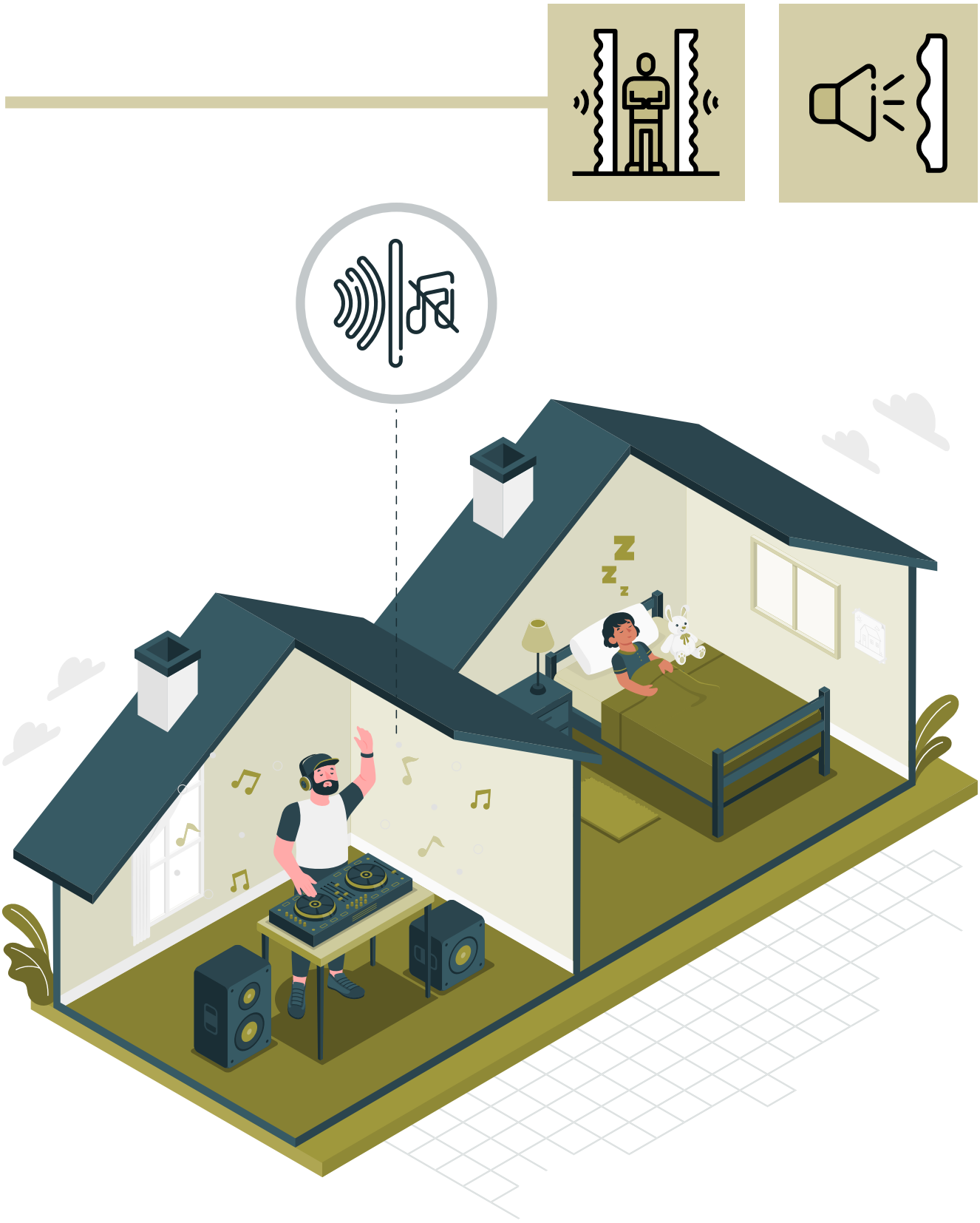
فناوری‌های مربوط به عایق حرارت و ضدآتش و همچنین خودتمیزشونده در رنگ‌ها می‌توانند مکمل رنگ‌های عایق صوت باشند. برای تولید این محصول از فناوری‌های تولید ذرات نانویی و همچنین پخش‌کردن ذرات یا افزودنی‌ها و پایدارسازی آن‌ها در رنگ می‌توان نام برد. به‌عنوان مثال در کابرد هواژل در رنگ برای اطمینان از اثربخشی کامل، باید با فناوری مناسب پخش‌کردن حداکثری ذرات هواژل و ایجاد لایه با دانسیته حداکثری از هواژل، یک لایه یکنواخت و با چسبندگی خوب با زیرلایه پدید بیاید. همچنین تولید نانوذرات نیز نیاز به فناوری مخصوص به خود را دارد. در بعضی از کشورها مانند کره جنوبی فناوری تولید مثلاً در مورد هواژل کاملاً بالغ شده و چالش تولید وجود ندارد، بلکه چالش کاربرد ذرات نانویی وجود دارد.

۱۵-۱-۹ فرصت‌های تحقیقاتی که امکان دارد براثر فعالیت در این زمینه پدید آید. (آیا فعالیت در این زمینه فرصت‌های تحقیقاتی را در حوزه‌های مرتبط پدید می‌آورد یا این اثر/فناوری نسبتاً منزوی است؟)

به‌طور کلی صنعت تولید رنگ یکی از صنایع بسیار مولد و پرکاربرد است. رنگ‌ها دارای کارکردها و انواع بسیاری هستند که توسعه آن‌ها و کار در این زمینه می‌تواند راه ورود به محصولات مشابه دیگر را فراهم آورد. فرصت تحقیقاتی در حوزه رنگ‌های عایق صدا می‌تواند زمینه‌های دیگری برای ایجاد سایر ویژگی‌ها در رنگ را نیز فراهم آورد. آشنایی با فناوری رنگ و اختلاط و پایداری آن، راه را برای تولید انواع دیگر رنگ با ویژگی‌های مختلف برگرفته از نانوذرات و مهندسی رنگ هموار می‌کند. در یکی از محصولات عایق صدا، نانوذرات استفاده شده خاصیت عایق حرارت را نیز دارند.

۱۵-۱-۱۰ اهمیت فعالیت در این زمینه از نظر اجتماعی یا راهبردی (آیا این اثر/فناوری به حل یا کاهش شدت یک مسئله اجتماعی، محیط‌زیستی یا سیاسی کمک می‌کند؟)

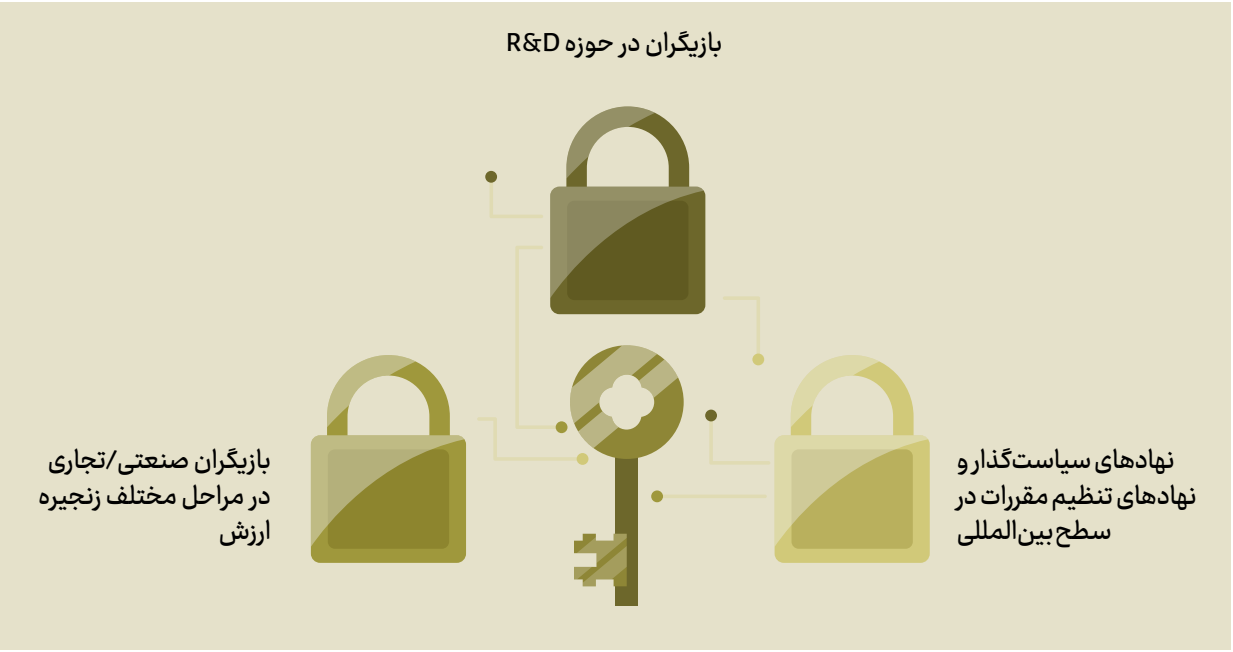
در حقیقت در صورت استفاده از فناوری مناسب می‌توان یکی از معضلات آپارتمان‌نشینی و شهرنشینی یعنی کاهش ویژگی‌های محیط خصوصی و وجود نویز و صداهای ناخواسته در محیط خانه را به حداقل رساند. همچنین در وسایل نقلیه، محیط‌های کاری و بیمارستان‌ها می‌توان از این رنگ‌ها برای کاهش صدا و نویز استفاده کرد. با این حال از آنجایی که اثربخشی این فناوری تا حدود زیادی نسبی و محدود به طیف خاصی از صداها می‌شود، کاربرد آن بر اساس هزینه و ضرورت محیط و افراد محدود می‌شود.



استفاده از رنگ عایق صدا جهت کاهش حداکثری صداهای مزاحم و نویز محیط در حوزه ساخت‌وساز

۱۵-۲ تحلیل بین‌المللی

۱۵-۲-۱ بازیگران کلیدی فعال در این فناوری



چند شرکت در حوزه تولید رنگ‌های ضدصدا یا ضدنویز محصولاتی به بازار عرضه کرده‌اند.

شرکت Acoustical Surfaces, Inc[۱۲]

این شرکت محصولی با نام Coat of Silence™ ارائه نموده است. این شرکت آمریکایی از سال ۲۰۰۹ در این حوزه فعال است. با توجه به نیاز به استفاده از رنگ برای کاهش صدا، این شرکت محصولات خود را در حوزه رنگ گسترش داده است. این محصول قابل‌اسپری و پاشش است و برای کاربردهای کاهش صدا به‌کار می‌رود. این رنگ طی دو مرحله با آستری مخصوص اعمال می‌شود. با افزایش جرم، این رنگ انتقال صدا از دیوار و سقف را از طریق افزایش جذب صدا کاهش می‌دهد. دوام این پوشش و سطح نهایی براق آن کیفیت خوبی برای مصرف‌کننده فراهم می‌کند. با استفاده از این رنگ صداهای دامنه متوسط حذف می‌شوند و نویزهای متداول به میزان زیادی کاهش می‌یابند. این شرکت یک پتنت در حال بررسی در این زمینه دارد و میزان STC را در اتاق و ساختمان از ۳ تا ۷ درجه افزایش می‌دهد. STC معیار میزان کاهش عبور صدا از یک سطح است. پوشش اصلی دارای نانو ممبران هایی است که خاصیت جذب صدا را دارند و همچنین نقش منحرف‌کردن صدا را نیز ایفا می‌کنند.
پوشش نهایی نیز دارای فرمول مشابهی است که کار کاهش صدا و حذف صداهای مزاحم را تکمیل می‌کند. این رنگ بر طبق استانداردهای ASTM E90-09 and E413-04 آزمایش شده است.
در جدول ۱۵-۱ قابلیت کاهش صدا از دیوار یک‌طرف رنگ شده با این پوشش، مشاهده می‌شود.

جدول ۱۵-۱ قابلیت کاهش صدا از دیوار یک طرفه رنگ شده با پوشش Coat of Silence

Frequency (Hz)	Uncoated Wall	One Side Coated Wall	improvment of	Two Side Coated Wall	improvment of
125	20.6	23.3	2.7	23.4	2.8
3150	38.1	40.7	2.6	43.4	5.3
4000	41.9	44.4	2.5	46.9	5.0
5000	48.8	51.5	2.7	54.1	5.3
6300	53.3	55.5	2.2	58.2	4.9
5000	59.4	61.7	2.3	64.3	4.9

شرکت Hy-Tech[۱۳]

این شرکت در آمریکا در حوزه رنگ و سرامیک فعال است. این شرکت فناوری Ceramic Vacuum Matrix" (CVM)را توسعه داده است که در آن از سرامیک‌های میکرونی کروی توخالی (وکیوم شده) در تولید رنگ استفاده می‌شود. با استفاده از این فناوری ویژگی‌های مختلفی به رنگ داده می‌شود. این سرامیک‌های کروی توخالی در رنگ‌های عایق صدای این شرکت با نام تجاری ACOUSTI-COAT استفاده می‌شوند.

این رنگ دارای چگالی بالایی است که بر پایهٔ آب بوده و از ذرات کروی سرامیک توخالی، ذرات پرکننده جاذب صوت و پرکننده تشکیل شده است. این رنگ برای کاربردهای داخلی شامل دیوار، سقف، گچ، فولاد و چوب به‌کار می‌رود. با ترکیبی از میزان زیادی از ذرات کروی سرامیکی توخالی (مغزی وکیوم شده) و رنگ‌دانه‌های پرکننده جاذب، این رنگ تا ۳۰درصد انتقال و بازگرداندن صدا (اکو) را کاهش می‌دهد. این رنگ همچنین خواص عایق حرارت را نیز دارد و دارای رزین مخصوص کاهش‌دهنده صدا و رنگ‌دانه‌های کاهش‌دهنده صدا نیز است. در واقع عملکرد این رنگ به سبب استفاده از اجزای مختلف، بسیار بالاست. در واقع علاوه بر ذرات کروی سرامیکی توخالی، رنگ‌دانه‌های جاذب صوت این شرکت



شکل ۱۵-۳ رنگ عایق صوت ACOUSTI-COAT

نیز که جزو اسرار فناوری آن است، قابلیت عایق‌کردن صوت و حرارت را افزایش داده است. در تعدادی از منابع، این پرکننده‌ها thermacel ذکر شده‌اند.

شرکت kolmer[۱۴]

این شرکت در اسپانیا بیش از ۷۵ سال در حوزه رنگ و پوشش فعالیت دارد. این شرکت یک رنگ با نام Kolman در زمینه عایق صدا و حرارت تولید کرده است. این رنگ نیز دارای ذرات شیشه میکرونی توخالی بوده که خواص عایق حرارت و صوت دارد. در واقع این رنگ برای کاربردهای داخل و بیرون ساختمان قابلیت عایق حرارت و همچنین کاهش صداهای مزاحم (نویز) را دارد. این رنگ بر اساس استاندارد UNE-EN ISO 354:2004 مورد آزمون عایق صدا قرار گرفته است.[۱۵]



شکل ۱۵-۴ Isonem anti sound paint[۱۶]

راهنما

- عدم آمادگی برای ورود به بازار
- منطقهٔ گذار
- آمادگی برای ورود به بازار
- خارج از قطر: ریسک شکست فنی و / یا شکست بازار
- مدیریت فناوری: هدایت پروژه روی قطر

سطح آمادگی بازار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
خلق راه‌حل مطابق با نیاز تحلیل شده بازار									۹
شناسایی متخصصان دارای توانمندی				ریسک شکست فنی					۸
تحلیل توانمندی‌ها و منابع ضروری موجود برای ارائه راه‌حل									۷
ترجمه ویژگی‌های مورد انتظار محصول/خدمت به توانمندی‌ها برای خلق راه‌حل									۶
شناسایی توانمندی‌های سیستمی موردنیاز برای خلق راه‌حل									۵
کمی‌سازی ویژگی‌های مورد انتظار محصول/ خدمت جدید						ریسک شکست بازار			۴
شناسایی ویژگی‌های مورد انتظار محصول/ خدمت جدید									۳
شناسایی یک نیاز بخصوص									۲
شکل‌گیری این احساس که (چیزی کم است)									۱
سطح آمادگی فناوری	مشاهده و درک اصول علمی پایه و گزارش آن‌ها	معادل‌سازی ایده اصلی فناوری و کاربرد آن	اثبات عملکرد در سطح مدل ریاضیاتی و آزمایش‌های اولیه	دستیابی به نمونه آزمایشگاهی کارآمد در محیط آزمایشگاهی	دستیابی به نمونه آزمایشگاهی کارآمد در محیطی که به محیط عملکرد واقعی شباهت دارد	دستیابی به نمونه اولیه کارآمد در محیطی که به محیط عملکرد واقعی شباهت دارد	اثبات عملکرد نمونه اولیه در محیط واقعی	تکمیل سیستم نهایی/ افزایش مقیاس تولید به سطح تولیدات پایلوت	راه‌اندازی سیستم نهایی در محیط واقعی / راه‌اندازی خط تولید

۱۵-۲-۲ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار

در سطح بین‌المللی آمادگی سطح فناوری بالا بوده و TRL=9 را دارد. از نظر بازار نیز به‌نظر می‌رسد TRL=9 داشته باشد.

۱۵-۲-۳ موقعیت فناوری در چرخه عمر

با توجه به اطلاعات موجود در وب‌سایت شرکت‌ها و پروژه‌های انجام شده به نظر می‌رسد این فناوری در مرحله رشد باشد. با افزایش آگاهی و بازاریابی می‌توان انتظار داشت استفاده از این پوشش‌ها در صنایع دیگر نیز رشد داشته باشد.

۱۵-۲-۴ مهم ترین پیشران‌ها و چالش‌های پیش روی فناوری

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

چالش‌های فنی مربوط به ساخت پوشش‌هایی با میزان جذب بالاتر صوت و صداهای مزاحم

و افزایش بازدهی آن است.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

از نظر اقتصادی در صورت استفاده از این پوشش برای استفاده همزمان عایق صوت و حرارت می‌توان یک پیشران خوب باشد. از نظر اقتصادی هزینه و عملکرد این پوشش‌ها در مقایسه با سایر محصولات عایق صدا باید بررسی شود. در بسیاری از مواقع نیاز به عایق صدا توسط این رنگ‌ها برآورده نمی‌شوند.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

در حال تکمیل است.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

در حال تکمیل است.

۱۵-۲-۵ اطلاعات موجود درباره تحلیل بازار در سطح جهانی

نمونه محصول رنگ ضدصدا با نام ISONEM anti sound paint در سطل‌های ۵ لیتری به قیمت ۷۵ یورو وجود دارد.[۱۷] رنگ عایق صوت ACOSTI COAT نیز به قیمت ۴۵ دلار به ازای هر گالن بفروش می‌رسد.[۱۸]

۱۵-۲-۶ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در دنیا تأثیر بگذارد

عمده میزان مصرف این نوع رنگ در حوزه خانگی بوده است. به‌طور کلی استفاده از رنگ همان‌طور که گفته شد کارایی کمتری نسبت به سایر محصولات عایق صدا را دارد. در واقع میزان عایق‌کردن بسته به کاربرد آن باید درنظر گرفته شود. بنابراین در سال‌های گذشته مصرف خانگی این رنگ رشد داشته است ولی به نظر می‌رسد با رشد و بهبود فناوری این رنگ‌ها بتوان از آن‌ها در مصارف صنعتی و یا اتاق‌های نیاز به عایق صدا نیز استفاده کرد. به‌خصوص در بخش ساختمان از این رنگ در فضاهای دیوار مشترک می‌توان استفاده کرد.

۱۵-۳ تحلیل داخلی

۱۵-۳-۱ فعالیت‌های انجام گرفته در کشور

فعالیت‌های تحقیقاتی (چه تیم‌هایی در کدام نهادها در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ چه مقالاتی در این زمینه منتشر شده است؟ چه پایان‌نامه‌هایی نگارش شده است؟)

بررسی پایان‌نامه‌های داخل کشور نشان داد که در حوزه رنگ‌های عایق صدا پژوهشی انجام نشده است. با این حال در حوزه مواد دیگر عایق و نانو تحقیقاتی صورت گرفته است که به شرح جدول ۱۵-۲ است:

جدول ۱۵-۲ نمایی از تحقیقات صورت گرفته در زمینه رنگ عایق صوت یا محصولات مرتبط

ردیف	نگارندگان	دانشگاه/ مؤسسه	نوع تحقیق	عنوان تحقیق
۱	سید ادریس فیض‌آبادی	دانشگاه علم و صنعت ایران		بهینه‌سازی کاهش انرژی صوتی از طریق بررسی عددی انتشار موج اکوستیکی درون عایق صوتی تقویت شده با نانولوله‌های کربنی
۲	طاهر ازدست	دانشگاه ارومیه		اثر خواص ساختاری بر خواص عایق صوتی در فوم‌های پلیمری نانوکامپوزیت هیبریدی
۳	علی خوانین	دانشگاه تربیت مدرس		بررسی رفتار آکوستیکی و خواص مکانیکی کامپوزیت زیست تجزیه‌پذیر الیاف طبیعی نیشکر بومی جنوب ایران
۴	اکبر شجاعی	دانشگاه شریف		

فعالیت‌های توسعه محصول و تجاری‌سازی (آیا نمونه‌سازی انجام گرفته است؟ چه شرکت‌هایی برای توسعه محصول در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ آیا محصولی مبتنی بر این فناوری در بازار به فروش می‌رسد؟ آیا شرکت‌های صنعتی بزرگ در این زمینه فعالیت می‌کنند؟ آیا شرکت‌های واردکننده در این زمینه فعالیت می‌کنند؟)

در برخی از شرکت‌ها نمونه محصولاتی تولید شده است.

فعالیت‌های سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری

فعالیت خاصی صورت نگرفته است.

۱۵-۳-۲ کاربردهای احتمالی محصولات مبتنی بر این فناوری در کشور (خصوصا کاربردهای مرتبط با سه حوزه ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

- استودیوها
- ساختمان‌ها
- محیط‌های ایزوله و تست صدا و آزمون‌های عایق صدا
- اتاق‌های فرمان و صنایع سنگین



۱۵-۳-۳ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار در کشور

با توجه به ارائه اطلاعاتی درباره رنگ عایق صدا در چند وب‌سایت و همچنین تولید آن توسط یک شرکت به نظر می‌رسد سطح آمادگی TRL=6 و همچنین بازار بالقوه آن در کشور در حوزه ساختمانی وجود دارد که سطح آمادگی بازار TRL=5 را برای آن می‌توان در نظر گرفت.

۱۵-۳-۴ وضعیت فناوری‌های رقیب و مکمل در کشور در هر یک از کاربردهای احتمالی

فناوری‌های رقیب در بازار ایران هم‌اکنون به‌طور وسیعی در حال استفاده هستند و انواع محصولات عایق صدا در بازار به‌وفور یافت می‌شوند. این رنگ در بخش‌های مختلفی مانند ساختمان، صنایع نفت و گاز و محیط‌های آکوستیک مانند استودیوها به‌کار می‌روند.

۱۵-۳-۵ میزان سرمایه‌گذاری موردنیاز برای توسعه این فناوری تا سطح نمونه‌سازی (TRL6) و همچنین، برای تولید در مقیاس وسیع (TRL8) به‌صورت تخمینی

در حال تکمیل است.

۱۵-۳-۶ زیرساخت‌ها و منابع لازم برای توسعه فناوری، توسعه محصول و تجاری‌سازی در کشور

- منابع انسانی؛
- زیرساخت آزمایشگاهی و نمونه‌سازی؛
- زیرساخت تولید؛
- آزمایشگاه مرجع؛
- منابع مالی؛
- توانمندی‌های حفاظت از دارایی فکری؛
- زیرساخت‌های بازاریابی، توزیع، فروش و خدمات پس از فروش.

تقریباً بیشتر موارد بالا در کشور در دسترس هستند.

۱۵-۳-۷ پیشران‌ها و چالش‌های توسعه و تجاری‌سازی این فناوری در کشور

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

یکی از چالش‌های فنی نبود گزارش دقیق و همچنین امکان مقایسه کارکرد این رنگ در مقایسه با سایر محصولات عایق صدای متداول در بازار است. از نظر فنی پیشران تولید رنگ و آسان بودن استفاده از آن وجود دارد.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

به نظر می‌رسد از نظر قیمت نسبت به سایر محصولات توجیه ندارد! علاوه بر این تردیدهایی در خصوص میزان عملکرد و کارایی این رنگ‌ها نسبت به سایر محصولات عایق وجود دارد. در واقع از نظر اقتصادی به‌صرفه بودن مصرف رنگ و هزینه آن نسبت به سایر محصولات عایق‌بندی جای بررسی دارد.

پیشران‌ها و چالش‌های تقاضا

پیشران تقاضا در خصوص حریم خصوصی و دیوار مشترک در سازه‌ها و ساختمان‌ها وجود دارد. به‌خصوص در ساختمان‌های کنونی که وضعیت عایق خوبی ندارند استفاده از رنگ راحت‌تر و مقرون‌به‌صرفه‌تر خواهد بود ونیاز به تخریب سطح و بازسازی اساسی ندارد. به نظر می‌رسد شناخت کافی از محصول در بازار وجود ندارد و بیشتر محصولات موجود توانسته‌اند سهم خود از بازار را کسب کنند. همچنین از نظر تقاضا لازم است کارکرد این نوع عایق در مقایسه با سایر محصولات کاملاً مشخص شود تا بتوان از این محصولات در جای خود به‌خوبی استفاده شود. در واقع در بسیاری از توضیحات آمده است که رنگ عایق میزان کارایی بالای عایق صدا را ندارد و شاید در بعضی کاربردها استفاده نشود.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

موردی پیدا نشده است.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

موردی پیدا نشده است.

۱۵-۳-۸ بازار داخلی محصولات مبتنی بر این فناوری در هر زنجیره ارزش

در زمینه تولید و واردات چند شرکت فعالیت دارند.

۱۵-۳-۹ فرصت‌های صادراتی برای شرکت‌های فعال ایرانی

در صورتی که تولیدکننده داخلی توانایی رقابت از نظر کیفیت و هزینه تمام شده را با رقبای خارجی داشته باشد، ایران می‌تواند با توجه به دسترسی به مواد اولیه پتروشیمی از تولیدکنندگان موفق باشد.

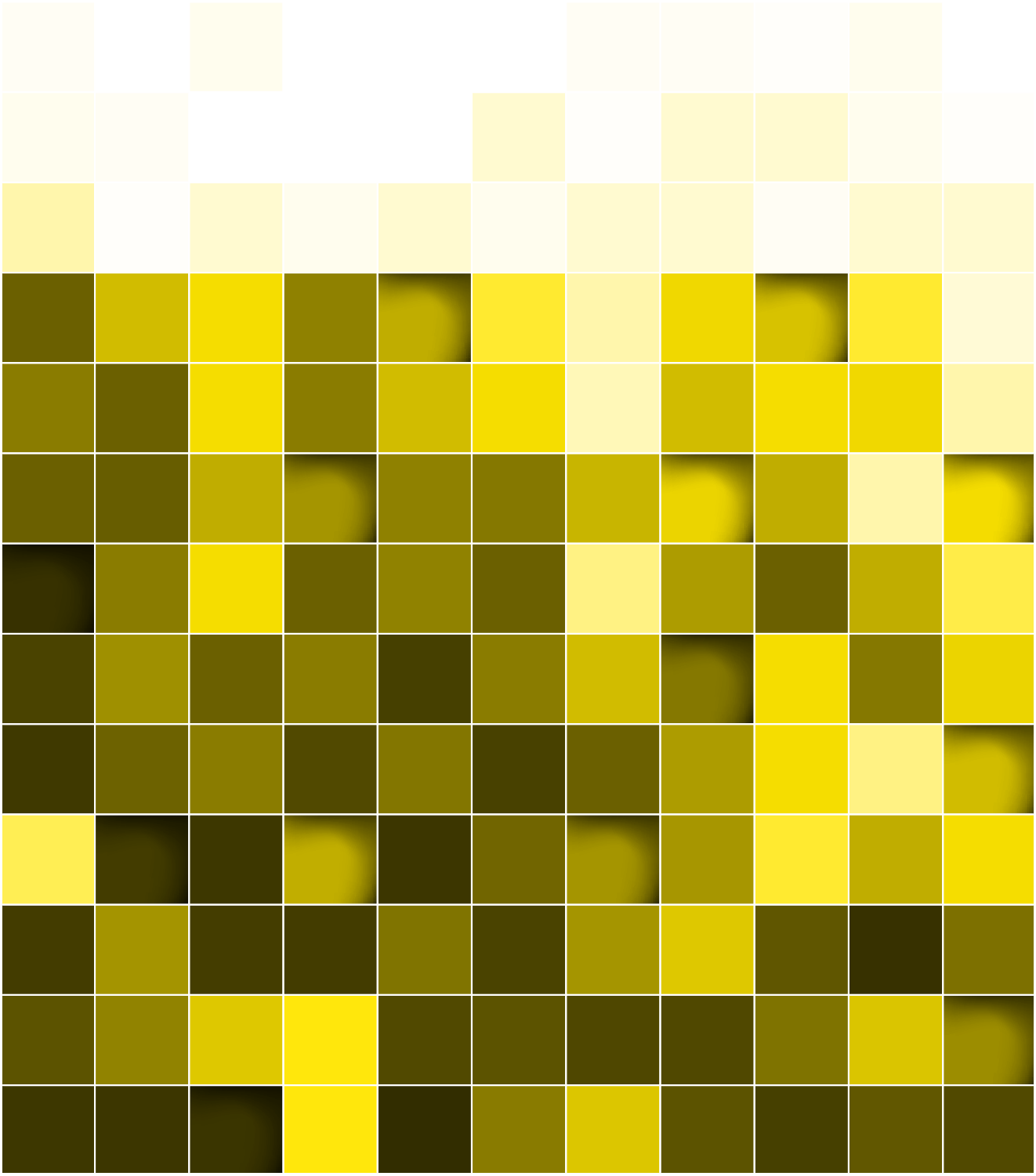
۱۵-۳-۱۰ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در کشور تأثیر بگذارد

با توجه به وجود انواع عایق‌های صوتی معدنی، پلیمری و... در بازار کشور در سال‌های گذشته سهم رنگ عایق صدا چندان زیاد نبوده است و اطلاعاتی در خصوص میزان استفاده از آن در کشور وجود ندارد. در صورتی که اثربخشی آن به طورکامل بررسی و نمونه‌های عملی آن رضایت‌بخش باشد، در آینده می‌توان شاهد استفاده بیشتر از آن در ساختمان‌ها باشیم.

پی‌نوشت‌ها

۱– Acoustic Paint
۲– Sound insulating , sound proof, sound deadening
۳– Sound deadening
۴– Sound damping
۵– https://soundproofpanda.com/soundproof–paint/
۶– Nano membranes
۷– Sound deflecting
۸– https://www.freepatentsonline.com/y2020/0062990.html
۹– https://patents.google.com/patent/KR101083133B1/en?q=sound+insulate+paint&oq=sound+insulate+paint+
۱۰– https://www.freepatentsonline.com/5318837.html
۱۱– https://aram–gostar.com/soundproof/
۱۲– https://www.acousticalsurfaces.com/coat–of–silence/files/Coat–Of–Silence–Information–Sheet.pdf
۱۳– https://hytechsales.com/WHOISHY–TECH
۱۴– https://kolmer.es/en/content/6–la–empresa
۱۵– http://kolmer.es/img/cms/INFORMES_ENSAYOS/en/ENSAYO%20ABSORCION%20ACUSTICA%20(EN).pdf
۱۶– https://www.coating.ie/product/isonem–specialist–anti–sound–paint–superb–sound–insulation–coating–18l/
۱۷– https://www.coating.ie/product/isonem–specialist–anti–sound–paint–superb–sound–insulation–coating/
۱۸– https://www.amazon.com/Acousti–Coat–Sound–Deadening–Gallon/dp/B01AB1S1QW?th=1

۱۶ رنگ حرارت‌زا



۱-۱۶ توصیف عمومی فناوری

۱-۱-۱۶ ویژگی مورد انتظار از فناوری (فناوری مبتنی بر این ویژگی چه کار می‌کند؟)

رنگ‌های موردنظر قابلیت ایجاد حرارت را دارند و به‌واسطه این حرارت، محیط اطراف را گرم می‌کنند. در واقع این رنگ‌ها در سطوحی که بر روی آن پوشش‌دهی شده‌اند، حرارت ایجاد می‌کنند و آن را به یک سطح حرارتی یا گرم‌کن تبدیل می‌کنند. حرارت تولید شده می‌تواند بر اساس اعمال یک انرژی بیرونی به رنگ به‌شکل الکتریسیته یا طیف نوری باشد.
حرارت ایجاد شده در انواعی از این رنگ‌ها می‌تواند به‌صورت تابشی یا Radiant heating به‌صورت امواج فروسرخ infrared باشد که دارای بازدهی بالاتری برای ایجاد حرارت در محیط است. این حرارت از سطوح عبور کرده و منجر به گرمایش محیط می‌شود.

۲-۱-۱۶ کاربردهای محتمل این ویژگی و فناوری (به‌طور خاص، در حوزه‌های ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

یکی از کاربردهای مهم این رنگ‌ها در ایجاد حرارت در سیستم‌های حرارتی خانه و محل کار است. استفاده از رنگ یا پنل‌های پیش‌ساخته رنگ شده با این رنگ‌ها در خانه‌ها منجر به کاهش مصرف انرژی و ایجاد حرارت به‌صورت پاک و کنترل شده می‌شود. این رنگ‌ها به‌صورت انواع فویل، کاغذ دیواری در زیر رنگ، کاشی، سرامیک و پارکت و یا به‌صورت پنل خشک‌کن و دیوار پیش‌ساخته در ساختمان استفاده می‌شود.
یکی از کاربردهای دیگر آن در سیستم‌های نظامی در ایجاد اهداف فریب‌دهنده و همچنین اهداف هوشمند برای آزمایش تجهیزات نظامی است. در واقع اهداف با شکل‌های مختلف و کاملاً کالیبره شده با ولتاژ بسیار کمی از راه دور کنترل می‌شوند.[1] اهداف فریب‌دهنده به‌صورت انسان یا ادوات و ماشین‌آلات جنگی می‌توانند برای فریب دشمن طراحی شوند.
کاربرد یخ‌زدایی در محیط‌های بیرون ساختمان یا راه‌ها از دیگر کاربردهای این فناوری است. در سطوح لغزنده برای یخ‌زدایی می‌توان از این رنگ‌ها استفاده کرد. برای رطوبت‌زدایی و ایجاد محیط خشک و جلوگیری از تخریب ابنیه تاریخی می‌توان از این سیستم گرمایشی در دیوارها استفاده کرد. همچنین در صنایع شیمیایی و پتروشیمی بر روی سطوح پایپینگ یا مخازن برای گرم‌کردن یا ایجاد حرارت می‌تواند استفاده شود.

۳-۱-۱۶ محصولات توسعه یافته یا در حال توسعه بر اساس این فناوری

- رنگ‌های حرارت‌زا؛
- پنل‌های گچی حرارت‌زا؛
- اهداف فعال شونده با جریان الکتریسیته (کاربرد صنایع نظامی)؛
- پنل‌های شیشه‌ای دارای رنگ حرارت‌زا؛
- پنل‌های خشک‌کن و حرارتی برای محیط‌های حمام یا رختکن برای ایجاد حرارت سریع و در زمان توقف کوتاه افراد با درجه حرارت بالا تا ۱۰۰درجه سانتی‌گراد؛
- فویل‌های نازک (ضخامت ۰/۵ میلی‌متر) برای کاربرد کف و سقف با حداقل تغییر ضخامت (زیرپارکت، موکت، بتن و...).

۱۶-۱-۴ مزیت(های) کلیدی این فناوری (کاهش قیمت، سهولت اجرا، رفع نیازی که تاکنون برآورده نشده و...)

ایجاد حرارت با مصرف انرژی بسیار کم و ارزان‌تر از سیستم‌های متداول گرمایش (با یک باتری یا پنل خورشیدی قابل‌استفاده است و یا از برق خانه استفاده می‌کند.)

- پاک بودن فناوری بدون نیاز به سوخت فسیلی؛
- قابلیت گرم‌کردن محیط به‌صورت یکنواخت و همه جایی؛
- استفاده آسان بر روی سطوح مختلف و ایجاد سیستم حرارتی از کف یا سقف روی سطوح پیچیده؛
- امکان حرارت‌دهی انتخابی در نقاط مختلف ساختمان و استفاده از انرژی خورشیدی برای راه‌اندازی آن؛
- به‌علت حرارت‌دهی تابشی در بعضی از انواع این رنگ‌ها، حرارت احساس شده بیشتر از حرارت منبع حرارتی است. این امر سبب افزایش بازدهی گرمایش و کاهش مصرف انرژی می‌شود؛
- استفاده دوگانه؛ به‌طور هم‌زمان سطح دارای پوشش با ظاهر دلخواه می‌شود و حرارت با مزیت‌هایی که قبلا بیان شد، ایجاد می‌شود.

۱۶-۱-۵ نانوذرات بهره گرفته شده در این فناوری (از چه فناوری‌های نانویی برای تولید یا به کارگیری محصولات بهره گرفته می‌شود؟)

- گرافن؛
- کربن سیاه Carbon black؛
- گرافیت به‌علاوه کربن carbon + graphite؛
- PCM مواد دارای فازهای متغیر phase change materials مانند نانوکپسول‌های پارافین، هیدارت‌های نمک و اسیدهای چرب.[۲]

۱۶-۱-۶ زنجیره ارزش کاربردهای مبتنی بر این فناوری (از تولید نانوذرات اولیه تا تولید محصول میانی تا تولید محصول نهایی و به کارگیری محصول)

زنجیره ارزش کاربردهای این فناوری شامل موارد کلی زیر است:

نانوذرات مورد استفاده در این فناوری دارای کاربردهای بسیار زیادی هستند. گرافیت، کربن، گرافن به تنهایی در بسیاری از محصولات فناورانه قابل‌استفاده هستند.

رنگ‌ها و پلیمرهای تولید شده برای انواع زیرلایه‌ها با چسبندگی‌های مختلف متفاوت بوده و کاربردهای مختلفی دارند.
نوارهای الکتریکی اتصال به برق و لایه پوشش
محصول نهایی شامل چند بخش مجزاست. بسته به نوع محصول و نحوه ارایه آن، به‌علت دارا بودن بخش الکترونیکی و اتصال به شبکه برق و یا منبع تغذیه، محصولات متنوعی مانند: پوشش‌ها به‌صورت قوطی رنگ یا رزین برای اختلاط و رنگ آمیزی
پنل‌های گرمایشی یا فویل‌های گرمایشی به‌صورت چاپی و یا چسبی

۱۶-۱-۷ فناوری‌های رقیب (از چه شیوه‌های دیگری برای رفع نیاز مرتبط با این فناوری بهره گرفته می‌شود؟)

- سیستم گرمایش از کف به‌صورت چیدمان لوله‌های آب گرم متصل به شوفاژ؛
- پکیج دیواری گازی؛
- سیستم‌های گرمایش برقی مانند تهویه و اسپیلت؛
- بخاری گازی.

۱۶-۱-۸ فناوری‌های مکمل (برای توسعه محصولات در هر یک از کاربردهای ذکر شده، به چه فناوری‌های دیگری نیاز وجود دارد؟)

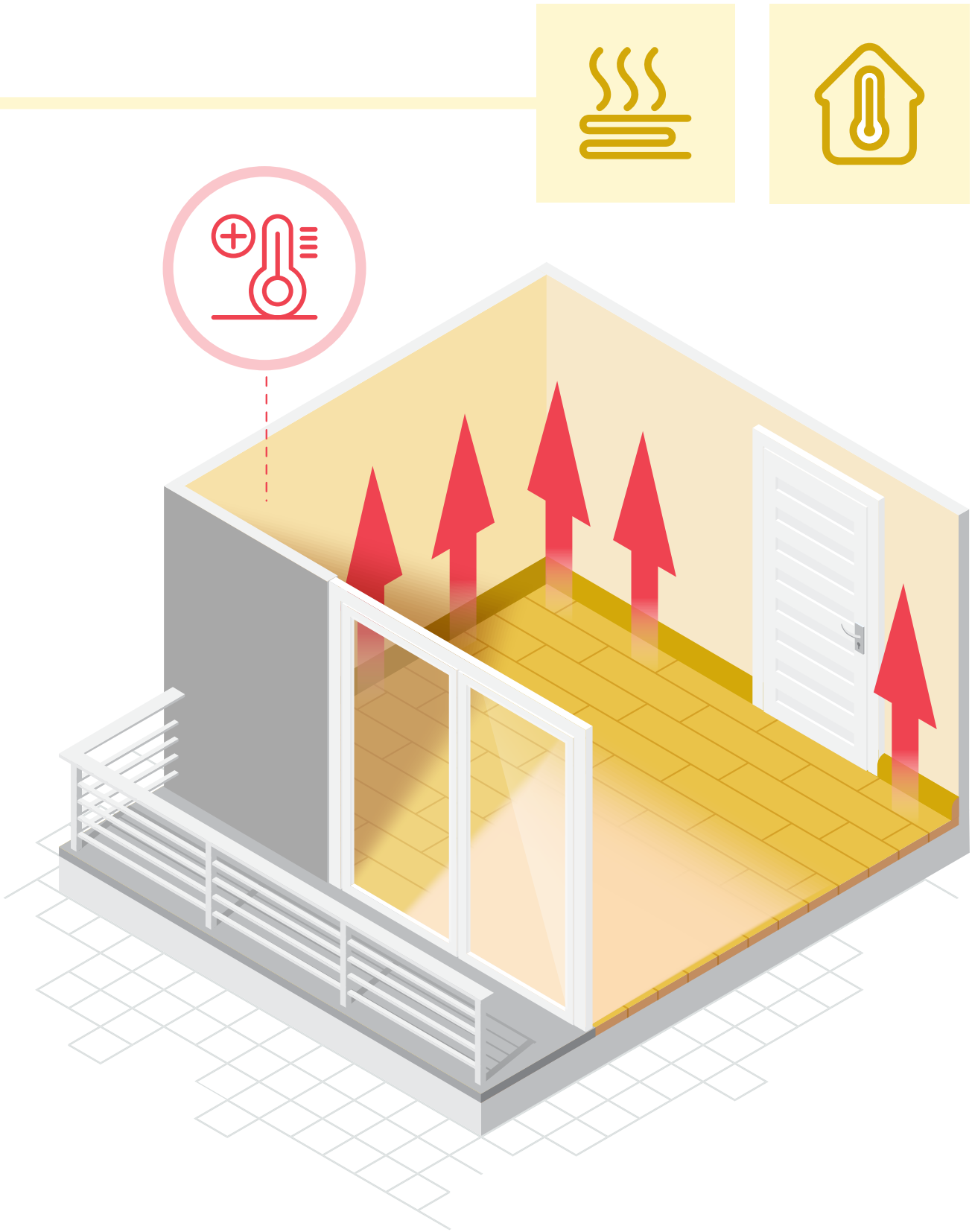
- سیستم الکتریکی برای اتصال پنل، صفحه یا رنگ حرارتی با اتصالات مسی؛
- سیستم کنترل و فرمان اینترنت اشیا برای بهبود عملکرد و کنترل سیستم گرمایشی در نقاط مختلف ساختمان؛
- فناوری پرینت نوارهای کربن بر روی لایه‌های شیشه یا پلی‌استر برای تولید فویل‌ها و پنل‌های حرارتی؛
- فناوری تولید نوارهای کربنی مورداستفاده در پنل‌ها و یا فویل‌های حرارتی.

۱۶-۱-۹ فرصت‌های تحقیقاتی که امکان دارد براثر فعالیت در این زمینه پدید آید. (آیا فعالیت در این زمینه فرصت‌های تحقیقاتی را در حوزه‌های مرتبط پدید می‌آورد یا این اثر/فناوری نسبتاً منزوی است؟)

فناوری رنگ‌های حرارتی برای کاربردهای متنوعی می‌تواند استفاده شود. فعالیت در این حوزه منجر به ایجاد دانش در حوزه الکترونیک و گرمایشی و همچنین صنعت تولید پوشش و رنگ است. در واقع محصول موردنظر بر اساس میزان حرارت‌دهی قابلیت کاربردهای فراتر از حوزه گرم‌کن‌های خانگی دارد. دانش استفاده از نانوذرات و گرافیت برای ایجاد حرارت از جریان الکتریسیته در کاربردهای حساس نظامی و سنتز مواد نیز می‌تواند کاربرد داشته باشد.

۱۶-۱-۱۰ اهمیت فعالیت در این زمینه از نظر اجتماعی یا راهبردی (آیا این اثر/فناوری به حل یا کاهش شدت یک مسئله اجتماعی، محیط‌زیستی یا سیاسی کمک می‌کند؟)

در اروپا نیمی از میزان انرژی سالیانه برای سرمایش و گرمایش مصرف می‌شود. برخلاف حرکت به‌سمت کاهش تولید کربن و حذف انرژی‌های فسیلی، در حال حاضر ۷۵درصد میزان گرمایش و سرمایش از سوخت‌های فسیلی و تنها ۱۹درصد از انرژی‌های تجدیدپذیر تأمین می‌شود. انرژی‌های تجدیدپذیر هنوز به‌طور کامل توسعه نیافته‌اند و میزان زیادی انرژی نیز هدر می‌رود. منازل قدیمی مسئول هدررفت بیشتر از ۴۰درصد کل انرژی و عامل ۳۶درصد تولید دی‌اکسیدکربن در اروپا هستند. با توجه به موارد ذکر شده استفاده از سیستم‌های حرارتی متداول که مستلزم استفاده از سوخت‌های فسیلی است، منجر به ایجاد آلایندگی و علاوه بر آن عدم گرمایش یکنواخت در سرتاسر خانه و هدررفت انرژی می‌شود. استفاده از سیستم حرارتی بر پایهٔ رنگ‌های حرارتی منجر به کاهش مصرف انرژی به سبب گرمایش یکنواخت و با بازدهی بالا و همچنین منبع ولتاژ بسیار کوچک می‌شود.
این امر به‌خصوص در فصل سرد سال که مصرف سوخت بسیار بالا می‌رود می‌تواند منجر به کاهش مصرف سوخت شود. همچنین یکی از معضلات ساختمان‌ها، سرد بودن کف ساختمان طبقه اول است که اعمال این پوشش بر سطح می‌تواند این مشکل را حل کند.



استفاده از رنگ حرارت‌زا منجر به کاهش مصرف انرژی و ایجاد حرارت به‌صورت کنترل شده می‌شود

۱۶-۲ تحلیل بین‌المللی

۱۶-۲-۱ بازیگران کلیدی فعال در این فناوری



استارتاپ ایرلندی EcoVolt:

این شرکت نوآور در زمینه طراحی، ساخت و تأمین گرم‌کن‌های الکتریکی نوآورانه، محصولات مربوط به انرژی‌های نوین، آب گرم و تهویه فعالیت می‌کند. این محصولات در محیط‌های مسکونی و کاری قابل‌استفاده هستند. این شرکت چندین جایزه نوآوری در سطح ملی و بین‌المللی برای طراحی و به‌تازگی عنوان مبتکر سال جایزه SFA 2022 را به‌دست آورده است.[۳]

یکی از محصولات این شرکت پنل‌های پیش ساخته CeP است که پتنت شده و برای سیستم‌های ساخت بر پایهٔ پنل‌های گچی در ساختمان‌ها استفاده می‌شود. بر اساس گفته مدیرعامل این شرکت این محصول دارای پوشش‌هادی الکتریسیته ساخته شده از گرافیت کربنی Carbon Graphite است که بر روی پنل‌های گچی به روش Screen printing پوشش‌دهی می‌شود.

وقتی این پنل‌ها نصب می‌شوند اتصال الکتریکی ۲۴ ولت از سیستم برق خانه برای راه‌اندازی آن برقرار می‌شود. پس از نصب، اتصال‌های چسبی بین پنل‌های ایجاد شده و رنگ دلخواه تزیینی بر پایهٔ آب بر روی آن زده می‌شود. این پنل‌ها برای ساختمان‌های استاندارد nZEB 2019 مناسب هستند. از مزایای این سیستم امکان کنترل دما به‌صورت دلخواه در بخش‌های مختلف خانه است. همچنین با استفاده از تلفن همراه یا سیستم‌های لمسی امکان کنترل گرمایش در خانه و در بخش‌های مختلف وجود دارد. در کمتر از ۱۵ دقیقه دمای سطح پنل به ۵۰ درجه سانتی‌گراد و گرمایش ۳۵۰ وات بر مترمربع می‌رسد. میزان حرارت‌دهی به‌صورت کنترل شده و یکنواخت در سطح است و برق مصرفی کم و به‌صورت ایمن است. بر اساس استاندارد NZEB ایرلند این محصول تا ۴۵ درصد انرژی کمتری نسبت به سیستم‌های گرمایش متداول مصرف می‌کند.

این شرکت تابه‌حال پروژه‌هایی برای ایجاد گرمایش سقفی، بازسازی خانه‌های قدیمی و ارتقای سطح مصرف انرژی از سطح

G تا A۲ داشته است. این شرکت در حال همکاری با شرکت‌های ساخت‌وساز و شرکت‌های سیستم‌های حرارتی برای استفاده بیشتر در پروژه‌های ساخت‌وساز است. با همکاری شرکت Systemlink Technologies و با استفاده از سیستم اینترنت اشیا امکان کنترل سیستم گرمایشی با تلفن همراه و برنامه‌های هوش مصنوعی امکان‌پذیر شده است. بر اساس گفته مدیرعامل این شرکت، هدف این شرکت استفاده از سیستم گرمایشی جدید در خانه و تحول در سیستم گرمایشی مشابه تحول در سیستم حمل‌ونقل با استفاده از ماشین‌های الکتریکی است.

در اروپا نیمی از میزان انرژی سالیانه برای سرمایش و گرمایش مصرف می‌شود. برخلاف حرکت به‌سمت کاهش تولید کربن و حذف انرژی‌های فسیلی، در حال حاضر ۷۵ درصد میزان گرمایش و سرمایش از سوخت‌های فسیلی و تنها ۱۹ درصد از انرژی‌های تجدیدپذیر تأمین می‌شود. انرژی‌های تجدیدپذیر هنوز به‌طور کامل توسعه نیافته‌اند و میزان زیادی انرژی نیز هدر می‌رود.

پروفسور دیمیتری شکوکین از دانشگاه لیورپول یک رنگ تنظیم‌کننده حرارت، توسعه داده است که می‌تواند حرارت را جذب و داخل ساختمان آن را آزاد کند. در این حالت اتاق‌ها به‌واسطه حرارت ایجاد شده گرم می‌شوند. ایده اصلی این پروژه بازسازی منازل با این رنگ است. در واقع منازل قدیمی مسئول هدررفت بیشتر از ۴۰ درصد کل انرژی و ۳۶ درصد تولید دی‌اکسیدکربن در اروپا هستند.

این رنگ که تحت پروژه ENERPAINT است، می‌تواند به‌صورت یک عایق برای افزایش بازدهی انرژی در منازل قدیمی بدون صرف هزینه به‌کار رود. در طول روز این رنگ‌ها حرارت‌های ایجاد شده توسط رادیاتورها یا حتی مردم را جذب کرده و در طول شب آزاد می‌کنند. روش کار این رنگ‌ها استفاده از افزودنی تا ۵ درصد است. این افزودنی‌ها مواد تغییرفازدهنده یا PCM هستند. این مواد پارافین، هیدرات‌های نمکی و اسیدهای چرب هستند که در یک سری کپسول‌های نانومتری قرار داده می‌شوند تا انتقال حرارت را تسهیل کنند. PCM‌ها می‌توانند میزان زیادی از انرژی را بدون تغییر در دمای ماده جذب کرده و تغییر فاز دهند (از حالت جامد به مایع و برعکس). توسعه این رنگ‌ها یکی از قسمت‌های پروژه بزرگ‌تری به نام ENERCAPSULE است که در آن پوشش‌های مناسبی توسعه داده می‌شوند که بتوان PCM‌ها را به‌صورت نانومقیاس برای استفاده در صنایع دارویی، نساجی و رنگ به‌صورت کپسوله تهیه کرد. در رنگ‌ها از هیدرات نمک‌ها به سبب هزینه کم و چگالی حجمی ذخیره انرژی بالا استفاده شده است. با این حال کپسوله‌کردن آن‌ها به سبب حلالیت بالا در آب و خوردگی بالای آن، بسیار سخت است.

امکان کپسول‌کردن این هیدرات‌ها در پوشش پلیمری با ابعاد ۱۰ نانومتر وجود دارد. به سبب اندازه کوچک، در طول روز به‌سرعت دمای محیط را جذب کرده و ماده PCM درون کپسول‌ها با حفظ دما به حالت مایع درمی‌آید و در طی شب در دمای مشخصی بلوری شده و حرارت آزاد شده صرف گرم‌شدن محیط می‌شود.[۴]

شرکت آلمانی Coating Suisse GmbH[۵]:

این شرکت توسعه‌دهنده و تأمین‌کننده پوشش‌های تخصصی و با فناوری پیشرفته و محصولات بینابینی با فناوری پیشرفته برای کاربردهای جدید است. این شرکت بر پایهٔ فناوری نانو، محصولات پوشش و رنگ خود را تولید می‌کند. این پوشش‌ها شامل انواع پوشش‌های هادی الکتریسیته، ضدمیکروبی، حرارت‌زا به‌صورت شفاف و غیرشفاف و جاذب حرارت است.

در زمینه پوشش‌ها و رنگ‌های حرارت‌زا، این شرکت چندین رنگ و پوشش پایه آب دارای رنگ‌دانه‌های کربن سیاه و فیبرهای کربنی از ۱۰۰ میکرومتر تا ۱۰ میکرومتر را ارائه نموده است. این پوشش‌ها به‌طور مداوم بهبود می‌یابند و در جدیدترین نوع KH آن از پلیمر هیبریدی بدون حلال آلی استفاده شده است. این شرکت همچنین نانولوله‌های کربنی تک‌و چنددیواره، گرافن و نانونقره تولید می‌کند.



شکل ۱۶-۱ پوشش‌های شفاف و غیرشفاف حرارت‌زا شرکت Coating Suisse GmbH

شرکت استرالیایی IntelliParticle[۶]:

این شرکت مخترع، سازنده و لیسانس‌دهنده فرمول بسیار جدید ذرات گرافیت و کربن صنعتی است که می‌تواند با اعمال ولتاژ بسیار کم، حرارت تولید کند. همچنین این ذرات در برابر میدان‌های الکترومغناطیسی پوشش ایجاد کرده و با مبدل‌های حرارت IntelliParticle تولید سرما می‌کند. محصولات این شرکت به‌صورت گرانوله، پودر یا مستربچ ارائه می‌شود.



شکل ۱۶-۲ رنگ حرارت‌زا شرکت Coating Suisse GmbH

محصول رنگ این شرکت به‌راحتی استفاده شده و با برق ۲۴ ولت یا سلول خورشیدی راه‌اندازی می‌شود. در برگه مشخصات پودر مربوطه نام آن کربن سیاه Carbon black نامیده شده است. این محصول به‌شکل مایع و پخش شده در آب است. همچنین رنگ‌های تولید شده توسط این شرکت تابه‌حال به‌صورت گرم‌کن بین دو پنل شیشه‌ای اعمال شده است و با میزان مصرف بسیار پایین (تنها ۱۰۰ وات) دمای سطحی ۶۰ درجه سانتی‌گراد ایجاد می‌کنند. به‌عنوان آزمایش عملکرد این رنگ‌ها، المنت‌های حرارتی دستگاه ظرفشویی Fisher and Paykel با رنگ موردنظر رنگ‌آمیزی شد و بهبود و بازدهی عملکرد بالایی نشان داد. در این حالت حرارت بالاتر و در زمان کمتری ایجاد شد. این محصول نسبت به محصول‌های متداول که از نقره و گرافن استفاده می‌کرد، دارای هزینه کمتری است.

از کاربردهای دیگر این محصول هدف‌های حرارتی است. این هدف‌ها دارای طرح حرارتی کالیبره شده هستند. این اهداف برای کاربردهای خاص قابل‌طراحی هستند. این هدف‌ها می‌توانند با یک ولتاژ بسیار کم متصل شوند و در زمان مشخص یک شکل خاص مشخص شده را نشان دهند که دارای دقت و صحت بالایی است. این اهداف برای آزمایش اهداف نظامی و وسایل نظامی جایی که نیاز به فریب‌دادن سیستم فرمان است، به‌کار می‌روند. این شرکت در نمایشگاه نظامی ۲۰۲۲ بریسبن توانایی خود در تولید انواع اهداف با اندازه‌های مختلف را نشان داد. این اهداف با مقاومت کربن به جریان الکتریسیته عمل می‌کنند و حالت فعال دارند. با اعمال رنگ مخصوص تولید شده در این شرکت و تغییر منبع قدرت، می‌توان هر نوع هدف را کپی کرده و منجر به فریب سیستم فرمان و دشمن شد و در این حالت تفاوت بین

هدف اصلی و منبع واقعی بسیار سخت است. در واقع در این حالت با تغییر ضخامت رنگ و ولتاژ اعمالی می‌توان به‌عنوان مثال دمای لاستیک یک کامیون را طوری تنظیم کرد که دمای محور و مرکز آن از دمای لاستیک بیشتر باشد. با تغییر ضخامت رنگ و در نتیجه تغییر میزان مقاومت این تغییر دما به‌وجود می‌آید. در این حالت هر نوع هدفی با شکل نزدیک به واقعی قابل‌ایجاد است.
یکی از کاربردهای دیگر این رنگ در محافظت و ممانعت از ورود یا عبور امواج الکترومغناطیس است. این رنگ برخلاف انواع متداول که حاوی ذرات فلزی زیادی هستند دارای میزان کم فلز بوده و به سبب ارزان بودن گرافیت می‌تواند ۹۸درصد امواج ورودی را جذب و مقداری از آن را به گرما تبدیل کند. این رنگ برای ایجاد محافظت انتخابی در سطوح موردنظر مانند آشپزخانه، مجاورت تجهیزات الکتریکی یا منبع قدرت، ایزوله‌کردن یک اتاق به‌طور کامل از امواج EMF و ایجاد محیطی بدون امواج رادیویی و وای فای مانند اتاق کودک به‌کار می‌رود.[۷]
سایر کاربردهای رنگ حرارتی با ولتاژ اعمالی ۱۲ ولت عبارت‌اند از:

- خدمات پزشکی اورژانسی
- گرم‌کردن غذا
- ظرف غذای کم‌مصرف
- تجهیزات دارای کارکرد زیر ۰ درجه سانتی‌گراد
- پنل‌های حرارتی برای لباس



شکل ۱۶-۳ نمونه‌هایی از کاربردهای رنگ حرارت‌زا شرکت Coating Suisse GmbH

شرکت آلمانی R&A Hot Time Solutions Ltd[۸]:

این شرکت سیستم گرمایشی مستقیمی به نام Carbon4 را توسعه داده است که از یک رنگ کاملاً مسطح و یکنواخت با ضخامت ۰٫۴ میلی‌متر با قابلیت حرارت‌دهی برای دیوارها، سقف و کف تشکیل شده است. این رنگ با ولتاژ ۲۴ ولت کار می‌کند و حرارت را منتشر کرده که هیچ‌گونه آلایندگی برای محیط‌زیست ندارد. از این رنگ برای ایجاد سیستم حرارتی بر روی خانه‌های جدید یا بازسازی شده می‌توان استفاده کرد.
این سیستم حرارتی دارای چند لایه است که عبارت‌اند از یک لایه عایق بر روی دیوار یا سقف به‌عنوان عایق داخلی و لایه رنگ حرارتی، یک لایه پرکن و رنگ نهایی. لایه‌های رنگ حرارتی شامل سیم‌های مسی اتصال دهنده به رنگ و خود رنگ است.



شکل ۱۶-۴ رنگ حرارت‌زا، شرکت R&A Hot Time Solutions

لایه‌های رنگ به‌صورت نواری که در هر دو طرف آن کانکتورهای مسی به‌صورت نواری متصل هستند، بر روی عایق کف اعمال می‌شوند. نصب و استفاده از این سیستم گرمایشی بسیار راحت است. در این سیستم میزان رنگ اعمال شده، میزان حرارت آزاد شده را تعیین می‌کند. در سطوح خیس این امر مهم است. سطوح حمام را می‌توان با لایه‌های ضخیم‌تری پوشش‌دهی کرد و در نتیجه گرمای سریع‌تر و دمای بالاتری را حین حمام‌کردن تجربه کرد. با استفاده از سیستم Carbon4 می‌توان دماهای مختلف را در نواحی مختلف خانه ایجاد نمود.



شکل ۱۶-۵ رنگ حرارت‌زا، شرکت R&A Hot Time Solutions

به هنگام استفاده از رنگ‌های حرارتی، گرما به‌صورت تابشی یعنی Radiant heating تولید می‌شود و در این حالت انتقال حرارت یکنواخت و توسط امواج الکترومغناطیسی فروسرخ infrared صورت می‌گیرد. در این حالت احساس گرما از چند جهت منجر به ایجاد حس گرمایش بیشتر از دمای سیستم حرارتی می‌شود. به‌عنوان مثال سیستم حرارتی با دمای ۱۹ درجه سانتی‌گراد، احساس دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد را برای ساکنان فراهم می‌آورد. برخلاف این سیستم، سیستم‌های حرارتی رادیاتوری متداول نیازمند تولید حرارت بالاتر برای ایجاد گرمایش از طریق جابه‌جایی convection هستند که دمای احساس شده توسط فرد در نقطه دور از منبع گرمایی کمتر از نزدیک به آن است. در وب‌سایت این شرکت بیان شده است که این رنگ‌ها از کربن ساخته شده‌اند و هیچ‌گونه ماده افزودنی یا ماده نانویی ندارد. موارد استفاده از این فناوری در نقاط مختلف ساختمان است. در محیط‌های اسپا، گرمخانه‌ها، برای سطوح لغزنده به‌منظور یخ‌زدایی سریع و همچنین در خانه‌های قدیمی و بناهای تاریخی برای ممانعت از ایجاد رطوبت و تخریب بنا می‌توان از این سیستم استفاده کرد. همچنین از پنل‌های کوارتزی نیز برای ایجاد حرارت فروسرخ استفاده می‌شود. به‌دلیل سیستم منعطف استفاده از رنگ، می‌توان نقاط مختلف را به‌صورت دلخواه رنگ کرد.



شکل ۱۶-۶ ر نگ حرارت‌زا، شرکت R&A Hot Time Solutions

شرکت هلندی Karbonik[۹]:

این شرکت چند محصول بر پایهٔ کربن برای ایجاد حرارت تولید می‌کند. محصول اصلی این شرکت رنگ است. رنگ حرارت‌زا بر روی کاغذ دیواری فایبرگلس اعمال شده و بر روی دیوار نصب می‌شود. رنگ بر پایهٔ کربن سیاه است. این رنگ بین دو الکترود نازک اعمال می‌شود و این الکترودها به دو پایانه با ولتاژ ۲۲ تا ۲۴ ولت متصل شده و رنگ، انرژی الکتریکی را با

بازدهی ۹۹درصد به حرارت تبدیل می‌کند. حداکثر دمای سطح کاغذ دیواری تا ۴۲ درجه سانتی‌گراد است. این کاغذ دیواری در دو اندازه ۸۶ در ۱۴۰ سانتی‌متر و ۹۲ در ۱۹۶ سانتی‌متر تولید می‌شود.

این رنگ تابش فروسرخ ایجاد می‌کند و بر روی کاغذ دیواری می‌توان رنگ دلخواه یا سرامیک و کاشی کاری انجام داد. این نوع کاغذ دیواری برای کاربردهای بیرون ساختمان یا محل خیس مناسب نیست. این سیستم می‌تواند به یک ترموستات ساده به‌صورت کلید یا به سامانه کنترل هوشمند ساخته شده توسط شرکت در گوشی همراه متصل شود. در شکل ۱۶-۷ شماتیک محصول مشاهده می‌شود.

محصول دیگر این شرکت فویل‌های تابشی حرارتی است. این فویل‌های نازک کمتر از ۰/۵ میلی‌متر ضخامت داشته که می‌تواند زیر هرگونه کف‌پوشی استفاده شود. با این که این محصول در اروپا شناخته شده نیست ولی در آسیا پروژه‌های بسیاری از این فویل‌ها استفاده کرده‌اند. باید دیوارها و سقف قبل از استفاده از این فویل‌ها عایق‌بندی شوند. این فویل زیر فرش، پارکت، بتن، pvc و کاشی می‌تواند استفاده شود. این محصول بر اساس استانداردها ضدآتش است. از نظر فنی از یک لایه پلی‌استر PET که نوارهای کربن بر روی آن پرینت شده، تشکیل شده است. این نوارها از طریق سیم‌های مسی با پوشش نقره به برق اصلی متصل می‌شوند. توان این محصول از ۵۰ تا ۵۰۰ وات بر متر است که برای مصارف معمولی تا ۱۲۵ وات بر متر توصیه می‌شود. عرض متداول این محصول ۵۰ تا ۸۰ سانت است.

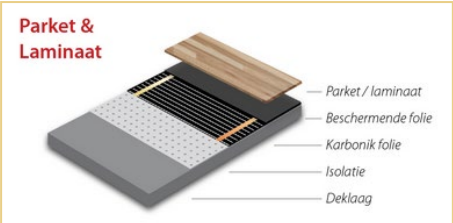
پنل‌های حرارتی یکی از محصولات دیگر این شرکت است که معمولاً بر روی سقف یا دیوار نصب شده و به‌سرعت حرارت ایجاد می‌کند. این محصول برای فضاهای کوچک با رفت‌وآمد موردی مانند رختکن یا حمام مناسب است زیرا بسیار سریع‌تر از سیستم مبتنی بر آب گرم می‌شود. دمای این پنل‌ها تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد هم می‌رسد که از سیستم کاغذدیواری و فویل‌ها بسیار داغ‌تر بوده و باید دور از دسترس نصب شوند.

سیستم کنترل هوشمند و مدیریت هوشمند انرژی این شرکت نیز برای کاربردهای متفاوت از جمله کنترل دما و سیستم حرارتی مورداستفاده قرار می‌گیرد. این سیستم برای کاربردهای متفاوتی در نظر گرفته شده است که قابلیت‌های آن عبارت‌اند از:

- پنل‌های خورشیدی؛
- کنترل انرژی کنترل سیستم روشنایی؛
- کنترل ورود و خروج افراد؛
- کنترل نور خورشید و وزش باد و اعلام هشدار؛
- اندازه گیری دی اکسید کربن؛
- اندازه‌گیری رطوبت؛
- تهویه هوا؛
- دوربین‌ها و اینترنت.

رنگ بر پایهٔ گرافن شرکت Geraphene star[۱۰]:

این شرکت انگلیسی در حوزه تولید انبوه و ارزان‌قیمت گرافن خالص و محصولات بر پایهٔ آن شامل آندهای باتری لیتیومی، محافظت‌کننده‌های EMI (امواج الکترومغناطیسی)، پوشش‌های حرارتی فروسرخ و سنسورهای مختلف فعالیت می‌کند. یکی از این محصولات، رنگ G Therm دارای حرارت‌دهی با بازده بالاست.



شکل ۱۶-۷ رنگ حرارت‌زا، شرکت Karbonik



شکل ۱۶-۸ رنگ حرارت‌زا، شرکت Karbonik

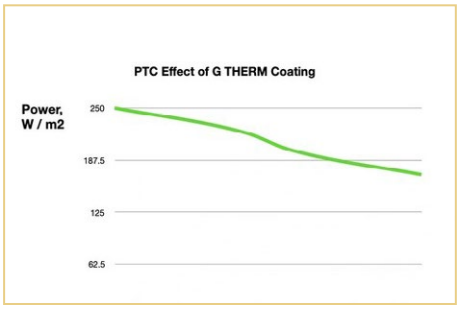


شکل ۱۶-۹ رنگ حرارت‌زا، شرکت Geraphene star

این رنگ دارای حرارت‌دهی فروسرخ Infrared است. این رنگ اکریلیک بر پایهٔ آب بوده و دارای گرافن است. به سبب وجود کربن در آن به رنگ مشکی یا خاکستری تیره است. بعد از رنگ‌آمیزی بر روی هر گونه زیرلایه و اتصال توسط نوارهای چسبی مسی و اتصال به منبع جریان الکتریسیته، حرارت به‌واسطه امواج فروسرخ تولید می‌شود. بیش از ۶۰درصد حرارت‌دهی این رنگ‌ها با روش تابش امواج فروسرخ است. ضخامت لایه رنگ بین ۶۰ تا ۱۰۰ میکرومتر است و هر لیتر آن تا ۶ مترمربع را پوشش می‌دهد. امکان اتصال به منبع جریان مستقیم یا متناوب وجود دارد. در این رنگ از گرافن خالص Pure Graphene GS استفاده شده است که امکان انتقال سریع جریان در سرتاسر رنگ را فراهم می‌کند. به سبب پدیده بازدهی مثبت دمایی PTC با گرم‌شدن پوشش، میزان مصرف انرژی نیز کاهش می‌یابد که در نتیجه میزان بازدهی این رنگ به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد.

تعداد دیگری از تولیدکنندگان رنگ حرارتی عبارت‌اند از:

- شرکت آلمانی WEM[11]؛
- شرکت آلمانی MicFil[12]؛
- شرکت ژاپنی Freedom.



شکل ۱۶-۱۰ عملکرد رنگ حرارت‌زا، شرکت Geraphene star



۱۶-۲-۲ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار

با توجه به فروش محصول و تولید آن در چند شرکت مختلف و همچنین اجرایی‌شدن کامل آن سطح آمادگی فناوری TRL=9 است و همچنین بازار این محصول نیز وجود دارد که MLR=9 نیز در سطح بین‌المللی برای آن متصور است.

۱۶-۲-۳ موقعیت فناوری در چرخه عمر

با توجه به این که این فناوری به‌صورت محدود در حال استفاده در چند پروژه در کشورهای خارجی است، در مرحله اولیه رشد قرار دارد. به نظر می‌رسد در سال‌های آتی با رشد بیشتر آن به سطح بلوغ نزدیک شود.

۱۶-۲-۴ مهم‌ترین پیشران‌ها و چالش‌های پیش روی فناوری

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

از نظر فنی این فناوری به سبب دارا بودن مراحل نصب راحت و همچنین عدم نیاز به تجهیزات پیچیده، قابلیت استفاده بالایی دارد. با این حال باید در نظر گرفت که نصب آن باید توسط افراد آموزش‌دیده یا شرکت‌های تولیدکننده صورت گیرد وتوسط افراد عادی نیازمند آموزش و استفاده دقیق از دستورالعمل و تجربه است. یعنی این فناوری مهارت‌محور است تا تجهیزمحور. یکی دیگر از پیشران‌های آن، سهولت استفاده در هر مکان و شرایط و بر روی سطوح پیچیده است. چالش‌های فنی آن در زمینه نرخ حرارت‌دهی، تعمیر و نگهداری آن درگذر زمان است. در زمینه تعمیرات ساختمان یا نیاز به بازسازی نمی‌توان از آن مجدداً استفاده کرد. در ساختمان‌های ساخته شده برای استفاده از آن نیاز به تخریب روکش روی سطح و بازسازی دوباره است.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

از نظر اقتصادی پیشران بزرگی در کشورهای اروپایی که با کمبود منابع انرژی مواجه هستند و هزینه گاز بسیار بالاست، وجود دارد. استفاده از این روش در بسیاری از نقاط که گازرسانی وجود ندارد، کاملاً توجیه‌پذیر است و انرژی مصرفی بسیار پایینی نیز دارد. چالش‌های مربوط به تأمین برق به‌صورت مداوم و بدون قطعی در فصل‌های سرد سال، برای عملکرد مداوم آن وجود دارد. هزینه زیرسازی و همچنین نصب آن نیز باید در نظر گرفته شود.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

به نظر می‌رسد استانداردهای ایمنی کسب شده توسط شرکت‌های تولیدکننده این محصولات نگرانی‌های در خصوص استفاده از جریان برق کم ولتاژ در سطح و پوشش را برطرف کرده است. از نظر محیط‌زیستی نیز انرژی پاک‌تری نسبت به سوخت فسیلی مانند گاز و ذغال سنگ است و این نیز پیشرانی برای استفاده از آن است.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

در حال حاضر اطلاعاتی در این زمینه پیدا نشده است.

۱۶-۲-۵ اطلاعات موجود درباره تحلیل بازار در سطح جهانی

نمونه‌های محصول در وب‌سایت‌های شرکت‌ها به شرح زیر است:

- CSG – IRE 550 ۱ لیتر؛ ۱۲۵ یورو –۵ لیتر؛ ۴۲۵ یورو Electrically conductive heating varnish[۱۳]
- Rustin G therm ۱ لیتر؛ ۶۵ دلار[۱۴]

با این حال اغلب شرکت‌های تولیدکننده به‌صورت پروژه‌ای برای کاربردهای خاص بر اساس متراژ و شکل بنا و... قیمت می‌دهند. در خصوص پنل‌ها و روکش‌ها نیز بر اساس مترمربع و هزینه نصب، قیمت نهایی مشخص می‌شود.

۱۶-۲-۶ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در دنیا تأثیر بگذارد

در سال‌های گذشته کاربردهای مختلفی برای این رنگ‌ها در نقاط مختلف جهان از صنایع نظامی تا خانگی ایجاد شده است. به نظر می‌رسد روند استفاده از آن در سال‌های آینده صعودی و چشمگیر باشد. این امر در مناطق فاقد سیستم‌های گرمایش مبتنی بر سوخت گاز و فسیلی مانند اروپا، جنوب چین و کشورهای فاقد منابع نفت و گاز... می‌تواند رشد سریع‌تری داشته باشد.

۱۶-۳ تحلیل داخلی

۱۶-۳-۱ فعالیت‌های انجام گرفته در کشور

فعالیت‌های تحقیقاتی

(چه تیم‌هایی در کدام نهادها در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ چه مقالاتی در این زمینه منتشر شده است؟ چه پایان‌نامه‌هایی نگارش شده است؟)

فعالیت‌های توسعه محصول و تجاری‌سازی

(آیا نمونه‌سازی انجام گرفته است؟ چه شرکت‌هایی برای توسعه محصول در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ آیا محصولی مبتنی بر این فناوری در بازار به فروش می‌رسد؟ آیا شرکت‌های صنعتی بزرگ در این زمینه فعالیت می‌کنند؟ آیا شرکت‌های واردکننده در این زمینه فعالیت می‌کنند؟)

فعالیت‌های سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری

با بررسی‌های انجام شده مشخص شد هیچ‌گونه فعالیت یا اطلاعاتی در این زمینه در کشور وجود ندارد. بااین حال مواد اولیه مورداستفاده در این محصول مانند گرافن، گرافیت و کربن در کشور وجود دارد.

۱۶-۳-۲ کاربردهای احتمالی محصولات مبتنی بر این فناوری در کشور (به‌خصوص کاربردهای مرتبط با سه حوزه ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

در حوزه خانگی در زمینه گرمایش یکنواخت در محل‌هایی مانند حمام و استخرها، مناطقی که گازرسانی انجام نشده و بناهای تاریخی که نمی‌توان از سیستم‌های حرارتی برمبنای احتراق در آن‌ها استفاده کرد، می‌توان از این سیستم استفاده کرد. در زمینه نفت، گاز و پتروشیمی نیز به‌صورت رنگ‌های حرارتی در تجهیزات نیازمند به حرارت می‌توان استفاده کرد ولی مورد مشخصی در حال حاضر وجود ندارد.

در صنایع نظامی نیز به‌صورت تارگت‌های فریب حرارتی و رزمایش‌های در شب به‌عنوان تارگت‌های هدف مانور نظامی قابل‌استفاده است. همچنین سرد بودن کف ساختمان در بسیاری از منازل مشکل بزرگی است که با این روش قابلیت حل‌شدن دارد.

۱۶-۳-۳ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار در کشور

سطح آمادگی بازار ۹ و سطح آمادگی فناوری ۶ است.



۱۶-۳-۴ وضعیت فناوری‌های رقیب و مکمل در کشور در هر یک از کاربردهای احتمالی

فناوری‌های گرمایشی رقیب به‌صورت سنتی شامل وسایل گرمایشی حرارتی یا الکتریکی هستند. به‌علت ارزان بودن گاز و انرژی الکتریسیته استفاده از وسایل گرمایشی متداول و مرسوم کاملاً به‌صرفه و اقتصادی است. سیستم حرارت‌دهی پکیج، شوفاژ و بخاری در تمامی کشور استفاده می‌شود. در حوزه دفاعی و... اطلاعی از فناوری‌های رقیب وجود ندارد.

سیستم گرمایش از کف که به‌تازگی در حال توسعه در ساختمان‌های تازه‌ساز است، می‌تواند به‌صورت رقیب جدی برای گرمایش یکنواخت در برابر این سیستم در نظر گرفته شود.

۱۶-۳-۵ میزان سرمایه‌گذاری موردنیاز برای توسعه این فناوری تا سطح نمونه‌سازی (TRL6) و همچنین، برای تولید در مقیاس وسیع (TRL8) به‌صورت تخمینی

در حال تکمیل است.

۱۶-۳-۶ زیرساخت‌ها و منابع لازم برای توسعه فناوری، توسعه محصول و تجاری‌سازی در کشور

- منابع انسانی؛
- زیرساخت آزمایشگاهی و نمونه‌سازی؛
- زیرساخت تولید؛
- آزمایشگاه مرجع؛
- منابع مالی؛
- توانمندی‌های حفاظت از دارایی فکری؛
- زیرساخت‌های بازاریابی، توزیع، فروش و خدمات پس از فروش.

از نظر منابع انسانی در حوزه رنگ و پلیمر متخصص در مراکز پژوهشی و دانشگاهی وجود دارد. از نظرمنابع آزمایشگاهی و زیرساخت تولید نیز به نظر مشکلی وجود ندارد. در زمینه منابع مالی باید منابع موردنظر تأمین شود. در سایر حوزه‌ها نیز می‌توان موارد موردنظر را فراهم کرد.

۱۶-۳-۷ پیشران‌ها و چالش‌های توسعه و تجاری‌سازی این فناوری در کشور

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

از نظر فنی پیشران‌هایی مانند تولید نانوذرات، گرافیت و گرافن در کشور و همچنین امکان تولید اغلب پلیمرها، رزین‌ها و رنگ‌ها در کشور وجود دارد. از نظر فنی تولید رنگ موردنظر و تهیه فرمولاسیون آن و همچنین اتصال به سیستم الکتریکی و منبع الکتریسیته باید بررسی شود. همچنین برای نصب این سیستم‌ها نیاز به پیمانکاران جداگانه وجود دارد.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

از نظر اقتصادی به نظر می‌رسد چالش‌های بزرگی بر سر راه این فناوری در کاربرد خانگی وجود داشته باشد. وجود منابع انرژی فسیلی ارزان‌قیمت و سیستم خانه‌سازی گذشته و حال، به صورتی است که این فناوری باید توانایی رقابت‌پذیری و سهولت استفاده داشته باشد. سیستم پکیج شوفاژ دیواری بسیار متنوع و به‌صورت گسترده در کشور استفاده می‌شود. در سایر حوزه‌ها البته می‌توان از این فناوری استفاده کرد. با این حال پیشران اقتصادی در نواحی دورافتاده یا قسمت‌هایی که نمی‌توان از انرژی فسیلی استفاده کرد، وجود دارد. در خانه‌ها و هتل‌های لوکس و در مناطق شمالی کشور با توجه به کاهش فشار گاز می‌توان از این سیستم‌های گرمایشی استفاده کرد.

پیش‌بینی می‌شود از نظر قیمت در طولانی‌مدت بتواند با سیستم‌های مشابه رقیب، رقابت کند. با این حال به سبب وجود سیستم گرمایشی سنتی در کشور مبتنی بر سوخت گاز به نظر می‌رسد هزینه نصب آن بیشتر بوده و همچنین چالش‌های نصب بیشتری نسبت به سیستم لوله‌کشی یا گرمایش از کف داشته باشد.

پیشران‌ها و چالش‌های تقاضا

به نظر می‌رسد شناخت کافی از محصول در بازار وجود ندارد. همچنین استفاده از ان باید از نظر اقتصادی نسبت به سیستم‌های متداول بررسی شود.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

با توجه به برق بسیار کم ولتاژ استفاده شده در آن، گمان می‌رود چالشی از این نظر وجود نداشته باشد. با این حال باید بررسی‌های بیشتری برای ایمنی آن صورت گیرد.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)
در حال حاضر اطلاعاتی در این زمینه به دست نیامده است.

۱۶-۳-۸ بازار داخلی محصولات مبتنی بر این فناوری در هر زنجیره ارزش

اطلاعاتی در این خصوص مشاهده نشد.

۱۶-۳-۹ فرصت‌های صادراتی برای شرکت‌های فعال ایرانی

شرکت‌های تولیدکننده این فناوری در صورت تولید ارزان‌تر و با کیفیت‌تر می‌توانند به کشورهای سردسیر و فاقد منابع سوخت فسیلی، صادرات داشته باشند. با این حال باید استفاده از محصولات موردنظر به‌صورت آماده به استفاده یا همراه با تیم آموزش‌دیده، صورت گیرد.

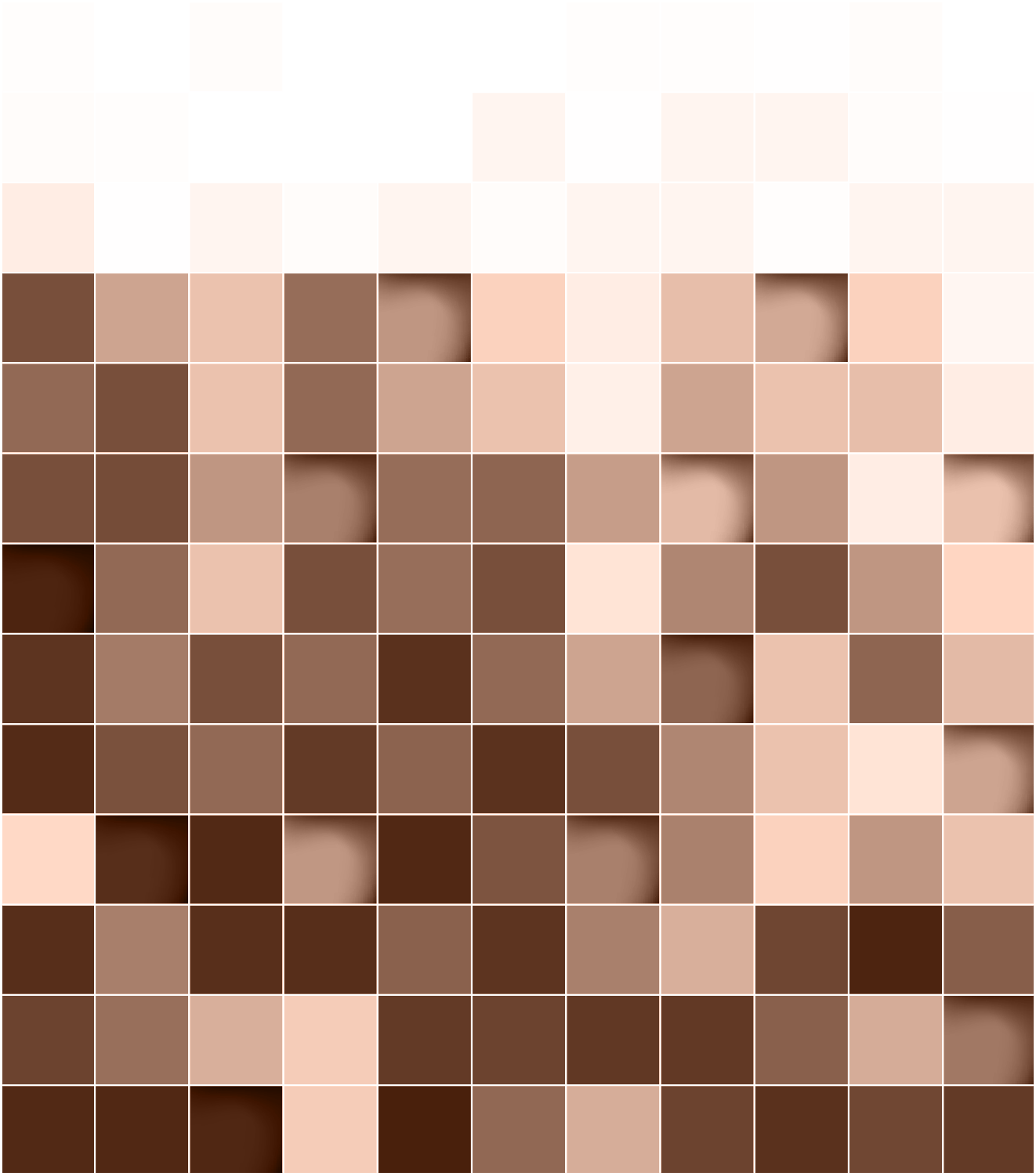
۱۶-۳-۱۰ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در کشور تأثیر بگذارد

در سال‌های گذشته در ساختمان‌های نوساز سیستم گرمایشی از کف و پکیج دیواری کاملاً جا افتاده است. به‌دلیل استفاده از انرژی ارزان گاز در سیستم خانگی روند ورود فناوری‌های جدید کمی سخت به نظر می‌رسد. با این حال در مناطق دورافتاده، شهرهای با مشکل تأمین گاز، مناطق مسکونی، برج‌ها و هتل‌ها برای ایجاد فضای دلخواه گرمایشی یکنواخت می‌توان از این سیستم استفاده کرد. به‌عنوان مثال در حمام و استخر می‌توان از آن استفاده کرد. با این حال نیازمند بازاریابی هوشمندانه و هدفمند است و بازار بالفعلی برای آن نمی‌توان متصور بود. در سال‌های آتی در صورتی که فناوری تولید و نصب بومی این سیستم حرارتی در کشور ایجاد شود، می‌توان در حوزه‌هایی مانند صنایع پیشرفته و خانگی به‌صورت پروژه‌های اولیه شاهد استفاده از آن باشیم.

پی‌نوشت‌ها

۱- https:// .intelliparticle.com.au/about/
۲- https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/horizon-magazine/paints-eat-pollutants-and-heat-homes
۳- https://ecovolt.ie/about-us/
۴- https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/horizon-magazine/paints-eat-pollutants-and-heat-homes
۵- https://www.coating-suisse.com/en/products/electrically-conductive-heating-paint/
۶- https://www.intelliparticle.com.au/intelliparticle-thermal-targets/
۷- https://www.intelliparticle.com.au/application/emr-shielding/
۸- https://www.carbonheatingcyprus.com
۹- https://www.karbonik.nl/en/karbonik-heat-paint/
۱۰- https://graphene-star.com/g-therm-heating
۱۱- https://wall-heating.com/wall-heating.html
۱۲- https://www.micfil.com/produkte/heating-paint-heatable-primer/
۱۳- https://www.heizlack.com/Onlineshop/CSG---IRE-550.htm
۱۴- https://www.rustins.ltd/rustins/our-products/speciality-paints/g-therm-thermal-heating-paint

۱۷ رنگ و جوهر رسانا (پلیمر و رزین‌های رسانا)



۱-۱۷ توصیف عمومی فناوری

۱-۱-۱۷ ویژگی مورد انتظار از فناوری (فناوری مبتنی بر این ویژگی چه کار می‌کند؟)

رنگ رسانای الکتریکی از مخلوط‌کردن ذرات یا رنگ‌دانه‌های رسانا با یک رزین نارسانا به‌عنوان حامل به‌دست می‌آید. رزین ذرات رنگ‌دانه را در کنار هم نگه می‌دارد و نقش چسبندگی دارد. ذرات پرکن رسانا هم مسیر انتقال جریان را ایجاد می‌کنند. ترابری الکترونی از طریق برقراری مسیر جریان الکتریکی از طریق ذرات رسانا و پریدن از روی مناطق رسانا تحت اثر تراوش percolation، در بستر رزین نارسانا صورت می‌گیرد. این امر وقتی که غلظت رنگ‌دانه‌های رسانا بالاتر و شکل آن‌ها با صورت لوله یا پولکی یا flake باشد، بیشترین بازدهی را دارد. ذرات کروی برای رسانایی خوب نیستند ولی اگر در کنار ذرات پولکی flake باشند، بازدهی خوبی دارند.

رنگ رسانا بر اساس نوع طراحی و ذرات به‌کار رفته در آن درجات مختلفی از رسانایی الکتریسیته را نشان می‌دهد و در صورت اعمال بر روی هر سطحی می‌تواند الکتریسیته را انتقال دهد. ذرات هادی جریان الکتریسیته می‌توانند فلزی یا نافلزی بر پایهٔ کربن باشند. در این پوشش‌ها به سبب وجود مقداری مقاومت اثر حرارتی نیز می‌تواند تولید شود که امکان تبدیل جریان الکتریسیته به حرارت به‌وجود می‌آید و کاربرد ایجاد حرارت خواهد داشت.

در نوع جوهر رسانا از عامل رسانا مانند نانوسیم‌های فلزی، گرافن و نانولوله کربنی به‌همراه ماده حلال و سورفکتانت استفاده می‌شود. در حین چاپ یا پرینت ماده حلال و سورفکتانت بخار شده و جوهر خمیری شکل حاوی ذرات رسانا به‌جا می‌ماند.

۲-۱-۱۷ کاربردهای محتمل این ویژگی و فناوری (به‌طور خاص، در حوزه‌های ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

- کاربردهای الکتریکی و الکترونیکی شامل: شیلدینگ RFI/EMI: کاهش و جذب انرژی الکترومغناطیسی، حفاظت در برابر انتشار پرتوهای الکترومغناطیسی، هرچه میزان رسانا بودن سطح بیشتر باشد میزان امواج الکترومغناطیس جذب و بازتابش شده بیشتر است، تعمیر و نمونه‌سازی مدارها، حفاظت ESD (جریان الکتریسیته ساکن): ESD تخلیه ناگهانی شار الکتریکی بین دو قطب مخالف است. در صورت ایجاد جریان الکتریسیته ساکن و تخلیه آن امکان ایجاد انفجار در محیط‌های گازی و بخار مواد محترقه وجود دارد، سطوح ارت grounding surfaces، سنسورهای پیزوالکتریک (سنسورهایی که با ایجاد تغییرات کرنش ناشی از فشار سیگنال مقاومت الکتریکی تغییر نماید)، سنسورهای دی الکتریک حفاظتی (شناسایی سطح تماس و اثر انگشت با الگوهای پیشرفته) مانند حسگرهای رسانا به‌صورت پرینت شده با رنگ‌های رسانا (پرینت شده به‌صورت شکل‌ها و نقشه‌های مختلف): حسگرهای تماسی، حسگرهای حضور افراد، حسگرهای اینترنت اشیا؛
- منسوجات هوشمند (جایی که زمینه پلیمری رسانا جهت مونیتورینگ سلامتی و یا کاربردهای مد و تبلیغاتی به‌کار می‌رود)؛
- پوشش‌های رنگ هدفمند (رزین‌های عایق مانند اپوکسی حاوی ذرات پلیمر رسانا به‌صورت نانوکامپوزیتی) با خواص ضدخوردگی، ضدخزه، ضدباکتری و ویروس، فتوکاتالیستی و فتوالکتروکاتالیستی، پوشش‌های شفاف هادی الکتریسیته برای فرایند یخ‌زدایی سلول‌های خورشیدی، صفحه‌های لمسی، گوشی‌های همراه و...؛
- ادوات اپتوالکترونیکی، انرژی خورشیدی و هیدروژنی شامل روشنایی حالت جامد LED باتری؛
- خازن‌ها، سل‌های فوتوولتاییک، پیل‌های سوختی.

۱۷-۱-۳ محصولات توسعه یافته یا در حال توسعه بر اساس این فناوری

- رنگ‌های اکرلیک رسانا
- رنگ‌های اپوکسی رسانا
- رنگ‌های عایق‌کننده پایه آب رسانا
- پوشش‌های عایق‌کننده بسته‌ها و بردهای الکترونیکی
- پوشش‌های ایمن در برابر شارژ الکتریکی ESD
- پوشش‌های پاششی رسانا
- خودکارهای رسانا
- جوهرهای رسانا Inkjet printing ink

۱۷-۱-۴ مزیت(های) کلیدی این فناوری (کاهش قیمت، سهولت اجرا، رفع نیازی که تاکنون برآورده نشده و...)

- سهولت اجرا:

استفاده از رنگ‌های رسانا در بسیاری از مکان‌ها یا کاربردها به‌راحتی صورت می‌گیرد.
قابلیت چاپ‌شدن و ایجاد الگو: به‌صورت جوهر یا به‌صورت رنگ بر روی هر زیرلایه‌ای به‌صورت الگوهای از پیش طراحی شده و با استفاده از تجهیزات خودکار قابل‌پرینت و چاپ هستند.
ایجاد فیلم‌های شفاف با ویژگی رسانا بودن برای کاربردهای مختلف پیشرفته
در زمینه استفاده از نانوذرات در محصولات رنگ و پوشش هادی، میزان نقره یا ذرات هادی استفاده شده تا ۱۰ برابر کمتر از نمونه‌های پوشش و رنگ‌هادی حاوی نقره است. این امر در تعدادی از محصولات مانند جوهر منجر به کاهش قیمت نسبت به نوع غیرنانویی شده است.[۱]

۱۷-۱-۵ نانوذرات بهره گرفته شده در این فناوری (از چه فناوری‌های نانویی برای تولید یا به کارگیری محصولات بهره گرفته می‌شود؟)

- گرافن؛
- کربن سیاه Carbon black؛
- گرافیت به‌علاوه کربن carbon+graphite؛
- PCM مواد دارای فازهای متغیر phase change materials مانند نانو کپسول‌های پارافین، هیدرات‌های نمک و اسیدهای چرب.

۱۷-۱-۶ زنجیره ارزش کاربردهای مبتنی بر این فناوری (از تولید نانوذرات اولیه تا تولید محصول میانی تا تولید محصول نهایی و به کارگیری محصول)

- نانوذرات؛
- نانوسیم‌ها؛
- پلیمرهای حاوی نانوذرات و نانوسیم‌ها؛
- جوهر رسانا؛
- رنگ رسانا؛
- ورق‌های نازک انعطاف‌پذیر حاوی روکش‌های هادی الکتریسیته (فیلم رسانا).

۱۷-۱-۷ فناوری‌های رقیب
(از چه شیوه‌های دیگری برای رفع نیاز مرتبط با این فناوری بهره گرفته می‌شود؟)

- میکروالکترونیک برای ادوات الکترونیکی و حسگر؛
- روش‌های پوشش‌های خلأ برای ساخت پوشش‌های اپتوالکترونیکی و پیزوالکتریک؛
- روش‌های سنتی تهیه و ساخت رنگ‌های ضدخوردگی و ضدخزه بر پایهٔ مواد غیردوستدار محیط‌زیست.

۱۷-۱-۸ فناوری‌های مکمل (برای توسعه محصولات در هر یک از کاربردهای ذکرشده، به چه فناوری‌های دیگری نیاز وجود دارد؟)

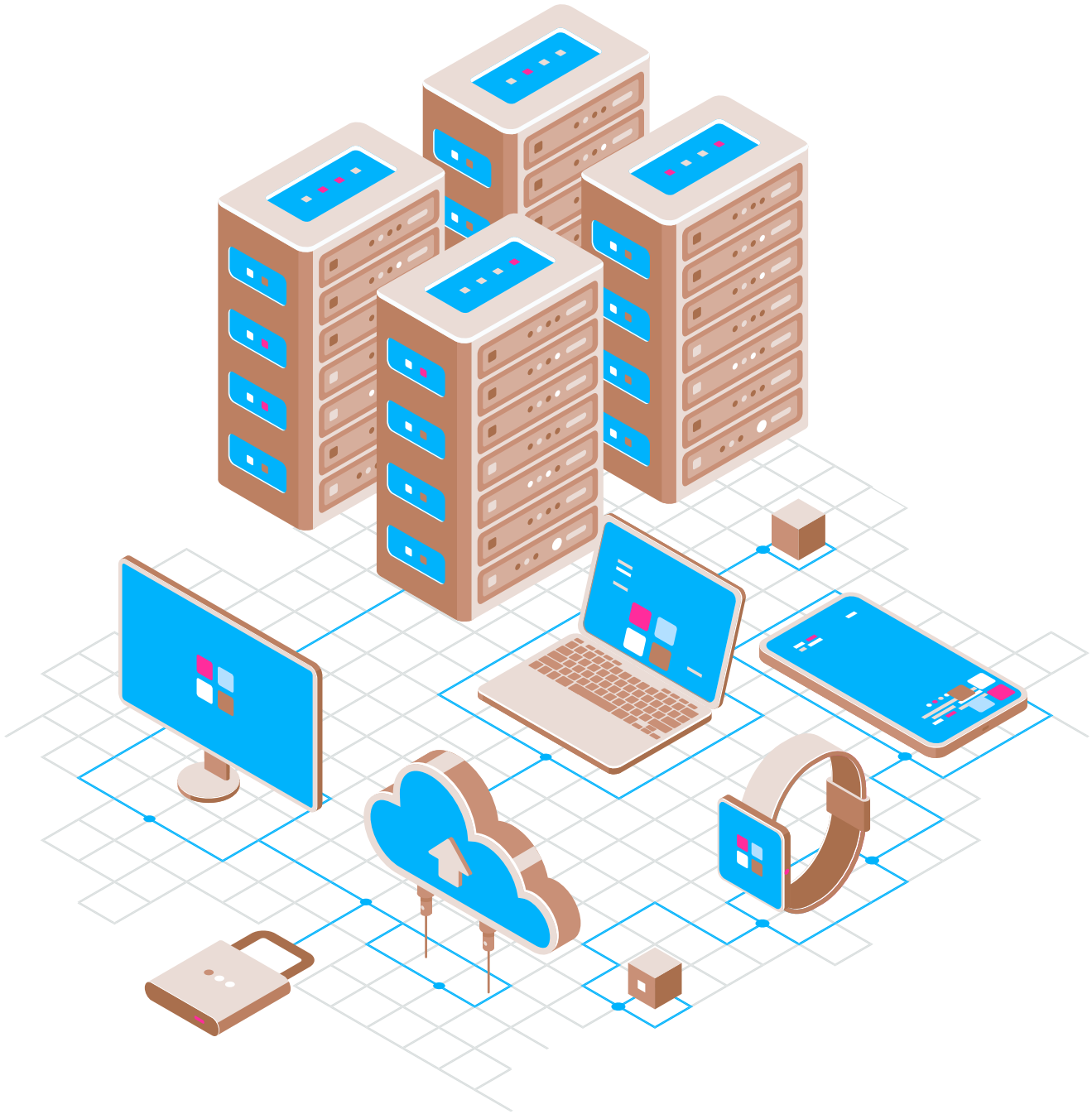
- فرایندهای تولید نانوذرات یا نانوسیم‌ها؛
- فرایندهای پوشش‌دهی شامل روش غوطه‌وری (Dip)، روش پاشش (Spary)، روش اسکرین (Screen)، روش تیغه (blade)، چاپ با روش‌های Inkjet و...؛
- روش‌های خشک‌کردن و عمل‌آوری پوشش‌ها.

۱۷-۱-۹ فرصت‌های تحقیقاتی که امکان دارد براثر فعالیت در این زمینه پدید آید.
(آیا فعالیت در این زمینه فرصت‌های تحقیقاتی را در حوزه‌های مرتبط پدید می‌آورد یا این اثر/فناوری نسبتاً منزوی است؟)

به‌طور کلی فعالیت در این زمینه منجر به فعالیت برای کاربردها در حوزه‌های اینترنت اشیا، تولید منسوجات هوشمند و هوشمندسازی تجهیزات، امنیت، گرمایشی و تجهیزات مربوطه، الکتریکی، الکترونیک، پوشش‌های تزیینی و حفاظتی از خوردگی، خزه، باکتری و... خواهد شد. در واقع توسعه پوشش‌های هادی الکتریسیته در هر حوزه‌ای منجر به گسترش فعالیت در حوزه‌های دیگر مانند آنچه ذکر شد، می‌شود.

۱۷-۱-۱۰ اهمیت فعالیت در این زمینه از نظر اجتماعی یا راهبردی (آیا این اثر/فناوری به حل یا کاهش شدت یک مسئله اجتماعی، محیط‌زیستی یا سیاسی کمک می‌کند؟)

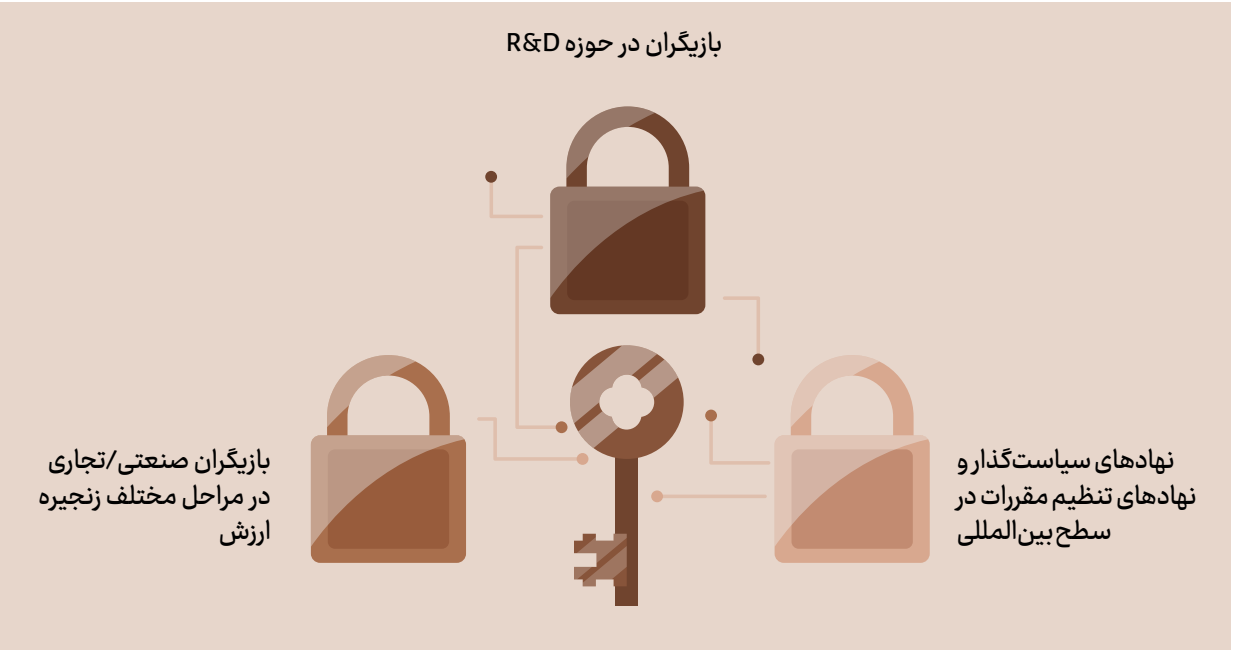
تغییرات در زمینه کاربری ادوات الکترونیکی مانند گوشی همراه، دستگاه‌های حفاظتی شناسایی اشخاص با اثر انگشت، منسوجات لازم برای مونیتورینگ سلامتی و همچنین منسوجات با کاربری‌های تزیینی و مد، ایجاد و توسعه پوشش‌های جدید مقاوم به تخریب، ضدباکتری و ویروس و...



رنگ‌های رسانا در حوزه‌های اینترنت اشیا و تولید منسوجات هوشمند و هوشمند سازی تجهیزات

۱۷-۲ تحلیل بین‌المللی

۱۷-۲-۱ بازیگران کلیدی فعال در این فناوری



بر اساس گزارش‌های تحلیل بازار منتشر شده تعدادی از بازیگران اصلی تولید پوشش‌های هادی الکتریسیته (نانویی و غیرنانویی) عبارت‌اند از[۲]:

- PPG Industries Inc؛
- Henkel, Akzonobel N. V؛
- Axalta Coating Systems؛
- 3M Company؛
- Dai Nippon Printing, Abrisa Technologies؛
- Acree Technologies Inc؛
- Carclo PLC؛
- and Cima Nanotech.

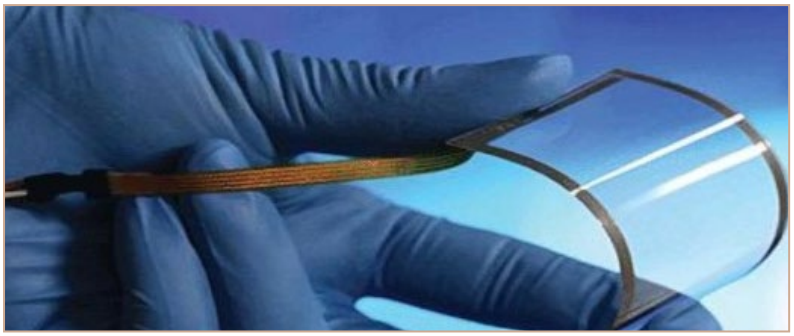
چندین شرکت در حوزه تولید و عرضه رنگ‌ها و پوشش‌های ضدنوشتاری در دنیا فعال هستند:

- **شرکت آمریکایی Methode Development Company**

جوهر چاپ برای مدارهای الکترونیکی بر پایهٔ نانونقره تولید کرده است که تمام ویژگی‌های موردنظر برای مدارهای چاپی را داراست. این جوهر در دستگاه‌های پرینت INKJET حرارتی و piezo قابل‌استفاده است و نیاز به عملیات ثانویه مانند خشک‌کردن و عمل‌آوری ندارد.[۳]

شرکت coating Suisse GMBH[۴]

در حوزه تولید رنگ‌ها و جوهرهای رسانا فعالیت می‌کند. این شرکت نانوسیم‌های نقره به‌صورت پودر خاکستری تولید می‌کند که در انواع حلال‌های پایه آب، اتانول، ایزوپروپانول برای تولید جوهر وسوسپانسیون به‌کار می‌رود. قطر سیم‌ها در دامنه ۱۰ تا ۱۰۰ نانومتر و طول آن‌ها تا ۱۰ میکرومتر است. جوهرهای بر پایهٔ Inkjet برای پرینت بردهای مدار و RFID، پرینت روی کاغذ و یا سایر محیط‌ها توسط این شرکت تولید می‌شود.
فیلم‌های شفاف تولیدشده توسط این شرکت دارای هدایت الکتریکی بالای ۶۰ اهم با کاربردهای مختلف هستند.



شکل ۱۷-۱ فیلم‌های شفاف رسانا، شرکت coating Suisse GMBH

این شرکت فیلم‌های PET آب‌دوست با نانولوله‌های کربنی تک‌دیواره تولید می‌کند که به‌صورت گسترده در فیلم‌های محافظ در برابر انتشار امواج الکترومغناطیس (EMI/ESD) به‌کار می‌رود. این فیلم‌ها همچنین به‌عنوان صفحات حرارتی تا دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌کار می‌روند. ضخامت لایه پوشش مفید تنها ۱۰۰ نانومتر است.



شکل ۱۷-۲ کاربرد فیلم‌های شفاف رسانا، شرکت coating Suisse GMBH

یکی دیگر از محصولات این شرکت پوشش‌های حرارتی است. این پوشش‌ها به سبب داشتن مقاومت الکتریکی برای کاربرد حرارتی و ایجاد گرما از انرژی الکتریکی نیز به‌کار می‌روند. این پوشش‌های پلیمر هیبریدی پایه آب دارای فناوری تولید پیشرفته بوده و دارای چسبندگی بسیار خوب به زیرلایه‌های پلاستیکی از جمله PVC و PEEK هستند.
گروه Nanochemi[۵] تولیدکننده پوشش‌های هادی الکتریسیته با نام تجاری NANO AF STE 4A است. این گروه تولیدکننده نانومواد هادی الکتریسیته مانند نانوپودر مس، طلا، نیکل، نقره و تعدادی دیگر از نانوذرات غیرفلزی مانند گرافن و نانوسیم مس است. این نانومواد در تولید جوهر و پوشش‌های رسانا به‌کار می‌روند.



شکل ۱۷-۳ پوشش‌های هادی الکتریسیته با نام تجاری NANO AF STE 4A

پوشش‌های هادی بر پایهٔ آب:

این پوشش‌ها دارای مقاومت بالاتر به اشعه UV و دوام بالاتر هستند و برای محفظه حمل و نقل وسایل الکترونیکی،، فیلم‌های گرمایشی و ویژگی‌های هدایت الکتریسیته برای گرمکن‌ها، پنل‌های لمسی، سلول‌های خورشیدی، حسگرها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

شرکت ژاپنی c3nano[۶]:

این شرکت که در زمینه تولید فناوری‌های رنگ‌های هادی و فناوری‌های بر پایهٔ نانوسیم سرآمد است یک فرمولاسیون جدید برای پوشش‌های با گیرش در دمای محیط بر روی هر زیرلایه حساس به حرارت ایجاد کرده است. شفافیت این پوشش‌ها بالاست. جوهرهای سری Activegrid دمای پایین، امکان استفاده در صنایع مختلف مانند بسته‌بندی غذا، محصولات الکترونیکی (پوشش‌های آنتی‌استاتیک، چسب‌ها و پوشش‌های پلارایزها) را که دمای کاری پلیمرهایی تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد دارند، ایجاد کرده است. این شرکت به‌دنبال توسعه محصول تجاری و ایجاد بازار برای جوهرهای جدید خود است.



شکل ۱۷-۴ پوشش‌های هادی روسیه c3nano

این شرکت همچنین فیلم‌های نازک قابل‌انعطاف هادی جریان الکتریسیته را نیز تولید کرده است.
شرکت Cima Nanotech که در آمریکا و اسرائیل فعالیت دارد، بیش از ۱۰ سال تحقیقات و ۷۰ پتنت[۷] در زمینه تولید پوشش‌های شفاف هادی جریان الکتریسیته به روش نانوذرات خود آرایش self-aligning particles دارد.
با استفاده از نانوذرات نقره و روش خشک‌کردن امولسیونی محصول تجاری SANTE تولید شده است. این محصول برای کاربردهای محافظت در برابر امواج الکترومغناطیس، انواع اسکرین‌های لمسی و... توسعه یافته است. این شرکت در حال همکاری برای تجاری‌سازی این پوشش‌هاست.[۸]
شرکت نانوسین تک[۹] نیز جوهرهای حاوی نانونقره تولید کرده است که هزینه تمام شده آن بسیار کمتر از جوهرهای هادی حاوی نقره است.
تولیدکنندگان دیگری نیز هستند که مشخص نیست آیا از فناوری نانو در محصولات خود استفاده می‌کنند

- شرکت رنگ Cromas[۱۰]؛
- شرکت رنگ M.G. Chemicals[۱۱]؛
- شرکت اسپین آف bareconductive[۱۲].



۲-۲-۱۷ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار

سطح آمادگی فناوری با توجه به تنوع تولید شده توسط شرکت‌ها در بعضی کاربردها مانند کاربردهای محافظت در برابر امواج الکترومغناطیس، جوهرهای پرینت و یا گرمایشی در حد بالا TRL=9 و در بعضی کاربردها مانند صفحه‌های بزرگ لمسی در حد پایین TRL=4 است. بازار این محصولات در حال گسترش بوده و در بسیاری از موارد همچنان کاربردهای آن در حال بررسی است. با این حال با توجه به نیاز کنونی بازار راه‌حل‌هایی در خصوص این فناوری برای بازار در نظر گرفته شده است و مشابه آمادگی فناوری، سطح آمادگی بازار نیز در دامنه MRL=4-9 قرار دارد.

۳-۲-۱۷ موقعیت فناوری در چرخه عمر

چرخه عمر فناوری در مرحله پیش از بلوغ یعنی گسترش و شناخت ایده‌های مربوطه و ایجاد راه‌حل است.

۴-۲-۱۷ مهم‌ترین پیشران‌ها و چالش‌های پیش روی فناوری

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

با گسترش روزافزون بازار الکترونیک نیاز به استفاده از این پوشش‌ها بیشتر خواهد شد. کاربردهای محافظت وسایل الکترونیکی در برابر امواج الکترومغناطیسی نیاز بزرگی است. بنابراین یک پیشران فنی مربوط به بازار الکترونیک است. سایر پیشران‌های فنی شامل فناوری‌های تولید نانومواد موردنیاز و فرایندهای تولید رنگ یا جوهر است. چالش‌های فنی مربوط به به‌دست آوردن راه‌حل‌های فناورانه برای جایگزینی این رنگ‌ها با سیم‌ها و استفاده آسان در چاپ بردهای الکترونیکی است. استفاده از نانوسیم‌ها نسبت به نانوذرات بازدهی بالاتری دارد زیرا انتقال جریان از طریق نانوسیم‌ها بهتر و راحت‌تر از نانوذرات است.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

هزینه بالای این رنگ‌ها، جوهرها و سیستم‌های چاپ جزو چالش‌های پیش روی این صنعت است. از نظر قیمت باید با سیستم‌های متداول قابل‌رقابت شوند.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

یکی از نگرانی‌های موردنظر در خصوص این پوشش‌ها، آزادشدن ذرات نانو و تأثیر بر سلامتی افراد است. بررسی‌های بیشتری باید در

این خصوص انجام شـود. از نظر آزادشـدن ذرات نانو و همچنین اجزای فرار در حین فرایند پوشـش‌دهی چالش محیط‌زیستی و قوانین محدودکننده مواد فرار وجود دارد.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

۱۷-۲-۵ اطلاعات موجود درباره تحلیل بازار در سطح جهانی

بـر طبـق یک گزارش رصد بازار در سـال ۲۰۱۶ میزان بازار پوشـش‌های هادی ۱۵میلیارد دلار بوده اسـت و پیش‌بینی شـده کـه تا ۲۰۲۳ به ۲۴میلیارد دلار برسـد. در این گزارش‌ها بازار کلی این محصولات برآورد شـده است. بر طبق این گزارش، پوشش‌های هادی برای پوشش زیرلایه بردهای الکترونیکی برای محافظت در برابر امواج الکترومغناطیس به‌کار می‌رود. اسـتفاده راحت از پوشـش بر روی زیرلایه‌های با جنس و اندازه متنوع منجر به پذیرش این روش به‌صورت گسترده شده است.
از نظر سرمایه‌گذاری حوزه محافظت پوشش‌های EMI/RFI بزرگ‌ترین بخش خواهد بود. همچنین بخش سلول‌های فوتولتاییک نیز برای محافظت از امواج و افزایش رسانایی سل‌ها بخش جذاب دیگری است.[۱۳]
تعدادی از محصولات موجود در اینترنت عبارت‌اند از: محصول پوشش‌هادی آنتی استاتیک پایه آب بر پایهٔ نانولوله کربنی با قیمت ۹۵ دلار به ازای هر ۶۵ میلی‌لیتر که توسط شرکت تحقیقات نانومواد آمریکا به‌فروش می‌رسد.[۱۴] میزان ۱ تن از این محصول با قیمت ۹۹ دلار به ازای یک کیلوگرم به‌فروش می‌رسـد.[۱۵] یک محصول از شـرکت shilpent که جوهر هادی گرافنی است به قیمت ۵۰۰ دلار به ازای ۱۰۰ میلی‌لیتر به‌فروش می‌رسـد. محصول جوهر رسانا نانوسیم‌های نقره از شـرکت چینی Guangzhou Hongwu Material به قیمت ۵۵۰ تا ۸۵۰ دلار به ازای هر کیلوگرم به‌فروش می‌رسد.[۱۶]

۱۷-۲-۶ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در دنیا تأثیر بگذارد

در سال‌های اخیر تحقیقات و تولید در حوزه جوهرها و رنگ‌های رسانای نانویی توسط چندین شرکت انجام شده است. محصولات ارائه شده اغلب برای چاپ بردهای الکترونیکی یا سایر کاربردها مانند محافظت در برابر امواج الکترومغناطیس بوده است. با این حال بازار این محصول هنوز بکر بوده و میزان تولیدکنندگان پایین و قیمت جوهر یا رنگ رسانا بالاست. با توجه به پتانسیل بالای کاربردهای این پوشش یا رنگ‌ها در صنایع مختلف، به نظر می‌رسد با رشد فناوری‌های مربوط به اینترنت اشیا و همچنین تجهیزات هوشمند میزان مصرف این محصولات بیشتر شود.



رنگ‌های رسانا در فیلم‌های محافظ در برابر انتشار امواج الکترومغناطیس با هدایت الکتریکی بالا

۱۷-۳ تحلیل داخلی

۱۷-۳-۱ فعالیت‌های انجام گرفته در کشور

فعالیت‌های تحقیقاتی

(چه تیم‌هایی در کدام نهادها در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ چه مقالاتی در این زمینه منتشر شده است؟ چه پایان‌نامه‌هایی نگارش شده است؟)

بخشی از فعالیت‌های صورت گرفته در این موضوع در جدول ۱۷-۱ ذکر شده است

جدول ۱۷-۱ نمایی از تحقیقات انجام شده در زمینه رنگ‌های رسانا

ردیف	نگارندگان	دانشگاه/ مؤسسه	عنوان تحقیق
۱	وحید شیرازی خانمیری استاد راهنما: ناصر ارسلانی استاد مشاور: علی‌اکبر انتظامی	دانشگاه تبریز، دانشکده شیمی	تهیه و مطالعه جوهرهای رسانا بر پایهٔ نانوکامپوزیت‌های گرافن-پلیمر
۲	محسن عموسلطانی، محمد ماهانی، داریوش افضلی	دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان، دانشکده علوم و فناوری‌های نوین	سنتز سبز نانوساختارهای مس از منابع کم‌عیار و کاربرد آن‌ها به‌عنوان جوهرهای رسانا در مدارهای چاپی
۳	فاطمه هراسانی استاد راهنما: علی صادقی	دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده فیزیک	ساخت جوهرهای رسانای گرافیت/کیتوسان برای کاربرد در الکترونیک چاپی
۴	محمد گنجی، بابک شکری، علی خطیبی، ابوالفضل فتح اللهی	دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده فیزیک	جوهر رسانای چند کاربرده بر اساس ساختارهای کربنی
۵	احمد پاکدامن استاد راهنما: فریبا تاج‌آبادی استاد راهنما: مژگان باقری استاد مشاور: نیما تقوی‌نیا	پژوهشگاه مواد و انرژی، پژوهشکده فناوری نانو و مواد پیشرفته	ساخت و مشخصه‌یابی فیلم کامپوزیتی رسانای شفاف بر پایهٔ پلی‌استایرن-نانوسیم نقره

فعالیت‌های توسعه محصول و تجاری‌سازی (آیا نمونه‌سازی انجام گرفته است؟ چه شرکت‌هایی برای توسعه محصول در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ آیا محصولی مبتنی بر این فناوری در بازار به فروش می‌رسد؟ آیا شرکت‌های صنعتی بزرگ در این زمینه فعالیت می‌کنند؟ آیا شرکت‌های واردکننده در این زمینه فعالیت می‌کنند؟)

در وب‌سایت فروش محصولات الکترونیکی آیسیکالا[۱۷] قیمت چند محصول رسانا به شرح زیر است:

- جوهر رسانا گرافیت پلیمر ۵ گرمی آلفا ۱۲۰هزار تومان
- جوهر رسانا ۵ گرمی C-200P- آلفا ۱۲۰هزار تومان
- جوهر رسانا ۴ گرمی C-300P- آلفا ۳۳۷هزار تومان

فعالیت‌های سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری

فعالیت خاصی صورت نگرفته است.



۱۷-۳-۲ کاربردهای احتمالی محصولات مبتنی بر این فناوری در کشور (به‌خصوص کاربردهای مرتبط با سه حوزه ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

عمده محصولات این حوزه در زمینه الکترونیک، حفاظت در برابر امواج الکترومغناطیس و تعمیر برد و وسایل الکترونیکی است. از گذشته خمیرهای هادی رسانا برای استفاده در گرم‌کن شیشه‌ها به‌کار می‌رفته است که معمولاً خمیر نقره بوده است. همچنین در بخش‌های آموزشی مدارهای الکترونیکی نیز به‌کار می‌رود. عدم نیاز به استفاده از سیم و تجهیزات برای ساخت مدار از مزایای استفاده از این رنگ‌هاست.

۱۷-۳-۳ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار در کشور

در زمینه جوهر رسانا و رنگ آنتی‌استاتیک و رسانا آمادگی فناوری بالا بوده و TRL=8 را می‌توان به آن اختصاص داد. با این حال در سایر حوزه‌ها و محصولات مربوطه آمادگی فناوری پایین است.

در زمینـه آمادگـی بـازار نیز در حوزه تعمیر بردهای الکترونیکی یا سـاخت آن با جوهرهای رسـانا آمادگی بازار نسـبتاً مناسـب بوده و MRL=7 و در سایر حوزه‌ها آمادگی بازار کم است.

۱۷-۳-۴ وضعیت فناوری‌های رقیب و مکمل در کشور در هر یک از کاربردهای احتمالی

در حال تکمیل است.

۱۷-۳-۵ میزان سرمایه‌گذاری موردنیاز برای توسعه این فناوری تا سطح نمونه‌سازی (TRL6) و همچنین، برای تولید در مقیاس وسیع (TRL8) به‌صورت تخمینی

در حال تکمیل است.

۱۷-۳-۶ زیرساخت‌ها و منابع لازم برای توسعه فناوری، توسعه محصول و تجاری‌سازی در کشور

- منابع انسانی؛
- زیرساخت آزمایشگاهی و نمونه‌سازی؛
- زیرساخت تولید؛
- آزمایشگاه مرجع؛
- منابع مالی؛
- توانمندی‌های حفاظت از دارایی فکری؛
- زیرساخت‌های بازاریابی، توزیع، فروش و خدمات پس از فروش.

به نظر می‌رسد با توجه به وجود زیرساخت‌های ساخت رنگ و پوشش و وجود پژوهشگاه‌های پلیمر و رنگ و سایر رشته‌های مرتبط و وجود منابع انسانی متخصص از این جهت بستر لازم فراهم است. تعداد پایان‌نامه‌های کاربردی انجام شده نشان از این موضوع دارد. با این حال زنجیره اسـتفاده از محصول جوهر یا رنگ رسـانا شـامل محصولات میانی و نهایی فراوانی اسـت که بسته به کاربرد آن‌ها مختلف خواهد بود. بنابراین در این حوزه نیاز به همکاری بین‌رشـته‌ای و ایجاد تیم و شـرکت‌های دانش‌بنیان اسـت. همچنین زیرساخت‌های فروش، توزیع و خدمات پس از فروش به‌صورت مدون و برنامه‌ریزی شده، وجود ندارد.

۱۷-۳-۷ پیشران‌ها و چالش‌های توسعه و تجاری‌سازی این فناوری در کشور

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

پیشـران‌های فنی در تجاری‌سـازی این فناوری توسـعه روزافزون صنایع الکترونیک، اینترنت اشـیا و افزایش کاربردهای رنگ و جوهر رسـانا در آن اسـت. همچنین صنعت رنگ و پوشـش در کشـور در حال رشـد اسـت و بسـیاری از شـرکت‌های معتبر دارای واحدهای تحقیق و توسـعه هسـتند و می‌توانند در این زمینه وارد شـوند. چالش‌های فنی آن نیز مربوط به تبدیل و اسـتفاده از رنگ و جوهر در کاربردهای نهایی است.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

مهم‌ترین چالش اقتصادی این محصولات قیمت بالای آن‌هاست. در صورتی که قیمت کاهش یابد، مصرف و کاربردهای آن افزایش خواهد یافت. قیمت نمونه‌های داخلی در یک مورد نسـبت به نمونه خارجی ده برابر گران‌تر و در مقایسـه با یک نمونه دیگر نزدیک ولی بازهم گران‌تر است. در صورت تولید به‌صورت حجیم و عرضه کیلویی به بازار، قیمت کاهش خواهد یافت.

پیشران‌ها و چالش‌های تقاضا

به نظر می‌رسد تقاضای عمده این محصولات در حوزه الکترونیک و محافظت در برابر امواج الکترومغناطیس در مدارها و تجهیزات است. بنابراین باید تقاضای مشخصی در این حوزه شناسایی شود تا بتوان برای میزان مصرف آن در کشور برنامه ریزی نمود.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

در حال تکمیل است.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

در حال تکمیل است.

۱۷-۳-۸ بازار داخلی محصولات مبتنی بر این فناوری در هر زنجیره ارزش

ادر حال تکمیل است.

۱۷-۳-۹ فرصت‌های صادراتی برای شرکت‌های فعال ایرانی

از نظر صادراتی باید هزینه تمام شده محصول نسبت به رقبای خارجی قابل‌رقابت باشد. همچنین از نظر کیفیت، تمامی آزمون‌های مشابه نمونه‌های خارجی را با موفقیت برآورده کرده باشد.

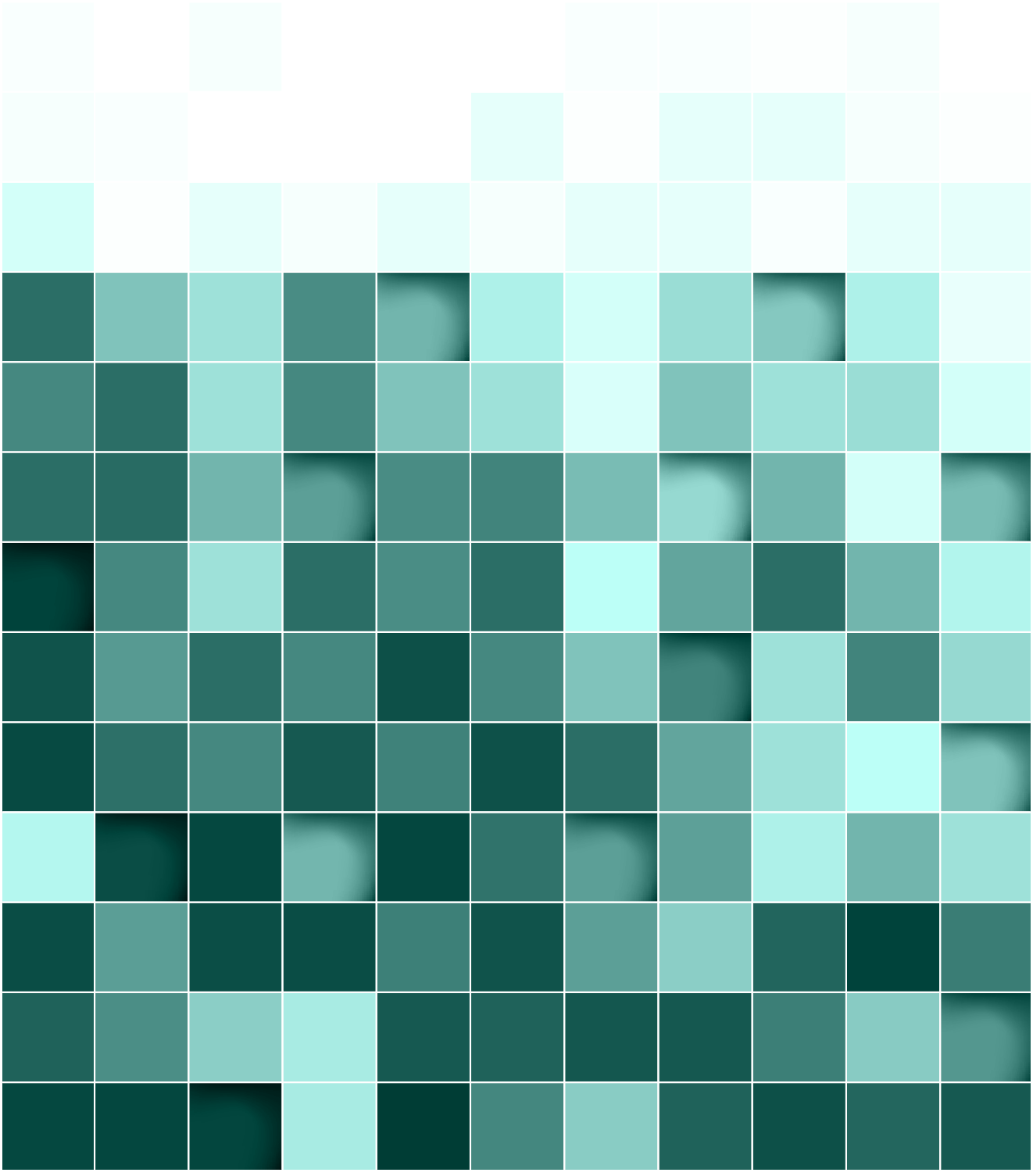
۱۷-۳-۱۰ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در کشور تأثیر بگذارد

اطلاعات دقیق از میزان مصرف این مواد در کشور وجود ندارد. در صورت پیروی از الگوهای جهانی و آشنایی عموم با این فناوری می‌توان پیش‌بینی کرد در آینده مصرف این محصولات در کشور نیز افزایش داشته باشد.

پی‌نوشت‌ها

۱–https://nanocintech.com/products/conductive–inks/
۲–https://www.industryarc.com/Research/Anti–Graffiti–Coatings–Market–Research–5030231
۳– https://datasheet.datasheetarchive.com/originals/crawler/de.methode.com/569a84c6c6b243bb851e–fe55501615a3.pdf
۴–https://www.coating–suisse.com/en/products/anisotropic–electrically–conductive–coating/
۵–https://www.nanochemigroup.cz/en/products/water–based–transparent–conductive–coating–material
۶–https://c3nano.com/c3nano–announces–activegrid–room–temperature–curing–conductive–ink–transforming–the–advances–materials–and–smart–surface–industry/
۷–https://patents.justia.com/assignee/cima–nanotech–israel–ltd–8
۸–http://site.ieee.org/sfbanano/files/2015/08/Cima–Nanotech–Overview–5–10–IEEE–Nano.pdf
۹–www.nanocintech.com
۱۰–https://cromaspaints.com/electro–conductive–paint/electro–conductive–paint.php
۱۱–https://www.mgchemicals.com/about–us/
۱۲– https://www.bareconductive.com/blogs/blog/what–is–electric–paint–the–composition–and–application–of–conductive–paints
۱۳–https://www.alliedmarketresearch.com/conductive–coatings–market
۱۴–https://www.us–nano.com/inc/sdetail/29795
۱۵–https://shilpent.com/graphene/80–1643–graphene–conductive–ink.html#/63–size–100ml
۱۶–https://www.alibaba.com/product–detail/Customized–Silver–Nanowire–Conductive–Ink–Ag–NW_1600450928448.html?spm=a2700.pc_countrysearch.main07.44.1fb711aec1l1me
۱۷–https://ickala.com/conductive–ink/24654–conductive–ink–3g.html

۱۸ رنگ
طیف‌های رنگی متفاوت



۱-۱۸ توصیف عمومی فناوری

۱-۱-۱۸ ویژگی مورد انتظار از فناوری (فناوری مبتنی بر این ویژگی چه کار می‌کند؟)

رنگ‌های دارای طیف مختلف[۱]، رنگ‌هایی هستند که در زوایای مختلف به‌صورت طیف‌های نوری مختلف دیده می‌شوند. در واقع زاویه دید در نوع رنگ دیده شده از شی موثر است. رنگ‌دانه‌های متغیر نوری[۲] یا تبدیل نوری[۳] یکی از پیچیده ترین جوهرها و رنگ‌دانه‌های ضدجعل اسناد است. رنگ موردنظر، در زوایای دید متفاوت، رنگ‌های کاملاً متفاوتی در نور روز ایجاد می‌کند. این رنگ مشخصات نوری کاملاً قوی و کروماتیزم کاملاً مشخصی دارد. این رنگ‌ها نیازی به عامل تحریک بیرونی برای تغییر رنگ ندارند. انواع مختلف این رنگ‌ها با نام‌های زیر وجود دارد:

Chameleon effect pigments با نام‌های دیگری مانند color changing flakes و یا chromflair effect و یا ultrachrome flake؛ یک نوع رنگ‌دانه یا ذرات برفکی دارای رنگ‌های متفاوت است که به‌صورت برفک‌های بسیار نازک از زوایای مختلف رنگ‌های مختلفی دارد. این برفک‌ها بسیار شبیه کریستال مایع هستند با این تفاوت که رنگ‌دانه‌های آن به‌جای سفید، رنگی هستند. نام شیمیایی آن SiO_2 است.[۴]

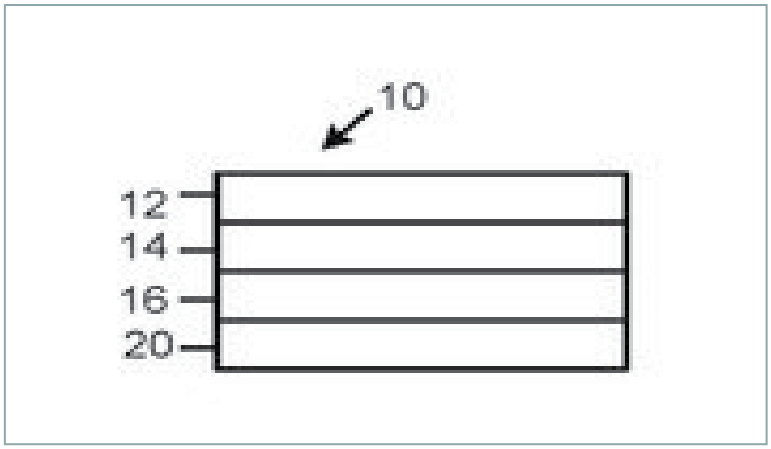
رنگ‌دانه‌های متغیر نوری با روش‌های پرینت، اسکنر و کپی معمولی قابل‌کپی‌شدن نیستند و خواص پرینت‌شدن آن‌ها کاملاً منحصربه‌فرد و غیرقابل‌کپی‌برداری است.

اساس کار این رنگ‌ها بر مبنای تفاوت در مسیر و مسافت طی شده توسط نور بازتابیده شده از صفحات بیرونی و داخلی سطح است. تفاوت در این مسیر منجر به تفاوت در زاویه بازتابش و بنابراین تغییر طول‌موج نور بر اساس فرمول براگ می‌شود که در نتیجه در زوایای مختلف نور با طول‌موج مختلف به چشم بیننده می‌رسد و از نظر فرد تغییر رنگ مشاهده می‌شود.[۵] در هنگام تولید رنگ‌دانه‌ها و پولک‌ها رعایت نسبت مشخص سطح به ضخامت و عرض منجر به قرارگیری مناسب این ذرات درون محصول نهایی مانند جوهر چاپ یا رنگ و ایجاد نور دلخواه در زوایای مختلف می‌شود. در صورت عدم رعایت نسبت اندازه‌ای و قرارگیری نامناسب نسبت به تابش نور وارده، نور تداخل غیرمنظم ایجاد کرده و رنگ شفاف و واضح دیده نمی‌شود.



شکل ۱-۱۸ چاپ‌های متغیر نوری

در یک فناوری ساخت این رنگ‌دانه‌ها، با استفاده از روش‌های رسوب‌دهی بخار فیزیکی PVD یک لایه فلزی و دولایه دی الکتریکی و یک لایه بازتابنده بر روی زیرلایه قابل‌حذف، رسوب‌دهی شده و پس از ایجاد لایه نازک موردنظر که خواص نوری متغیر دارد، لایه مذکور جدا شده و خردایش می‌شود تا رنگ‌دانه‌های موردنظر با ابعاد موردنظر به‌دست بیاید. این رنگ‌دانه‌ها یا پولک‌ها به‌صورت مستقیم در چاپ یا به‌صورت جوهر یا رنگ می‌توانند در چاپ و رنگ‌آمیزی استفاده شوند.



شکل ۱۸-۲ شکل کلی لایه‌های رنگ‌های دارای طیف مختلف در یک پتنت

۱۸-۱-۲ کاربردهای محتمل این ویژگی و فناوری (به‌طور خاص، در حوزه‌های ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

کابردهای این نوع رنگ‌ها در دو بخش قابل‌تقسیم‌بندی است:

بخش زیبایی و ظاهری:

مورداستفاده در رنگ‌های بدنه خودرو یا بدنه وسایل مورداستفاده در بخش‌های مختلف مانند لوازم‌خانگی، لوازم دکوری، تزیینی، وسایل اسباب‌بازی و استفاده در رنگ ناخن در کاشت ناخن.

بخش جلوگیری از جعل اسناد و کپی‌کردن:

مورداستفاده به‌صورت هولوگرام، برچسب و یا رنگ‌دانه در چاپ اوراق بهادار، اسکناس و نوشته به‌منظور جلوگیری از چاپ و کپی‌کردن و برای شناخت و پی بردن به اصالت کالا یا اسناد و اوراق بهادار.

۱۸-۱-۳ محصولات توسعه یافته یا در حال توسعه بر اساس این فناوری

- رنگ‌های طیف نوری مختلف در زوایای دید مختلف؛
- برچسب‌ها یا هولوگرام‌های ضدجعل اسناد؛
- پولکی یا برفک‌های متغیر نوری مورداستفاده در وسایل تزیینی و کاشت ناخن؛
- جوهرهای با خواص نوری متغیر برای پرینت (OVI)[۶]؛
- فویل‌های با خواص نوری متغیر.

۱۸-۱-۴ مزیت(های) کلیدی این فناوری (کاهش قیمت، سهولت اجرا، رفع نیازی که تاکنون برآورده نشده و...)

- این رنگ‌ها و برچسب‌ها در خصوص جلوگیری از ضدجعل اسناد و همچنین ایجاد زیبایی دارای اهمیت هستند. نیاز به جلوگیری از جعل اسناد و همچنین ایجاد محصولات با ظاهر متفاوت نسبت به سایر محصولات رقبا از جمله مزیت‌های استفاده از این رنگ‌هاست؛
- ایجاد زیبایی مسحورکننده در نظر بیننده و خاص بودن رنگ محصول؛
- برخلاف رنگ‌های ترمو یا الکتروکرومیک که نیاز به عامل تحریک بیرونی مثل تغییر دما یا جریان برای تغییر رنگ دارند، رنگ‌های متغیر نوری Flop نیازی به عامل تحریک دیگر ندارند و به خودی خود در زوایای مختلف رنگ‌های مختلفی دارند.

۱۸-۱-۵ نانوذرات بهره گرفته شده در این فناوری (از چه فناوری‌های نانویی برای تولید یا به کارگیری محصولات بهره گرفته می‌شود؟)

- نانولایه‌ها
- نانوذرات فرو مگنتیک فلزی (نیکل، کبالت، آهن، گالودینیوم، تربیوم، دیسپروسیوم، و آلیاژها و اکسیدهای آن‌ها)

یکی از فناوری‌های تولید پولک یا برفک متغیر رنگی، فناوری PVD برای تولید لایه‌های نوری با کیفیت بازتابش و جذب نوری متفاوت بر روی زیرلایه قابل‌حذف برای تولید برفک یا پولک دارای رنگ متغیر نوری است. این پولک‌ها یا پودرها قابل‌استفاده در رنگ‌ها یا به‌طور مستقیم هستند.

- فناوری Vaccum roll coater پوشش‌دهی غلتکی در خلأ نیز برای لایه‌نشانی لایه‌های نازک با خواص نوری بر روی زیرلایه قابل‌حذف استفاده می‌شود که در این روش نیز زیرلایه حذف شده و لایه‌های نازک تا اندازه‌های موردنظر برای رنگ‌دانه خرد می‌شوند.[۷]

۱۸-۱-۶ زنجیره ارزش کاربردهای مبتنی بر این فناوری (از تولید نانوذرات اولیه تا تولید محصول میانی تا تولید محصول نهایی و به کارگیری محصول)

- زنجیره ارزش کاربردهای این فناوری شامل موارد کلی زیر است:
- تولید لایه‌های فلزی اولیه، دولایه دی الکتریک و لایه بازتابنده نور تولید فویل متغیر نوری؛
- پودر، برفک یا پولک مورداستفاده به‌صورت رنگ‌دانه یا مستقیم؛
- جوهر یا رنگ نوری متغیر؛
- هولوگرام، برچسب، نماد چاپی دارای خاصیت نوری متغیر.

۱۸-۱-۷ فناوری‌های رقیب
(از چه شیوه‌های دیگری برای رفع نیاز مرتبط با این فناوری بهره گرفته می‌شود؟)

- الکتروکرومیک؛
- هالوکرومیک؛
- فسفرسان و عناصر فعال در نور UV؛
- ترموکرومیک.

در فناوری‌های رقیب نیز خاصیت تغییر نور به‌واسطه تغییر یک عامل بیرونی مانند دما یا جریان الکتریکی ایجاد می‌شود. ولی در فناوری flop effect بدون عامل خارجی یا تحریک و تنها در زوایای مختلف تغییر نور به چشم می‌آید.

۱۸-۱-۸ فناوری‌های مکمل (برای توسعه محصولات در هر یک از کاربردهای ذکرشده، به چه فناوری‌های دیگری نیاز وجود دارد؟)

- فناوری PVD؛
- فناوری Vacuum roll coating؛
- فناوری جداسازی لایه‌های نوری از زیرلایه، جداسازی لایه‌های تولید شده به روش PVD بر روی زیرلایه پلاستیکی یا فلزی (حل‌سازی زیرلایه)؛
- فناوری خردایش و تولید رنگ‌دانه با اندازه‌های مشخص و موردنیاز (میزان نسبت طول صفحه به ضخامت و عرض آن در فناوری تولید رنگ‌دانه یا flake بسیار مهم است. رعایت نسبت سطح به ضخامت ۲:۱ تا ۱۰:۱ در رنگ‌دانه منجر به قرارگیری مناسب این رنگ‌دانه‌ها در هنگام پرینت یا رنگ‌آمیزی برای تولید نور مشخص می‌شود)؛
- فناوری تولید رنگ و جوهر از رنگ‌دانه‌ها یا flake؛
- فناوری‌ها و تجهیزات چاپ و تولید محصولات مربوطه Intaglio, gravure and flexographic prints.

۱۸-۱-۹ فرصت‌های تحقیقاتی که امکان دارد براثر فعالیت در این زمینه پدید آید.
(آیا فعالیت در این زمینه فرصت‌های تحقیقاتی را در حوزه‌های مرتبط پدید می‌آورد یا این اثر/فناوری نسبتاً منزوی است؟)

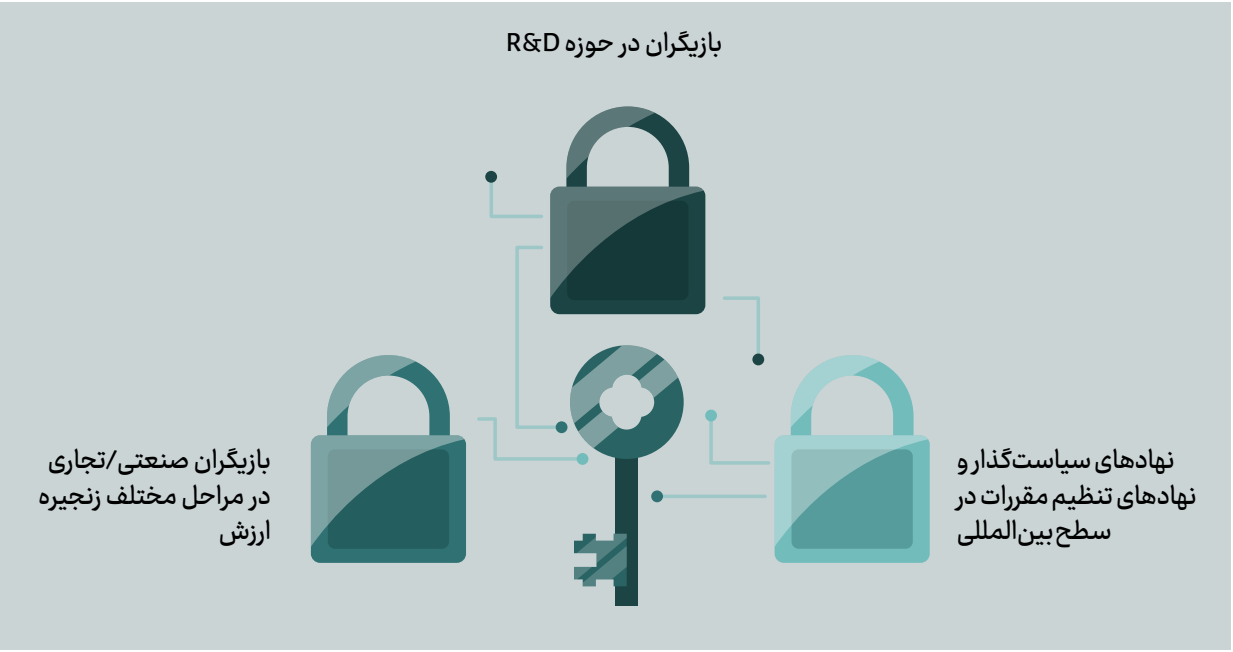
به‌طور کلی حوزه رنگ و رزین شامل بخش‌های مختلفی است. فعالیت در حوزه رنگ‌های متغیر نوری شامل زمینه‌های تحقیقاتی در حوزه شیمی، فیزیک و مهندسی است.
طراحی و ساخت رنگ‌دانه‌ها و همچنین تولید لایه‌های نازک با ویژگی‌های نوری مختلف با روش‌های لایه‌نشانی نازک مانند PVD زمینه‌های مختلف این فناوری است. رنگ‌های با ویژگی‌های خاص نوری دارای کاربردهای متنوعی است که محصولات مختلفی می‌توان برای آن متصور بود. در این حوزه از رشته‌های فنی و مهندسی مانند متالورژی، ماشین‌آلات و همچنین مهندسی سطح دخیل هستند.

۱۸-۱-۱۰ اهمیت فعالیت در این زمینه از نظر اجتماعی یا راهبردی (آیا این اثر/فناوری به حل یا کاهش شدت یک مسئله اجتماعی، محیط‌زیستی یا سیاسی کمک می‌کند؟)

در حوزه امنیتی برای تأمین نیاز به فناوری تولید اسکناس، هولوگرام و اسناد بهادار، می‌تواند از نظر راهبردی کمک‌کننده باشد.

۱۸-۲ تحلیل بین‌المللی

۱۸-۲-۱ بازیگران کلیدی فعال در این فناوری



چندین شرکت در حوزه تولید و عرضه رنگ و جوهرهای نوری متغیر هستند:

شرکت SICPA:

این شرکت سوئیسی یکی از بزرگ‌ترین و مشهورترین شرکت‌های ارائه‌دهنده فناوری‌ها و محصولات جوهر ورنگ‌های امنیتی برای تولید انواع اوراق بهادار و اسکناس‌ها در جهان است. این شرکت چندین پتنت در حوزه ساخت جوهرهای متغیر نوری دارد.[۸] یکی از پتنت‌های این شرکت Patent No. U.S. 6,521,036 B1 مربوط به تولید رنگ‌ها یا رنگ‌دانه‌های متغیر نوری به روش PVD است. این رنگ‌دانه‌ها از چندین لایه نازک دارای خواص نوری و دی الکتریک متفاوت‌هستند.



شکل ۱۸-۳ محصولات ضدجعل شرکت SICPA

تعدادی از جوهرهای امنیتی این شرکت برای اسکناس و اوراق بهادار عبارت‌اند از[۹]:

- OVI®
- Fluorescent inks
- Intaglio inks
- Reactive inks

شرکت انگلیسی Idvac[۱۰]:

این شرکت یک رنگ متغیر نوری را بر روی یک لایه نازک منعطف مانند PET با استفاده از بلور مایع liquid crystal ایجاد کرده است. بسته به زاویه دید طیف رنگی از سبز به قرمز در این لایه مشاهده می‌شود. بلور مایع با روش‌های مختلفی می‌تواند اعمال شود که یکی از این روش‌ها روش پرینت است. بعد از اعمال این لایه، در نور UV عملیات گیرش و خشک‌شدن انجام می‌شود

تا لایه جامد پدید بیاید. این لایه کاملاً شفاف بوده و با فرایند پوشش‌دهی تر مانند پرینت انجام می‌شود. یکی از مزیت‌های مهم این فناوری عدم نیاز به استفاده از تجهیزات پوشش‌دهی در خلأ است.



شکل ۱۸-۴ برخی از محصولات شرکت SMAROL technology

- شرکت SMAROL technology:

این شرکت در حوزه تولید رنگ‌ها و جوهرهای پیشرفته و دارای خصوصیات رنگی پیشرفته در کشور چین فعالیت دارد. این شرکت Crystal flake که با نام LCP flake هم شناخته می‌شود را تولید کرده که برای کاربردهای زیبایی مانند ناخن مصنوعی به‌کار می‌رود. این پولک‌ها همچنین برای رنگ‌های تزیینی و همچنین چاپ امنیتی به‌کار می‌رود. نوع دیگری از رنگ‌های متغیر نوری با نام Chameleon flake نیز توسط این شرکت عرضه شده است. نام شیمیایی آن SiO_2 است و اندازه ذرات آن ۳۰ تا ۱۰۰ میکرومتر است. این پولک‌ها نیز در زوایای دید متفاوت دارای رنگ‌بندی مختلفی هستند.

تعداد دیگری از شرکت‌های ارائه‌دهنده این جوهرها عبارت‌اند از:

- شرکت چینی Kolortek [11]؛
- شرکت چینی Ceres؛
- شرکت چینی PingWei Anti-forgery Ink Limited.

۱۸-۲-۲ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار

با توجه به فروش و اعلام نیاز به جوهرهای OVI، هولوگرام‌ها و برچسب‌های امنیتی در کشور به نظر میزان آمادگی بازار بالا بوده و MRL=9 است. از نظر فنی نیز شرکت‌های زیادی در این حوزه در حال کار و تولید محصولات هستند که در نتیجه TRL=9 نیز دارد.

۱۸-۲-۳ موقعیت فناوری در چرخه عمر

در چرخه عمر به نظر می‌رسد این فناوری در مراحل بلوغ باشد یا یک مرحله قبل از بلوغ یعنی مرحله رشد است.



۱۸-۲-۴ مهم ترین پیشران‌ها و چالش‌های پیش روی فناوری

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

یکی از پیشران‌های فناوری موردنظر افزایش نیاز به رقابت‌پذیری در حوزه زیبایی و رنگ خودروها و رقابت‌پذیری خودروسازان در عرصه استفاده از نوآوری‌ها در محصولات خود است. از سوی دیگر با افزایش نیاز به‌تفکیک اجناس اصل از مشابه و نیاز به استفاده از هولوگرام‌ها، برچسب و مشخصه‌های امنیتی منجر به پیشران استفاده از این فناوری در محصولات می‌شود.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

در حال تکمیل است.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

در حال تکمیل است.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

در حوزه حقوقی پیشران‌های مربوط به جلوگیری از جعل و کپی‌کردن منجر به استفاده بیشتر از این رنگ‌ها می‌شود.

۱۸-۲-۵ اطلاعات موجود درباره تحلیل بازار در سطح جهانی

در اینترنت آگهی‌های فروش جوهرهای نوری متغیر عمدتاً مربوط به تولیدکنندگان چینی است. قیمت ۱ کیلوگرم از این جوهرها در دامنه ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ دلار است.

۱۸-۲-۶ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در دنیا تأثیر بگذارد

به نظر می‌رسد در سال‌های اخیر استفاده از این رنگ‌ها در زمینه محصولات آرایشی و بهداشتی رشد خوبی داشته و در حوزه خودرو نیز به‌صورت تجاری در تعدادی از محصولات استفاده شده است. از این رنگ‌ها در حوزه امنیتی نیز استفاده می‌شود و به نظر می‌رسد از آنجایی که استفاده از آن و بررسی و تأیید آن نیاز به استفاده از نور یا منبع خاص بیرونی ندارد، جایگاه بهتری نسبت به سایر رنگ‌های ضدجعل داشته باشد. به نظر می‌رسد در سال‌های آینده استفاده از آن بیشتر خواهد شد. این امر به‌خصوص در اسکناس‌ها و اوراق بهادار وجود خواهد داشت. همچنین با توجه به رقابتی‌شدن بازار خودرو و محصولات موتوری می‌توان بازار خوبی در این زمینه و سفارشی‌سازی خودروها برای آن در سطح بین‌المللی در نظر گرفت.



طیف‌های رنگی متفاوت در حوزه امنیتی برای شناخت و پی بردن به اصالت اسناد و اوراق بهادار

۱۸-۳ تحلیل داخلی

۱۸-۳-۱ فعالیت‌های انجام گرفته در کشور

فعالیت‌های تحقیقاتی

(چه تیم‌هایی در کدام نهادها در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ چه مقالاتی در این زمینه منتشر شده است؟ چه پایان‌نامه‌هایی نگارش شده است؟)

بخشی از فعالیت‌های صورت گرفته در این زمینه در جدول ۱۸-۱ ذکر شده است.

جدول ۱۷-۱ نمایی از تحقیقات انجام شده در زمینه رنگ‌های رسانا

ردیف	نگارندگان	دانشگاه/ مؤسسه	نوع تحقیق	عنوان تحقیق
۱	مهدی صفی، مریم عطایی‌فرد	مؤسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش، پژوهشکده فیزیک رنگ		تعیین توالی چاپ و جوهر در اسناد تقلبی از طریق تحلیل‌های رنگی و طیفی
۲	متین ظهیرآبادی، محمدصادق ذاکرحمیدی، سعیده شعاری‌نژاد، علی قنادزاده گیلانی	دانشگاه الزهرا(س)، دانشکده علوم پایه	کارشناسی‌ارشد	بررسی دو رنگ نمایی الکتریکی برخی رنگینه‌های آزو در بلورهای مایع نماتیک و ترکیبات بلورهای مایع پلیمری با استفاده از روش اسپکتروسکوپی
۳	آسیه اسمعیلی، سعیده شعاری‌نژاد، عبداله مرتضی‌علی، محمدصادق ذاکرحمیدی		کارشناسی‌ارشد	مطالعه دو رنگ نمایی خطی بلورمایع YC آمیخته به رنگینه
۴	مهدی یوسفوند، سیروس خرّم، محمدصادق ذاکرحمیدی		کارشناسی‌ارشد	بررسی نسبت دورنگ نمایی مونومر آلاییده به رنگینه آزو و پلیمریزه شده توسط پلاسما

فعالیت‌های توسعه محصول و تجاری‌سازی (آیا نمونه‌سازی انجام گرفته است؟ چه شرکت‌هایی برای توسعه محصول در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ آیا محصولی مبتنی بر این فناوری در بازار به فروش می‌رسد؟ آیا شرکت‌های صنعتی بزرگ در این زمینه فعالیت می‌کنند؟ آیا شرکت‌های واردکننده در این زمینه فعالیت می‌کنند؟)

به نظر می‌رسد چند شرکت در حال واردات و فروش جوهرهای امنیتی از جمله جوهرهای متغیر نوری در کشور هستند. در حوزه تحقیقات جستجوی اینترنتی نتیجه‌ای دربرنداشت. در یک آگهی در سال ۱۳۹۸ شرکت چاپخانه دولتی ایران درخواست خرید ۲۰ کیلوگرم مرکب سبز متغیر هواخشک ۳۹۲ (پرینت کالر) ovi را داده است. این درخواست در سایت سامانه ستاد ایران ثبت شده است.

فعالیت‌های سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری

فعالیت خاصی صورت نگرفته است.



۱۸-۳-۲ کاربردهای احتمالی محصولات مبتنی بر این فناوری در کشور (به‌خصوص کاربردهای مرتبط با سه حوزه ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

بیشترین کاربرد جوهرها و رنگ‌های متغیر نوری در حوزه امنیتی و اوراق بهادار و همچنین صنایع خودروسازی به‌عنوان رنگ بدنه و همچنین آرایش بهداشتی به‌صورت لاک ناخن است.

۱۸-۳-۳ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار در کشور

به نظر می‌رسد بازار در حوزه امنیتی و چاپ نیاز به این جوهرها دارد و می‌توان MRL=6 را برای آن در نظر گرفت. با این حال سطح آمادگی فناوری در این حوزه به نظر کم و TRL=۴ است.

۱۸-۳-۴ وضعیت فناوری‌های رقیب و مکمل در کشور در هر یک از کاربردهای احتمالی

در حال تکمیل است.

۱۸-۳-۵ میزان سرمایه‌گذاری موردنیاز برای توسعه این فناوری تا سطح نمونه‌سازی (TRL6) و همچنین، برای تولید در مقیاس وسیع (TRL8) به‌صورت تخمینی

در حال تکمیل است.

۱۸-۳-۶ زیرساخت‌ها و منابع لازم برای توسعه فناوری، توسعه محصول و تجاری‌سازی در کشور

- منابع انسانی: به نظر می‌رسد با توجه به وجود دانشگاهیان و محققان حوزه رنگ و فیزیک از نظر منابع انسانی بتوان در زمینه کسب دانش فنی به‌سرعت وارد شد؛
- زیرساخت آزمایشگاهی و نمونه‌سازی: نیاز به دستگاه‌های بررسی اپتیکی و نوری و همچنین سنجش میزان قابلیت‌های دی‌الکتریکی وجود دارد. به نظر می‌رسد بیشتر تجهیزات کنونی آزمایش پاسخگو باشد؛
- زیرساخت تولید: در روش‌های تولید در خلأ دستگاه‌های pvd موجود است. باید برای بررسی مناسب بودن جهت این کاربردها بیشتر مطالعه و تحقیق صورت گیرد؛
- آزمایشگاه مرجع؛
- منابع مالی؛
- توانمندی‌های حفاظت از دارایی فکری؛
- زیرساخت‌های بازاریابی، توزیع، فروش و خدمات پس از فروش: تعدادی از شرکت‌های واردکننده در حال حاضر در حال تأمین و فروش این محصول هستند و به نظر می‌رسد بازاریابی و توزیع و فروش از طریق سامانه‌هایی مانند ستاد ایران امکان‌پذیر باشد.

۱۸-۳-۷ پیشران‌ها و چالش‌های توسعه و تجاری‌سازی این فناوری در کشور

- **پیشران‌ها و چالش‌های فنی:**

چالش دانش فنی بالای موردنیاز برای تولید، شامل دانش علم فیزیک و نوری و دانش علم مواد و همچنین دانش مواد شیمیایی و رنگ و جوهر که این موارد باید به‌صورت بین‌رشته‌ایی برای تولید این رنگ‌ها یا جوهرها به کار روند. پیشران‌ها شامل وجود متخصصان و دستگاه‌های تولید این جوهر و رنگ‌ها در کشور است. از بعد فنی چالش‌های مربوط به شناخت فناوری ساخت و دستیابی به دانش فنی آن و همچنین انتخاب روش تولید و مناسب بودن دستگاه‌های داخل کشور وجود دارد. از جمله پیشران‌های فنی آن می‌توان به وجود و استفاده گسترده از دستگاه‌های لایه‌نشانی pvd در کشور و وجود دانش فنی خوب و مناسب در حوزه تولید پوشش‌های لایه نازک اشاره کرد.

- **پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی:**

چالش رقابت‌پذیری با قیمت‌های تولیدکنندگان خارجی مانند چین

چالش‌های پیش رو در این حوزه در داخل کشور افزایش هزینه و قیمت تمام شده محصول در صورت استفاده از رنگ‌های متغیر نوری می‌شود. این امر در حوزه محصولاتی مانند خودرو و لوازم‌خانگی بیشتر اهمیت دارد. جایی که قدرت خرید مردم منجر به تعیین قیمت و محدودیت در آن می‌شود.

پیشران این فناوری حمایت از کسب‌وکار ایرانی و دانش‌بنیان و منع واردات در صورت تولید داخلی و نیاز داخلی به استفاده از رنگ و جوهر متغیر نوری در اوراق بهادار ومسائل امنیتی است.

پیشران‌ها و چالش‌های تقاضا:

میزان تقاضای جدی این رنگ‌دانه‌ها یا جوهرها به‌طور دقیق مشخص نیست. می‌توان از آمار واردات میزان حدودی مصرف و تقاضا را به‌دست آورد. با این حال از آنجایی که میزان کاربرد این جوهرها در برچسب‌های امنیتی، اوراق بهادار و اسکناس زیاد است تقاضای خوبی در این حوزه متصور است که در آینده با پیچیده‌ترشدن شرایط جعل و کپی بیشتر هم خواهد شد. از سوی دیگر به‌علت تقاضای محدود شده به چند کسب‌وکار، سازمان دولتی و یا شرکت‌های تولید هولوگرام و برچسب و اصطلاحاً نیاز به بازاریابی B2B برآورد دقیقی از میزان نیاز داخلی و همچنین در صورت امکان صادرات آن باید صورت گیرد.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

در حال حاضر موردی خاصی پیدا نشده است.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

عدم وجود سازوکار و قوانین مربوط به جعل و مالکیت معنوی به‌صورت قوی و همچنین محبوبیت برندهای غیراصل به‌دلیل قیمت پایین بین مردم منجر به عدم تقاضای موثر و نهایی به‌صورت فراگیر در تولیدکنندگان می‌شود. در صورت الزام استاندارد و برندینگ به استفاده از برچسب‌ها و هولوگرام‌های ضدجعل در محصولات آرایشی و بهداشتی و خوراکی میزان مصرف بیشتر خواهد بود.

۱۸-۳-۸ بازار داخلی محصولات مبتنی بر این فناوری در هر زنجیره ارزش

در قالب وارداتی در بازار کشور عرضه شده است. این جوهرها به‌صورت واردات برای چاپخانه‌ها و شرکت‌های تولید هولوگرام و برچسب‌های امنیتی یا چاپ در اسکناس و اوراق بهادار یا کارت ملی هوشمند استفاده شده‌اند. در زنجیره ارزش تولید و به‌کارگیری در محصولات نهایی به نظر می‌رسد در بخش محصولات نهایی یعنی برچسب‌ها یا چاپ توانمندی وجود دارد. ولی در بخش تولید جوهر و رنگ کاری صورت نگرفته یا اطلاعات تولید آن در دسترس نیست.

۱۸-۳-۹ فرصت‌های صادراتی برای شرکت‌های فعال ایرانی

در عرصه خارجی شرکت‌های متنوعی در زمینه تولید این نوع رنگ یا جوهر فعال هستند که تعدادی از آن‌ها اعتبار بالایی در این زمینه دارند. صادرات در این زمینه نیاز به تولید محصول با کیفیت و قیمت مناسب دارد تا بتواند با تولیدکنندگان خارجی رقابت کند. در این زمینه کشورهای همسایه و حوزه خلیج‌فارس در زمینه جوهرهای امنیتی می‌توانند بازار خوبی برای صادرات باشند و با قیمت کمتر و کیفیت بالاتر این محصولات را صادر کرد. همچنین در حوزه بسته‌بندی نیز می‌توان با کشورهای همسایه همکاری نمود.

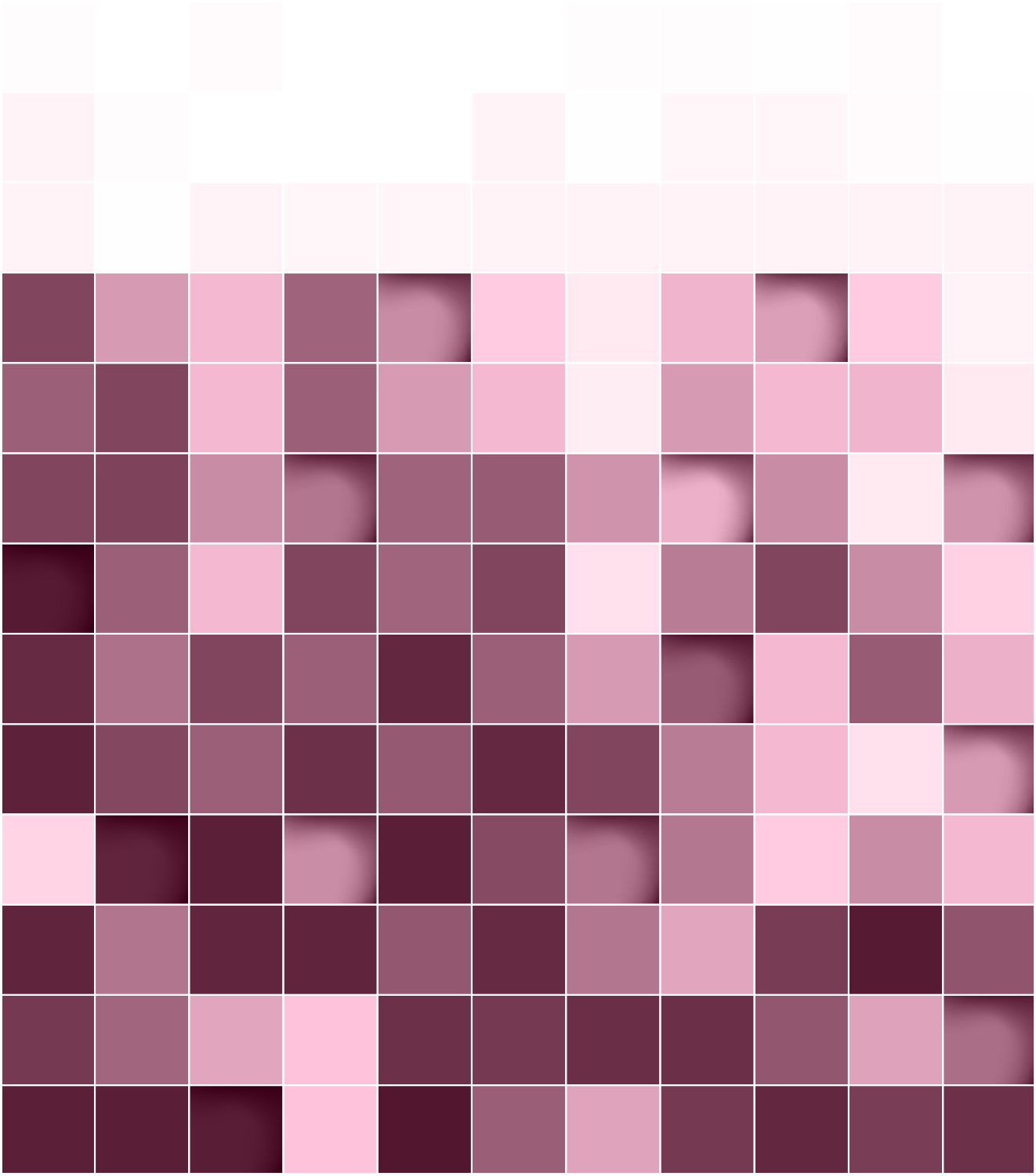
۱۸-۳-۱۰ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در کشور تأثیر بگذارد

در سال‌های اخیر استفاده از جوهرهای نوری متغیر در برچسب‌ها، هولوگرام‌ها و همچنین در چاپ اوراق بهادار و اسکناس وجود داشته است. میزان مصرف این جوهرها به‌طور دقیق مشخص نیست. به نظر می‌رسد در سال‌های آینده با توجه به افزایش صادرات و نیاز به برندسازی و جلوگیری از جعل و همچنین پاسخگویی نیاز داخلی، مصرف آن بیشتر شود.

پی‌نوشت‌ها

۱– optical variable pigments, Flop effect
۲– Optical variable pigments
۳– Optical changing pigments
۴– http://www.smarol.com/chameleon–flakes.html
۵– Optically variable films, pigments, and inks, Roger W. Phillips, Flex Products, Inc., 2793 Northpoint Parkway, Santa Rosa, Ca. 95407.
۶– Optically variable ink
۷– Optically variable films, pigments, and inks, Roger W. Phillips, Flex Products, Inc., 2793 Northpoint Parkway, Santa Rosa, Ca. 95407
۸– https://www.coatingsworld.com/issues/2003–09/view_patents/optically–variable–pigments/
۹– https://www.sicpa.com/solutions/security–inks–banknotes
۱۰– https://www.linkedin.com/pulse/idvac–develops–colour–shifting–film–using–liquid–crystals–ahmed?trk=articles_directory
۱۱– https://www.opticalvariablepigments.com/product.html

۱۹ رنگ‌های ترافیکی لیتیومی



۱۹-۱-توصیف عمومی فناوری

۱۹-۱-۱-ویژگی مورد انتظار از فناوری (فناوری مبتنی بر این ویژگی چه کار می‌کند؟)

ویژگی مورد انتظار از رنگ‌های ترافیکی لیتیومی، تولید رنگ ترافیکی با مقاومت بالا به سایش، خراش و لکه‌پذیری (جرم‌پذیری) کمتر است.
فناوری به‌کار رفته در این محصول استفاده از ترکیبات نانو لیتیوم- سیلیکات است. برخی از مهم‌ترین خصوصیات این محصول عبارت‌اند از:

- مقاوم در برابر سایش، خشک‌شدن سریع، دید بالا؛
- دانه‌های شیشه‌ای را می‌توان برای ایجاد نشانگرهای بازتاب اضافه کرد؛
- یک رنگ قوی، غیرقابل‌نفوذ و بهتر (رنگ نیمه‌براق) ایجاد می‌کند که ضدگردوغبار، مقاوم در برابر رنگ‌آمیزی (روغن‌ها و بسیاری از اسیدها) است؛
- یک سطح غیرقابل‌نفوذ سخت برای مناطق بسیار حساس (شست‌وشوی شیمیایی، ضربه یا سایش) ایجاد می‌کند؛
- سرعت تمیزکردن بالا برای کاربردهایی که نیاز به حداکثر حفاظت و کمبود زمان دارند.

۱۹-۱-۲-کاربردهای محتمل این ویژگی و فناوری (به‌طور خاص، در حوزه‌های ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

پوشش افزایش‌دهنده طول عمر بتن، رنگ ایمنی برای رسیدن به ترافیک ایده‌آل به‌عنوان علامت‌گذاری در مسیرهای راه‌آهن، پیاده‌روها، طبقه کارخانه، پارکینگ‌ها و باند فرودگاه

۱۹-۱-۳-محصولات توسعه یافته یا در حال توسعه بر اساس این فناوری

علائم پیش‌ساخته



شکل ۱۹-۱- محصول رنگ ترافیکی لیتیومی
شرکت Convergent Concrete Technologies

۱۹-۱-۴-مزیت (های) کلیدی این فناوری (کاهش قیمت، سهولت اجرا، رفع نیازی که تاکنون برآورده نشده و...)

علاوه بر رفع نیاز (افزایش طول عمر رنگ‌های ترافیکی) ویژگی‌های دیگری مانند خشک‌شدن سریع، مقاومت سایشی بالا و... را دارد.

۱۹-۱-۵-نانوذرات بهره گرفته شده در این فناوری (از چه فناوری‌های نانویی برای تولید یا به کارگیری محصولات بهره گرفته می‌شود؟)

نانوذرات لیتیوم

۱۹-۱-۶-زنجیره ارزش کاربردهای مبتنی بر این فناوری (از تولید نانوذرات اولیه تا تولید محصول میانی تا تولید محصول نهایی و به کارگیری محصول)

تولید نانوذرات سیلیکات لیتیوم، کاربرد آن در محصول رنگ ترافیکی جهت افزایش دوام و پایداری جهت خط‌کشی

معابر، جاده‌ها و راه‌ها.

۱۹-۱-۷-فناوری‌های رقیب (از چه شیوه‌های دیگری برای رفع نیاز مرتبط با این فناوری بهره گرفته می‌شود؟)

رنگ‌های ترافیکی با دیگر نانوذرات مانند رس و کلی که به‌خصوص در بخش مقاومت سایشی رقیب هستند.

۱۹-۱-۸-فناوری‌های مکمل (برای توسعه محصولات در هر یک از کاربردهای ذکرشده، به چه فناوری‌های دیگری نیاز وجود دارد؟)

به غیر از فناوری تولید نانوذرات سیلیکات لیتیوم و فناوری ساخت رنگ به فناوری دیگری نیاز نیست.

۱۹-۱-۹-فرصت‌های تحقیقاتی که امکان دارد براثر فعالیت در این زمینه پدید آید. (آیا فعالیت در این زمینه فرصت‌های تحقیقاتی را در حوزه‌های مرتبط پدید می‌آورد یا این اثر/فناوری نسبتاً منزوی است؟)

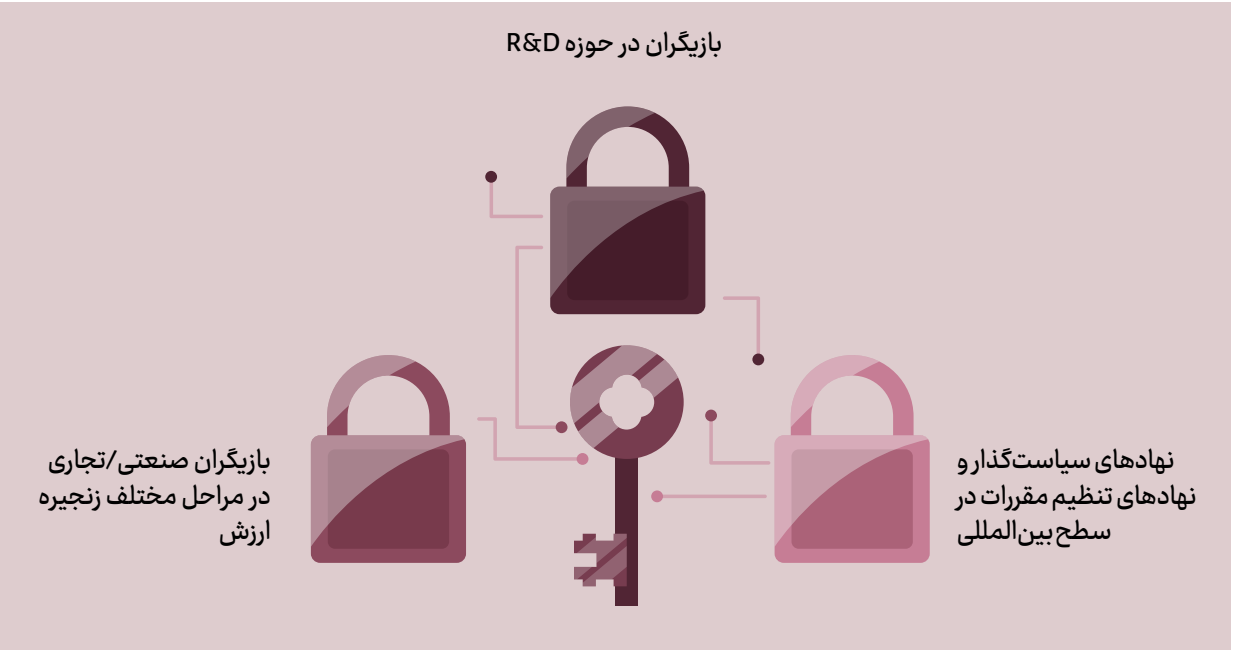
این فناوری پویا بوده و فعالیت در این زمینه مطالعاتی فرصت‌های تحقیقاتی دیگر چون کاربرد این نانوذرات در فرمولاسیون تولید رنگ‌های دیگر مانند استخری، جدولی و رنگ‌های نمای با کیفیت را به وجود می‌آورد.

۱۹-۱-۱۰-اهمیت فعالیت در این زمینه از نظر اجتماعی یا راهبردی (آیا این اثر/فناوری به حل یا کاهش شدت یک مسئله اجتماعی، محیط‌زیستی یا سیاسی کمک می‌کند؟)

فعالیت در این زمینه از نظر اجتماعی و راهبردی دارای اهمیت است، چرا که یکی از عوامل مرگ‌ومیر جوامع بشری تصادفات ناشی از خط‌کشی بی‌کیفیت و غیراصولی معابر است. استفاده از رنگ ترافیکی با مقاومت سایش بالا نیاز به خط‌کشی مجدد راه‌ها جهت ایمن‌سازی را کاهش داده و به‌دلیل پایه آب بودن، دوستدار محیط‌زیست بوده و به حفظ محیط‌زیست کمک می‌کند.

۱۹-۲- تحلیل بین‌المللی

۱۹-۲-۱ بازیگران کلیدی فعال در این فناوری



رنگ‌های ترافیکی لیتیومی اکنون به‌صورت تجاری عرضه می‌شوند. مهم ترین شرکت فعال در این زمینه شرکت آمریکایی Convergent Concrete Technologies است. این شرکت فناوری پتنت شده را برای تولید رنگ‌های ترافیکی لیتیومی به کار می‌گیرد. فناوری اول مربوط به ساخت ذرات نانولیتیوم است که به‌صورت سیلیکات لیتیوم به کار گرفته می‌شوند. فناوری دوم با عنوان پلیمر هیبریدی سیلیکونی واکنشگر[۱] با نام تجاری SiRE ثبت شده است. این فناوری کمک می‌کند که ذرات لیتیوم درون رنگ نفوذ کنند و به‌خوبی در رنگ پخش شوند. فناوری سوم با عنوان جداسازی سریع[۲] به تشکیل لایه‌ای از رنگ با ثبات پس از خشک‌شدن کمک می‌کند. این سه فناوری در کنار یکدیگر در محصولات شرکت مذکور به کار گرفته می‌شوند. خانواده محصولات این شرکت با نام تجاری Pentra-Paint عرضه می‌شوند. شرکت Convergent Concrete Technologies یک کارخانه و دفتر اصلی نیز در کشور بلژیک دارد و مجموعه ای از محصولات خود را از طریق این کشور در اروپا عرضه می‌کند.[۳]

۱۹-۲-۲-سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار

فناوری رنگ ترافیکی لیتیومی به بلوغ نسبی رسیده و پتنت شده است. این محصول وارد بازار شده و در مقیاس تجاری به فروش می‌رسد. بنابراین، سطح آمادگی فناوری را می‌توان برابر با ۹ در نظر گرفت.

از حیث آمادگی بازار، نیاز شناسایی شده و محصول نیز به بازار ارائه شده است. بنابراین، سطح آمادگی بازار را می‌توان برابر با ۹ دانست.



۱۹-۲-۳-موقعیت فناوری در چرخه عمر

فناوری‌های پایه‌ای تولید این محصول بر اساس تولید سیلیکات لیتیوم و فناوری‌های موردنیاز به افزودن این ذرات به رنگ و دست یافتن به رنگی باثبات توسعه یافته و محصول در بازار عرضه می‌شود. به نظر نمی‌رسد که مشکلات فنی مهمی پیش‌رو باشد و فناوری به ثبات نسبی رسیده است. بنابراین موقعیت این فناوری را در چرخه عمر می‌توان در مرحله دوره توسعه بازار دانست. اطلاعات صریحی درباره چرخه انتظارات در این زمینه به دست نیامد. اما به نظر نمی‌رسد که انتظارات گسترده‌ای در سطح عمومی درباره این رنگ شکل گرفته باشد و قطعاً هیاهویی در این زمینه دیده نمی‌شود. باید توجه داشت که این محصول دارای بازاری نسبتاً گوشه‌ای در راه‌ها و فرودگاه‌هاست.

۱۹-۲-۴-مهم‌ترین پیشران‌ها و چالش‌های پیش روی فناوری

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

در بررسی‌هایی که تاکنون انجام شده، چالشی

فنی که مختص به رنگ‌های ترافیکی لیتیومی باشد، دیده نشد.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

بـازار رنگ‌های ترافیکی محدود اما باثبات اسـت. اما انواع مختلفی از رنگ‌های ترافیکـی وجود دارد و رنگ‌های ترافیکی لیتیومی باید با سـایر رنگ‌های ترافیکی رقابت کنند. این موضوع به‌خصوص در کشـورهایی که رنگ لیتیومی در آن‌ها تاکنون به کار گرفته نشـده، می‌تواند یک چالش مهم باشد.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

بر اساس ادعاهای شرکت Convergent Concrete Technologies، محصولات این شرکت با مانعی از حیث محیط‌زیستی مواجه نیستند. این موضوع نیاز به بررسی بیشتر دارد.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

این فناوری تا کنون چالش اخلاقی یا حقوقی خاصی را پدید نیاورده است.

۱۹-۲-۵-اطلاعات موجود درباره تحلیل بازار در سطح جهانی

رنـگ ترافیکـی (Pentra-Paint (LM بـا کاربـرد رنگ ترافیکـی و علامت‌گذاری ایمنـی و راه در ظرف‌های ۵ گالنی به فروش می‌رسـد. قیمـت ظـرف ۵ گالنـی این محصول برابر با ۳۷۶ دلار اسـت. با هر گالن از این رنگ می‌توان ۳۰۰ تـا ۴۰۰ فوت مربع را رنگ‌آمیزی کرد. این میزان برابر با ۷٫۵ تا ۱۰ مترمربع به ازای هر لیتر رنگ است.

بازار جهانی رنگ‌های ترافیکی طبق برآورد شـرکت تحلیل بازار پولاریس در سـال ۲۰۱۷، برابر با سـالانه ۴میلیارد دلار تخمین زده شده اسـت که تا سـال ۲۰۲۶، با نرخ رشد مرکب سالانه ۶٫۲درصد افزایش پیدا می‌کند. باید دقت داشت که این برآورد به کل بازار رنگ‌های ترافیکی بازمی‌گردد و به رنگ‌های لیتیومی اختصاص ندارد.[۴]

۱۹-۲-۶-روندها و اتفاقاتی که می‌توانند بر این فناوری در سال‌های آینده در دنیا تأثیر بگذارد

رنگ‌های ترافیکی سال‌هاسـت که بازار محدود اما باثباتی را شـکل داده‌اند و با توجه به برآورد ذکر شده، به نظر می‌رسد که این بازار در سـال‌های آتی نیز تداوم داشـته باشـد. عامل به‌خصوصی موجب افزایش ناگهانی و شدید تقاضای این محصول نخواهد بود. با ایـن حـال، باید توجه داشـت که انواع مختلفی از رنگ‌هـای ترافیکی غیرنانویی و همچنین غیرلیتیومی در بـازار وجود دارند که رقیب رنگ‌های ترافیکی لیتیومی به شـمار می‌روند. بنابراین شـکل‌دادن به بازاری برای رنگ‌های ترافیکی لیتیومی می‌تواند در کشـورهایی که این رنگ خاص هنوز در آن‌ها به کار گرفته نشده است، یک چالش باشد.



استفاده از رنگ‌های ترافیکی در مسیر باند فرودگاه، خط‌کشی سطوح پروازی، حریم و پارکینگ

۱۹-۳- تحلیل داخلی

۱۹-۳-۱- فعالیت‌های انجام گرفته در کشور

- فعالیت‌های تحقیقاتی (چه تیم‌هایی در کدام نهادها در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ چه مقالاتی در این زمینه منتشر شده است؟ چه پایان‌نامه‌هایی نگارش شده است؟)
- مهدی جهانفر، مریم طاهری؛ دانشگاه شهید بهشتی
- فعالیت‌های توسعه محصول و تجاری‌سازی (آیا نمونه‌سازی انجام گرفته است؟ چه شرکت‌هایی برای توسعه محصول در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ آیا محصولی مبتنی بر این فناوری در بازار به فروش می‌رسد؟ آیا شرکت‌های صنعتی بزرگ در این زمینه فعالیت می‌کنند؟ آیا شرکت‌های واردکننده در این زمینه فعالیت می‌کنند؟)
- در زمینه تولید رنگ‌های ترافیکی برا اساس نانولیتیوم فعالیت خاصی در کشور صورت نگرفته است.
- فعالیت‌های سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری

فعالیت خاصی صورت نگرفته است.

۱۹-۳-۲- کاربردهای احتمالی محصولات مبتنی بر این فناوری در کشور (خصوصا کاربردهای مرتبط با سه حوزه ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

کاربرد اصلی این محصول در حوزه ساخت‌وساز مربوط به خط‌کشی تمامی راه‌های درون‌شهری، برون‌شهری، بزرگراه‌ها، آزادراه‌ها و فرودگاه‌هاست. در صنایع مختلف نیز جهت خط‌کشی پارکینگ، انبار، سوله و... قابلیت استفاده دارد.

۱۹-۳-۳- سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار در کشور

سطح آمادگی فناوری ۵ و سطح آمادگی بازار ۸ است.

۱۹-۳-۴-وضعیت فناوری‌های رقیب و مکمل در کشور در هر یک از کاربردهای احتمالی

در کشور ایران عمده رنگ‌های ترافیکی مصرفی، تک‌جزئی و پایه حلال بوده که بسیار آلاینده، مخرب برای محیط‌زیست و دارای حلال‌های آلی فرار هستند. عمر مفید و ماندگاری این رنگ‌ها بر روی آسفالت معمولاً ۶ ماه بوده و قبل از زمان ۶ ماه نیاز به تجدید و خط‌کشی مجدد دارند. بنابراین تولید رنگ ترافیکی محیط دوست با ماندگاری بالا بسیار ارجح‌تر خواهد بود.

۱۹-۳-۵-میزان سرمایه‌گذاری موردنیاز برای توسعه این فناوری تا سطح نمونه‌سازی (TRL۶) و همچنین، برای تولید در مقیاس وسیع (TRL۸) به‌صورت تخمینی

جهت تولید نمونه‌سازی به حدود دویست میلیون تومان و برای تولید در مقیاس وسیع به بیش از دو میلیارد تومان



سرمایه‌گذاری احتیاج است.

۱۹-۳-۶-زیرساخت‌ها و منابع لازم برای توسعه فناوری، توسعه محصول و تجاری‌سازی در کشور

- منابع انسانی؛
- زیرساخت آزمایشگاهی و نمونه‌سازی؛
- زیرساخت تولید؛
- آزمایشگاه مرجع؛
- منابع مالی؛
- توانمندی‌های حفاظت از دارایی فکری؛
- زیرساخت‌های بازاریابی، توزیع، فروش و خدمات پس از فروش

تمام موارد مذکور در دسترس هستند.

۱۹-۳-۷- پیشران‌ها و چالش‌های توسعه و تجاری‌سازی این فناوری در کشور

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

یکی از چالش‌ها در تولید نانوذرات لیتیم سیلیکات پخش‌شدن یکنواخت آن در رنگ است.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی
در حال تکمیل است.

پیشران‌ها و چالش‌های تقاضا
در حال تکمیل است.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)
در حال تکمیل است.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)
در حال تکمیل است.

۱۹-۳-۸-بازار داخلی محصولات مبتنی بر این فناوری در هر زنجیره ارزش

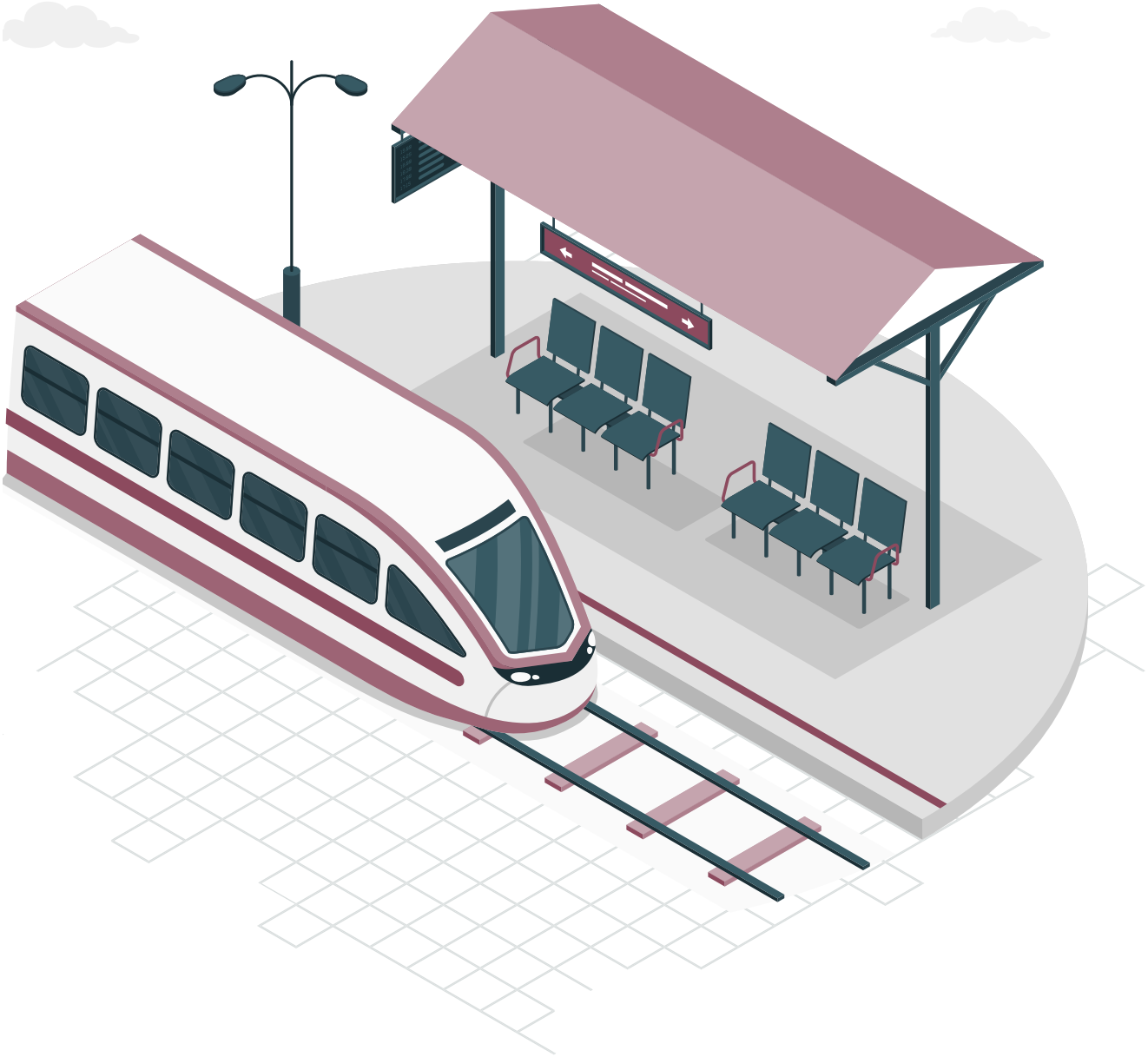
در زمینه تولید داخلی، در حال حاضر تولیدکننده‌ای وجود ندارد و در زمینه واردات به کشور هم آماری گزارش نشده است. (وزارت راه و شهرسازی عملکرد ۴۲ ساله خود در حوزه احداث راه‌ها در کشور را منتشر کرد. هم‌اکنون ۲۲۰هزار و ۳۴۳ کیلومتر مجموع طول راه‌های کشور است. از این میزان ۲هزار و ۷۲۶ کیلومتر را آزادراه‌های موجود در کشور تشکیل می‌دهند. همچنین هم‌اکنون طول بزرگراه‌های کشور ۱۹هزار و ۲۸۲ کیلومتر اعلام شده است. در حوزه راه‌های فرعی و اصلی نیز کشور هم‌اکنون در مجموع از ۶۲هزار و ۷۹۳ کیلومتر راه برخوردار است. راه‌های روستایی بخش دیگری از خدمات سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای به‌شمار می‌رود که در ۴۲ سال گذشته رشد قابل‌توجهی را داشته است. بر این اساس طول راه‌های روستایی شوسه در کشور ۲۲هزار و ۵۷۳ کیلومتر است. همچنین طول راه‌های آسفالت در کشور هم‌اکنون ۱۱۲هزار و ۹۶۸ کیلومتر است. با توجه به این حجم از راه‌های اصلی و فرعی نیاز به رنگ ترافیکی پایه آب و مناسب جهت خط‌کشی بسیار احساس می‌شود.)

۱۹-۳-۹-فرصت‌های صادراتی برای شرکت‌های فعال ایرانی

در صورت تولید رنگ ترافیکی پایه آب با مقاومت سایشی و دوام بالا قطعاً فرصت صادراتی خوبی ایجاد خواهد شد، چرا که خط‌کشی با دوام راه‌ها از دغدغه‌های مسئولان حکومتی هر کشور خواهد بود.

۱۹-۳-۱۰-روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در کشور تأثیر بگذارد

کمک به حفظ محیط‌زیست و جلوگیری از لزوم تکرار سنگین هزینه‌های خط‌کشی راه‌ها مسئله بسیار مهمی برای هر دولت است و ورود محصولات ترافیکی با راندمان و کارایی بهتر قطعا بر این فناوری تأثیر خواهد گذاشت.

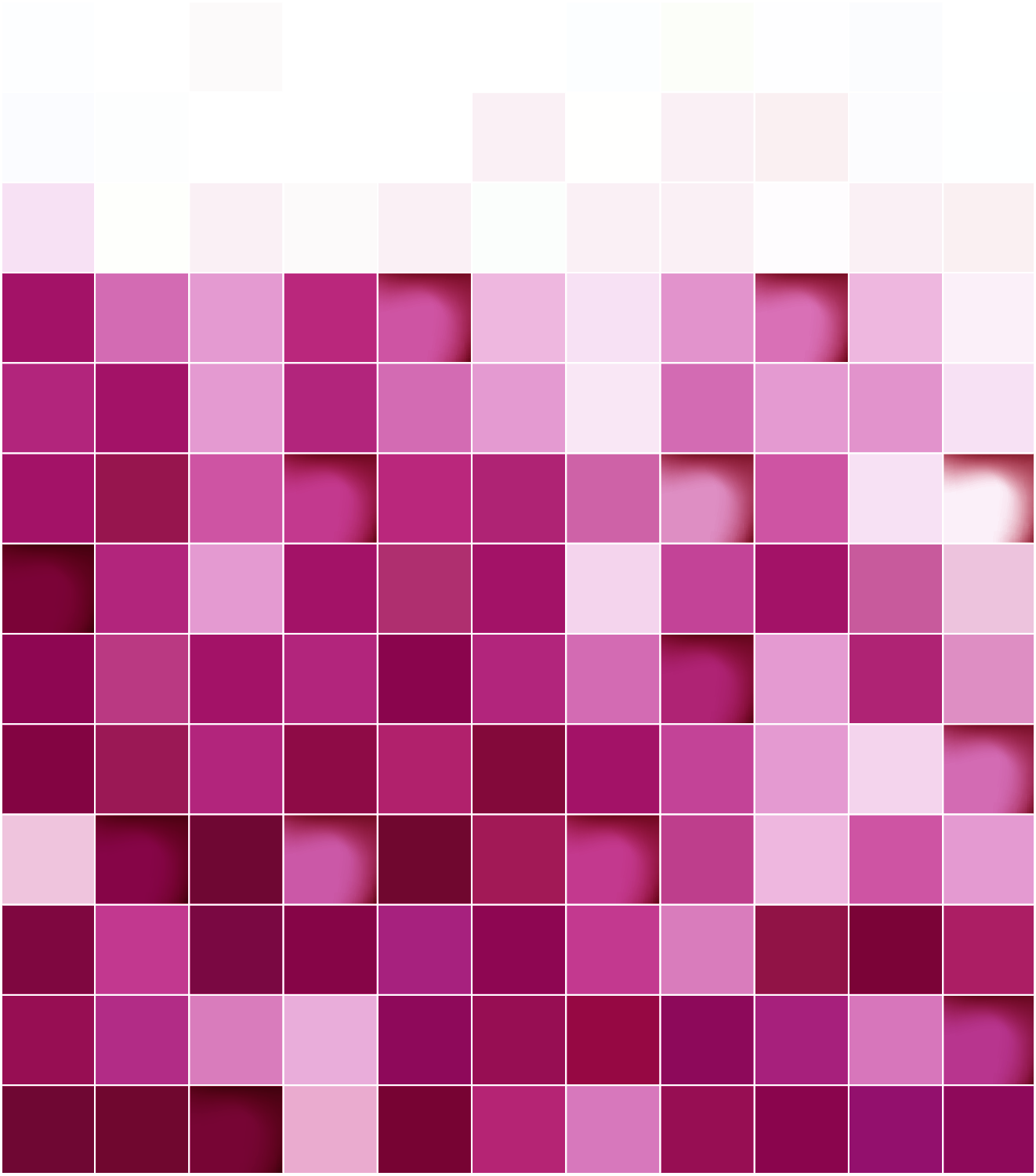


استفاده از رنگ ترافیکی برای علامت‌گذاری منطقه، حریم‌گذاری و خط‌کشی مسیرهای راه‌آهن

پی‌نوشت‌ها

۱– Reactive Silicon Hybrid Polymer (SiRE^{TM})
۲– Rapid Separation Technology
۳– https://convergentconcrete.com/pages/about–us
۴– https://www.paint.org/coatingstech–magazine/articles/overcoming–challenges–adoption–new–traffic–paint–technologies/

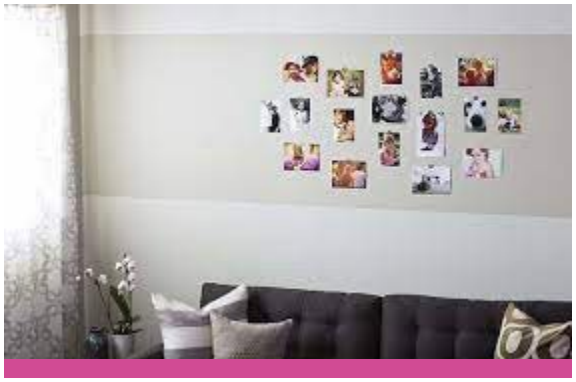
۲۰ | رنگ‌های مغناطیس



۲۰-۱ توصیف عمومی فناوری

۲۰-۱-۱ ویژگی مورد انتظار از فناوری (فناوری مبتنی بر این ویژگی چه کار می‌کند؟)

رنگ‌های مغناطیسی مجموعه‌ای از رنگ‌هایی هستند که علاوه بر پوشش سطح، به آن خاصیت آهن‌ربایی می‌دهند. این ویژگی می‌تواند برای تثبیت یا تعلیق پایدار یک شی بر روی دیوار استفاده شود. دلیل مغناطیده بودن این رنگ‌ها وجود ذرات مغناطیسی از جنس فلزات یا شبه فلزات در رنگ است. این ذرات بسیار ریز بوده و در حلال رنگ به‌راحتی پخش می‌شوند. با نشستن کافی این رنگ بر روی سطح امکان چسباندن یا آویزان‌کردن اشیای سبک با استفاده از پین‌های مگنتی فراهم می‌شود و نیازی به اتصالات دیگر مانند چسب‌های دو طرفه، سوزن کاغذ، پونز یا میخ نخواهد بود.



شکل ۲۰-۱- کاربرد رنگ مغناطیسی

۲۰-۱-۲ کاربردهای محتمل این ویژگی و فناوری (به‌طور خاص، در حوزه‌های ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

با این رنگ‌ها در کمترین زمان دیواری ساده بدون تخریب یا هزینه نصب به یک تخته برای نوشتن یا یک تابلو اعلانات در خانه، ادارات، مدارس و کارگاه‌ها تبدیل شود. علاوه بر زیبایی و هماهنگی بیشتر با دکوراسیون اطرف، امکان استفاده بهینه‌تر از دیوارها در محیط‌های کوچک بیشتر می‌شود.

۲۰-۱-۳ محصولات توسعه یافته یا در حال توسعه بر اساس این فناوری

رنگ، پرایمر و رزین

۲۰-۱-۴ مزیت (های) کلیدی این فناوری (کاهش قیمت، سهولت اجرا، رفع نیازی که تاکنون برآورده نشده و...)

با استفاده از خاصیت مغناطیسی برای اتصال اشیا به دیوار، عوارض تخریب سطوح که با استفاده از اتصالات دیگر رخ می‌دهد، کاهش می‌یابد. در این صورت هزینه‌های جابه‌جایی و تغییر دکوراسیون اماکن مسکونی، اداری و کارگاهی به‌خصوص در محیط‌های تنگ و به‌هم پکیده، پایین می‌آید. همچنین این رنگ‌ها خاصیت مات‌کنندگی و جذب اشعه را نیز دارند.

۲۰-۱-۵ نانوذرات بهره گرفته شده در این فناوری (از چه فناوری‌های نانویی برای تولید یا به کارگیری محصولات بهره گرفته می‌شود؟)

معمولاً از ترکیبات فرومغناطیس شامل آلیاژهای فلزی آهن، کبالت و نیکل استفاده می‌شود. به‌منظور مات‌شوندگی و جذب اشعه از ترکیبات آلیاژی سایر مواد چون سیلیس و تنگستن نیز استفاده می‌شود. برای تولید ریزذرات با مغناطیدگی بالا و دیسپرسیون آسان از فناوری سنتز نانوذرات مغناطیده هم در محیط‌های آب‌دوست هم در محیط‌های غیرقطبی استفاده می‌شود.

۲۰-۱-۶ زنجیره ارزش کاربردهای مبتنی بر این فناوری (از تولید نانوذرات اولیه تا تولید محصول میانی تا تولید محصول نهایی و به کارگیری محصول)

ترکیبات نانومقیاس فرومغناطیس به‌خصوص انواع نانوذرات اکسید آهن به‌علت زیست‌سازگاری و سمیت پایین در محدوده وسیعی از پزشکی و صنعت تا حوزه نظامی کاربرد دارند. با استفاده از فناوری پوشش‌دهی به این نانوذرات می‌توان ویژگی‌های سطحی این نانوذرات را بهبود چشمگیری داد. به‌عنوان مثال این نانوذرات پوشش داده شده در بحث انتقال دارو به بدن یا عکسبرداری پزشکی نیز به‌شدت در حال بررسی‌شدن هستند. همچنین از این نانوذرات برای کاهش خوردگی سطوح قطعات یا تصفیه پساب صنعتی یا پوشش‌های ضدرادار تجهیزات نظامی هم استفاده می‌شود.

۲۰-۱-۷ **فناوری‌های رقیب** (از چه شیوه‌های دیگری برای رفع نیاز مرتبط با این فناوری بهره گرفته می‌شود؟)

تنها فناوری رقیب، استفاده از ابزارهای سنتی برای اتصال اشیاست. نانوذرات را می‌توان در محصولات دیگری مثل بتن استفاده کرد که این خاصیت را پیدا کنند ولی توجیه اقتصادی ندارد.

۲۰-۱-۸ **فناوری‌های مکمل** (برای توسعه محصولات در هر یک از کاربردهای ذکر شده، به چه فناوری‌های دیگری نیاز وجود دارد؟)

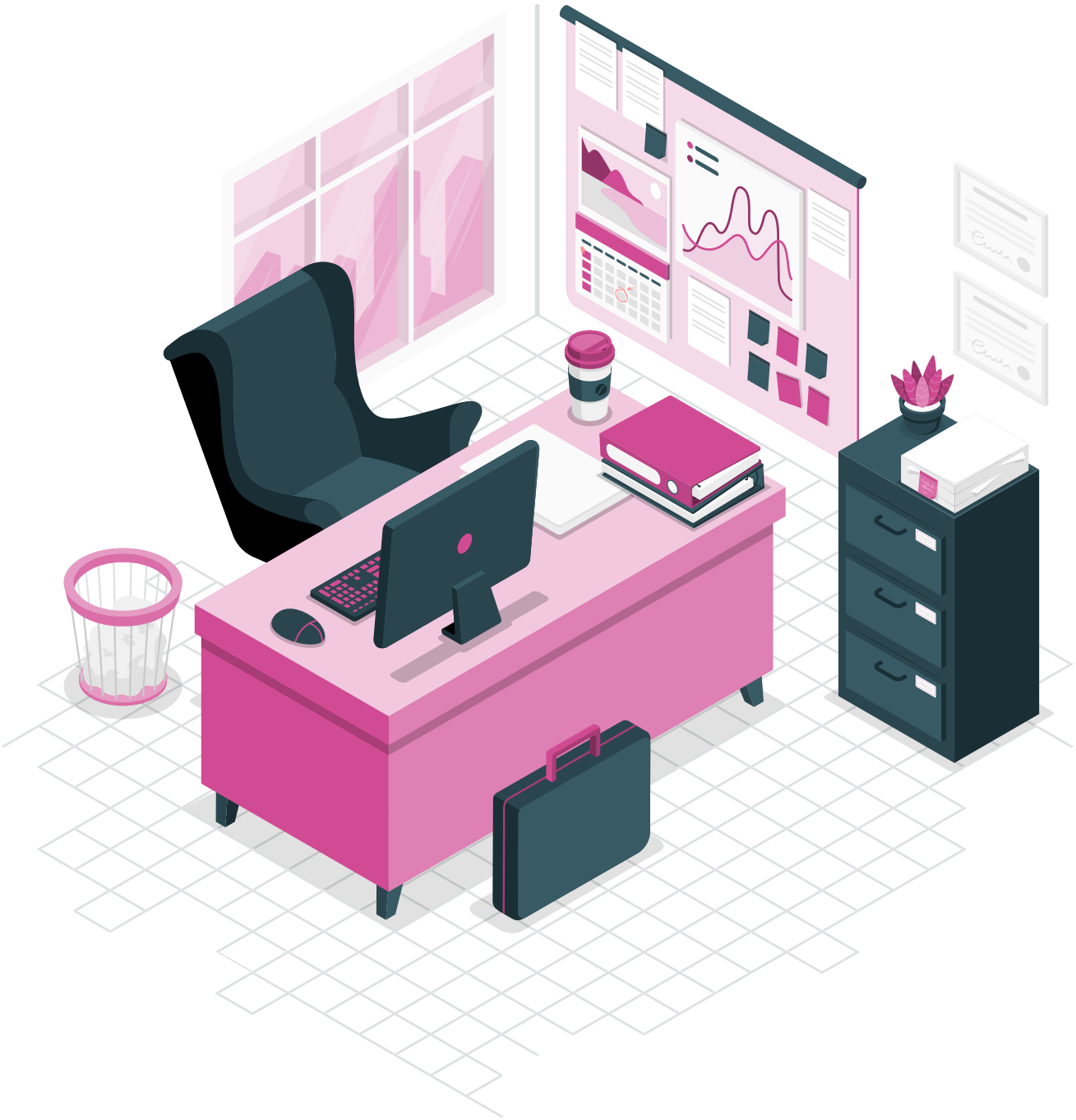
تنها فناوری رقیب استفاده از ابزارهای سنتی برای اتصال اشیاست. نانوذرات را می‌توان در محصولات دیگری مثل بتن استفاده کرد که این خاصیت را پیدا کنند ولی توجیه اقتصادی ندارد

۲۰-۱-۹ **فرصت‌های تحقیقاتی که امکان دارد براثر فعالیت در این زمینه پدید آید.** (آیا فعالیت در این زمینه فرصت‌های تحقیقاتی را در حوزه‌های مرتبط پدید می‌آورد یا این اثر/فناوری نسبتاً منزوی است؟)

نانوذرات پوشش‌دار برای انتقال هدفمند انواع دارو و سازه‌های ژنتیکی به‌کار می‌روند. همچنین برای تصفیه پساب‌های خانگی و صنعتی، بهبود عملکرد انواع فیلترهای هوا و سیالات و مقاومت سطوح در برابر خوردگی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲۰-۱-۱۰ **اهمیت فعالیت در این زمینه از نظر اجتماعی یا راهبردی** (آیا این اثر/فناوری به حل یا کاهش شدت یک مسئله اجتماعی، محیط‌زیستی یا سیاسی کمک می‌کند؟)

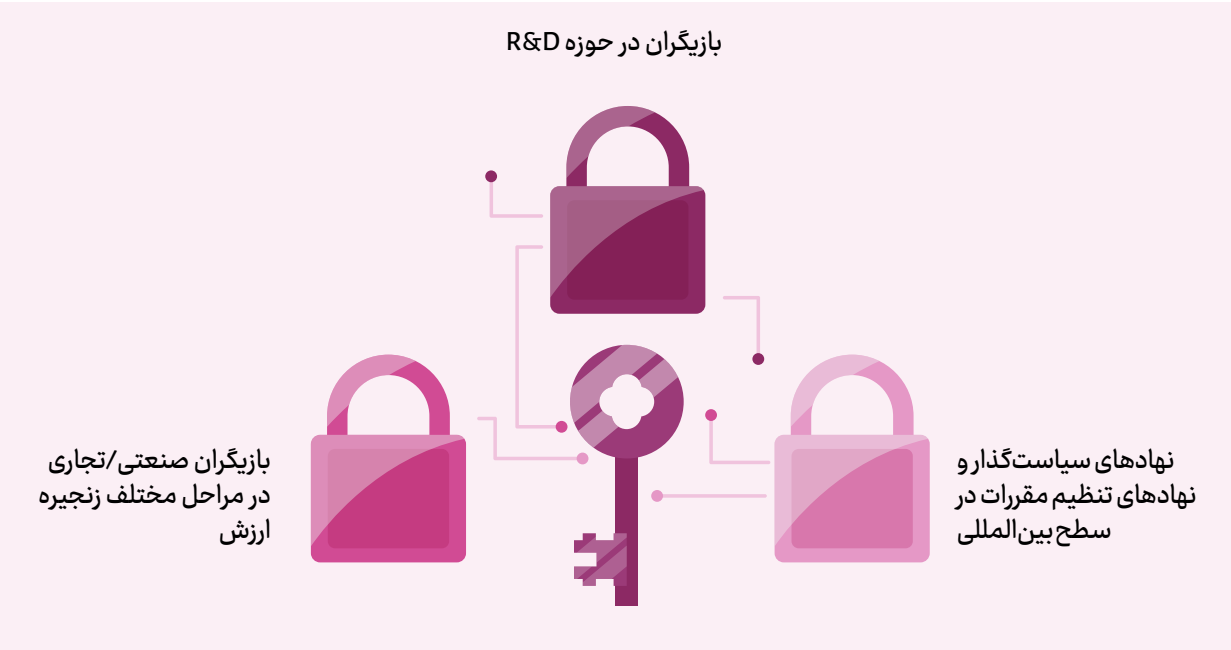
افزایش رفاه اجتماعی



رنگ‌های مغناطیسی با خاصیت آهن‌ربایی برای ایجاد یک تابلو اعلانات در خانه، ادارات، مدارس و کارگاه‌ها

۲۰-۲ تحلیل بین‌المللی

۲۰-۲-۱ بازیگران کلیدی فعال در این فناوری



تولید رنگ‌های مغناطیسی بر افزودن ذرات آهن (معمولاً Fe_2O_3) به رنگ مبتنی است. پتنت‌های اخیر در این حوزه عمدتا چینی هستند. اما به نظر می‌رسد که تحولات در این زمینه از تحقیق و توسعه به تولید و عرضه در بازار انتقال یافته است. البته مشکلات فنی وجود دارند که در ادامه به آن‌ها اشاره خواهیم کرد و نیاز به تحقیق و توسعه را کماکان باز باقی می‌گذارند. شرکت‌های مختلفی چون Krylon، Rust-Oleon و Ideapaint این محصول را در قالب پرایمر یا رنگ نهایی عرضه می‌کنند.

۲۰-۲-۲ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار

این رنگ وارد بازار شده و در مقیاس تجاری به فروش می‌رسد. بنابراین، سطح آمادگی فناوری را می‌توان برابر با ۹ در نظر گرفت. از حیث آمادگی بازار، نیاز شناسایی شده و محصول نیز به بازار ارائه شده است. بنابراین، سطح آمادگی بازار را می‌توان برابر با ۹ دانست.

۲۰-۲-۳ موقعیت فناوری در چرخه عمر

فناوری پایه‌ای تولید این محصول بر اساس افزودن ذرات اکسید آهن توسعه یافته و محصول در بازار عرضه می‌شود. با این حال، هنوز مشکلاتی فنی در کاربست محصول وجود دارد که رفع آن‌ها می‌تواند به بهبود محصول منجر شود. بنابراین، موقعیت این فناوری را در چرخه عمر می‌توان اوایل یا میانه مرحله دوره توسعه بازار دانست. اطلاعات صریحی درباره



چرخه انتظارات در این زمینه به دست نیامد. اما به نظر نمی‌رسد که اطلاعات صریحی درباره چرخه انتظارات در این انتظارات گسترده ای در سطح عمومی درباره این رنگ شکل گرفته باشد و قطعا هیاهویی در این زمینه دیده نمی‌شود. باید توجه داشت که این محصول کاربردهای محدودی در محیط‌های آموزشی یا اتاق کودکان دارد.

۲۰-۲-۴ مهم ترین پیشران‌ها و چالش‌های پیش روی فناوری

پیشران‌ها و چالش‌های فنی

مهم‌ترین چالش‌های فنی در این فناوری عبارت‌اند از[۱]:

با توجه به اینکه ذرات اکسید آهن در این فناوری به کار گرفته می‌شوند، محصول نهایی تیره رنگ می‌شود و معمولاً به‌صورت سیاه یا خاکستری تیره عرضه می‌شود. همچنین، ذرات آهن در بخش پایینی قوطی رنگ جمع می‌شوند و باید پیش از مصرف آن را به‌خوبی تکان داد و مخلوط کرد. علاوه بر این، به‌دلیل مصرف ذرات آهن، هنگامی که رنگ روی سطح کشیده می‌شود، سطح نهایی نسبتاً زبر است.

این رنگ برای مصارفی چون تخته سیاه مغناطیسی مناسب است، اما برای دیوارهایی به رنگ‌های روشن و شفاف مشکل ایجاد می‌کند. در نتیجه، گاه محصول به‌عنوان پرایمر استفاده می‌شود، اما اگر رنگ دیگری روی سطح کشیده شود، اثر مغناطیسی رنگ اولیه کاهش پیدا می‌کند. تقریبا در تمامی اگهی‌های تجاری عرضه محصول، به این نکته اشاره شده که برای دست یافتن به اثر مغناطیسی خوب، باید رنگ ۳ دست یا بیشتر روی سطح کشیده شود، از آهن‌رباهای قوی استفاده شود و ترجیحاً رنگ دیگری روی سطح کشیده نشود یا اگر کاربر برای نیاز خود، نیازمند رسیدن به رنگ‌های روشن است، مقدار بیشتری از رنگ مغناطیسی را مصرف کند.

پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

تولید رنگ مغناطیسی به فرایندها یا مواد اولیه گران‌قیمتی نیازمند نیست. به همین دلیل، ملاحظات اقتصادی چشمگیری درباره تولید آن وجود ندارد. اما نکته قابل‌توجه این است که مصرف این رنگ به سطوحی خاص و محدود مانند بخش‌هایی از دیوار در محیط‌های آموزشی یا در اتاق کودکان محدود می‌شود. بنابراین بازار این محصول نسبتاً گوشه‌ای است و این ملاحظه باید هنگام ارزیابی محصول یا برنامه‌ریزی برای تولید آن مدنظر قرار گیرد.

پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

با توجه به اینکه در این فناوری تنها از ذرات اکسید آهن استفاده می‌شود، ملاحظات محیط‌زیستی اختصاصی و جدیدی در این خصوص دیده نشد.

پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

این فناوری تاکنون چالش اخلاقی یا حقوقی خاصی را پدید نیاورده است.
نکته مهم از حیث اجتماعی، برانگیختن تقاضاست. با استفاده از این محصول می‌توان بخشی از دیوار را به تابلویی بدل کرد که آهن‌ربا به آن می‌چسبد. همچنین این محصول می‌تواند با افزودن مواد دیگری که بتوان با گچ یا ماژیک روی آن‌ها نوشت و سپس نوشته‌ها را به شیوه‌های مرسوم پاک کرد، به تخته سیاه یا وایت بورد بدل شود. در هر دو حالت، باید مصرف‌کنندگان بالقوه مانند محیط‌های آموزشی یا خانواده‌ها نسبت به این محصول جدید آگاهی پیدا کنند و متقاضی آن شوند. از آنجا که این محصول شیوه استفاده متفاوت و جدیدی دارد و به‌صورت «خودت انجام بده» (Do it yourself, DIY) به کار گرفته می‌شود، نیازمند تغییر در رفتار مصرف‌کننده است.

۵-۲-۲۰ اطلاعات موجود درباره تحلیل بازار در سطح جهانی

با بررسی انجام شده، نمونه‌های مختلفی از این محصول هم‌اکنون در سایت آمازون قابل‌خریداری است.

شرکت Rust-Oleum

این شرکت رنگی مغناطیسی را به‌صورت پرایمر عرضه می‌کند. در آگهی اشاره شده که باید سطح را ۳ بار رنگ کرد تا ویژگی مغناطیسی روی سطح ایجاد شود. یک قوطی ۹۰۰ گرمی (۳۲ اُنس) از این محصول برای رنگ‌کردن سطحی به مساحت ۱٫۵ مترمربع کافی است. همچنانکه اشاره شد، این محصول پرایمر است و می‌توان رنگ‌های دیگری را پس از خشک‌شدن روی آن کشید. از جمله، همین شرکت رنگی را برای تبدیل‌کردن سطح به تخته سیاه که بتوان با گچ روی آن نوشت، در کنار این محصول عرضه می‌کند. قیمت هر قوطی از این پرایمر مغناطیسی برابر با ۲۵ دلار است.[۲]

شرکت Ideapaint

این شرکت پرایمری مغناطیسی را عرضه می‌کند که طبق ادعای شرکت، ویژگی مغناطیسی آن دو برابر محصولات مشابه است. چنان

که اشاره شد، افزایش خصوصیت مغناطیسی رنگ یکی از چالش‌های فنی پیش روی این محصول است و رقابت در این زمینه دیده می‌شود. هر قوطی این محصول که حجم آن مورد اشاره قرار نگرفته برای رنگ‌کردن ۱۰ مترمربع کافی است و به قیمت ۲۹۰ دلار عرضه می‌شود.[۳]

شرکت Krylon

این شرکت رنگ مغناطیسی را در قوطی‌های ۹۰۰ گرمی (۳۲ اُنس) به قیمت ۳۰ دلار عرضه می‌کند. این رنگ نیز تحت برند Magic Wall عرضه می‌شود (باید به اهمیت نام‌گذاری با توجه به مصرف خانگی و آموزشی این محصول توجه کرد). هر قوطی برای رنگ‌کردن ۲٫۵ مترمربع کافی است. مجدداً، این محصول در کنار رنگی که می‌تواند سطح را به تخته سیاهی مناسب برای نوشتن با گچ بدل کند، ارائه می‌شود.[۴]

رنگ دیگری با نام تجاری Magnetize-it در قوطی‌های ۹۰۰ گرمی با قیمت ۲۵ دلار عرضه می‌شود که خصوصیات مشابهی با رنگ‌های پیشین دارد. (مجدداً به نام‌گذاری جذاب محصول برای مصرف‌کنندگان توجه کنید.) در آگهی این محصول به‌طور صریح به استفاده از فناوری نانو اشاره شده است.[۵]
تمامی این رنگ‌ها خاکستری هستند و چنان که اشاره شد، به‌صورت پرایمر استفاده می‌شوند.

۲۰-۲-۶ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در دنیا تأثیر بگذارد

با توجه به اطلاعات موجود، به نظر می‌رسد که تقاضا برای رنگ مغناطیسی شکل گرفته و این محصول در مرحله توسعه بازار قرار دارد. اگرچه کاربرد این محصول نسبتاً محدود و بازار آن گوشه‌ای است، اما این بازار با توجه به تداوم آموزش و نیز علاقه کودکان به داشتن دیواری با خاصیت مغناطیسی، دائمی و پایدار به نظر می‌رسد. بنابراین، به نظر می‌رسد که بازار این محصول رشد نسبی خواهد داشت. مشکلات فنی پیش روی این فناوری که در بخش‌های قبلی به آن اشاره شد، لاینحل به نظر نمی‌آیند و احتمالاً به تدریج رفع خواهند شد.

۲۰-۳-تحلیل داخلی

۲۰-۳-۱ فعالیت‌های انجام گرفته در کشور

فعالیت‌های تحقیقاتی (چه تیم‌هایی در کدام نهادها در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ چه مقالاتی در این زمینه منتشر شده است؟ چه پایان‌نامه‌هایی نگارش شده است؟)

بخشی از فعالیت‌های صورت گرفته در زمینه رنگ‌های مغناطیسی در جدول ۲۰-۱ ذکر شده است.

جدول ۲۰-۱-نمایی از تحقیقات انجام شده در زمینه رنگ‌های مغناطیسی

ردیف	نگارندگان	دانشگاه/ مؤسسه	نوع تحقیق	عنوان تحقیق
۱	علیرضا علافچیان	پژوهشکده نانوتکنولوژی و مواد پیشرفته دانشگاه صنعتی اصفهان	-	-
۲	دکتر بازارگانی	شیمی معدنی، دانشگاه صنعتی اصفهان	-	-
۳	دکتر کریم‌زاده	مواد، دانشگاه صنعتی اصفهان	-	-

فعالیت‌های توسعه محصول و تجاری‌سازی (آیا نمونه‌سازی انجام گرفته است؟ چه شرکت‌هایی برای توسعه محصول در این زمینه فعالیت کرده‌اند؟ آیا محصولی مبتنی بر این فناوری در بازار به فروش می‌رسد؟ آیا شرکت‌های صنعتی بزرگ در این زمینه فعالیت می‌کنند؟ آیا شرکت‌های واردکننده در این زمینه فعالیت می‌کنند؟)

شرکتی داخلی در زمینه تولید این محصول فعالیت ندارد. نمایندگی شرکت وایتروم در ایران اقدام به فروش رنگ مغناطیسی با قدرت پایین می‌کند. رنگ مغناطیسی کادنس در سایت دیجی کالا به قیمت هر اسپری ۷۴ میلی‌لیتری ۱۰۰هزار تومان فروخته می‌شود.

فعالیت‌های سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری: فعالیت خاصی صورت نگرفته است.

۲۰-۳-۲ کاربردهای احتمالی محصولات مبتنی بر این فناوری در کشور (خصوصا کاربردهای مرتبط با سه حوزه ساخت‌وساز، لوازم‌خانگی و نفت و پتروشیمی)

ساخت‌وساز و آرایشی بهداشتی

۲۰-۳-۳ سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار در کشور

سطح آمادگی فناوری با توجه به اینکه محصول در سطح نمونه آزمایشگاهی هم تولید نشده است ولی دانش و اطلاعات آن موجود است TRL=4 است و با توجه به اینکه محصول وارداتی در بازار به فروش می‌رسد، MRL=9 است.



۲۰-۳-۴ وضعیت فناوری‌های رقیب و مکمل در کشور در هر یک از کاربردهای احتمالی

فناوری رقیبی ندارد (روش‌های سنتی اتصال اشیا مانند میخ و چکش).

۲۰-۳-۵ میزان سرمایه‌گذاری موردنیاز برای توسعه این فناوری تا سطح نمونه‌سازی (TRL6) و همچنین، برای تولید در مقیاس وسیع (TRL8) به‌صورت تخمینی

حدود دو میلیارد تومان سرمایه برای راه‌اندازی کارگاه تولیدی نیاز است.

۲۰-۳-۶ زیرساخت‌ها و منابع لازم برای توسعه فناوری، توسعه محصول و تجاری‌سازی در کشور

- منابع انسانی؛
- زیرساخت آزمایشگاهی و نمونه‌سازی؛
- زیرساخت تولید؛
- آزمایشگاه مرجع؛

راهنما

- عدم آمادگی برای ورود به بازار
- منطقهٔ گذار
- آمادگی برای ورود به بازار
- خارج از قطر: ریسک شکست فنی و / یا شکست بازار
- مدیریت فناوری: هدایت پروژه روی قطر

- منابع مالی؛
- توانمندی‌های حفاظت از دارایی فکری؛
- زیرساخت‌های بازاریابی، توزیع، فروش و خدمات پس از فروش.

۲۰-۳-۷ پیشران‌ها و چالش‌های توسعه و تجاری‌سازی این فناوری در کشور

- پیشران‌ها و چالش‌های فنی

با توجه به اینکه از اکسید آهن تاکنون برای این منظور استفاده نشده است احتمالاً در پوشش‌دارکردن (برای اینکه بتوانیم در رنگ‌های روشن استفاده کنیم و مسئله دیسپرشن حل شود) چالش وجود خواهد داشت.

- پیشران‌ها و چالش‌های اقتصادی

در حال تکمیل است.

- پیشران‌ها و چالش‌های تقاضا

در حال تکمیل است.

- پیشران‌ها و چالش‌های سلامت، ایمنی و بهداشت (HSE)

در حال تکمیل است.

- پیشران‌ها و چالش‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی (ELSA)

در حال تکمیل است.

۲۰-۳-۸ بازار داخلی محصولات مبتنی بر این فناوری در هر زنجیره ارزش

این محصول واردات دارد. در قالب فروش دیجیتالی (سایت ترب).

۲۰-۳-۹ فرصت‌های صادراتی برای شرکت‌های فعال ایرانی

اگر قیمت آن قابلیت رقابت با نمونه‌های خارجی را داشته باشد، امکان صادرات فراهم خواهم شد.

۲۰-۳-۱۰ روندها و اتفاقاتی که می‌تواند بر این فناوری در سال‌های آینده در کشور تأثیر بگذارد

در صورت آشنایی مردم با این محصول، بازار آن توسعه پیدا خواهد کرد و امکان ظهور فناوری‌های دیگر در این زمینه وجود دارد.

پی‌نوشت‌ها

۱- در مورد نکاتی که در این بند مطرح شده، علاوه بر آگهی‌های تجاری از صفحات زیر که برای کاربران محصول نوشته شده‌اند، بهره گرفته شده است:
https://www.bobvila.com/articles/magnetic-paint-primer/
https://thedecorologist.com/dont-use-chalkboard-and-magnetic-paint-until-you-read-this/
https://smartersurfaces.com/blog/which-is-the-strongest-magnetic-paint/
۲- https://www.homedepot.com/p/Rust-Oleum-Specialty-30-oz-Dark-Gray-Magnetic-Primer-247596/202351175
۳- https://ideapaint.com/products/magnetic-primer?variant=13264376004721&utm_source=google&utm_medium=organic&utm_campaign=shopping&utm_term=shopify_US_1492124958833_13264376004721&ppc_keyword=&gclid=EAIaIQobChMI89P69L_d9wIVMRLnCh0X-uwsUEAQYASABEgLKXvD_BwE
۴- https://www.amazon.com/Magic-Wall-Magnetic-Paint-Quart/dp/B07196DX85
۵- https://www.amazon.com/dp/B089N45XW8?tag=bv-asearch-20&linkCode=osi&th=1&psc=1&asc_source=browser&asc_refurl=https://www.bobvila.com/articles/magnetic-paint-primer/



شناسایی فناوری‌های نوین و روندهای نوظهور یکی از وظایف کلیدی نهادهای حامی از فناوری‌های جدید در سطح ملی و منطقه‌ای است. ستاد توسعه فناوری نانو نیز بر اساس وظایف خود، این فعالیت را در سال‌های اخیر در حوزه‌های مختلف از جمله در حوزه ساخت‌وساز دنبال کرده است. شناسایی فناوری‌های مذکور و معرفی آن‌ها به بازیگران مختلف اکوسیستم توسعه و تجاری‌سازی یکی از گام‌های آغازین و کلیدی برای توسعه محصولات جدید و ایجاد زنجیره‌های ارزش بر اساس آن‌هاست. در همین راستا، کارگروه توسعه فناوری و نوآوری ستاد مجموعه‌ای از مطالعات را به انجام رسانده است که یکی از خروجی‌های آن‌ها شناسایی و معرفی ۱۹ فناوری نوین در حوزه رنگ و رزین، به‌عنوان یکی از زیربخش‌های صنعت ساخت‌وساز، است. این ۱۹ فناوری در مجلد حاضر به‌تفصیل معرفی خواهند شد.

WWW.NANO.IR

Emerging nanotechnologies
for paint and resin applications