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

فصلنامه فناوری نانو

سال بیست‌ودوم | زمستان ۱۴۰۲ | شماره ۴ | پیاپی ۲۸۵
ISSN 2228-5385

صادرات نانوی ایرانی

صادرات دستگاه «تست چسبندگی یخ به سطح» به بلژیک

نانو در فناوری‌های کوانتومی

نمایشگاه ملی

دستاورد های دانش آموزی

علوم و فناوری نانو

دوره چهاردهم

کارسازه | مقاله علمی پژوهشی | گزارش علمی | طراحی محصول | سخنرانی نانو | محصول کمک آموزشی | بازی و سرگرمی | آثار هنری

با حضور برگزیدگان جشنواره های معتبر کشوری
مراسم اختتامیه به همراه معرفی و تقدیر از آثار منتخب
همراه با بیش از ۱.۵ میلیارد ریال جوایز نقدی و غیر نقدی به برگزیدگان

زمان ثبت نام : ۲۴ اردیبهشت تا ۱۵ شهریور ۱۴۰۳
۰۹۱۰۴۵۰۷۶۰۱ | ۰۲۱-۹۲۰۰۱۰۳۱
www.nanoclub.ir

+ ۳۰۰ میلیون ریال حمایت از طرح های قابل توسعه

فصلنامه
فناوری نانو
۲۸۵
سال بیست‌ودوم | زمستان ۱۴۰۲ | شماره ۴ | پیاپی ۲۸۵

صادرات نانوی ایرانی

با فناوری نانو، رادیاتورها در بازار صادراتی رقابت‌پذیرتر شده‌اند ۲
صادرات دستگاه «تست چسبندگی یخ به سطح» به بلژیک ۳
صادرات ۲۰ میلیون دلار کاتالیست راهبردی به روسیه ۴

نانو در ایران

رفع بو و طعم نامطبوع آب شرب ساوه با فناوری نانوحباب ۷
استفاده از نانوسیلیکا برای بهبود کیفیت رنگ و لاستیک خودرو ۸
طعم‌دهنده‌های نانویی ایرانی وارد سبد غذایی مردم می‌شوند ۹
یک میلیون نفر از کیت نانویی برای غربالگری سرطان روده استفاده کرده‌اند ۱۰
مقره‌های ولتاژ بالا با پوشش نانویی محافظت می‌شوند ۱۱
چه پلتفرم‌هایی برای تولید نانودارو در کشور وجود دارد؟ ۱۲
ارتقای کیفیت فراورده‌های دامی با نانومکمل‌های معدنی ساخت داخل ۱۳

پژوهش در ایران

دانشگاه اصفهان: تثبیت داروهای ضدسرطان با نانوساختارهای انتقال هدفمند دارو ۱۴
دانشگاه شهید بهشتی: استفاده از نانو فیلتراسیون برای کاهش آسیب‌های محیط‌زیستی ۱۵

مقاله

نانو در فناوری‌های کوانتومی ۱۶
کاربردهای صنعتی نانوفیومد سیلیکا ۳۷
کاربردهای فناوری نانو در پوشش‌های تبدیلی مقاوم به خوردگی ۴۶
فیلترهای نانویی، هوای نیروگاه‌ها را دارند ۵۷

اخبار تجاری‌سازی ۶۴

اخبار پژوهشگران ۷۱

صاحب امتیاز:
ستاد توسعه فناوری‌های نانو و میکرو

مدیرمسئول: علی‌محمد سلطانی

سردبیر: عماد احمدوند

مدیریت اجرا:
شرکت توسعه فناوری مهرویژن

مدیر داخلی: محمد اکبرزاده

دبیر صنعت: مهدی کدخدائی

دبیر خبر: داود قرایلو

همکاران این شماره:
آتوسا زنگنه، فهیمه مظاهری

مدیر هنری و طراح گرافیک:
محمدرضا صاحبی

طراحی جلد: ندا حیدری

صفحه‌آرایی:
مهدیه مه‌آبادی

■ فصلنامه فناوری نانو آماده انتشار مقالات و دیدگاه‌های محققان و صاحب‌نظران است.
■ مسئولیت صحت مطالب بر عهده نویسندگان است.
■ نقل مطالب فصلنامه فناوری نانو با ذکر منبع بلامانع است.
■ آرشیو نشریه فناوری نانو در سایت www.nano.ir موجود است.

نشانی: تهران، ستارخان، خیابان حبیب‌اله، خیابان شهید متولیان، شماره ۹
صندوق پستی: ۳۴۴-۱۴۵۶۵
امور مشترکان: ۰۲۱۶۶۸۷۱۲۵۹
تلفن: ۰۲۱۶۳۱۰۰
وب‌سایت: www.nano.ir
پست الکترونیک: newsletter@nano.ir

با فناوری نانو، رادیاتورها در بازار صادراتی رقابت‌پذیرتر شده‌اند

مدیرعامل گروه صنعتی و تولید تاش رادیاتور یکی از دلایل موفقیت در صادرات رادیاتورهای این شرکت‌ها را افزایش توان رقابت‌پذیری محصولات با کمک فناوری نانو عنوان کرد.

وحید اسماعیلی می‌گوید: «از سال ۷۳ فعالیت خود را در بخش تأسیسات گرمایشی و سرمایشی آغاز کردیم که ابتدا کار ما به‌صورت بازرگانی بود اما از سال ۹۳ وارد فاز تولید شدیم و در سال ۹۴ اولین رادیاتورهای تولیدی را به بازار عرضه کردیم. چند سالی است که از پوشش حاوی نانوذرات زیرکونیوم در رادیاتورها استفاده می‌کنیم که این موضوع بهره‌وری تولید را افزایش داده است، مثلاً میزان مصرف رنگ در تولید کاهش یافته و اثرات مثبت محیط‌زیستی قابل‌توجهی به دنبال داشته است. البته ما در ابتدا برای جلوگیری از مشکلات فسفاته‌ها به سراغ این فناوری رفتیم اما بعد مزیت‌های کیفی این فناوری مشوق ما بود. در حال حاضر علاوه‌بر رادیاتورها در پکیج‌ها نیز از این فناوری استفاده می‌کنیم.»

مدیرعامل گروه صنعتی و تولید تاش رادیاتور می‌افزاید: «در بازار بین‌المللی رقبای آلمانی و ترکیه‌ای داریم که از مشابه همین فناوری استفاده می‌کنند که از نظر کیفیت می‌توانیم با آن رقابت کنیم. در واقع کیفیت محصول ما از آن‌ها کمتر نیست و فناوری نانو امکان رقابت با این رقبا را به ما داده است. استفاده از فناوری نانو کیفیت و ماندگاری محصولات ما را افزایش و در عین حال میزان مصرف آب و انرژی را کاهش داده است.»

پیش از استفاده از این نانوپوشش زیرکونیوم، رادیاتورهای تولید شده توسط شرکت تاش از نظر اتلاف انرژی در رده C دسته‌بندی می‌شد اما با استفاده از این فناوری ایرانی و با کاهش ضخامت پوشش و رنگ روی رادیاتور، محصولات این شرکت موفق به دریافت رتبه B در اتلاف انرژی شدند.

وی می‌افزاید: «تا جایی که توانستیم این مزیت را به اطلاع مصرف‌کننده رساندیم و در ادامه فعالیت‌های تولیدی نیز به استفاده از فناوری نانو ادامه خواهیم داد. در حال حاضر ۴۰درصد از محصولات ما صادر می‌شود که ۸ کشور مقصد صادراتی محصولات تاش رادیاتور بوده و این صادرات بدون وقفه در طول سال ادامه دارد.»

روسیه، عراق، آذربایجان و افغانستان ازجمله مقاصد صادراتی محصولات این شرکت است. افزایش ظرفیت حرارتی یکی از مزیت‌های محصولات تاش رادیاتور بوده که نسبت به

محصولات مشابه در بازار از ظرفیت بالاتری برخوردار هستند.

به‌دلیل استفاده از این نانوپوشش امکان استفاده از رنگ‌های لایه‌نازک روی رادیاتورها فراهم می‌شود و از این‌رو انتقال حرارتی در رادیاتورهای گروه تولیدی صنعتی تاش رادیاتور با کارایی بالا صورت می‌گیرد. این موضوع برای کشورهایی که قیمت انرژی در آن‌ها بالاست، اهمیت بسیار زیادی دارد. در افغانستان که از زغال‌سنگ برای تولید انرژی استفاده می‌شود و موضوع کاهش مصرف انرژی بسیار حیاتی است، این موضوع یک مزیت رقابتی محسوب می‌شود.

تاش رادیاتور از فناوری پوشش‌های تبدیلی نانوسرامیکی مبتنی بر زیرکونیوم شرکت شیلر فرایند پارس استفاده می‌کند. پوشش‌های رایج در صنعت نظیر روی، نیکل، منگنز و فسفات، مشکلات محیط‌زیستی دارند. اما نانوپوشش تبدیلی زیرکونیومی شرکت شیلر فرایند مشکلی برای محیط‌زیست ندارد. از سوی دیگر برای پوشش‌های رایج آب زیادی مصرف می‌شود در حالی که این نانوپوشش به آب کمی نیاز دارد. بنابراین از نقطه نظر مصرف آب نیز برای محیط‌زیست به‌ویژه نقاطی که با مشکل کم‌آبی روبه‌رو هستند، مناسب است. در روش‌های پیشین رسوب و لجن زیادی تولید می‌شد و در نتیجه لازم بود تا تجهیزات زیادی برای جداسازی رسوب‌ها از محلول استفاده شود، اما این نانوپوشش عاری از لجن و رسوب است. از سوی دیگر، این نانوپوشش برای اپراتورها و کارگران نیز مناسب‌تر است چرا که با مواد سالم‌تری در تماس هستند و اثرات جانبی کمتری برای سلامت پرسنل دارند.

صادرات دستگاه «تست چسبندگی یخ به سطح» به بلژیک

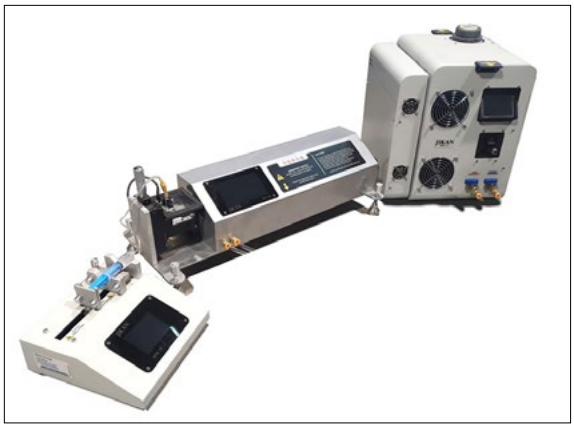
دستگاه تست چسبندگی یخ به سطح شرکت نانومهندسی سطح ژیکان به کشور بلژیک صادر شد و در دانشگاه لوون نصب و راه‌اندازی شده است.

فرشید چینی؛ مدیرعامل شرکت نانومهندسی سطح ژیکان می‌گوید: «ما سال‌هاست که روی فناوری یخ‌گریزی کار می‌کنیم، از سال ۱۳۹۵ به‌دلیل تحقیقاتی که انجام می‌دادیم روی ساخت نمونه اولیه و ستاپ آزمایشگاهی این دستگاه کار کردیم و چند نسخه از آن را نیز برای کارهای پژوهشی ساختیم تا این که ستاد توسعه فناوری نانو در سال ۱۳۹۹ فراخوانی با موضوع ارتقای ستاپ آزمایشگاهی به تجهیز تجاری را منتشر کرد که از طریق این فراخوان موفق به دریافت حمایت شدیم و با حمایت ستاد نانو ستاپ اولیه ما تکمیل و تبدیل به یک دستگاه تجاری شد.»

دکتر چینی می‌افزاید: «این حوزه در ایران خیلی جدید بوده و هنوز کاربردهای این دستگاه در ایران چندان قابل‌توجه نیست اما بازار خوبی در خارج از ایران وجود دارد. ما سه دستگاه به اتحادیه اروپا صادر کردیم و در حال حاضر به‌دنبال ایجاد مقری در اروپا هستیم تا بتوانیم ساده‌تر این محصول را صادر کنیم.»

به‌گفتهٔ وی این دستگاه در بخش‌های مختلفی نظیر مبدل‌های حرارتی، اگزوزهای برخی کارخانه‌ها و هر جایی که یخ تشکیل می‌شود، قابل‌استفاده است. این دستگاه یخ را با شرایطی که در دنیای واقعی روی محصول ایجاد می‌شود، تولید کرده و آن را می‌شکند و از این طریق اندازه‌گیری‌های لازم روی یخ صورت می‌گیرد.

مدیرعامل شرکت نانومهندسی سطح ژیکان می‌گوید که ۱۷ فاز مختلف برای تشکیل یخ وجود دارد که هر یک ویژگی‌های خاص خود را دارد، مثلاً نوع یخ‌زدگی در برفک یخچال با قندیل تفاوت دارد. این دستگاه فاز موردنظر یخ را شبیه‌سازی کرده و یخ تحت همان فاز تولید شده و شکسته می‌شود. شبیه‌سازی دقیق یخ در کسب نتیجه درست از



آزمایش اهمیت زیادی دارد. همین موضوع باعث منحصربه‌فردشدن این دستگاه می‌شود.

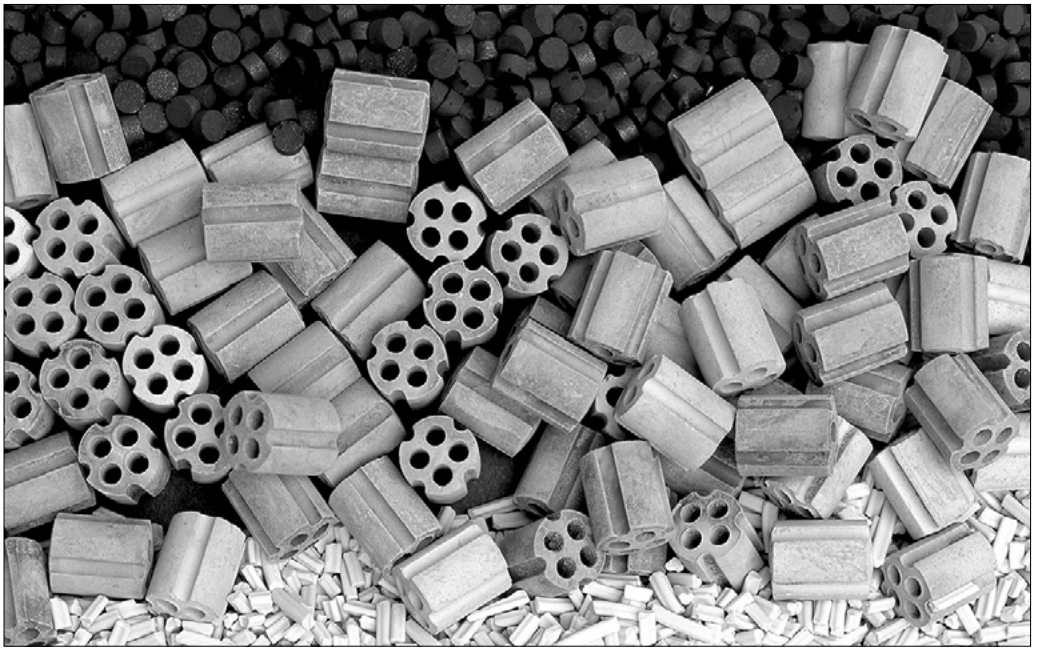
به‌گفتهٔ دکتر چینی در حال حاضر چندین ستاپ آزمایشگاهی از این نوع دستگاه در آمریکا وجود دارد اما هیچ‌کدام تجاری‌سازی نشده است، اما این دستگاه شرکت نانومهندسی سطح ژیکان از تکرارپذیری بالایی برخوردار بوده و تجاری‌سازی شده است. یکی از تفاوت‌های این دستگاه ایرانی با نمونه‌های آزمایشگاهی دیگر که در امریکا استفاده می‌شود، زمان‌کوتاه‌تر تولید یخ است به‌طوری که به‌جای ۲۴ ساعت، در مدت یک ساعت یخ با فاز موردنظر روی سطح ایجاد می‌شود.

لازم به ذکر است که تأییدیه عملکرد این دستگاه از سوی دانشگاه لوون صادر شده که مؤید عملکرد صحیح این دستگاه است.

ژیکان IAT-۴۰ دستگاهی است که به‌صورت خودکار میزان نیروی چسبندگی یخ به سطح و تنش برشی برای جداکردن یخ از سطح را اندازه‌گیری می‌کند. این دستگاه قادر به تعیین میزان یخ‌گریزی سطح بوده و برای انواع مختلف سطوح قابل‌استفاده است. زمان کوتاه تست و دقت بالای اندازه‌گیری ازجمله ویژگی‌های مثبت این دستگاه بوده که در کنار کاربری ساده و قابلیت سفارشی‌سازی برای نیازهای مختلف، موجب شده این دستگاه برای صادرات به کشورهای اروپایی مناسب باشد. سیستم‌های انتقال قدرت، برج‌های مخابراتی، آنتن‌ها و کشتی‌ها ازجمله حوزه‌هایی هستند که قابلیت استفاده از این دستگاه را دارند. همچنین برای ایجاد پوشش‌های یخ‌گریز که ماهیت نانویی دارند، از این دستگاه استفاده می‌شود.

در سال جاری هم دومین فراخوان ارتقای ستاپ آزمایشگاهی به تجهیز تجاری برگزار شده و تیم‌های منتخب در حال تکمیل ستاپ هستند.

صادرات ۲۰ میلیون دلار کاتالیست راهبردی به روسیه



کارشناسان یک شرکت دانش‌بنیان در سه مجتمع فولاد و پتروشیمی روسیه در حال راه‌اندازی واحدهای تولید کاتالیست برای این کشور هستند و قرار است بزرگ‌ترین پتروشیمی تولیدکننده اوره و آمونیاک جهان نیز با کاتالیست‌های ایرانی شرکت نفت و گاز سرو وارد مدار تولید شود.

طبق آخرین مطالعات صورت گرفته ارزش بازار صنعت کاتالیست در جهان ۳۰ تا ۳۲ میلیارد دلار در سال برآورد می‌شود که عمده مصرف آن‌ها در حوزه محیط‌زیستی و کاهش آلاینده‌های گازهای گلخانه‌ای است. حدود ۴۰ درصد از کاتالیست‌ها نقش ارزش‌آفرینی برای صنعت دارند که از این دسته می‌توان به کاتالیست‌های صنعت فولاد، پتروشیمی و پالایش نفت اشاره کرد. در حال حاضر ایران از جهت دارا بودن ذخایر غنی نفت و گاز، به‌عنوان یکی از بازارهای بزرگ مصرف کاتالیست‌های صنعتی در جهان شناخته می‌شود، به‌طوری که شرکت دانش‌بنیان نفت و گاز سرو به‌عنوان پایه‌گذار صنعت نوین کاتالیست در کشور از بیست سال گذشته توانسته با ورود به این حوزه نقش مهمی ایفا کند.

تحویل کامل «کاتالیست‌های هیدروژناسیون استیلن» به پتروشیمی مروارید

امیرهومن کریمی وثیق؛ مدیرعامل شرکت دانش‌بنیان نفت و گاز سرو از یک موفقیت ملی در حوزه صنعت پتروشیمی خبر داد و اظهار کرد: «تنها کاتالیزور تولید اتیلن در سراسر جهان، کاتالیست هیدروژناسیون استیلن است که توانایی تولید آن فقط در اختیار چند شرکت خارجی است و حدود ۳۵ سال، این نوع کاتالیست توسط مجتمع‌های پتروشیمی ایرانی از شرکت‌های خارجی وارد می‌شد. کاتالیست هیدروژناسیون استیلن به‌عنوان یکی از استراتژیک‌ترین کاتالیست‌هایی شناخته می‌شود که در صدر کالاهای تحریمی جای گرفته است، به‌طوری که هدف از این تحریم ضربه زدن به شرکت‌های ارزش‌آفرین در صنعت پتروشیمی بوده است.»

مدیر این شرکت دانش‌بنیان فعال در حوزه نفت و گاز افزود: «نگاه ملی که در مجموعه پتروشیمی مروارید از سالیان قبل وجود داشت، باعث شد تا این کاتالیست مسیر تحقیقاتی و تولید نیمه‌صنعتی خود را به‌عنوان یک پروژه مشترک

پیش ببرد و با سرمایه‌گذاری پژوهشی این پتروشیمی، مسیر تجاری‌سازی آن توسط متخصصان این شرکت انجام شد. پس از کسب امتیازات فنی و عملکردی مدنظر، تولید این کاتالیست آغاز و در ماه گذشته این کالای ارزشمند به‌صورت کامل برای استفاده صنعتی به پتروشیمی مروارید تحویل داده شد.»

کریمی ضمن اشاره به اینکه در صنعت پتروشیمی دو نوع «گاز اتیلن» و «گاز سنتز» وجود دارد و هر کشوری بتواند توانایی تولید گاز اتیلن و سنتز را داشته باشد همه صنعت پتروشیمی را در اختیار دارد، خاطرنشان کرد: «در حال حاضر خوشبختانه این شرکت توانسته این دو نوع گاز را بومی‌سازی و صنعت پتروشیمی را به خودکفایی قابل‌افتخاری رسانده است.»

افزایش راندمان تولید محصولات مهمی چون اوره و آمونیاک

به‌گفتهٔ این مدیر دانش‌بنیان، شرکت‌های هندی و چینی تا یک دهه قبل در ازای تحویل کاتالیست، هزینه‌های سنگین را از شرکت‌های پتروشیمی و فولادی درخواست می‌کردند اما آورده‌های این شرکت، باعث ایجاد ارزش‌افزوده‌های متعددی ازجمله کاهش قیمت خرید، افزایش دانش متخصصان ایرانی، افزایش راندمان تولید محصولات مهمی چون اوره، آمونیاک، متانول و آهن اسفنجی در کشور شده است.

خلق صنعت به‌جای کارخانه‌داری/خبرهای خوبی از صادرات داریم

وی با بیان اینکه خبرهای خوبی از صادرات مجدد کاتالیست دارد که منتظر به نتیجه رسیدن آن‌هاست، گفت: «این شرکت در حوزه کاتالیست با داشتن ایده‌های خلاقانه به تولید رسیده و توانسته کیفیت خود را حفظ کند به طوری‌که مشتری‌های داخلی و خارجی ما از محصولات این شرکت راضی بوده و هر روز به تعدادشان اضافه می‌شود. این شرکت در واقع یک «صنعت» خلق کرده است و وقتی صنعت خلق می‌شود، هر چیزی را می‌توانید به دست آورید و خلق کنید. به‌طور مثال ما نمی‌توانیم خودروی خوب تولید کنیم چرا که صنعت آن را در اختیار نداریم و در حوزه خودرو صرفاً کارخانه‌دار بودیم.»

کریمی با اشاره به اینکه بومی‌سازی کاتالیست توسط این شرکت در ایران ۱۰ سال به طول انجامید، تصریح کرد: «از اواسط دهه ۹۰ به‌واسطه تکمیل زنجیره کاتالیست‌های فولادی و کاتالیست‌های تولید گاز سنتز، شرکت‌های خارجی از بازار ایران کنار گذاشته شدند و به عبارتی اعتماد به محصولات این شرکت دانش‌بنیان با اطمینان بیشتری صورت گرفت و این مسیر در خارج از کشور نیز با تلاش‌های چندین ساله اتفاق افتاد؛ به طوری‌که در سال ۱۳۹۹ اولین صادرات این شرکت انجام شد و در حضور بازیگران اصلی کاتالیست چون سودکمی، تاپسو و جانسون متی توانستیم به‌واسطه قیمت و کیفیت کاتالیست برنده مناقصه مربوطه باشیم و پالایشگاه بصره عراق با ما وارد مذاکره شد و در همان سال به‌عنوان صادرکننده نمونه ملی معرفی شدیم. این مسیر با صادرات کاتالیست به کشور ونزوئلا ادامه پیدا کرد، به طوری‌که سفارش‌های مجدد طی این چند سال نیز دریافت شد و تیم‌های فنی این شرکت در حال حاضر در این کشور و در مجتمع‌های مختلف آن حضور فعال دارند.»

بزرگ‌ترین پتروشیمی تولیدکننده اوره و آمونیاک جهان با کاتالیست ایرانی وارد مدار تولید می‌شود

مدیرعامل این شرکت دانش‌بنیان از صادرات ۲۰میلیون دلاری کاتالیست به کشور روسیه خبر داد و گفت: «بخش عمده صادرات این شرکت، به کشور روسیه بوده است به‌طوری که وزارت نفت در گزارش‌های خود از این اقدام ملی به‌عنوان یک دستاورد بزرگ تاریخی همواره یاد می‌کند؛ در حال حاضر کارشناسان این شرکت، در سه مجتمع فولاد و پتروشیمی روسیه در حال راه‌اندازی واحدهای این کشور هستند و قرار است بزرگ‌ترین پتروشیمی تولیدکننده اوره و آمونیاک جهان نیز با کاتالیست‌های ایرانی شرکت نفت و گاز سرو وارد مدار تولید شود و به‌گفتهٔ رئیس پارک فناوری نفت، امروز روسیه به‌جای پهپاد، به کاتالیست ما وابسته است. نکته حائز اهمیت این است که کشور روسیه در حضور شرکت‌های چینی از شرکت سرو با قیمت بالاتر خرید می‌کند و حتی در حضور شرکت‌های اروپایی نیز از شرکت سرو خرید می‌کند. این شرکت همچنین هشت میلیون دلار کاتالیست به کشور ونزوئلا و دو میلیون دلار به کشور عراق صادرات داشته است.»

توسعه کارخانه‌های تولید کاتالیست در ایران

این فعال فناور با اعلام اینکه این شرکت در حال اضافه‌کردن کاتالسیت‌های جدید به سبد محصولات خود است، بیان کرد: «با یک شیب خوب در حال توسعه فضای تولید و ساخت

کاتالیست و همچنین نوآوری فناوری تولید کاتالیست در کشور هستیم، به‌طوری که ارتقای کیفیت کالاهای خود با تغییر فرمولاسیون‌هایی دنبال می‌کنیم که واحد تحقیق و توسعه به آن‌ها دست پیدا کرده‌اند.»

اشتغال‌زایی برای ۷۰۰ نفر/همکاری با نخبگان برای ساخت تجهیزات پیشرفته

به‌گفتهٔ کریمی از تولید دو کاتالیست به تولید بیش از ۳۰ نوع کاتالیست صنعتی رسیده‌ایم و از حدود ۶۰ نفری که در اوایل دهه ۹۰ در این شرکت فعالیت می‌کردند در حال حاضر نزدیک به ۷۰۰ نیروی انسانی داریم و در این بین خالق چندین صنعت در زنجیره تولید کاتالیست نیز بوده‌ایم.

مدیر این شرکت دانش‌بنیان به همکاری با نخبگان دانشگاهی کشور برای ساخت تجهیزات پیشرفته اشاره کرد و گفت: «یکی از تجهیزات پیشرفته‌ای که در این شرکت ساخته شده، دستگاه «سورتینگ کاتالیست» نام دارد که با مشارکت یک شرکت دانش‌بنیان که متشکل از نخبگان دانشگاهی بود، ساخته شد؛ به‌طوری که تنها نمونه دیگر آن آمریکایی است و این دستگاه با سیستم و مدارهای پیشرفته و دقیقی که دارد می‌تواند در کمترین زمان به‌صورت کاملاً خودکار به جداسازی قطعات کاتالیست و شناسایی قطعات خراب از قطعات سالم بپردازد. این دستگاه با فضای کمی که اشغال می‌کند، باعث کاهش استفاده از نیروی انسانی و افزایش دقت در تولید محصولات و افزایش سرعت و نرخ تولید شود و همچنین دست ما برای به‌کارگیری نیروی انسانی در ایستگاه‌های دیگر کاری را باز می‌کند.»

عضو هیئت‌مدیره انجمن تولیدکنندگان تجهیزات صنعت نفت ایران، در ادامه گفت: «با تمام این توانمندی‌ها و دستاوردهایی که داشتیم امیدواریم با عنایت ویژه دستگاه‌های اجرایی خصوصاً در بخش برق و گاز بتوانیم با دشواری‌های کمتری در مسیر تولید حرکت کنیم.»

افزایش راندمان در حوزه فولاد با محصولات دانش‌بنیان

وی همچنین درباره نقش‌آفرینی این شرکت در حوزه فولاد گفت: «در سال گذشته توانستیم برای نخستین بار در صنعت فولاد جهان، کاتالیستی تولید کنیم که بدون نیاز به تغییر تجهیزات ثابت بخش ریفرمر تا ۵درصد راندمان تولید فولاد را افزایش دهد و این به‌واسطهٔ تغییراتی بود که همکاران بنده در واحد تحقیقات و تولید در کاتالیست ایجاد کرده بودند. این محصول در حال حاضر برای استفاده صنعتی در ریفرمر فولادی مجتمع فولاد میانه ارسال شده و در این میان سایر شرکت‌های فولادی نیز برای استفاده از این کاتالیست جدید فولاد که با عنوان «کاتالیست بهبودیافته» شناخته می‌شود، نگاه مثبتی داشته‌اند.»

رفع بو و طعم نامطبوع آب شرب ساوه با فناوری نانوحباب

با حضور دکتر روح‌الله دهقانی فیروزآبادی؛ معاون علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان رئیس‌جمهور، دکتر عماد احمدوند؛ دبیر ستاد توسعه فناوری نانو و میکرو، دکتر امینی؛ مدیرعامل شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و تنی چند از مقامات استان، رونمایی از فناوری نوین نانوحباب در تصفیه‌خانه آب ساوه انجام شد.

اجرای موفقیت‌آمیز طرح به‌کارگیری از فناوری نانوحباب در تصفیه‌خانه آب ساوه از یک سال قبل توسط شرکت نانوحباب انرژی آغاز شده بود و عملکرد مداوم این فناوری در طول یک سال گذشته مورد ارزیابی قرار گرفته و تأییدیه کارشناسان ذی‌ربط و وزارت نیرو را نیز به دست آورده است.

اجرای این طرح موجب کاهش طعم و بوی نامطبوع و همچنین حذف جلبک از منابع آب شرب شده و رضایت‌مندی مردم این شهر را نیز به دنبال داشته است. هرچند پیش از این، فناوری نانوحباب در تصفیه‌خانه قیطریه تهران انجام شده بود، اما مقیاس این طرح بسیار بزرگ‌تر بوده و بر اساس نتایج به دست آمده از این طرح، مقرر شده تا فناوری نانوحباب در سایر تصفیه‌خانه‌ها و سدهای کشور استفاده شود.

از مهم‌ترین نتایج این طرح می‌توان به حذف جلبک و ترکیبات مولد طعم و بوی نامطبوع، بهبود کیفیت آب، حذف فرایند هوادهی، حذف تزریق کلر و کربن فعال در ورودی تصفیه‌خانه که هزینه‌های بسیار زیادی را به تصفیه‌خانه تحمیل می‌کند، اشاره کرد.

پدیده شکوفایی جلبک، یکی از مهم‌ترین عوامل زوال کیفیت آب در دریاچه‌ها و مخازن سدهاست. تخلیه فاضلاب‌های شهری، صنعتی و زهاب کشاورزی به مخازن آب، مواد مغذی موردنیاز رشد جلبک به‌ویژه فسفر را تأمین کرده که باعث افزایش ناگهانی جمعیت جلبکی شده و اصطلاحاً شکوفایی جلبک رخ می‌دهد. در اثر این پدیده برخی از ترکیبات آلی توسط جلبک‌ها در آب تولید می‌شوند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به ژئوسمین و متیل ایزو بورنئول اشاره کرد که طعم و بویی شبیه به خاک و کپک را در آب ایجاد می‌کنند.

از طرف دیگر تصفیه‌خانه‌ها معمولاً قادر به حذف ترکیبات مولد طعم و بو نیستند و علی‌رغم به‌کارگیری تمام امکانات و روش‌های مختلف به‌منظور حذف طعم و بو عملاً کارایی مناسب حاصل نمی‌شود و عدم گوارایی آب موجب ناخرسندی

مصرف‌کنندگان آب شهری می‌شود.

در همین راستا و با مشارکت و همکاری معاونت علمی و فناوری، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و ستاد توسعه فناوری‌های نانو و میکرو طرح به‌کارگیری فناوری نانوحباب ازن توسط شرکت نانوحباب انرژی در تصفیه‌خانهٔ آب ساوه پس از یک سال عملکرد مداوم با موفقیت پایان‌یافته که رضایت‌مندی مردم را نیز به همراه داشته است.

روش‌های مرسوم ازن‌زنی که عمدتاً شامل اجکتور و دیفیوزر است، کارایی پایینی دارند و سبب هدررفت حجم عظیمی از گاز ازن می‌شود که اثرات منفی محیط‌زیستی نیز به دنبال دارد.

از مهم‌ترین مزایای استفاده از سامانه‌های نانو ازن می‌توان به کاهش مصرف ازن تا ۶۰درصد، عدم نیاز به خطوط انتقال ازن و دیفیوزر، عدم نیاز به مخازن ازن‌زنی، عدم نیاز به تخریب‌کننده ازن و در نتیجه کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری تا ۵۰درصد اشاره کرد. اثبات فناوری طرح به تأیید وزارت نیرو و بهداشت و درمان رسیده و اکنون قابل‌عرضه به صنعت آب کشور است.

تصفیه‌خانه آب شرب شهر ساوه در ۲۰ کیلومتری این شهر و در پایین‌دست سدالغدیر واقع شده است. این تصفیه‌خانه با ۵۷۵ لیتر بر ثانیه، تأمین‌کننده ظرفیت اسمی بخشی از نیاز آب شرب جمعیت ۲۵۰هزار نفری شهر ساوه است.

استفاده از نانوسیلیکا برای بهبود کیفیت رنگ و لاستیک خودرو

مدیرعامل شرکت فراز پویان فدک از ارتقای کیفیت لاستیک‌های تولید داخل و رنگ‌های ساختمانی با نانوسیلیکای این شرکت خبر داد.

حمیده کلاهدوزان می‌گوید: «شرکت فراز پویان فدک نانوسیلیکا را در چهار گرید مختلف تولید و به بازار عرضه می‌کند. یکی از این گریدها مربوط به صنعت تولید لاستیک خودرو است که در حال حاضر در تایرهای شرکت بارز و یزد تایر از نانوسیلیکای فراز پویان فدک استفاده می‌شود. به‌صورت سنتی دوده در تولید لاستیک به کار می‌رود اما در هنگام بازیافت لاستیک‌های مستعمل، دوده موجب آلودگی‌های محیط‌زیستی می‌شود ازاین‌رو نانوسیلیکا جایگزین دوده شده است که علاوه‌بر مزیت‌های زیست‌محیطی به چسبندگی بهتر اجزای لاستیک و همچنین برهمکنش بهتر لاستیک با جاده کمک می‌کند. مساحت سطحی بالا، در حد ۲۰۰ مترمربع در هر گرم، موجب بروز چنین ویژگی‌هایی در نانوسیلیکا می‌شود. در مجموع صد تن نانوسیلیکا به صنعت لاستیک‌سازی عرضه کرده‌ایم.»

این دانش‌آموخته رشته مهندسی شیمی دانشگاه صنعتی اصفهان، درباره کاربرد این نانوسیلیکا در صنعت رنگ می‌گوید: «رنگ نیازمند غلظت‌دهنده است، در صورت وجود غلظت‌دهنده، کیفیت رنگ افزایش یافته و به‌سادگی قابل‌استفاده می‌شود. نانوسیلیکا نقش مهمی به‌عنوان غلظت‌دهنده در رنگ دارد. شرکت‌های متعددی در کشور از نانوسیلیکای فراز پویان فدک استفاده می‌کنند.»

دکتر کلاهدوزان از کاربرد این نانوسیلیکا در کشاورزی خبر داد و گفت: «در کشاورزی برای تولید کودهای شیمیایی و سموم از نانوسیلیکا استفاده می‌شود. معمولاً سموم به‌صورت مایع بوده که از نانوسیلیکا به‌عنوان حامل این سموم استفاده می‌شود. با نانوسیلیکا می‌توان سموم را با اثربخشی بالاتر به بازار عرضه کرد.»

مدیرعامل شرکت فراز پویان فدک می‌افزاید: «کودهای شیمیایی نیز به نانوسیلیکا نیاز دارند. با استفاده از این نانوساختار از چسبندگی کودها به هم جلوگیری شده و همچنین بخشی از مواد ریزمغذی موردنیاز گیاه نیز از خود این نانوسیلیکا تأمین می‌شود. برای محصولاتی نظیر گندم و برنج از این نانوساختار استفاده می‌شود.»

طعم‌دهنده‌های نانویی ایرانی وارد سبد غذایی مردم می‌شوند

مدیرعامل شرکت جستجوگران نانو صنعت از تولید و عرضه انواع طعم‌دهنده‌های نانویی برای استفاده در طیف وسیعی از محصولات، از محصولات لبنی گرفته تا انواع چای، نبات و دمنوش خبر داد.

جستجوگران نانو صنعت یکی از شرکت‌های فعال در تولید طعم‌دهنده‌های طبیعی نانویی است که عصاره‌ها و اجزای گیاهان دارویی را در مقیاس نانومتری به بازار عرضه می‌کند.

مهدی احمدی؛ مدیرعامل جستجوگران نانو صنعت در این زمینه گفت: «با شرکت‌هایی نظیر سحرخیز وارد همکاری شدیم تا عصاره‌ها و طعم‌دهنده‌های نانویی به‌منظور استفاده در محصولات غذایی مانند چای، نبات و دمنوش به این شرکت‌ها عرضه شود. همچنین برخی شرکت‌های آرایشی بهداشتی نیز از این عصاره‌های گیاهی نانویی استفاده می‌کنند. با شرکت پگاه وارد کار تحقیق و توسعه شدیم که نتایج کار موردتأیید این شرکت بوده تا از ترکیباتی نظیر عصاره نعنا نانویی برای محصولات لبنی استفاده شود.»

این دانش‌آموخته رشته صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان افزود: «ظرفیت تولید روزانه ۳ تا ۵ تن محصول را داریم که بر اساس سفارش دریافتی، تولید می‌کنیم. در حال حاضر برای دو محصول نانوآمولسیون اسانس زیره و هل سبز گواهی نانومقیاس گرفته‌ایم اما سبد محصولی ما حاوی ۴۵ محصول مختلف است. به‌دنبال راه‌اندازی خط تولید جدیدی هستیم که پس از راه‌اندازی آن به‌سمت صادرات نیز خواهیم رفت. طعم‌دهنده‌های چندگانه داریم که می‌توان از آن‌ها در آدامس‌ها استفاده کرد که در طول زمان طعم آدامس را تغییر می‌دهد. مثلاً ابتدا طعم آدامس نعنایی بوده و بعد از نیم ساعت طعم دیگری مثل دارچین را پیدا می‌کند. این نوع محصولات جذابیت‌های زیادی در بازار دارند.»

با کاهش ابعاد ذرات عصاره گیاهان و رسیدن به مقیاس نانومتری برخی از خواص بالقوه این عصاره بهبودیافته و برخی ویژگی‌های مفید این عصاره‌ها افزایش قابل‌توجهی پیدا می‌کنند. برای مثال ممکن است خواص آنتی‌باکتریال در برخی عصاره‌های نانویی تا ده برابر مقدار مرسوم افزایش یابد.

از این عصاره‌های نانویی می‌توان برای افزایش ماندگاری محصولات پروتئینی نیز استفاده کرد و با اسپری این عصاره‌ها گوشت و مرغ ماندگاری بالاتری پیدا کنند و در عین حال به‌دلیل زیست‌سازگار بودن این عصاره‌ها، مشکلات ایمنی نیز برای مصرف‌کننده نداشته باشد. از دیگر کاربردهای این طعم‌دهنده‌های طبیعی می‌توان به تولید خمیردندان و انواع سس اشاره کرد.

یک‌میلیون نفر از کیت نانویی برای غربالگری سرطان روده استفاده کرده‌اند

به‌گفتهٔ مدیرعامل شرکت زیست تشخیص سنجه، در سال جاری وزارت بهداشت برای غربالگری سرطان روده اقدام کرد که این غربالگری روی سه میلیون نفر انجام شد که یک میلیون نفر با کیت‌های نانویی این شرکت غربالگری شدند.

شرکت زیست تشخیص سنجه تولیدکننده انواع مختلف کیت‌های تشخیص طبی است که کیت تشخیص سرطان روده، کیت تشخیص بارداری، کیت تشخیص هورمون زنانه LH، کیت تشخیص نشانگر تروپونین قلبی (cTnI) برای تشخیص بروز سکته قلبی و همچنین نانوذرات طلا ازجمله محصولات نانویی این شرکت است.

حامد باقری؛ مدیرعامل شرکت دانش‌بنیان زیست تشخیص سنجه می‌گوید: «دو نوع کیت برای تشخیص سرطان روده داریم، کیت نسل قدیم که در ایران وارداتی است و کیت نسل جدید. هر دو کیت نانویی هستند، از کیت نسل قدیم در حال حاضر یک میلیون کیت در سال تولید داریم که برای غربالگری در خانه‌های بهداشت استفاده می‌شود. وزارت بهداشت اقدام به ارزیابی ۳ میلیون نفر برای غربالگری سرطان روده کرده که یک سوم از این افراد با کیت نانویی شرکت زیست تشخیص سنجه غربالگری شده‌اند. کیت جدید نیز در مرحله کارآزمایی بالینی است. در بیمارستان‌های طالقانی و شریعتی روی ۴۰۰ بیمار این کیت‌ها مورد آزمایش قرار گرفته است. پس از عبور از این مرحله و تأیید محصول، به‌دنبال صادرات این کیت‌های نسل جدید هستیم.»

این دانش‌آموخته دکتری رشته بیوتکنولوژی پزشکی از دانشگاه تربیت مدرس می‌گوید: «برای تولید کیت‌های تشخیصی از نانوذرات طلا استفاده می‌کنیم که این نانوذرات با ابعاد ۲۰ تا ۴۰ را خودمان تولید می‌کنیم.»

مدیرعامل شرکت زیست تشخیص سنجه می‌افزاید: «سرطان روده سومین سرطان شایع در بین انواع سرطان‌ها و دومین علت مرگ‌ومیر ناشی از سرطان است، یکی از فاکتورهایی که شانس درمان را افزایش می‌دهد، تشخیص زودهنگام سرطان است. افراد بالای ۵۰ سال هر سال یک بار باید برای سرطان روده غربالگری شوند. برای این تعداد نمی‌توان از کولونوسکوپی استفاده کرد. کولونوسکوپی یک روش تهاجمی است و باید از روش‌های ارزان، سریع و کم‌تهاجمی استفاده کرد. در این فناوری، با یک نمونه‌گیری ساده از مدفوع می‌توان فهمید که فرد به سرطان روده مبتلا هست یا خیر و در صورت مثبت بودن جواب کیت تشخیصی، فرد برای کولونوسکوپی معرفی شود. به‌زودی بیمه‌ها برای استفاده از این کیت‌ها پیش از انجام کولونوسکوپی الزاماتی را خواهند داشت.»

دکتر باقری گفت: «برای تشخیص سکته قلبی نیز کیت تشخیصی داریم، معمولاً زمانی که فرد با نشانه‌های بالینی وارد اورژانس می‌شود، آزمایش خون گرفته می‌شود که نیاز به دو ساعت زمان برای پاسخ‌دهی است. کیت تشخیص سکته قلبی ما در مدت زمان ده دقیقه نتیجه را مشخص می‌کند.»

وی در پایان گفت: «سال ۱۴۰۰ که کار را شروع کردیم سه نفر بودیم، در سال ۱۴۰۱ به ۱۵ نفر رسیدیم و امسال نیز نیروی انسانی ما ۲۰ نفر است. با این تعداد، ده درصد از بازار کیت تشخیص سرطان روده را در اختیار داریم.»

مقره‌های ولتاژ بالا با پوشش نانویی محافظت می‌شوند
کاهش قطع برق در شهرهای با آلودگی بالا

شرکت منیران نیرو صنعت با توسعه و تولید نانوپوشش‌های سیلیکونی، ویژه مقره‌های ولتاژ بالا، به محافظت از مقره‌ها از گزند آلودگی و رطوبت کمک می‌کند. این پوشش‌های نانویی عمر مقره‌ها را افزایش داده و میزان خاموشی‌ها را به‌ویژه در مناطق جنوبی کشور کاهش می‌دهند.

منیره تقوایی؛ مدیرعامل شرکت منیران نیرو صنعت می‌گوید: «ایده کار روی این محصول پس از دوران تحصیل در دوره دکتری مطرح شد. زمانی که در دانشگاه شهید بهشتی در مقطع دکتری مهندسی برق و قدرت روی تأثیر پوشش‌های سیلیکونی بر سیستم‌های انتقال برق کار می‌کردم از طریق شبیه‌سازی و برخی آزمایش‌ها به بررسی این فناوری پرداختم. بعد از دوره دکتری، به‌واسطه تجربیاتی که به دست آمده بودم، ایده کار روی این فناوری مطرح شد، چرا که فناوری پوشش RTV وارداتی بود، ازاین‌رو، با توجه به ماهیت بین‌رشته‌ای این فناوری، با همکاری دوستانم از رشته‌های برق و شیمی روی توسعه فناوری نانوپوشش‌های سیلیکونی کار کردیم. از شروع کار در سال ۱۳۹۶ تا ثبت شرکت در سال ۱۴۰۰ با هزینه شخصی، تحقیق و توسعه را برای رسیدن به محصولی مناسب انجام دادیم و در نهایت محصول موردنظر تولید شد.»

دکتر تقوایی می‌گوید: «مقره‌ها از جنس سیلیکون، شیشه و سرامیک هستند، مقره‌های سیلیکون طول عمر کمی دارند اما برای محیط‌های آلوده مناسب هستند اما مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای استحکام بالایی دارند اما در محیط‌های آلوده به‌سرعت دچار مشکل می‌شوند. ما در این محصول، با ایجاد نانوپوشش سیلیکونی روی سطح مقره‌ها، از مزیت هر دو بخش استفاده کردیم. وجود نانوپوشش سیلیکونی با خواص آب‌گریزی موجب می‌شود در محیط‌های شرجی و آلودگی مقره محافظت‌شده و این پوشش می‌تواند سال‌ها روی سطح مقره سرامیکی و شیشه بماند، حتی بعد از آسیب، امکان ایجاد پوشش مجدد روی مقره وجود دارد که این موضوع از قطع برق در اثر آسیب به مقره جلوگیری می‌کند و هزینه‌ها را کاهش می‌دهد.»

این فارغ‌التحصیل دانشگاه شهید بهشتی در ادامه گفت: «خط

تولید این محصول را راه‌اندازی کرده‌ایم که ظرفیت تولید ۳۰۰ تن در سال را داریم. در گام اول با سازمان برق منطقه هرمزگان قراردادی امضا کردیم که در قالب این قرارداد ۱۰ تن از این محصول خریداری شده است. به‌دنبال توسعه بازار هستیم و نیم‌نگاهی نیز به صادرات داریم. با حمایت ستاد توسعه فناوری نانو و میکرو در کارگاه‌های مربوط به صادرات محصولات دانش‌بنیان شرکت کردیم و علاوه بر این، کارگاه‌های دیگری نیز برای ما برگزار کرده‌اند.»

مدیرعامل شرکت منیران نیرو صنعت درباره حمایت‌های صورت گرفته از این شرکت می‌گوید: «برخی از تست‌ها و کارهای عملی را در مرکز صنعتی‌سازی نانوفناوری کاربردی (ICAN) انجام دادیم و این مرکز زیرساخت‌هایی را برای فعالیت‌های تحقیقاتی در اختیار ما قرار داد. همچنین در بخش جذب تسهیلات نیز از حمایت‌های آیکن استفاده کردیم.»

آلودگی هوا، گردوغبار و شرایط خاص آب و هوایی در نقاط مختلف کشور موجب شده است، کارایی و دوام مقره‌های برق با چالش‌های جدی مواجه شود به‌طوری که این امر در سالیان گذشته باعث قطعی برق و خاموشی‌های زیادی در جنوب کشور شده است. پوشش‌های سیلیکونی برای حفاظت از مقره‌های برق در مقابل شرایط آب و هوایی خاص طراحی و ساخته می‌شوند و چنین نانوپوشش‌های محافظی می‌توانند به میزان قابل‌توجهی در کاهش میزان خاموشی‌ها در مناطق با سطح رطوبت و آلودگی بالا مؤثر باشد.

چه پلتفرم‌هایی برای تولید نانودارو در کشور وجود دارد؟

لیپوزومال، نانوذرات پروتئینی، نانوبلور، مایسل، نانوذرات پلیمری و معدنی و کونژوگه پروتئین-دارو ازجمله پلتفرم‌های مهمی هستند که در داخل کشور برای تولید نانودارو از آن‌ها استفاده می‌شود.

چند پلتفرم مهم دیگر نیز وجود دارد که از آن‌ها در جهان برای تولید نانودارو استفاده می‌شود اما در ایران محصولی با این پلتفرم‌ها نداریم. دندریمرها، پروتئین‌های ویروسی، ذرات ویروس مانند و mRNA/siRNA ازجمله این پلتفرم‌های مهم هستند که با تحقیق و توسعه، می‌توان از آن‌ها نیز برای تولید نانودارو در داخل کشور استفاده کرد.

بررسی اطلاعات علمی نشان می‌دهد که سه پلتفرم Tissue-derived vehicles، targeted delivery و Targeted degradation پتانسیل بالایی برای تولید نانودارو دارند، هرچند هنوز از آن‌ها برای تولید دار وی تجاری، نه در داخل و نه خارج کشور، استفاده نشده است.

در حال حاضر ارزش بازار جهانی دارو ۱۴۰۰میلیارد دلار بوده و در داخل کشور این بازار حجمی در حدود ۶۰هزار میلیارد تومان دارد. سرانه جهانی هزینه دارو ۱۶۵ دلار و در ایران ۷۵ دلار است. ارزش واردات دارو در کشور کمتر از دو میلیارد دلار بوده که می‌توان گفت بیشتر داروهای مصرفی در داخل کشور تولید می‌شود. ۹۷درصد از داروهای مصرفی در داخل کشور، تولید داخل بوده و بخش کوچکی از آن‌ها وارد می‌شود.

در بازار جهانی، کمتر از ۱۰۰ نانودارو به ارزش تقریباً ۵۴میلیارد دلار تولید و توزیع می‌شود که این رقم در داخل کشور ۱۶ نانو دارو بوده که ۷۲۱میلیارد تومان ارزش آن است.

در ادامه به بررسی برخی از نانوداروهای ایرانی، پلتفرم‌های آن‌ها و همچنین مقایسه قیمتی با نمونه‌های خارجی پرداخته می‌شود:

سینا دوکسوزوم ساخته شده توسط شرکت اکسیر نانو سینا، یک داروی ضدتومور است که در درمان سرطان پستان متاستازدهنده به‌ویژه در بیمارانی که در معرض یا دارای مشکلات قلبی هستند و همچنین درمان سرطان تخمدان پیشرفته استفاده می‌شود. قیمت نمونه جهانی این دارو ۶۵ دلار بوده و قیمت نمونه داخلی ۷۵۰هزار تومان است.

نانوداروی ضدسرطان پاکلی‌نب، برای درمان سرطان‌هایی مانند سینه، ریه و پانکراس توسط شرکت نانوداروپژوهان تولید

شده است. این نانودارو با نفوذ به بافت سرطانی، از پیشرفت تومور جلوگیری کرده و باعث نابودی بافت سرطانی می‌شود. پلتفرم مورداستفاده برای این نانودارو، کونژوگه پروتئین-دارو است، ارزش بازار جهانی آن ۱٫۲میلیارد دلار بوده، قیمت نمونه جهانی دارو ۸۰ دلار بوده و قیمت نمونه داخلی ۱میلیون و ۸۰۰هزار تومان است.

پادینکس یک ترکیب زوج شده یا کونژوگه (Conjugate) آنتی‌بادی-دارو است که برای مقابله با سرطان پستان تولید شده است. بازار جهانی این دارو در سال ۲۰۲۱ در حدود ۲٫۱میلیارد دلار بوده است، قیمت نمونه جهانی این دارو ۳۹۵۰ دلار بوده و نمونه داخلی ۹میلیون تومان قیمت دارد.

دپوستیوا (Depostiva) حاوی تریامسینولون استونايد لود شده در داخل میکروکره‌های پلیمری است که برای تسکین درد زانو تولید شده است. پلتفرم این دارو، کونژوگه آنتی‌بادی- دارو است، قیمت نمونه خارجی این دارو ۶۶۵ دلار بوده در حالی که این داروی ایرانی ۴۳۸هزار تومان قیمت دارد.

سیناآمفولیش نانوداروییی است که از فناوری نانولیپوزوم استفاده می‌کند که برای درمان لیشمانیا تجویز می‌شود.

داروی امند از پلتفرم نانوبلور بهره‌مند بوده که برای کاهش حالت تهوع پس از شیمی‌درمانی از آن استفاده می‌شود. ارزش جهانی این دارو ۱۲۷میلیون دلار است.

ارتقای کیفیت فراورده‌های دامی با نانومکمل‌های معدنی ساخت داخل

متخصصان یک شرکت دانش‌بنیان با هدف تحقق امنیت غذایی، مکمل‌های معدنی مورداستفاده دام را با تکیه به فناوری نانو تولید کردند تا با افزایش جذب و اثربخشی این مکمل‌ها، کیفیت فراورده‌های دامی ارتقا یابد.

فاطمه سقطچی؛ مدیرعامل شرکت دانش‌بنیان ایمن نانو فام، به معرفی محصول دانش‌بنیان این شرکت تحت عنوان نسل سوم نانو مکمل‌های معدنی روی برای خوراک دام، طیور و حیوانات خانگی پرداخت و گفت: «این محصول مزایای محصولات دو نسل قبل را به‌صورت هم‌زمان داشته و معایب آن‌ها را ندارد.»

وی ادامه داد: «قابلیت جذب بالا و عدم تداخل با سایر ریزمغذی‌ها، اثربخشی و ایمنی‌زایی بالا در دام و طیور، پایداری بالای کیفیت محصول در برابر تغییرات محیطی مانند رطوبت و دما، ماندگاری بالا و فناوری نوین در صنعت تولید آن از دیگر مزیت‌های این محصول دانش‌بنیان است.»

سقطچی درباره نمونه‌های خارجی گفت: «تنها تولیدکننده خارجی این مکمل‌ها یک شرکت آمریکایی- هلندی است که پس از ۱۰ سال تحقیق و توسعه این محصول را به‌عنوان نسل سوم مکمل معدنی خوراک دام معرفی کرده است که برای انواع دام سبک و سنگین، انواع طیور و آبزیان و اسب و انواع حیوانات خانگی کاربرد دارد و کارایی آن توسط سازمان ایمنی مواد غذایی اروپا (EFSA) تأیید شده است.»

مدیرعامل شرکت ایمن نانو فام در خصوص صادرات و فروش آن در داخل گفت: «با توجه به دانش به‌روز این محصول، پتانسیل صادرات آن به کشورهای توسعه‌یافته و کشورهای همسایه وجود دارد و می‌تواند علاوه‌بر تأمین نیاز کشور و کمک به تأمین غذای سالم برای جامعه، ارزآوری بالایی برای کشور داشته باشد.»

سقطچی ادامه داد: «طولانی‌شدن فرایند اخذ مجوزها منجر به فروش کم در سال گذشته شد ولی برای امسال قراردادهای مناسبی با شرکت‌های تولیدکننده مکمل برای دام و طیور منعقد کرده‌ایم.»

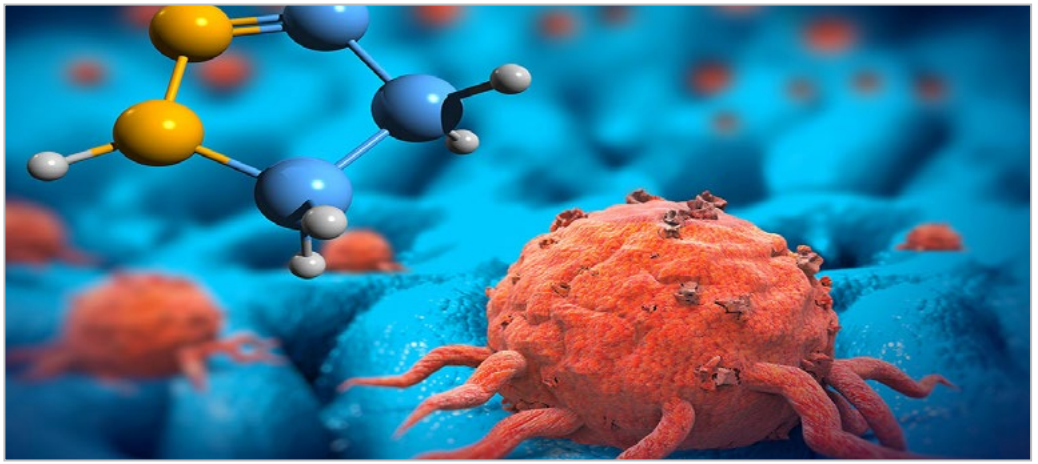
این فعال حوزه فناوری، با بیان اینکه زمینه توسعه پژوهش‌ها در این شرکت فراهم شده است، خاطرنشان کرد: «در حال حاضر

چهار نیروی انسانی به‌صورت مستقیم و تمام‌وقت در حال فعالیت هستند این در حالی است که تعداد اشتغال ایجاد شده غیرمستقیم با توجه به حلقه‌های کسب‌وکار بسیار بالاتر است.»

سقطچی با اشاره به تولید و فرمولاسیون محصولات پیشرفته شیمیایی و نانویی به اهداف این شرکت پرداخت و بیان کرد: «شرکت ایمن نانو فام به‌منظور دستیابی به کیفیت مطلوب در تولید فراورده‌های دامی، بی‌خطری و اثربخشی و در جهت برآورده‌کردن تمام الزامات قانونی و مقرراتی و همچنین خواسته‌های مشتریان، اقدام به پیاده‌سازی و استقرار سیستم مدیریت کیفیت در زمینه تولید و عرضه محصولات دامی، بر مبنای الزامات استاندارد ۹۰۰۱ کرده است.»

وی استفاده از فناوری‌های نوین را از اولویت‌های راهبردی کشور و این شرکت دانش‌بنیان دانست و عنوان کرد: «با وجود محدودیت‌های مختلف در مسیر تولید گوشت دام، طیور و آبزیان مانند شرایط آب و هوایی و... استفاده از محصولات مبتنی بر فناوری‌های نوین جهت بهبود بازدهی تولیدات گوشت در کشور جزو مهم‌ترین اقدامات به شمار می‌رود.»

دانشگاه اصفهان:
تثبیت داروهای ضدسرطان با نانوساختارهای انتقال هدفمند دارو



محققان دانشگاه اصفهان در قالب یک طرح پسادکتری موفق به تثبیت داروهای ضدسرطان دوکسوروبیسین و پمتریکس و عامل هدفمندکننده گلوتأمین در سطح طلا و بررسی اندرکنش نانوساختارهای حاصل با سلول‌های سرطانی شدند.

فاطمه یعقوبی؛ محقق پسادکتری شیمی تجزیه که طرح «تثبیت داروهای ضدسرطان دوکسوروبیسین و پمتریکس و عامل هدفمندکننده گلوتأمین در سطح طلا: تهیه، توصیف فیزیک و شیمیایی و بررسی اندرکنش نانوساختارهای حاصل با سلول‌های سرطانی» را با راهنمایی رضا کریمی شرودانی و حمایت بنیاد ملی علم ایران انجام داد در خصوص این طرح گفت: «تثبیت مولکول‌ها و بیومولکول‌ها در سطح، امکان طراحی و ساخت سامانه‌های جدید شیمیایی و بیوشیمیایی را فراهم می‌کند. ازجمله کاربردهای تخصصی این تکنیک می‌توان به طراحی و ساخت سامانه‌های جدید و پیشرفته در تکنولوژی هدفمندشده انتقال داروها به‌ویژه داروهای ضدسرطان اشاره کرد.»

وی ادامه داد: «به‌کارگیری نانوفناوری، راه‌های جدیدی را برای تهیه، توسعه و حمل کارآمد و مؤثر داروهای ضدسرطان باز کرده است، در همین راستا، تاکنون انواع مختلفی از سامانه‌های چندعاملی بر پایهٔ پلیمرها، ساختارهای مزومتخلخل، ترکیبات مغناطیسی و طلا برای تثبیت و انتقال داروها در درمان ترکیبی استفاده شده است اما مقاومت دارویی در رابطه با درمان سرطان، یک چالش اساسی محسوب می‌شود.»

این پژوهشگر در ادامه بیان کرد: «تلاش‌های زیادی برای غلبه بر مشکلات مقاومت دارویی انجام شده است. ازجمله داروهای ضدسرطان که از نظر جهانی موردتوجه قرار دارند، دوکسوروبیسین و پمتریکس است. هدف ما در این تحقیق، در ابتدا تثبیت گلوتأمین به‌عنوان عامل هدفمندکننده در سطح طلا، سپس توصیف و بررسی رفتار فیزیکوشیمیایی نانوساختارهای حاصل شده بود.»

به‌گفتهٔ وی در ادامه کار از سطح هدفمندشده برای تثبیت داروهای ضدسرطان از طریق برهم‌کنش‌های کووالانسی استفاده شده و نانوساختارهای حاصل که حاوی عامل هدفمندکننده و داروهای ضدسرطان هستند نیز از نظر پایداری و به دست آوردن اطلاعات بنیادی بررسی و مطالعه شدند.»

یعقوبی درباره نتایج این طرح گفت: «نتایج این تحقیق می‌تواند در تولید دانش فنی برای تهیه نانوساختارهای تشخیصی درمانی ترکیبی هدفمندشده، مفید و کارآمد باشد و در سطح بین‌المللی، افق‌های روشنی را در سنتز نانوساختارهای هدفمند انتقال داروهای ضدسرطان ایجاد کند.»

وی در پایان خاطرنشان کرد: «امکانات و تجهیزات آزمایشگاهی بزرگ‌ترین مشکل پیش روی انجام این طرح بود و دستگاه‌های موردنیاز باید طوری تنظیم می‌شد که سلول‌های مورد آزمایش، از بین نروند. این موضوعات، مشکلاتی بود که در انجام طرح وجود داشت اما توانستیم این مشکلات را برطرف و طرح را به نتیجه برسانیم.»

دانشگاه شهید بهشتی:

استفاده از نانو فیلتراسیون برای کاهش آسیب‌های محیط‌زیستی

«حذف آلاینده‌های آلی و معدنی از محیط‌های آبی با استفاده از غشاهای نانوفیلتراسیون پلی‌اترسولفون اصلاح‌شده با نانوفیلر کربن کروی» عنوان طرحی است که زینب سلحشور در قالب رساله دکتری و با راهنمایی افسانه شهبازی انجام داده است.

سلحشور که مدرک کارشناسی‌ارشد و دکتری تخصصی خود را در رشته آلودگی محیط‌زیست از دانشگاه شهید بهشتی دریافت کرده است، درباره این طرح گفت: «در حال حاضر و با رشد اقتصادی جهانی، نگرانی‌ها در مورد بسیاری از مسائل محیط‌زیست افزایش یافته است. امروزه بحران آب در بسیاری از کشورهایی که برای برآورده‌کردن نیازهای آبی سالیانه یا فصلی خود با کمبود آب مواجه هستند، به یک نگرانی بزرگ تبدیل شده است. در شرایط کاهش منابع آب، جست‌وجو برای منابع آبی جدید و نیاز به بازیافت آب، موضوع آلودگی آب به‌عنوان یک مشکل فراگیر مطرح است؛ بنابراین استفاده از فناوری‌های تصفیه و استفاده مجدد از منابع آب غیرمتعارف یا شیرین‌سازی منابع آب شور و لب‌شور نقشی کلیدی در حل بحران آب در آینده دارد.»

وی افزود: «تصفیه و استفاده مجدد از منابع آب غیرمتعارف به‌منظور تأمین آب برای مقاصد مختلف از قبیل آبیاری، خنک‌کننده‌های نیروگاه‌ها، فرایندهای صنعتی و تغذیه آب‌های زیرزمینی به کار گرفته شده است. راه‌های مختلفی از قبیل لاگون‌های هوادهی، لجن فعال، برکه‌های تثبیت، استفاده از صافی‌ها، جاذب‌ها، نانوجاذب‌ها و روش‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی برای تصفیه آب و فاضلاب وجود دارد. این روش‌ها به دلایلی مانند مشکل بودن فرایند تصفیه، صرف انرژی زیاد، هزینه بالا، تولید ضایعات، راندمان اغلب پایین و موضوعات مربوط به سرنوشت و انتقال نانومواد در محیط‌های آبی با محدودیت‌هایی همراه هستند. از طرفی روش‌های سنتی تصفیه هم قادر به حذف مؤثر آلاینده‌های نوظهور مانند داروها و مواد آرایشی و بهداشتی نیستند.»

سلحشور در ادامه گفت: «طی دو دهه اخیر استفاده از فناوری‌های تصفیه غشایی موردتوجه محققان قرار گرفته است. ازجمله مهم‌ترین مزیت‌های فرایندهای غشایی می‌توان به راندمان بسیار بالا برای حذف انواع آلاینده‌ها، هزینه‌های راه‌اندازی و بهره‌برداری نسبتاً پایین، عملکرد انتخابی و استفاده

در طیف وسیعی از کاربردها اشاره کرد.»

وی تصریح کرد: «با وجودی که ایران از نظر جغرافیایی در یک اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته است، دسترسی به آب‌های آزاد خلیج‌فارس و دریای عمان و دریاچه لب‌شور خزر در کنار حجم عظیم منابع آب خاکستری می‌تواند به‌عنوان فرصتی برای شیرین‌سازی و تصفیه منابع آب غیرمتعارف در جهت جبران این کمبودها تلقی شود.»

این محقق و پژوهشگر در ادامه بیان کرد: «نانوفیلترهای ساخته شده در این تحقیق، برای بهبود عملکرد غشاهای مورداستفاده در صنایع آب‌شیرین‌کن صنعتی و تصفیه پیشرفته آب و فاضلاب، کاربرد دارند.»

سلحشور در پایان خاطرنشان کرد: «برای دریافت داده‌ها از نهادهای مرتبط، مشکلاتی داشتیم. علاوه بر این، گران‌شدن دلار روی مواد ساخت پلیمری که برای تحقیق نیاز داشتیم، اثر گذاشت و هزینه‌ها به‌شکل سرسام‌آوری افزایش یافت. با وجود تمامی این مشکلات توانستیم طرح را در موعد مقرر به پایان برسانیم.»

نانو در فناوری‌های کوانتومی

در پهنهٔ همواره در حال تحول علم و فناوری، دو حوزه فناوری‌های کوانتومی و علوم و فناوری‌های نانو به‌طور خاص موردتوجه قرار گرفته‌اند. این دو حوزه مهم اشتراکات زیادی با هم دارند. هر دو زمینه به دستکاری ماده در سطح اتمی و مولکولی می‌پردازند. فناوری‌های کوانتومی با حالت‌های کوانتومی ماده ارتباط دارند، در حالی که فناوری نانو به دستکاری ماده در مقیاس نانو می‌پردازد. این دو موضوع، در خط مقدم تحقیقات جدید و نوآوری‌ها قرار دارند و این پتانسیل را دارند که جنبه‌های مختلف زندگی ما را، از محاسبات و ارتباطات گرفته تا مواد و پزشکی، متحول سازند. در فناوری‌های کوانتومی از اصول مکانیک کوانتوم برای بهره‌برداری از پدیده‌های کوانتومی و ساخت ابزارهای منحصربه‌فرد استفاده می‌کنند. به‌طور مشابه، در فناوری‌های نانو با به‌کارگیری تکنیک‌های ساخت و دستکاری مواد در مقیاس نانو، جایی که اثرات کوانتومی نیز قابل‌توجه می‌شوند، ویژگی‌ها و کاربردهای مطلوب دنبال می‌شوند.

از سوی دیگر رابطه نانو و کوانتوم یک رابطه دوطرفه است. از یک سو مهندسی مواد و کنترل دقیق رفتار ماده در مقیاس نانو لازمه طراحی و تحقق دستگاه‌ها و سیستم‌های پیشرفته کوانتومی با عملکردهای بهبود یافته است؛ و از سوی دیگر، مطالعه اثرات کوانتومی در سیستم‌های نانومقیاس فرصت‌های جدیدی را برای توسعه کاربردهای نوآورانه مبتنی بر نانو باز می‌کند. این ارتباط متقابل و هم‌گرایی فناوری‌های کوانتومی و نانوفناوری فرصت‌های همکاری زیادی برای محققان دو حوزه فراهم می‌کند.

هدف از این گزارش، ارائه یک نمای کلی از ناحیه مشترک بین فناوری‌های کوانتومی و نانوفناوری است؛ اما ابتدا لازم است به بیان اهمیت، زمینه تاریخی و گسترهٔ فناوری‌های کوانتومی بپردازیم.

گستره فناوری‌های کوانتومی

فناوری‌های کوانتومی یک حوزه در حال تحول در فصل مشترک فیزیک و مهندسی است و بر بهره‌برداری از ویژگی‌های منحصربه‌فرد مکانیک کوانتوم تمرکز دارد. این حوزه شامل طیف گسترده‌ای از فناوری‌هایی است که بر پدیده‌های کوانتومی ازجمله درهم‌تنیدگی کوانتومی، برهم‌نهی و تونل‌زنی، تکیه می‌کنند. محاسبات، حسگرها، رمزنگاری، شبیه‌سازی، اندازه‌گیری و تصویربرداری کوانتومی ازجمله حوزه‌های فناوری‌های نوظهور کوانتومی هستند. با این حال عموماً فناوری‌های کوانتومی با سه حوزه اصلیِ محاسبات کوانتومی[1]، ارتباطات کوانتومی[2] و حسگری کوانتومی[3] شناخته می‌شوند (شکل ۱) [۱]، [۲].

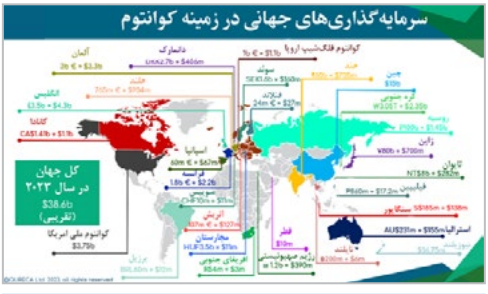
فناوری‌های کوانتومی در زمره فناوری‌های برافکن[4] و آینده‌ساز هستند [۳] و پیشرفت و توسعه بخش‌های مختلف آن، کاربردهای عمیق و انقلابی در بسیاری از حوزه‌ها، حتی در زمینه‌های جدیدی مثل مأموریت‌های فضایی دارد و می‌تواند در تلاش برای درک جهان هستی، در زمینه ارتباطات، حسگری و محاسبات تحول ایجاد کند [۴].

اهمیت بالای فناوری‌های کوانتومی و تأثیر مهمی که این فناوری‌ها در آینده خواهند داشت، باعث شده در سال‌های اخیر سرمایه‌گذاری‌های نسبتاً بزرگی بر روی توسعه این فناوری‌ها انجام شود. میزان سرمایه‌گذاری‌های کشورها در حوزه کوانتوم تا انتهای سال ۲۰۲۳ در شکل ۲ مشخص شده است. اعداد نوشته شده در این شکل عموماً مربوط به دوره‌های ۳ تا ۶ ساله هستند [۵].

چند مورد از کاربردهای این فناوری عبارت‌اند از:

- در حوزه انرژی، محاسبات کوانتومی می‌تواند برای حل مسائل پیچیده بهینه‌سازی، مانند مسئله یافتن ارزان‌ترین راه برای تولید و توزیع برق، استفاده شود و به بهبود کارایی شبکه انرژی و کاهش هزینه‌ها کمک کند [۶].
- در حوزه امنیتی دفاعی، کامپیوترهای کوانتومی در حل مسائل پیچیده بهینه‌سازی در زنجیره تأمین، لجستیک و امور مالی تحول‌آفرین خواهند بود [۷].
- در حوزه هوافضا، سیستم‌های ارتباطی کوانتومی مبتنی بر لیزر می‌توانند انتقال داده‌ها بین پایگاه‌ها را سریع‌تر و امن‌تر انجام دهند [۸]، [۹].
- در حوزه معدن، حسگرهای کوانتومی می‌توانند خواص مغناطیسی و گرانشی منابع معدنی را با دقت بالا در اعماق زمین اندازه‌گیری کنند که منجر به اکتشافات معدنی جدید می‌شود. حسگرهای کوانتومی نسبت به حسگرهای کلاسیک حساس‌تر هستند و می‌توانند تغییرات بسیار کوچک در میدان‌های مغناطیسی و گرانشی را تشخیص دهند. این فناوری با ایجاد امکان کشف ذخایر معدنی جدید، پتانسیل ایجاد انقلابی در اکتشاف مواد معدنی را دارد [۱۰].
- در حوزه سلامت، محاسبات کوانتومی پتانسیل ایجاد انقلابی در روش‌های تشخیص و درمان بیماری را دارد. با استفاده از قدرت کامپیوترهای کوانتومی، می‌توانیم محاسباتی را انجام دهیم که منجر به پیشرفت‌هایی در زمینه‌هایی مانند کشف داروها و تشخیص بیماری شود [۱۱].

شکل ۱- سه بخش اصلی فناوری‌های کوانتومی



شکل ۲- سرمایه‌گذاری کشورها در حوزه فناوری‌های کوانتومی در سال ۲۰۲۳ [۵]

پیشینه فناوری‌های کوانتومی

تاریخچه فناوری کوانتوم را می‌توان در اوایل قرن بیستم جستجو کرد، زمانی که دانشمندان مشهوری مانند مکس پلانک، آلبرت انیشتین و نیلز بور پایه و اساس نظریه کوانتوم را بنا نهادند. مشارکت‌های پیشگامانه آن‌ها درک ما از رفتار ماده و انرژی در سطح اتمی و زیر اتمی را متحول ساخت. یافته‌هایی

شکل ۳- مواردی دیگر از کاربردهای فناوری‌های کوانتومی

مانند تونل‌زنی کوانتومی، فرمول‌بندی معادله شرودینگر و کشف درهم‌تنیدگی کوانتومی عملاً انقلاب اول کوانتوم بود و راه را برای ظهور فناوری‌های کوانتومی هموار کرد و مسیر پیشرفت‌های علمی در این زمینه را ترسیم کرد [۱۲].

با این وجود، معرفی و آغاز به کار رسمی حوزه فناوری‌های کوانتومی در اواخر دهه ۱۹۹۰ و اوایل دهه ۲۰۰۰ اتفاق افتاد. در سال ۱۹۹۶، «جرارد جی. میلبرن»[۶] مفهوم فناوری کوانتومی را در کتاب[۷] خود مطرح کرد و چارچوبی برای تحقیق آن فراهم کرد [۱۵]. سپس مقالات اولیه در سال ۲۰۰۳ توسط «جاناتان پی

شکل ۴- تصویر اولین کنفرانس سولوی در سال ۱۹۱۱ در هتل متروپل بروکسل [۱۳]،[۱۴] [۵]

داولینگ»[۸] و جرارد جی. میلبرن دنبال شد و انقلاب دوم کوانتوم رسماً کلید خورد [۱۶].

انتشار این مقالات مزایا و کاربردهای بالقوه فناوری‌های کوانتومی را مشخص کرد و تحقیقات بیشتری را در این زمینه به راه انداخت. روی‌هم‌رفته، این نقاط عطف تاریخی و کارهای بنیادی، رشد و پیشرفت فناوری‌های کوانتومی را به‌سمت وضعیت متحول‌کننده امروزی، سوق داده است. شکل ۵ و جدول ۱ سیر زمانی بعضی تحولات در زمینه فناوری‌های کوانتومی را نشان می‌دهند.

البته روند توسعه در هریک از حوزه‌های پیشرو در فناوری‌های کوانتوم -که در شکل ۵ نشان داده شده است- ادامه‌دار است و هر یک سیر زمانی تحول مربوط به خود را دارند. به‌عنوان مثال،

شکل ۵- سیر زمانی پیشرفت در فناوری‌های کوانتومی [۱۷]

جدول ۱- سیر زمانی اتفاقات مهم در محاسبات کوانتومی [۱۸]

۱۹۰۵	توضیح اثر فوتوالکتریک توسط انیشتین و با ماهیت کوانتومی نور
۱۹۲۴	اولین استفاده از عبارت «مکانیک کوانتومی» توسط ماکس بورن
۱۹۳۵	مطرح‌شدن آزمایش ذهنی گربه شرودینگر؛ ابداع مفهوم درهم‌تنیدگی کوانتومی
۱۹۷۶	اولین تلاش برای ایجاد نظریه اطلاعات کوانتومی توسط اینگاردن [۹]
۱۹۸۵	فرمول‌بندی اولین توصیف از یک ماشین تورینگ[۱۰] کوانتومی (کامپیوتر کوانتومی یکپارچه)
۱۹۹۹	برای اولین بار نشان داده شد که یک مدار ابررسانا می‌تواند به‌عنوان کیوبیت استفاده شود
۲۰۱۱	اولین کامپیوتر کوانتومی تجاری با پردازنده ۱۲۸ کیوبیتی توسط شرکت «دی-وِیو»[۱۱] ارائه شد
۲۰۱۹	گوگل اعلام کرد برای اولین بار به «برتری کوانتومی»[۱۲] دست یافته است [۱۹]
۲۰۲۲	شرکت IBM از قوی‌ترین پردازنده خود به نام Osprey با ۴۳۳ کیوبیت رونمایی کرد [۲۰]

انتظار می‌رود حسگرهای کوانتومی جدید در آینده نزدیک در بازارهای تجاری ظاهر شوند، در حالی که کامپیوترهای کوانتومی بیش از یک دهه دیگر تا رسیدن به این مرحله فاصله دارند. این سیرهای زمانی بر اساس پیش‌بینی‌های دانشمندان و محققان برجسته این حوزه است؛ با این حال تاریخ نشان داده است که پیش‌بینی سیر زمانی فناوری‌های برافکن ازجمله فناوری‌های کوانتومی بسیار دشوار است؛ به همین سبب برنامه‌ها و سیرهای زمانی این حوزه به‌طور مرتب به‌روز می‌شوند [۱۷].

تعریف دقیق فناوری‌های کوانتومی

همان‌طور که گفته شد، فناوری‌های کوانتومی بر استفاده از اصول مکانیک کوانتوم بنا شده‌اند؛ اما در این خصوص یک ابهام وجود دارد؛ چرا فناوری‌های بسیاری هستند که پیش از این به‌واسطه اثرات کوانتومی همچون اسپین، تونل‌زنی یا ترازهای گسسته انرژی پیشرفت‌های قابل‌توجهی ایجاد کرده‌اند؛ به‌عنوان مثال دستگاه‌هایی نظیر لیزر، ترانزیستورها، ادوات نیمه‌رسانا و تصویرگر MRI. در حالی که هیچ‌یک از این‌ها در زمره فناوری‌های کوانتومی نمی‌گنجند. این دستگاه‌ها که اغلب به آن‌ها فناوری‌های «کوانتوم ۱٫۰» (حاصل انقلاب اول کوانتوم) اطلاق می‌شود، از اثرات و نتایج مکانیک کوانتومی در عملکرد خود استفاده می‌کنند. در عین حال، یک دسته از دستگاه‌ها به نام فناوری‌های «کوانتوم ۲٫۰» (حاصل انقلاب دوم کوانتوم) وجود دارد که فراتر از وابستگی منفعل به اثرات کوانتومی پیش می‌رود و به‌طور فعال، حالت‌های کوانتومی ماده را با استفاده از پدیده‌هایی همچون برهم‌نهی و درهم‌تنیدگی ایجاد، دستکاری و بازخوانی می‌کند. این دستگاه‌های کوانتوم ۲٫۰ یک تغییر الگو در فناوری‌ها ایجاد می‌کنند و موجب پیشرفت‌های انقلابی در زمینه‌هایی مانند محاسبات، ارتباطات، حسگری و غیره می‌شوند [۲۱]. با علم به این موضوع، منظور از فناوری‌های کوانتومی در این گزارش و غالب متون علمی، فناوری‌های دسته «کوانتوم ۲٫۰» است.

در حوزه فناوری‌های کوانتومی، جهان هنوز در ابتدای راه قرار دارد. امید است که در چند سال آینده، سیستم‌های محاسبات کوانتومی به ظرفیت پردازش چندهزار کیوبیت برسند و عملکرد فوق‌العاده بهتری نسبت به قوی‌ترین کامپیوترهای کلاسیک نشان دهند. در این صورت شبیه‌سازهای کوانتومی توانایی حل مسائل فراتر از ظرفیت ابرکامپیوترها را خواهند داشت. این فناوری‌ها نوید بهبود در ابزارهای روزمره مانند ناوبری، سیستم‌های زمان‌سنج، امنیت ارتباطات، کامپیوترها و تصویربرداری پزشکی دقیق را می‌دهند. امروزه همچنان استارتاپ‌ها و شرکت‌های جدید بسیاری در موضوعات مختلف فناوری‌های کوانتومی با هدف توسعه این فناوری‌ها در حال

شکل ۶- موضوعات برتر فناوری‌های کوانتومی در سال ۲۰۲۳، بر اساس نتایج بررسی استارتاپ‌ها و شرکت‌های نوظهور [۲۲]

شکل ۷- نمایش شماتیک علم کوانتوم-نانو و موضوعات مهم موردبررسی در آن [۲۳]

پدید آمدن هستند. شکل ۶ نتیجه بررسی تعداد زیادی از این شرکت‌ها را نشان می‌دهد [۲۲].

همان‌طور که فناوری‌های کوانتومی به پیشرفت ادامه می‌دهند، همکاری نزدیک محققان و مهندسان سایر حوزه‌های فناوری نیز ضروری می‌نماید. با ترکیب اصول مکانیک کوانتومی با فناوری‌هایی مثل نانو، کشفیات بزرگ‌تری حاصل می‌شود و روند پیشرفت فناوری‌های انقلابی سرعت می‌گیرد.

علوم و فناوری کوانتوم-نانو[۱۳]

با افزایش توجه و علاقه جامعه علمی جهان به حوزه مشترک فناوری کوانتوم و نانو، یک سرفصل جدید در منابع علمی دیده می‌شود که علوم کوانتوم-نانو (Quantum Nanoscience) نام گرفته است. علوم کوانتوم-نانو یک حوزه بین‌رشته‌ای است که اصول مکانیک کوانتومی را با علم و فناوری سیستم‌های نانو ترکیب می‌کند و بر روی مطالعه و دستکاری مواد و پدیده‌ها در فصل مشترک فیزیک کوانتوم و نانو تمرکز دارد. هدف علوم کوانتوم-نانو درک رفتار مکانیک کوانتومی منحصربه‌فرد بروزیافته در سیستم‌های نانومقیاس و استفاده از این دانش برای توسعه مواد، دستگاه‌ها و فناوری‌های جدید با عملکرد بهتر است [۲۳].

علوم کوانتوم-نانو گستره وسیعی از زمینه‌های تحقیقاتی را دربرمی‌گیرد و شامل مطالعه نقاط کوانتومی، نانوسیم‌ها، نانولوله‌ها و دیگر ساختارهای نانومقیاس می‌شود. این ساختارها همگی به‌دلیل اندازه کوچک و امکان محصور شدن[۱۴] الکترون‌ها خواص کوانتومی از خود نشان می‌دهند. علوم کوانتوم-نانو همچنین پدیده‌های انتقال کوانتومی مانند تونل‌زنی الکترون و انتقال بالستیک را در ابزارهای نانو بررسی می‌کند. علاوه بر این، برهمکنش بین سیستم‌های نوری و نانومقیاس را بررسی می‌کند که منجر به پیشرفت‌هایی در زمینه‌هایی مانند پلاسمونیک، اپتیک کوانتومی و نانوفوتونیک می‌شود [۲۴].

یکی از اهداف اصلی علوم کوانتوم-نانو تسلط بر اثرات کوانتومی برای کاربردهای عملی است. هدف محققان در این زمینه طراحی و مهندسی سیستم‌های نانومقیاس با خواص کوانتومی مناسب برای کاربردهای مختلف ازجمله محاسبات کوانتومی، ارتباطات کوانتومی و حسگری است. علم کوانتوم-نانو نوید انقلاب در حوزه‌های مختلف را می‌دهد، پیشرفت در محاسبات، ارتباطات و سنجش را ممکن می‌سازد و راه را برای پیشرفت‌های آینده در فناوری نانو و فناوری‌های کوانتومی هموار می‌کند.

■ مروری بر علوم کوانتوم-نانو

اولین اشاره به علوم کوانتوم-نانو در متون علمی احتمالاً به سال ۲۰۰۸ برمی‌گردد؛ جایی که پروفسور «جرارد جی میلبرن»[۱۵] -که همان‌طور که در بخش قبل اشاره شد، از پیشگامان فناوری‌های کوانتومی و به‌ویژه اپتیک کوانتومی است- مقاله‌ای با همین عنوان در مجله «فیزیک معاصر»[۱۶] به چاپ رساند [۲۵]. بر اساس این مقاله، موضوع اصلی در علوم کوانتوم-نانو به‌کارگیری نظریه کوانتوم در طراحی مواد و دستگاه‌های نانومتری جدید است. بر این اساس، «نانوفناوری مواد»[۱۷] به یک مجموعه فناوری، تکنیک‌ها و فرایندها اشاره دارد که سعی در ایجاد مواد جدید با دستکاری اجزای اتمی، مولکولی و ماکرومولکولی ماده دارد. در حالی که «نانوفناوری دستگاه»[۱۸] نیازمند پردازش پیچیده‌تر اجزا در مقیاس نانومتری است و به‌طور معمول از مواد متنوع، نانوساخت، لایه‌های چندگانه و

حتی اجزای متحرک استفاده می‌کند. در این مقاله به‌عنوان نمونه‌ای از نانوفناوری مواد، به ساخت سلول‌های خورشیدی بر پایهٔ نانومیله‌های نیمه‌رسانا اشاره شده است که ویژگی‌های نوری و الکترونی آن‌ها متأثر از کوانتومی‌شدن انرژی الکترون‌ها در بلور است. همچنین ذکر شده که کاربرد کوانتوم-نانو در دستگاه، در رقابت جهانی برای ساخت یک کامپیوتر کوانتومی دیده می‌شود. بنابراین هم مواد و هم دستگاه‌ها می‌توانند ویژگی‌ها و عملکردهای جدیدی را به نمایش بگذارند که توسط قوانین دنیای کوانتوم و در مقیاس نانو تعیین می‌شوند [۲۵].

این مقاله تا سال‌ها به‌عنوان تنها مرجع معتبر این زمینه باقی ماند. تا اینکه در سال ۲۰۱۷ مرکز تازه تأسیس علوم کوانتوم-نانو (QNS) در مؤسسه علوم پایه (IBS)[۱۹] کره‌جنوبی یک کارگاه برگزار کرد و محققان برتر حوزه‌های مختلف را گرد هم آورد که شامل آزمایشگران و نظریه‌پردازان پیشرو در زمینه‌های مربوط به مهندسی کوانتوم، نقاط کوانتومی، مراکز نقص نیتروژن-تهی‌جا (NV)، اسپین‌های سطحی و... از سراسر جهان بود. از بین شرکت‌کنندگان می‌توان به پیشگامانی مانند «دان ایگلر»[۲۰]، برنده جایزه کاولی[۲۱] در سال ۲۰۱۰، «دانیل لاس»[۲۲]، نظریه‌پرداز برجسته‌ای که در سال ۱۹۹۷ کامپیوتر کوانتومی را پیشنهاد کرد و همچنین «روبرتا سسولی» برنده جایزه RSC Centenary در ۲۰۱۹ برای تحقیقات در مورد مغناطیس مولکولی، اشاره کرد [۲۵]. همچنین در سال ۲۰۱۹ برای اولین بار ۱۳۸ دانشمند از ۱۰ کشور تحت عنوان جامعه علوم کوانتوم-نانو و با هدف درک و به‌کارگیری ماهیت کوانتومی اجسام در مقیاس نانو در این مرکز در سئول گرد هم آمدند [۲۶]. در نتیجه این کنفرانس، نهایتاً در سال ۲۰۲۱ مقاله‌ای برای بازتعریف علوم کوانتوم-نانو توسط «آندریاس هاینریش»[۲۳] مدیر QNS کره جنوبی و محققان برجسته‌ای از سایر نقاط جهان در مجله Nature Nanotechnology به چاپ رسید. مبنای این تعریف، درک جدیدی از کوانتوم است که شامل برهم‌نهی، درهم‌تنیدگی و مهم‌تر از همه همدوسی[۲۴] است [۲۶]. چندی پیش رویداد بعدی مرکز QNS کره جنوبی نیز با عنوان کنفرانس بین‌المللی علوم کوانتوم-نانو (ICQNS ۲۰۲۳) برگزار شد و جدیدترین تحقیقات این حوزه به‌مدت ۴ روز در سئول ارائه شد [۲۷]. البته کنفرانس‌های زیادی وجود دارد که زیرشاخه‌های علوم کوانتوم-نانو را پوشش می‌دهند؛ اما این کنفرانس جامعه گسترده کوانتوم-نانو را زیر یک سقف جمع کرده تا پیشرفت‌های اخیر را به اشتراک بگذارند.

در حال حاضر مؤسسات مختلفی فعالیت در این زمینه را شروع کرده‌اند و مراکز تخصصی در زمینه کوانتوم-نانو تشکیل داده‌اند که در ادامه به آن اشاره می‌شود.

مروری بر مراکز فعال در زمینه علوم کوانتوم-نانو

با ظهور شاخه علوم کوانتوم-نانو و مشخص‌شدن نقش و اهمیت آن در علوم و فناوری، به‌تدریج مراکز تخصصی این حوزه در برخی از دانشگاه‌ها و مؤسسات علمی دایر شده است. برخی مراکز مهم در زمینه علوم کوانتوم-نانو عبارت‌اند از:

- مرکز علوم کوانتوم-نانو IBS کره جنوبی؛
- دپارتمان علوم کوانتوم-نانو مؤسسه نانوفناوری کاولی[۲۵] دلف هلند؛
- گروه علوم کوانتوم-نانو شبکه نانوفناوری شورای تحقیقات استرالیا[۲۶]؛
- مرکز علوم کوانتوم-نانو مایک و اوفیلیا لازاردیس[۲۷] دانشگاه واترلو کانادا؛
- بخش علوم کوانتوم-نانو مؤسسه پیتر گرونبرگ، مرکز پژوهش ژولیش[۲۸] آلمان.

مرکز علوم کوانتوم-نانو IBS کره جنوبی

این مرکز به‌عنوان پیشرو در علوم کوانتوم-نانو، با کاوش رفتار کوانتومی اتم‌ها بر روی سطوح با بالاترین دقت، پایه و اساس فناوری آینده را می‌گذارد و به‌دنبال کشف و توسعه ابزارهای علمی به‌منظور ایجاد مرزهای جدید در علوم پایه است.

مرکز QNS به رهبری هاینریش، ایجاد ظرفیت برای محققان فناوری‌های کوانتومی آینده در کره و همچنین افزایش درک عمومی از علم کوانتوم-نانو را دنبال می‌کند. اهداف این مرکز چنین بیان شده است [۲۳]:

- بررسی تغییرات کوانتومی وقتی اتم‌ها و مولکول‌ها در تماس با مواد هستند؛
- استفاده از اتم‌ها و مولکول‌های روی سطوح برای ساختن کوچک‌ترین پلتفرم کیوبیت؛
- کاوش و کنترل انتقال از کلاسیک به کوانتوم در سیستم‌های نانومقیاس؛
- ایجاد فناوری‌های کوانتومی مبتنی بر اتم، با ساختن حالت‌های غیرعادی از ماده.

دپارتمان علوم کوانتوم-نانو مؤسسه نانوفناوری کاولی در دلف هلند

بخش علوم کوانتوم-نانو این مؤسسه، پدیده‌های کوانتومی

را در طیف گسترده‌ای از دستگاه‌ها و مواد نانومقیاس مطالعه می‌کند و فیزیک جدید و کاربردهای جدید اثرات کوانتومی را بررسی می‌کند. این دپارتمان دارای یک تیم بین‌المللی از دانشمندان (تجربی و نظری) است که حوزه‌های تحقیقاتی آن‌ها شامل مواد کوانتومی، حسگری کوانتومی و ترارسانی[۲۹] کوانتومی است.

ریاست این دپارتمان بر عهده پروفسور «ل. کوییپرز»[۳۰] است و چندین آزمایشگاه ازجمله Groeblacher Lab، Kavli Nanolab و Kuipers Lab را در بر می‌گیرد [۲۸].

گروه علوم کوانتوم-نانو شبکه نانوفناوری شورای تحقیقات استرالیا

این گروه تحقیقاتی به رهبری جرارد میلبرن، پروفسور دانشگاه کوییزنلند[۳۱] استرالیا فعالیت می‌کند. شبکه نانوفناوری استرالیا برای استفاده مناسب از فرصت‌های تحقیقاتی عظیم حوزه نانوفناوری و به حداکثر رساندن نتایج چنین تحقیقاتی ایجاد شده و به محققان اجازه می‌دهد تا در مرزهای علوم بین‌رشته‌ای فعالیت و تعامل داشته باشند. محورهای فعالیت این شبکه در زمینه نانوذرات، مواد و دستگاه‌های نانو، الکترونیک نیمه‌هادی و الکترونیک نوری، نانومواد کاربردی و همچنین علوم و فناوری‌های کوانتوم-نانو است. در زمینه کوانتوم-نانو، فعالیت‌های این مرکز شامل موضوعات زیر می‌شود:

- نظریه سیستم‌های الکترومکانیکی کوانتومی؛
- نظریه کنترل کوانتومی؛
- نظریه الکترونیک مزوسکوپی کوانتومی؛
- پردازش اطلاعات کوانتومی در نانوسیستم‌ها.

البته تمرکز این گروه بر روی کار نظری است و بودجه سالانه آن حدود ۳۰۰ هزار دلار است [۲۹].

مرکز علوم کوانتوم-نانو مایک و اوفیلیا لازاردیس، دانشگاه واترلو کانادا

مرکز کوانتوم-نانو مایک و اوفلیا لازاریدیس (QNC) که به‌طور رسمی در ۲۱ سپتامبر ۲۰۱۲ افتتاح شده، شامل دو بخش مؤسسه واترلو برای فناوری نانو (WIN) و مؤسسه محاسبات کوانتومی (IQC) است. ساختمان این مرکز با مساحت حدود ۲۶ هزار مترمربع، بیش از ۵۰ محقق و ۱۰۰ دانشجوی تحصیلات تکمیلی را در خود جای داده است. این مرکز همچنین بزرگ‌ترین برنامه مهندسی فناوری نانو در مقطع کارشناسی در کاناداست.

تجهیزات مهم مستقر در این مرکز عبارت‌اند از [۳۰]:

- **تأسیسات نانوفاب کوانتومی:** این تأسیسات یک عملیات در سطح جهانی است. اتاق تمیز و تجهیزات ساخت استریل بر روی پایه‌ای مستقل از بقیه ساختمان ساخته شده است و اطمینان حاصل می‌کند که هرگز بیش از یک میکرون (کسر کوچکی از عرض یک موی انسان) ارتعاش نخواهد داشت.
- **اپیتاکسی پرتو مولکولی (MBE)[۳۲]:** این مؤسسه دارای یک سیستم MBE Veeco نسل ۱۰ است که تولید نانومواد مانند نیمه‌هادی‌های پیچیده گروه III/V را برای نیازهای آینده امکان‌پذیر می‌کند. بدین‌وسیله این مرکز از برنامه‌های تحقیقاتی در فوتونیک تا محاسبات کوانتومی پشتیبانی خواهد کرد.
- **تأسیسات اندازه‌شناسی:** آزمایشگاه‌های اندازه‌شناسی QNC شامل مجموعه کاملی از ابزارها برای مشاهده، اندازه‌گیری، دستکاری و ساخت مواد در مقیاس نانو هستند.

بخش علوم کوانتوم-نانو مؤسسه پیتر گرونبرگ، مرکز پژوهش ژولیش آلمان

این مؤسسه متعهد به کشف و تفسیر پدیده‌های جدید در ماده چگال، طراحی مواد و ساختارهای کاربردی نوآورانه در مقیاس نانو و کوانتومی و پیشبرد تکنیک‌های تجربی و نظری است. تحقیقات آن بر کاربردهای بلندمدت بالقوه در فناوری اطلاعات و زمینه‌های مرتبط با آن متمرکز است. این مؤسسه تأکید خاصی بر مواد کاربردی و پدیده‌های نوظهور، محاسبات کوانتومی و محاسبات نورومورفیک دارد. تحقیقات بنیادی در علوم کوانتوم-نانو برای فناوری‌های کوانتومی نوظهور، ازجمله محاسبات کوانتومی، از اهمیت بالایی در این مؤسسه برخوردار است. در این مرکز از دانش گسترده در علوم سطح و علوم نانو برای کمک به علم کوانتوم-نانو و هدف اصلی آن، یعنی دستکاری و بهره‌برداری از عملکرد کوانتومی همدوس در نانوساختارها، استفاده می‌کند. ریاست این بخش بر عهده دکتر «استفان تاتز»[۳۳] است [۳۱].

تحلیل مقالات و اختراعات فناوری‌های کوانتومی و نانو

در این بخش به بررسی اطلاعات مربوط به مقالات چاپ شده و اختراعات ثبت شده برای فناوری کوانتومی (به‌اختصار کوانتوم) و حوزه مشترک نانوفناوری و فناوری‌های کوانتومی (به‌اختصار کوانتوم-نانو) می‌پردازیم. برای تحلیل مقالات از پایگاه اطلاعاتی اسکوپوس[۳۴] و برای تحلیل اختراع از پایگاه لنز[۳۵]

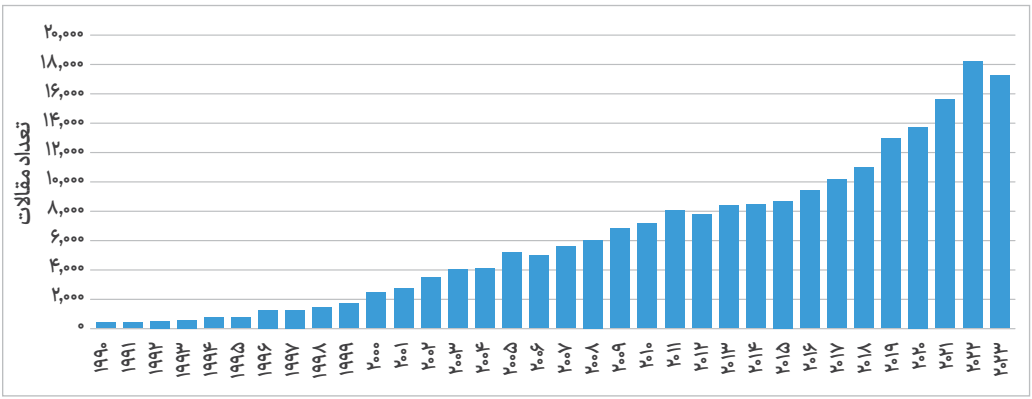
استفاده شده است. جستجو در پایگاه اسکوپوس در عنوان، چکیده و کلمات کلیدی و در پایگاه لنز در عنوان، چکیده یا ادعای[۳۶] اختراع صورت گرفته است. رشته کلمات استفاده شده برای جستجوی مقالات و اختراعات برای دو حوزه فناوری‌های کوانتومی و علوم و فناوری‌های کوانتوم-نانو به‌تفکیک در پیوست ۱ ذکر شده‌اند. لازم به ذکر است با وجود تلاش انجام شده برای دربرگرفتن تمام مقالات و اختراعات فناوری‌های کوانتومی، امکان بروز خطا در این نتایج با توجه به گستره وسیع این فناوری‌ها همچنان وجود دارد.

تحلیل مقالات

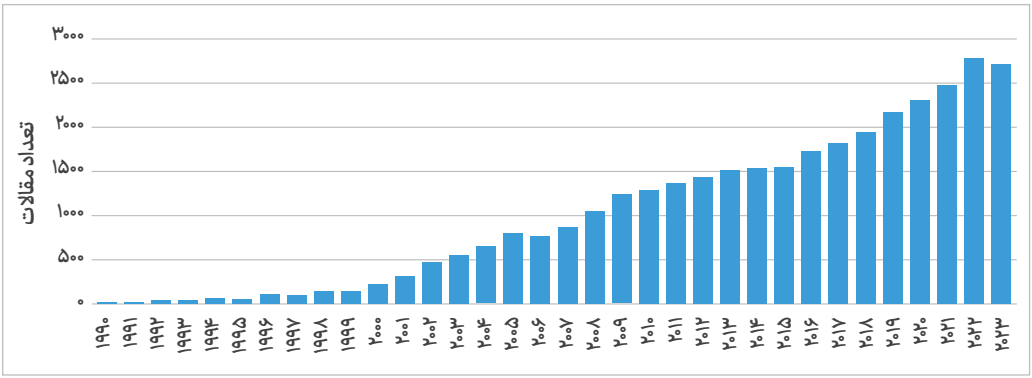
به‌منظور بررسی آماری وضعیت پژوهش در فناوری‌های کوانتومی و علوم کوانتوم-نانو، تعداد مقالات برحسب سال از پایگاه داده اسکوپوس استخراج شده است. بر اساس این اطلاعات تا اواخر سال ۲۰۲۳ حدود ۲۱۳,۰۰۰ مقاله در این حوزه به چاپ رسیده است. نمودار ۱ نشان می‌دهد که تحقیقات در فناوری‌های کوانتومی از حدود سال ۲۰۰۲ شتاب بالایی گرفته و تاکنون روند رشد بالایی را تجربه کرده است؛ این موضوع نشان از جدید و نوظهور بودن این حوزه دارد.

بر اساس پایگاه اسکوپوس، سهم علوم کوانتوم-نانو از این مقالات حدود ۳۵,۰۰۰ مورد است (تقریباً ۱۶درصد کل کوانتوم). نمودار ۲ تعداد مقالات بر حسب سال برای موضوعات کوانتوم-نانو نشان می‌دهد تحقیقات در این زمینه نیز در ابتدای راه خود قرار دارد و روند آن بسیار روبه‌رشد است.

علاوه بر این برای مشخص‌ترشدن تحولات در حوزه کوانتوم-نانو نسبت به کل فناوری‌های کوانتومی، نسبت مقالات کوانتوم-نانو به کل فناوری‌های کوانتومی را می‌توان از روی نمودار ۱ و ۲ برای بازه‌های مختلف محاسبه کرد. برای مثال در بازه ۲۰ سال



نمودار ۱- نمودار تعداد مقالات کوانتوم[۳۷] بر حسب سال در جهان[۳۸]



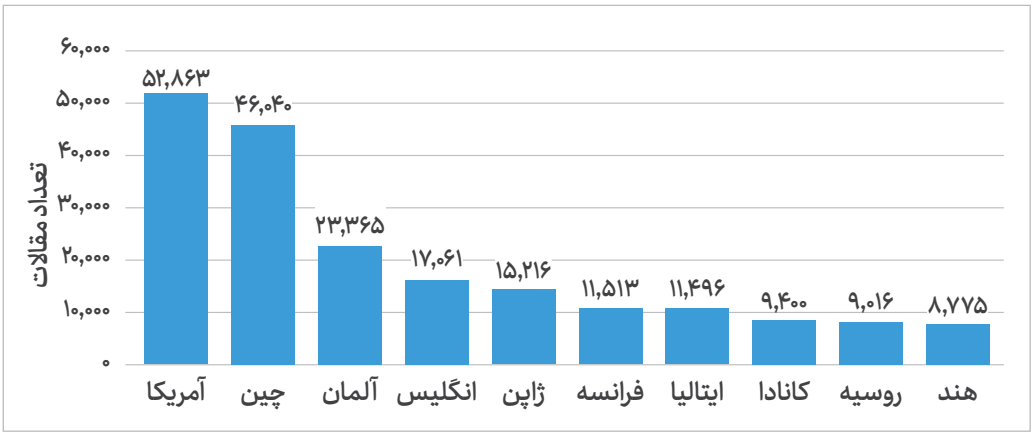
نمودار ۲- نمودار تعداد مقالات کوانتوم-نانو بر حسب سال

اخیر این نسبت ۱۷درصد و در ۵ سال اخیر ۱۶درصد به‌دست می‌آید که می‌توان نتیجه گرفت در سال‌های اخیر این نسبت تغییرات چندانی نداشته است و این دو حوزه رشد مشابهی را تجربه کرده‌اند.

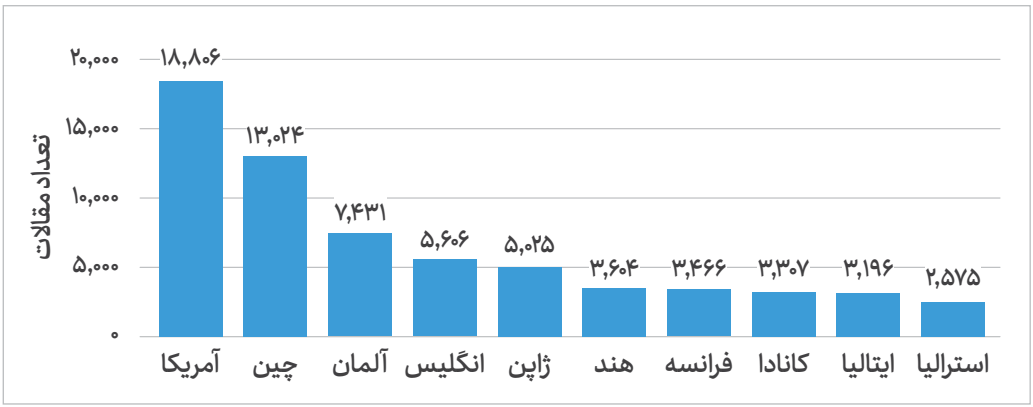
به‌منظور مقایسه کشورها در انتشار مقالات فناوری‌های کوانتومی، لیست ۱۰ کشور برتر و سهم هر کدام از تعداد مقالات در این حوزه نیز استخراج شد. نمودار ۳ نشان می‌دهد که کشورهای امریکا، چین، آلمان، انگلیس، ژاپن، فرانسه، ایتالیا، کانادا، روسیه و هند جایگاه‌های برتر در انتشار مقالات کوانتوم را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین، با درنظرگرفتن همکاری‌های بین‌المللی این ۱۰ کشور روی هم رفته در حدود ۸۰درصد مقالات این حوزه مشارکت داشته‌اند.

نمودار ۴ نیز کشورهای برتر حوزه کوانتوم-نانو و سهم هریک از مقالات این حوزه را نشان می‌دهد. مطابق این نمودار، در این حوزه نیز ۵ جایگاه برتر مانند حوزه کوانتوم به کشورهای امریکا، آلمان، انگلیس و ژاپن اختصاص دارد و هند، فرانسه، کانادا، ایتالیا و استرالیا رتبه ششم تا دهم را دارند. اختلاف بیشتر امریکا با چین و سایر کشورها در این حوزه نسبت به کل حوزه کوانتوم نیز قابل‌توجه است. ضمن اینکه در حوزه کوانتوم-نانو نیز با در نظر گرفتن همکاری بین کشورها، حدود ۸۰درصد کل مقالات با مشارکت حداقل یکی از ۱۰ کشور برتر به چاپ رسیده است.

در بررسی مؤسسات علمی با بیشترین سهم در مقالات دو حوزه کوانتوم و کوانتوم-نانو، به‌طور مشابه مؤسساتی از چین، فرانسه و امریکا رتبه‌های برتر را به خود اختصاص داده‌اند که



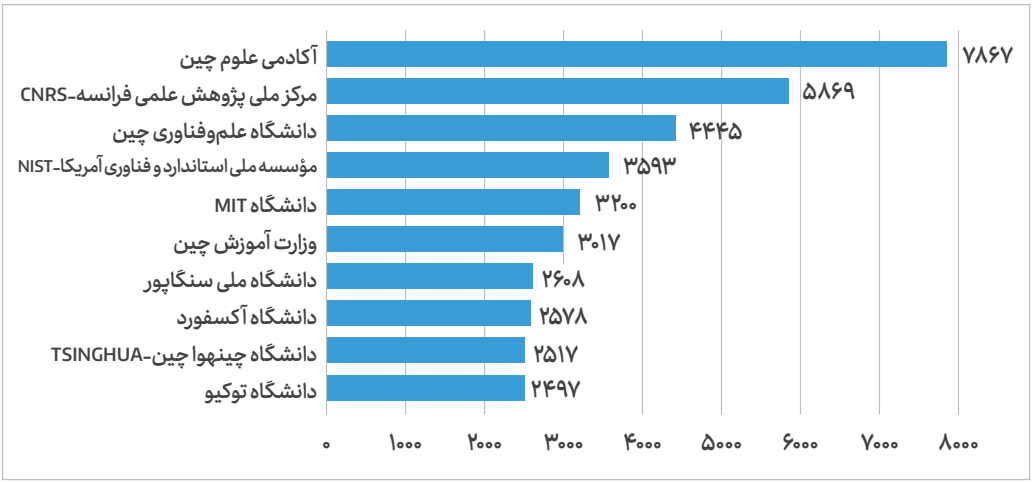
نمودار ۳- سهم[۳۹] کشورهای برتر در انتشار مقالات حوزه کوانتوم



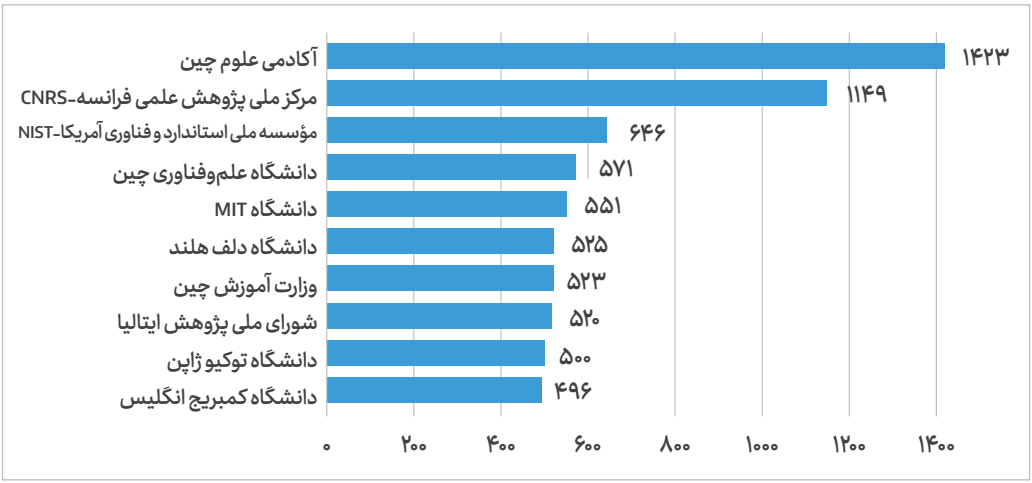
نمودار ۴- سهم[۴۰] کشورهای برتر در انتشار مقالات حوزه کوانتوم-نانو

نشان‌دهنده سرمایه‌گذاری این کشورها بر روی تحقیقات در این دو حوزه است. (نمودار ۵ و ۶) ضمن اینکه حضور دانشگاه ملی سنگاپور در بین مؤسسات برتر کوانتوم و دانشگاه دلف هلند در مؤسسات برتر کوانتوم-نانو علیرغم حضور نداشتن این دو کشور در بین ۱۰ رتبه برتر، حائز اهمیت است.

علاوه بر این، مقالات ایران در این دو حوزه پژوهشی نیز موردبررسی قرار گرفت. بر اساس پایگاه اسکوپوس، حدود ۲۶۰۰ مقاله با وابستگی[۴۱] ایران در حوزه کوانتوم ثبت شده که سهم



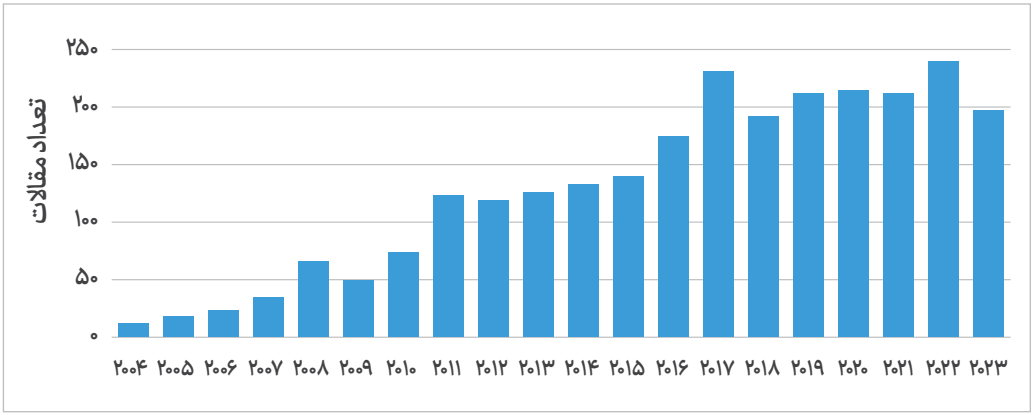
نمودار ۵- نمودار تعداد مقالات چاپ شده در دَه مؤسسه علمی برتر در زمینه کوانتوم



نمودار ۶- نمودار تعداد مقالات چاپ شده در دَه مؤسسه علمی برتر کوانتوم-نانو

حدود ۱٫۲درصدی ایران در مقالات حوزه فناوری‌های کوانتومی را نشان می‌دهد. نمودار ۷ تعداد این مقالات بر حسب زمان را نشان می‌دهد. مطابق نمودار، تعداد مقالات کشور بر حسب سال روند افزایشی داشته اما جهش سال‌های اخیر (سال ۲۰۱۷) در رشد مقالات جهان را در خود نشان نمی‌دهد.

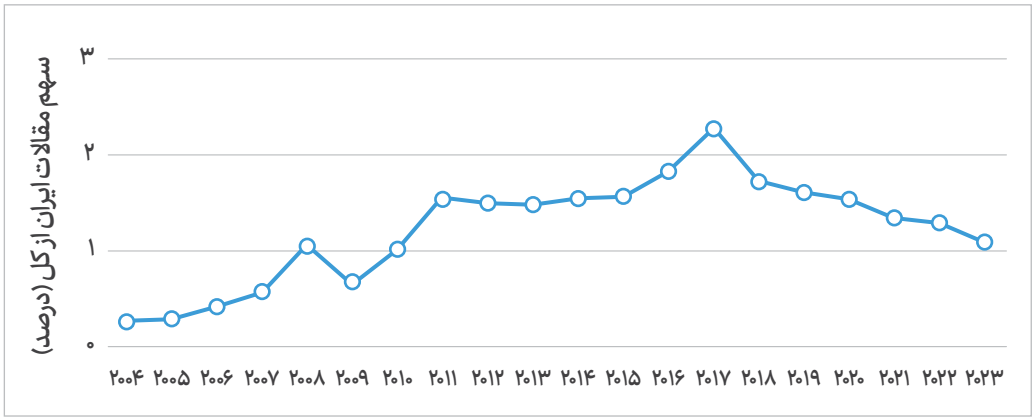
به‌منظور مقایسه بهتر، سهم مقالات کشور از کل جهان بر حسب زمان در نمودار ۸ قابل‌مشاهده است. بر این اساس، از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۷ سهم ایران از مقالات جهان تحت تأثیر رشد



نمودار ۷- نمودار تعداد مقالات ایران در کوانتوم بر حسب سال

علمی کشور رو به افزایش بوده است؛ اما از سال ۲۰۱۷ با جهش نرخ رشد مقالات کوانتوم در جهان و ثابت ماندن آن در ایران، سهم کشور روند کاهشی پیدا کرده است و نیاز به حمایت‌ها و اقدامات سریع در این موضوعات به‌منظور جا نماندن از روند جهانی احساس می‌شود. این موضوع در بررسی تغییرات رتبه کشور در تعداد مقالات چاپ شده در این حوزه نیز قابل‌بررسی است. رتبه ایران در مقالات فناوری‌های کوانتومی در سال ۲۰۰۴، ۳۹ دنیا بوده که تا سال ۲۰۱۷ به ۱۵ دنیا ارتقا یافته است؛ سپس تا سال ۲۰۲۳ این رتبه به ۲۵ دنیا تنزل پیدا کرده است. در مجموع مقالات این حوزه نیز ایران جایگاه ۲۳ جهان را دارد.

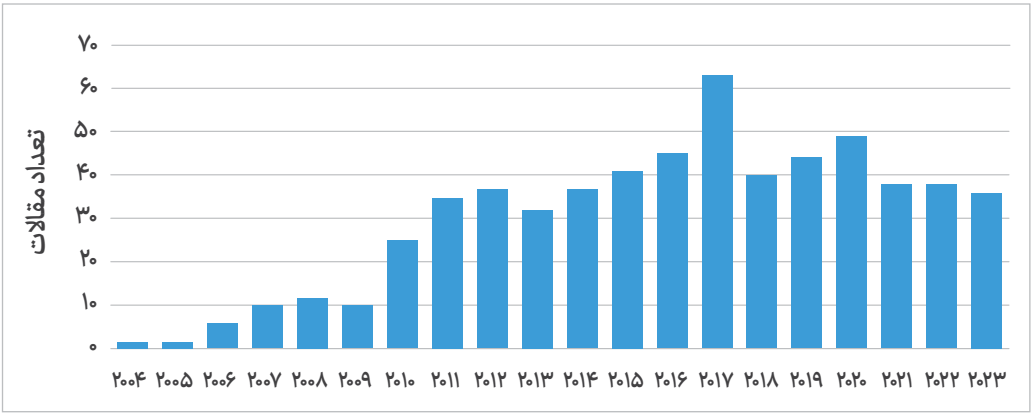
در حوزه کوانتوم-نانو، تعداد کل مقالات ایران حدود ۶۰۰ مورد است که نمایانگر سهم ۱٫۷درصدی ایران از کل مقالات این حوزه است. بیشتر بودن سهم ایران در این حوزه نسبت به کل فناوری‌های کوانتومی می‌تواند به برنامه‌ریزی‌ها و



نمودار ۸- نمودار سهم تعداد مقالات ایران از کل جهان در کوانتوم بر حسب سال

سرمایه‌گذاری‌های کشور در حوزه نانو مربوط باشد که نوید فراهم بودن نسبی بستر و زیرساخت کار در حوزه کوانتوم-نانو نسبت به حوزه‌های دیگر کوانتوم را می‌دهد. نمودار ۹ روند تعداد مقالات بر حسب سال در کشور در حوزه کوانتوم-نانو را نشان می‌دهد. همانند نمودار ۶، روند کلی در ۲۰ سال اخیر افزایشی بوده اما جهش سال ۲۰۱۷ مشاهده نمی‌شود.

نمودار ۱۰ نمودار تغییرات سهم ایران از کل مقالات حوزه کوانتوم-نانو را نشان می‌دهد. مطابق این نمودار تعداد مقالات کشور در حوزه کوانتوم-نانو با وجود افت‌وخیزهای مقطعی تا سال ۲۰۱۱ روند افزایشی داشته و بعد از آن جز یک افزایش

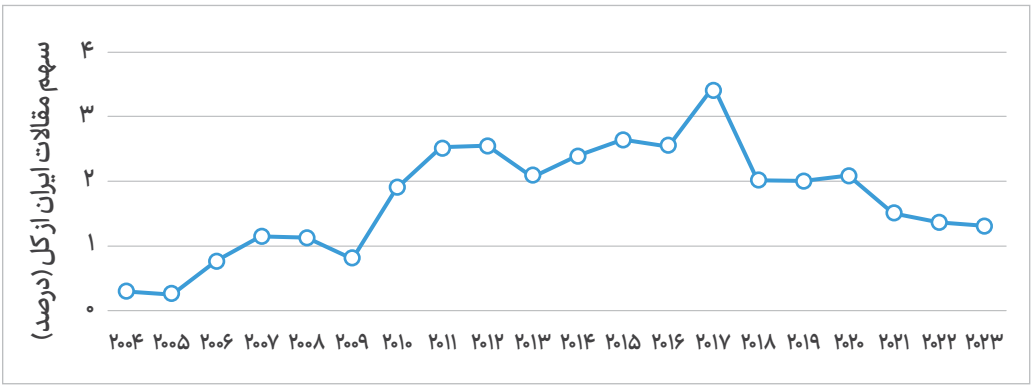


نمودار ۹- نمودار تعداد مقالات ایران در کوانتوم-نانو بر حسب سال

مقطعی در سال ۲۰۱۷ تغییر چندانی نداشته است که همانند کل فناوری‌های کوانتومی، نشان‌دهنده همراه نشدن کشور با رشد سال‌های اخیر در جهان است. بررسی رتبه ایران در این حوزه نیز نشان می‌دهد از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۷ رتبه ایران از ۴۱ به ۱۴ ارتقا یافته و بعد از آن تا جایگاه ۲۶ افت کرده و پایین‌تر از کشورهایی چون کره جنوبی، عربستان سعودی، سنگاپور و رژیم صهیونیستی قرار گرفته است. رتبه ایران در کل مقالات منتشر شده در این حوزه نیز ۲۲ جهان است.

تحلیل اختراعات

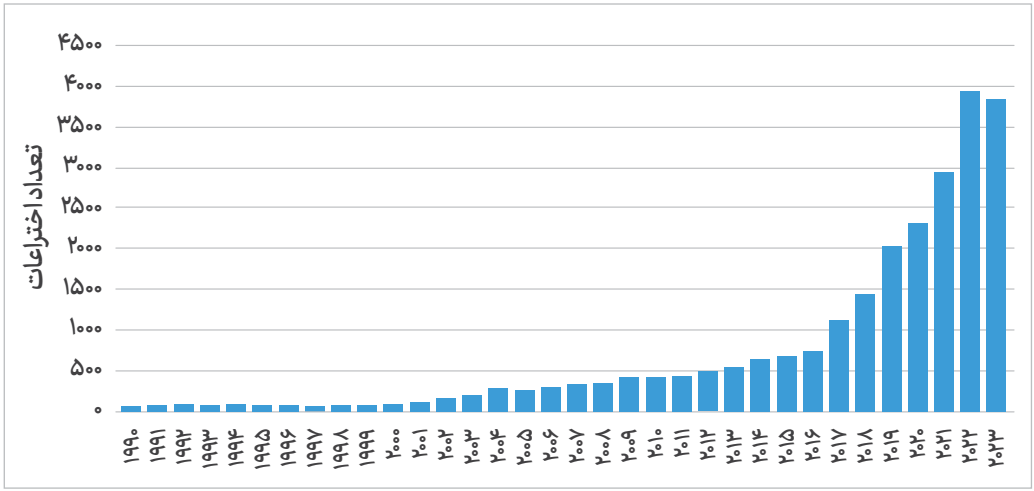
در مرحله بعدی بررسی وضعیت فناوری‌های کوانتومی و کوانتوم-نانو، اطلاعات مربوط به ثبت اختراعات بر اساس



نمودار ۱۰- نمودار سهم تعداد مقالات ایران از کل جهان در کوانتوم-نانو بر حسب سال

پایگاه داده لنز بررسی شد. بر اساس اطلاعات این پایگاه داده، تعداد کل اختراعات ثبت شده در این حوزه (تا اواخر ۲۰۲۳) حدود ۲۵,۰۰۰ مورد است. چنانچه در نمودار ۱۱ می‌بینیم، یک بار در حوالی سال ۲۰۰۲ و بار دیگر در سال ۲۰۱۷ جهش بزرگی در رشد تعداد اختراعات فناوری‌های کوانتومی رخ داده است؛ به‌طوری که حدود ۷۰ درصد اختراعات این حوزه مربوط به سال ۲۰۱۷ به بعد و حدوداً ۹۶ درصد مربوط به سال ۲۰۰۲ و بعد از آن است. این موضوع در کنار تحلیل مقالات، بار دیگر نشان از جدید بودن این حوزه دارد؛ به‌علاوه جهش اخیر ایجاد شده نشان‌دهنده سرعت بالای تحولات در این حوزه است و اقدام سریع و سرمایه‌گذاری به موقع برای هر کشوری ضروری است.

در زمینه علوم کوانتوم-نانو نیز بر اساس پایگاه لنز، حدود ۲۲۰۰ اختراع ثبت شده است که کمتر از ۱۰ درصد از کل اختراعات حوزه فناوری‌های کوانتومی است. این نسبت در قیاس با نسبت مقالات

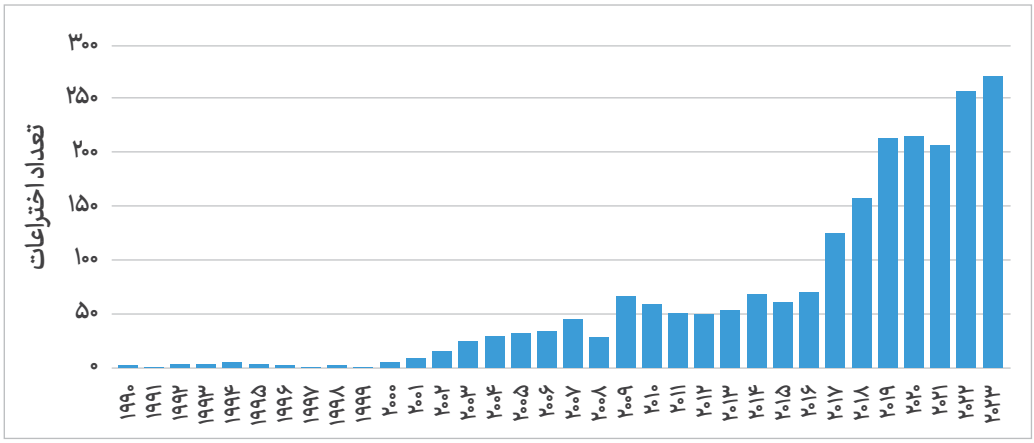


نمودار ۱۱- نمودار تعداد اختراعات کوانتوم بر حسب سال[۴۲]

دو حوزه (حدود ۱۶درصد) کمتر است که می‌تواند نشان‌گر این واقعیت باشد که کارهای انجام شده در حوزه کوانتوم-نانو بیشتر در مرحله تحقیقات هستند و هنوز با توسعه فناوری و تجاری‌شدن فاصله دارند. نمودار ۱۲ تعداد اختراعات حوزه کوانتوم-نانو بر حسب سال را بر اساس پایگاه داده لنز نشان می‌دهد. روند تعداد اختراعات حوزه کوانتوم-نانو نیز تا حدودی جهش‌های سال ۲۰۰۲ و ۲۰۱۷ را دربرمی‌گیرد و جدید بودن و رشد سریع این فناوری‌ها در سال‌های اخیر را نشان می‌دهد.

برای مقایسه تحولات در اختراعات دو حوزه کوانتوم-نانو و کوانتوم، می‌توان نسبت تعداد اختراعات را از نمودار ۱۱ و ۱۲ محاسبه کرد. نسبت اختراعات حوزه کوانتوم-نانو به کل کوانتوم در ۲۰ سال گذشته ۹درصد و در ۵ سال گذشته تقریباً ۸درصد و در سال ۲۰۲۳ حدود ۷درصد بوده است. با اینکه تغییرات این نسبت قابل‌توجه نیست اما همین تغییرات کم هم می‌تواند ناشی از جلوتر بودن سایر حوزه‌های فناوری‌های کوانتومی نسبت به حوزه کوانتوم-نانو در توسعه فناوری و محصول باشد.

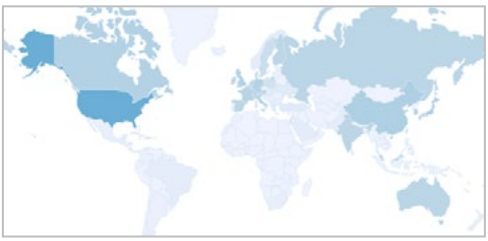
شکل ۸ و ۹ مؤسسات برتر در ثبت اختراع در زمینه کوانتوم و کوانتوم-نانو را نشان می‌دهند. عمده این اختراعات، در شرکت‌های بزرگی مثل IBM، گوگل، مایکروسافت و اینتل به ثبت رسیده‌اند.



نمودار ۱۲- نمودار تعداد اختراعات کوانتوم-نانو بر حسب سال

شکل ۸- دَه مؤسسه برتر ثبت‌کننده اختراع در کوانتوم

شکل ۹- دَه مؤسسه برتر ثبت‌کننده اختراع در کوانتوم-نانو



شکل ۱۰- نقشه توزیع اختراعات کوانتوم بر حسب کشور مخترع

شکل ۱۱- نقشه توزیع اختراعات کوانتوم-نانو بر حسب کشور مخترع

حضور دانشگاه‌ها و مؤسسات پژوهشی در رتبه‌های برتر در کوانتوم-نانو باز نشان می‌دهد این حوزه نسبت به کل فناوری‌های کوانتومی جدیدتر است و بیشتر در مرحله تحقیقات حضور دارد.

به‌منظور بررسی وضعیت کشورها در ثبت اختراع در این حوزه، تعداد اختراعات ثبت شده بر حسب کشورِ مخترعان نیز از پایگاه داده لنز استخراج شد[۴۳]. شکل ۱۰ و ۱۱ کشورهای برتر از نظر ثبت اختراع را در حوزه کوانتوم و کوانتوم-نانو نشان می‌دهند. در فناوری‌های کوانتومی به‌ترتیب کشورهای امریکا (۳۸۰۶)، ژاپن (۷۷۰)، چین (۶۷۸)، انگلیس (۵۲۳) و کانادا (۴۸۰) رتبه‌های اول تا پنجم را به خود اختصاص داده‌اند. در حوزه کوانتوم-نانو نیز به‌ترتیب کشورهای امریکا (۵۸۹)، هلند (۷۶)، انگلیس (۷۲)، چین (۵۸) و آلمان (۴۹) اول تا پنجم هستند.

حضور هلند در بین کشورهای برتر کوانتوم-نانو (در کنار حضور در مؤسسات برتر در ثبت اختراع و انتشار مقاله در این حوزه) می‌تواند نشان‌دهنده تمرکز این کشور بر حوزه مشترک کوانتوم و نانو باشد. همچنین با بررسی اختراعات ثبت شده توسط مخترعان ایرانی[۴۴] در حوزه فناوری‌های کوانتومی در پایگاه لنز، تنها چهار اختراع یافت شد[۴۵] و در حوزه کوانتوم-نانو از ایران اختراعی در این پایگاه به ثبت نرسیده است.

کاربردهای نانو در فناوری‌های کوانتومی

در دو بخش اول به‌تفصیل در مورد گستره فناوری‌های کوانتومی و حوزه مشترک کوانتوم-نانو بحث شد. در این بخش، به‌منظور معرفی بیشتر وجه مشترک دو فناوری نانو و کوانتوم و همچنین معرفی زمینه‌های ورود متخصصان حوزه نانو به فناوری‌های کوانتومی، به بیان کاربردهای مواد و روش‌های نانو در حوزه‌های مختلف فناوری‌های کوانتومی می‌پردازیم چنانچه در مقدمه بخش اول بیان شد، فناوری‌های کوانتومی به سه حوزه اصلی تقسیم می‌شوند:

- **محاسبات کوانتومی:** کامپیوترهای کوانتومی می‌توانند از کیوبیت‌های نانومقیاس استفاده کنند. مواد و روش‌های نانو می‌توانند در کامپیوترهایی مبتنی بر معماری‌های مختلف، ازجمله مدارهای ابررسانا، یون‌های به دام افتاده یا نقاط کوانتومی نیمه‌رسانا پیاده‌سازی شوند [۳۲].
- **ارتباطات کوانتومی:** نانومواد، مانند ساختارهای نانوفوتونیک یا نقاط کوانتومی، می‌توانند به‌منظور تسهیل تولید، دستکاری و تشخیص حالت‌های کوانتومی برای انتقال ایمن در سیستم‌های ارتباطی کوانتومی ادغام شوند [۳۳].
- **حسگری کوانتومی:** نانومواد را می‌توان در سنسورهای کوانتومی به‌منظور افزایش حساسیت و دقت آن‌ها به کار برد. برای مثال، نقص‌های اتمی N-V در ساختار الماس، می‌توانند در ساخت مغناطیس‌سنج‌ها یا دماسنج‌های بسیار حساس مورداستفاده قرار گیرند [۳۴]، [۳۵]. با استفاده از نانوساختارها، محققان می‌توانند پایداری و حساسیت سیستم‌هایی مانند ساعت‌های اتمی را نیز افزایش دهند [۳۶].

علاوه بر این‌ها، نانومواد می‌توانند خواص کوانتومی بروز

دهند که آن‌ها را برای کاربردهای مختلف ارزشمند می‌سازد. برای مثال ابررساناهای مقیاس نانو یا عایق‌های توپولوژیک نمونه‌هایی از مواد کوانتومی هستند که می‌توانند برای کشف و مهار پدیده‌های کوانتومی منحصربه‌فرد مورداستفاده قرار گیرند [۳۷], [۳۸]. در ادامه به بررسی بیشتر هریک از بخش‌های فناوری‌های کوانتومی و نقش و کاربرد فناوری نانو در آن‌ها می‌پردازیم.

محاسبات کوانتومی

محاسبات کوانتومی مهم‌ترین بخش از فناوری‌های کوانتومی است. کامپیوترهای کوانتومی شامل کیوبیت‌ها، سیستم‌های کنترل، خوانش و سایر اجزا و اتصالات می‌شود [۳۹]. بسته به معماری‌های مختلف درنظرگرفته شده در ساخت کامپیوترهای کوانتومی (نوع کیوبیت)، مواد و روش‌های نانویی مختلفی می‌توانند در کامپیوترهای کوانتومی به کار گرفته شوند. برخی از این موارد عبارت‌اند از:

مدارهای کوانتومی ابررسانا: این مدارها از لایه‌نازک مواد ابررسانا مانند نیوبیوم یا آلومینیوم ساخته می‌شوند که مقاومت الکتریکی صفر را در دماهای پایین از خود نشان می‌دهند. این مواد یک سکوی پیشرو برای پیاده‌سازی کیوبیت‌ها در کامپیوترهای کوانتومی ابررسانا هستند [۴۰].

نقاط کوانتومی نیمه‌رسانا: نقاط کوانتومی، ذرات نیمه‌رسانای کوچک با خواص کوانتومی منحصربه‌فرد هستند. آن‌ها می‌توانند الکترون‌های منفرد را به دام انداخته و دستکاری کنند و این موضوع آن‌ها را به کاندیدهایی برای کیوبیت‌ها در محاسبات کوانتومی تبدیل می‌کند [۴۱].

عایق‌های توپولوژیک نانو: عایق‌های توپولوژیک موادی هستند که حالت‌های الکترونی سطحی را هدایت می‌کنند، در حالی که در توده عایق باقی می‌مانند. آن‌ها حفاظت از کیوبیت‌ها در برابر ناهمدوسی را برعهده دارند و می‌توانند به ایجاد کامپیوترهای کوانتومی کم خطا کمک کنند [۴۲].

مراکز نیتروژن-تهی‌جا[۴۶] در الماس: مراکز نیتروژن - تهی جا (NV) در الماس نقایصی در مقیاس اتمی هستند که می‌توانند به‌عنوان کیوبیت استفاده شوند. زمان‌های همدوسی طولانی و ویژگی‌های نوری عالی، آن‌ها را برای حسگری و محاسبات کوانتومی جذاب می‌سازد [۴۳].

نانولوله‌های کربنی: نانولوله‌های کربنی ساختارهای استوانه‌ای کربنی با خواص مکانیکی و الکتریکی منحصربه‌فرد هستند. آن‌ها می‌توانند به‌عنوان کیوبیت یا به‌عنوان اجزا در ابزارهای الکترونیکی در مقیاس نانو در محاسبات کوانتومی مورداستفاده قرار گیرند [۴۴].

اتصال جوزفسون[۴۷]: اتصالات جوزفسون شامل دو الکترود ابررساناست که توسط یک مانع عایق نازک از هم جدا شده‌اند و در ساخت آن‌ها از روش‌های نانو مانند لیتوگرافی استفاده می‌شود. آن‌ها به‌عنوان اجزای کلیدی در کیوبیت‌های ابررسانا عمل می‌کنند و برای ساختن کامپیوترهای کوانتومی ابررسانا بسیار مهم هستند [۴۰].

تماس نقطه‌ای کوانتومی (QPC)[۴۸]: تماس‌های نقطه‌ای کوانتومی، تنگه‌های باریکی در ساختارهای نیمه‌رسانا هستند که می‌توانند جریان الکترون‌ها را به کانال‌های یک‌بعدی محدود کنند. این ساختارها برای دستکاری‌کردن اسپین‌های الکترونی و تحلیل کیوبیت‌ها به کار می‌روند [۴۵].

چاه‌های کوانتومی[۴۹]: لایه‌های بسیار نازکی از مواد نیمه‌هادی هستند که الکترون‌ها را در یک حالت انرژی کوانتیده محدود می‌کنند. آن‌ها می‌توانند در ایجاد کیوبیت‌ها و دیگر اجزا در دستگاه‌های محاسبات کوانتومی مورداستفاده قرار گیرند [۴۶].

نانوسیم‌ها[۵۰]: سیم‌های بسیار نازک با قطری در مقیاس نانومتر هستند. آن‌ها می‌توانند به‌عنوان اجزای سازنده در دستگاه‌های الکترونیکی مختلف در مقیاس نانو، کیوبیت‌ها و حسگرهای کوانتومی عمل کنند [۴۷].

دستگاه‌های هال کوانتومی[۵۱]: دستگاه‌های هال کوانتومی از اثر هال کوانتومی که در سیستم‌های الکترونی دوبعدی در معرض میدان مغناطیسی رخ می‌دهد، استفاده می‌کنند. این سیستم‌ها برای اندازه‌گیری‌های الکتریکی دقیق به کار می‌روند و می‌توانند در معماری محاسبات کوانتومی به کار گرفته شوند [۴۸].

ارتباطات کوانتومی

ارتباطات کوانتومی به‌همراه محاسبات کوانتومی، حوزه مهم اطلاعات کوانتومی را در فناوری‌های کوانتومی تشکیل می‌دهند. ایجاد ارتباط امن و رمزنگاری‌شده با استفاده از سیستم‌های کوانتومی، از مهم‌ترین اهداف ارتباطات کوانتومی است. در این بخش نیز، فناوری نانو در قسمت‌های مختلف تشکیل‌دهنده می‌توانند مورداستفاده قرار گیرند. بعضی از این موارد عبارت‌اند از:

نقاط کوانتومی: نقاط کوانتومی، بلورهای نیمه‌رسانای نانومتری هستند که قادر به انتشار یا جذب نور در طول‌موج‌های خاصی هستند. به همین ترتیب آن‌ها می‌توانند به‌عنوان منابع

یا آشکارسازهای حالت‌های کوانتومی در سیستم‌های ارتباط کوانتومی مورداستفاده قرار گیرند [۴۹].

■ **ساختارهای نانوفوتونیک:** ساختارهای نانوفوتونیک مانند موجبرهای نانومتری، رزوناتورها و دهانه‌ها، قادر به کنترل جریان نور در مقیاس نانو هستند. آن‌ها نقش حیاتی در هدایت و کنترل حالت‌های کوانتومی برای اهداف ارتباط کوانتومی ایفا می‌کنند [۵۰].

■ **نانوسیم‌ها:** نانوسیم‌ها ساختارهای نازک و بلندی هستند که قطر آن‌ها در محدوده نانومتر است. آن‌ها می‌توانند به‌عنوان کانال‌های انتقال اطلاعات کوانتومی یا عناصر تشکیل‌دهنده در دستگاه‌های نانومتری برای اهداف ارتباط کوانتومی مورداستفاده قرار گیرند [۵۱].

■ **نانوذرات پلاسمونیک:** نانوذرات پلاسمونیک ذرات فلزی هستند که به‌دلیل رزونانس سطحی محلی پلاسمونی قادر به تعامل قوی با نور هستند. آن‌ها می‌توانند برای افزایش تعاملات نور-ماده و امکان انتقال کارآمد حالت‌های کوانتومی استفاده شوند [۵۲].

■ **نانولوله‌های کربنی:** نانولوله‌های کربنی ویژگی‌های الکتریکی و مکانیکی استثنایی دارند و می‌توانند در دستگاه‌های ارتباط کوانتومی، مانند ترانزیستورها یا تشخیص‌دهنده‌های نوری، استفاده شوند [۵۳].

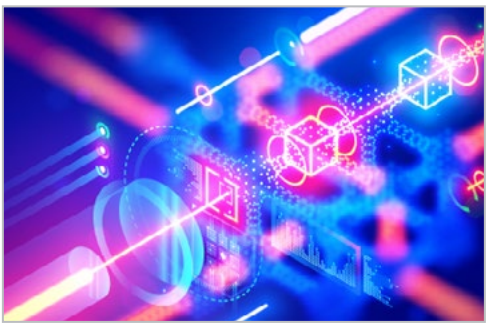
■ **نانوآنتن‌های پلاسمونیک:** آنتن‌های نانوپلاسمونیک ساختارهای نانویی هستند که برای افزایش ترکیب نور با دستگاه‌های نانومتری طراحی شده‌اند. آن‌ها قادر به تمرکز و کنترل نور برای افزایش کارایی سیستم‌های ارتباط کوانتومی هستند [۵۴].

■ **ساختارهای نانو:** ساختارهای ایجاد شده به روش‌های نانو، با استفاده از تکنیک‌هایی مانند لیتوگرافی پرتو الکترونی (EBL) یا آسیاب پرتو یون متمرکز[۵۲]، قادر به طراحی و ساخت اجزای مختلفی از سیستم‌های ارتباط کوانتومی، ازجمله موجبرها، تقسیم‌کننده‌ها و آشکارسازها هستند [۵۵], [۵۶].

■ **نانومواد هیبرید:** نانومواد هیبریدی ترکیبی از انواع مختلفی از نانومواد مانند نانوذرات یا نانوسیم‌ها هستند که برای ایجاد قابلیت‌ها و ویژگی‌های خاص در ارتباط کوانتومی استفاده می‌شوند. به‌عنوان مثال، آن‌ها قادر به فراهم‌سازی تعاملات سفارشی بین نور و ماده در مقیاس نانو هستند [۵۷].

■ حسگری کوانتومی

حسگری کوانتومی نوع پیشرفته‌ای از حسگری است که در



آن از ویژگی‌های کوانتومی همچون درهم‌تنیدگی کوانتومی[۵۳] و تداخل کوانتومی[۵۴] استفاده می‌شود و در عین حال دقت و بازده حسگری را به طرز قابل‌ملاحظه‌ای نسبت به حسگری کلاسیک بهبود می‌بخشد. مواد و فناوری‌های نانو به‌طور چشمگیری در حسگری کوانتومی کاربرد دارند. بعضی از مهم‌ترین این موارد عبارت‌اند از:

■ نانولوله‌های کربنی: این ساختارهای استوانه‌ای ساخته شده از اتم‌های کربن ویژگی‌های مکانیکی و الکتریکی عالی دارند که مناسب برای کاربردهای مختلف حسگری کوانتومی ازجمله حسگر میدان الکتریکی است [۵۸].

■ نقاط کوانتومی: این ذرات کوچک نیمه‌رسانا ویژگی‌های کوانتومی منحصربه‌فردی دارند. آن‌ها می‌توانند به‌عنوان حسگرهای بسیار حساس برای تشخیص و اندازه‌گیری مقادیر فیزیکی مانند نور، دما یا میدان‌های مغناطیسی استفاده شوند [۵۸].

■ نانوسیم‌ها: سیم‌های بسیار نازک با قطرهای در مقیاس نانو می‌توانند به‌عنوان سنسورهای حساس برای اندازه‌گیری مختلف استفاده شوند. نانوسیم‌ها از مواد مختلفی ساخته می‌شوند که برای کاربردهای حسگری مختلف قابلیت سفارشی‌سازی دارند. ازجمله این حسگرها می‌توان به حسگر میدان مغناطیسی، کرنش و دما اشاره کرد [۵۹].

■ نانوالماس‌ها: الماس‌های نانومقیاس که حاوی مراکز نیتروژن-تهی‌جا هستند نقص‌های فعال نوری دارند. این مراکز می‌توانند به‌عنوان مغناطیس‌سنج‌ها و دماسنج‌های بسیار حساس و یا حتی برای پردازش اطلاعات کوانتومی استفاده شوند [۶۰].

■ مواد نانومتخلخل: این مواد دارای منافذ نانویی با سطح بالا هستند که منجر به حساسیت بیشتر در کاربردهای حسگری می‌شوند. مثال‌هایی از آن‌ها شامل فلزات نانویی یا چارچوب‌های فلزی-آلی (MOF) هستند [۶۱].

■ مواد دوبعدی: مواد دوبعدی، مانند گرافن، دی‌کالکوژنیدهای فلزات واسطه[۵۵] (TMD) و نیترید بور شش‌ضلعی (hBN) دارای خواص الکترونیکی منحصربه‌فردی هستند که آن‌ها را برای کاربردهای حسگری کوانتومی مفید می‌سازد. گرافن، به‌خاطر تحرک بالای الکترون خود، hBN که یک محیط دی‌الکتریک را فراهم می‌کند و TMDها با ویژگی‌های الکترونی متمایز خود، به پیشرفت فناوری‌های حسگری کوانتومی کمک می‌کنند [۶۲]، [۶۳].

مراجع بیشتر برای کاربرد مواد و فناوری نانو در فناوری‌های کوانتومی در پیوست ۲ قابل‌مشاهده است.

نتیجه‌گیری

به‌کارگیری کاربردهای نانو در قلمرو فناوری‌های کوانتومی، فصل مشترک مهمی را بین فناوری‌های بی‌نهایت کوچک و بسیار قدرتمند آشکار کرده است. در این گزارش، تلاش شد چشم‌اندازی از علوم و فناوری کوانتوم-نانو و تحولات آن ارائه شود و مراکز فعال در این حوزه در جهان که بر ماهیت مشترک و جهانی تلاش‌های کوانتوم-نانوتاکید دارند، معرفی شود. علاوه بر این، تجزیه‌وتحلیل مقالات و اختراعات مرتبط با فناوری‌های کوانتومی و کوانتوم-نانو، به‌عنوان مروری بر وضعیت فعلی این حوزه در جهان و ایران ارائه شد که نشان داد این حوزه‌ها با سرعت بالایی در جهان در حال گسترش هستند و با وجود پیشرفت علمی کشور در بیست سال گذشته، حرکت علمی کشور در این دو حوزه در چند سال اخیر رشد چندانی نداشته است. در پایان نیز به ذکر نمونه‌هایی از کاربردهای نانو در فناوری‌های کوانتومی برای کمک به ورود متخصصان نانو به حوزه شگفت‌انگیز فناوری‌های کوانتومی پرداخته شد.

فناوری‌های کوانتومی از قبیل محاسبات، ارتباطات و حسگری کوانتومی پتانسیل پیشرفت‌های انقلابی در بخش‌های مختلف را نشان داده‌اند و همان‌طور که به پیشرفت و تکامل خود ادامه می‌دهند، ادغام آن‌ها با سیستم‌های مقیاس نانو فرصت‌های بیشتری را برای نوآوری ارائه می‌دهد.

برای دسترسی به صفحه مربوط به پیوست ۱ کیوآرکد روبه‌رو را اسکن کنید.

برای دسترسی به صفحه مربوط به پیوست ۲ کیوآرکد روبه‌رو را اسکن کنید.

پی‌نوشت‌ها

۱- Quantum Computing
۲- Quantum Communication
۳- Quantum Sensing
۴- Disruptive
۵- در اواخر اکتبر ۱۹۱۱، دانشمندان برجسته از سراسر اروپا برای اولین بار در کنفرانس معروف سولوی در بروکسل ملاقات کردند. این نشست تاریخی عمدتاً به «نظریه تابش و کوانتا» اختصاص داشت و در زمانی برگزار شد که پایه‌های فیزیک کلاسیک کاملاً متزلزل شد [۱۴].
۶- Gerard J. Milburn
۷- Quantum Technology, by Gerard J. Milburn · 1996
۸- Jonathan P. Dowling
۹- Roman Stanisław Ingarden
۱۰- Quantum Turing Machine
۱۱- D-Wave Quantum Systems Inc
۱۲- Quantum supremacy: به‌معنای رسیدن به نقطه‌ای که کامپیوتر کوانتومی توان انجام محاسباتی را پیدا کند که قابل‌انجام با ابرکامپیوترهای کلاسیک نیست. در این مورد گوگل اعلام کرد محاسباتی را با کامپیوتر کوانتومی در ۲۰۰ ثانیه انجام داده که ابرکامپیوترها در ۱۰٫۰۰۰ سال قادر به انجام آن هستند. البته بعد از آن شرکت IBM با رد این ادعا اعلام کرد انجام این محاسبات با ابرکامپیوترها ۲/۵ روز طول می‌کشد، نه ۱۰٫۰۰۰ سال [۱۹].
۱۳- Quantum Nanoscience / Nanotechnology
۱۴- confinement

۱۵- Gerard J. Milburn
۱۶- Contemporary Physics, Taylor & Francis Group
۱۷- Materials Nanotechnology
۱۸- Device Nanotechnology
۱۹- Institute for Basic Science
۲۰- Don Eigler
۲۱- Kavli prize
۲۲- Daniel Loss
۲۳- Andreas Heinrich
۲۴- Coherence
۲۵- Department of Quantum Nanoscience - Kavli Institute of Nanoscience
۲۶- Quantum Nanoscience Group - The Australian Research Council Nanotechnology Network
۲۷- Mike and Ophelia Lazaridis Quantum Nanoscience Center
۲۸- Quantum Nanoscience Division - Peter Grünberg Institute, Research Center Jülich
۲۹- Transduction
۳۰- L. (Kobus) Kuipers
۳۱- The University of Queensland
۳۲- Molecular Beam Epitaxy
۳۳- F. Stefan Tautz
۳۴- Scopus.com
۳۵- Lens.org
۳۶- Claim

۳۷- منظور از حوزه کوانتوم در این بخش فناوری‌های کوانتومی حاصل انقلاب دوم است و شامل تمام مقالات فیزیک کوانتوم نمی‌شود.
۳۸- کمتر بودن آمار سال ۲۰۲۳ به‌خاطر تأخیر در ثبت اطلاعات در پایگاه اسکوپوس است و به‌معنای روند کاهشی نیست.
۳۹- محور افقی تعداد مقالاتی است که حداقل یک نویسنده از کشور موردنظر در آن حضور دارند. درصدهای مشخص شده نیز نسبت این مقالات به کل مقالات حوزه را نشان می‌دهند.
۴۰- محور افقی تعداد مقالاتی است که حداقل یک نویسنده از کشور موردنظر در آن حضور دارند. درصدهای مشخص شده نیز نسبت این مقالات به کل مقالات حوزه را نشان می‌دهند.

۴۱- Affiliation

۴۲- کمترشدن آمار در سال ۲۰۲۳ به‌دلیل وجود تأخیر در ثبت اطلاعات در پایگاه لنز است و به‌معنای روند کاهشی نیست. معمولاً بین ثبت (filing) و انتشار در حدود دو سال اختلاف وجود دارد و داده‌های دو سال اخیر غیرقابل‌اتکا هستند.

۴۳- Inventor Country

۴۴- با وابستگی (Affiliation) ایران

۴۵- Alireza Shabani Barzegar, 2017 (TW 201723935 A); Sadegh Raeisi, 2020 (US 10560096 B2); Seyed Sajad Ahmadpour, 2020 (AU 2020/102068 A4); Seyed Sajad Ahmadpour, 2021 (AU 2021/105083 A4)

۴۶- N-V centers
۴۷- Josephson junction
۴۸- Quantum point contact
۴۹- Quantum wells
۵۰- Nanowires
۵۱- Quantum Hall devices
۵۲- Focused ion beam milling
۵۳- Quantum entanglement
۵۴- Quantum interference
۵۵- Transition Metal Dichalcogenides

منابع

۱- "What is quantum computing?," IBM. [Online]. Available: https://www.ibm.com/topics/quantum-computing

۲- W. Contributors, "Quantum technology," Wikipedia. Wikimedia Foundation, 2019. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_technology

۳- D. F. Reding and J. Eaton, "Science and Technology Trends 2020-2040: Exploring the S and T Edge," NATO S and T Organization, 2020. [Online]. Available: https://apps.dtic.mil/sti/citations/AD1131124#:~:text=Science and Technology Trends 2020-2040 provides an assessment of,capabilities%2C and political decision space.

۴- M. Brooks, "What's next for quantum computing," MIT Technology Review. 2023. [Online]. Available: https://www.technologyreview.com/2023/01/06/1066317/whats-next-for-quantum-computing/

۵- M. Kaur, "Overview of Quantum Initiatives Worldwide 2023," Qureca. 2023. [Online]. Available: https://qureca.com/overview-of-quantum-initiatives-worldwide-2023/

۶- S. Stacey, "Could quantum computing make our energy grid sustainable?," Tech Monitor. 2023. [Online]. Available: https://techmonitor.ai/hardware/quantum/can-quantum-computing-make-the-energy-grid-sustainable

۷- M. van Amerongen, "NATO Review - Quantum technologies in defence & security," NATO Review. 2021. [Online]. Available: https://www.nato.int/docu/review/articles/2021/06/03/quantum-technologies-in-defence-security/index.html

۸- A. Belenchia et al., "Quantum physics in space," Phys Rep, vol. 951, pp. 1–70, 2022, doi: 10.1016/j.physrep.2021.11.004.

۹- T. K. Paraiso, R. I. Woodward, D. G. Marangon, V. Lovic, Z. Yuan, and A. J. Shields, "Advanced Laser Technology for Quantum Communications (Tutorial Review)," Adv Quantum Technol, vol. 4, no. 10, p. 2100062, 2021, doi: 10.1002/qute.202100062.

۱۰- R. Stolz et al., "SQUIDs for magnetic and electromagnetic methods in mineral exploration," Mineral Economics, vol. 35, no. 3–4, pp. 467–494, 2022, doi: 10.1007/s13563-022-00333-3.

۱۱- K. Castleberry, "The Healthy Side of Quantum Technology," The Quantum Insider. 2021. [Online]. Available: https://thequantuminsider.com/2021/07/26/the-healthy-side-of-quantum-technology/

۱۲- A. M. of N. History, "Quantum Theory | AMNH," American Museum of Natural History. 2019. [Online]. Available: https://www.amnh.org/exhibitions/einstein/legacy/quantum-theory

۱۳- "Solvay Institutes," www.solvayinstitutes.be. [Online]. Available: http://www.solvayinstitutes.be/html/photo_gallery_solvayconf_physics.html

۱۴- N. Straumann, "On the first Solvay Congress in 1911," The European Physical Journal H, vol. 36, no. 3, pp. 379–399, 2011, doi: 10.1140/epjh/e2011-20043-9.

۱۵- G. J. Milburn, Quantum technology. Allen & Unwin PP - St. Leonards, Nsw, 1996.

۱۶- J. P. Dowling and G. J. Milburn, "Quantum technology: the second quantum revolution," Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, vol. 361, no. 1809, pp. 1655–1674, 2003, doi: 10.1098/rsta.2003.1227.

۱۷- Q. T. Flagship, "Quantum Manifesto: A New Era of Technology," European Commission, 2016. [Online]. Available: http://www.qtflagship.cnr.it/wp-content/uploads/2016/10/Quantum-Manifesto.pdf

۱۸- G. Press, "27 Milestones In The History Of Quantum Computing," Forbes. 2021. [Online]. Available: https://www.forbes.com/sites/gilpress/2021/05/18/27-milestones-in-the-history-of-quantum-computing/?sh=6094fd097b23

۱۹- A. CHO, "IBM casts doubt on Google's claims of quantum supremacy," www.science.org. 2019. [Online]. Available: https://www.science.org/content/article/ibm-casts-doubt-googles-claims-quantum-supremacy

۲۰- IBM, "IBM Unveils 400 Qubit-Plus Quantum Processor and Next-Generation IBM Quantum System Two," IBM Newsroom. 2022. [Online]. Available: https://newsroom.ibm.com/2022-11-09-IBM-Unveils-400-Qubit-Plus-Quantum-Processor-and-Next-Generation-IBM-Quantum-System-Two

۲۱- L. Hiscott, "How to prepare for a career in the emerging quantum-technology industry," Physics World. 2021. [Online]. Available: https://physicsworld.com/a/how-to-prepare-for-a-career-in-the-emerging-quantum-technology-industry/

۲۲- S. Insights, "10 Quantum Technology Trends in 2023," StartUs Insights. 2022. [Online]. Available: https://www.startus-insights.com/innovators-guide/quantum-technology-trends/

۲۳- "About US | Center for Quantum Nanoscience, Seoul," Center for Quantum Nanoscience. 2023. [Online]. Available: https://qns.science/about/

۲۴- A. J. Heinrich et al., "Quantum-coherent nanoscience," Nat Nanotechnol, vol. 16, no. 12, pp. 1318–1329, 2021, doi: 10.1038/s41565-021-00994-1.

۲۵- G. J. Milburn and M. J. Woolley, "Quantum nanoscience," Contemp Phys, vol. 49, no. 6, pp. 413–433, 2008, doi: 10.1080/00107510802601724.

۲۶- Phys. org I. for B. Science, "Leading researchers publish new definition of quantum nanoscience," phys.org. 2021. [Online]. Available: https://phys.org/news/2021-11-publish-definition-quantum-nanoscience.html

۲۷- "ICQNS 2023 (International Conference on Quantum Nanoscience)," ICQNS 2023 Copy. 2023. [Online]. Available: https://www.icqns2023.org/

۲۸- "Department of Quantum Nanoscience," TU Delft. 2023. [Online]. Available: https://www.tudelft.nl/en/faculty-of-applied-sciences/about-faculty/departments/quantum-nanoscience

۲۹- "The Australian Nanotechnology Network," Ausnano.net. 2023. [Online]. Available: https://www.ausnano.net/index.php%3Fpage=groups&group=100.html

۳۰- "Mike and Ophelia Lazaridis Quantum-Nano Centre," Waterloo Institute for Nanotechnology. 2023. [Online]. Available: https://uwaterloo.ca/institute-nanotechnology/research-waterloo-institute-nanotechnology/facilities-equipment/quantum-nano-centre

۳۱- P. G. I. (PGI), "Quantum Nanoscience (PGI-3)," www.fz-juelich.de. 2023. [Online]. Available: https://www.fz-juelich.de/en/pgi/pgi-3

۳۲- L. Critchley, "The Role of Semiconductors in Quantum Computing," AZoM.com. 2018. [Online]. Available: https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=17173

۳۳- S. Rodt and S. Reitzenstein, "Integrated nanophotonics for the development of fully functional quantum circuits based on on-demand single-photon emitters," APL Photonics, vol. 6, no. 1, p. 10901, 2021, doi: 10.1063/5.0031628.

۳۴- R. D. McMichael and S. Blakley, "Diamond NV Center Magnetometry," NIST. 2020. [Online]. Available: https://www.nist.gov/programs-projects/diamond-nv-center-magnetometry

۳۵- E. Janitz, K. Herb, L. A. VÖlker, W. S. Huxter, C. L. Degen, and J. M. Abendroth, "Diamond surface engineering for molecular sensing with nitrogen-vacancy centers," J Mater Chem C Mater, vol. 10, no. 37, 2022, doi: 10.1039/D2TC01258H.

۳۶- G. Wolfowicz et al., "Atomic clock transitions in silicon-based spin qubits," Nat Nanotechnol, vol. 8, no. 8, pp. 561–564, 2013, doi: 10.1038/nnano.2013.117.

۳۷- H. Li et al., "High-transition-temperature nanoscale superconducting quantum interference devices directly written with a focused helium ion beam," Appl Phys Lett, vol. 116, no. 7, 2020, doi: 10.1063/1.5143026.

۳۸- "Topological insulator nanowires are a one-way street for quantum computing," Materials Today. 2022. [Online]. Available: https://www.materialstoday.com/electronic-properties/news/topological-insulator-nanowires-computing/

۳۹- E. National Academies of Sciences and Medicine, Quantum Computing: Progress and Prospects. National Academies Press, 2019. doi: 10.17226/25196.

۴۰- J. M. De Teresa, "Nanoscale direct-write fabrication of superconducting devices for application in quantum technologies," Materials for quantum technology, vol. 3, no. 1, p. 13001, 2023, doi: 10.1088/2633-4356/acbefb.

۴۱- L. M. K. Vandersypen and M. A. Eriksson, "Quantum computing with semiconductor spins," Phys Today, vol. 72, no. 8, pp. 38–45, 2019, doi: 10.1063/pt.3.4270.

۴۲- R. Aguado and L. P. Kouwenhoven, "Majorana qubits for topological quantum computing," Phys Today, vol. 73, no. 6, pp. 44–50, 2020, doi: 10.1063/pt.3.4499.

۴۳- P. Andrich et al., "Long-range spin wave mediated control of defect qubits in nanodiamonds," npj Quantum Inf, vol. 3,

no. 1, 2017, doi: 10.1038/s41534-017-0029-z.

۴۴- E. C. CORDIS, "Carbon nanotubes as quantum bits for computing," Europa.eu. 2016. [Online]. Available: https://cordis.europa.eu/article/id/175012-carbon-nanotubes-as-quantum-bits-for-computing

۴۵- J. M. Elzerman, R. K. Hanson, van Beveren, B. Witkamp, L. M. K. Vandersypen, and L. P. Kouwenhoven, "Single-shot read-out of an individual electron spin in a quantum dot," Nature, vol. 430, no. 6998, pp. 431–435, 2004, doi: 10.1038/nature02693.

۴۶- M. A. Eriksson et al., "Spin-Based Quantum Dot Quantum Computing in Silicon," Quantum Inf Process, vol. 3, no. 1–5, pp. 133–146, 2004, doi: 10.1007/s11128-004-2224-z.

۴۷- S. M. Frolov, S. R. Plissard, S. Nadj-Perge, L. P. Kouwenhoven, and E. P. A. M. Bakkers, "Quantum computing based on semiconductor nanowires," MRS Bull, vol. 38, no. 10, pp. 809–815, 2013, doi: 10.1557/mrs.2013.205.

۴۸- R. G. Mani, W. B. Johnson, V. Narayanamurti, V. Privman, and Y.-H. Zhang, "Nuclear spin based memory and logic in quantum Hall semiconductor nanostructures for quantum computing applications," Physica E Low Dimens Syst Nanostruct, vol. 12, no. 1–4, pp. 152–156, 2002, doi: 10.1016/s1386-9477(01)00290-9.

۴۹- D. A. Vajner, L. Rickert, T. Gao, K. Kaymazlar, and T. Heindel, "Quantum Communication Using Semiconductor Quantum Dots," Adv Quantum Technol, vol. 5, no. 7, p. 2100116, 2022, doi: 10.1002/qute.202100116.

۵۰- M. Pelton, "Modified spontaneous emission in nanophotonic structures," Nat Photonics, vol. 9, no. 7, pp. 427–435, 2015, doi: 10.1038/nphoton.2015.103.

۵۱- S. Mohammadnejad, A. Mahmoudi, and H. Arab, "A new III–V nanowire-quantum dot single photon source with improved Purcell factor for quantum communication," Opt Quantum Electron, vol. 54, no. 4, 2022, doi: 10.1007/s11082-022-03567-1.

۵۲- S. I. Bozhevolnyi and J. B. Khurgin, "The case for quantum plasmonics," Nat Photonics, vol. 11, no. 7, pp. 398–400, 2017, doi: 10.1038/nphoton.2017.103.

۵۳- A. Baydin, F. Tay, J. Fan, M. Manjappa, W. Gao, and J. Kono, "Carbon Nanotube Devices for Quantum Technology," Materials, vol. 15, no. 4, p. 1535, 2022, doi: 10.3390/ma15041535.

۵۴- R. M. Kerber, J. M. Fitzgerald, D. E. Reiter, S. K. Oh, and O. Hess, "Reading the Orbital Angular Momentum of Light Using Plasmonic Nanoantennas," ACS Photonics, vol. 4, no. 4, pp. 891–896, 2017, doi: 10.1021/acsphotonics.6b00980.

۵۵- M. Gurioli, Z. Wang, A. Rastelli, T. Kuroda, and S. Sanguinetti, "Droplet epitaxy of semiconductor nanostructures for quantum photonic devices," Nat Mater, vol. 18, no. 8, pp. 799–810, 2019, doi: 10.1038/s41563-019-0355-y.

۵۶- V. Aksyuk, C. Copeland, and R. Ilic, "Electron-beam lithography," NIST. 2022. [Online]. Available: https://www.nist.gov/programs-projects/electron-beam-lithography

۵۷- H. Arab, S. MohammadNejad, A. KhodadadKashi, and S. Ahadzadeh, "Recent advances in nanowire quantum dot (NWQD) single-photon emitters," Quantum Inf Process, vol. 19, no. 2, 2019, doi: 10.1007/s11128-019-2542-9.

۵۸- W. H. Song, T. Du, H. Bin Liu, M. B. Plenio, and J. Cai, "Nanoscale Magnetic Resonance Spectroscopy Using a Carbon Nanotube Double Quantum Dot," Phys Rev Appl, vol. 12, no. 5, 2019, doi: 10.1103/physrevapplied.12.054025.

۵۹- C. Jin, J. Gao, I. Esmaeil Zadeh, A. W. Elshaari, and V. Zwiller, "Nanowire-based integrated photonics for quantum information and quantum sensing," Nanophotonics, vol. 12, no. 3, pp. 339–358, 2023, doi: 10.1515/nanoph-2022-0652.

۶۰- W. W.-W. Hsiao and T.-N. Le, Nanodiamonds in Analytical and Biological Sciences. John Wiley & Sons, 2023.

۶۱- L. Sun et al., "Room-Temperature Quantitative Quantum Sensing of Lithium Ions with a Radical-Embedded Metal–Organic Framework," J Am Chem Soc, vol. 144, no. 41, pp. 19008–19016, 2022, doi: 10.1021/jacs.2c07692.

۶۲- R. Sengupta et al., "Chemical Vapor Deposition of Monolayer MoS2 on Chemomechanically Polished N-Polar GaN for Future 2D/3D Heterojunction Optoelectronics," ACS Appl Nano Mater, vol. 6, no. 7, pp. 5081–5086, 2023, doi: 10.1021/acsanm.3c00038.

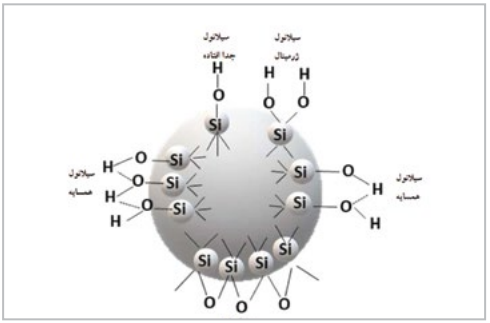
۶۳- K. Sasaki et al., "Magnetic field imaging by hBN quantum sensor nanoarray," Appl Phys Lett, vol. 122, no. 24, 2023, doi: 10.1063/5.0147072.

کاربردهای صنعتی نانوفیومد سیلیکا

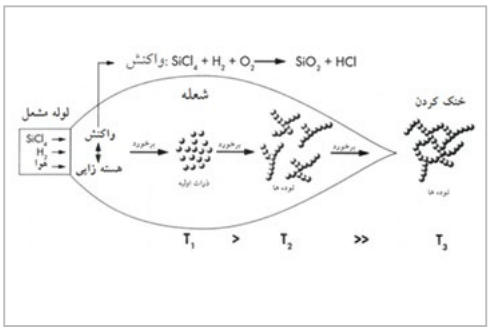
تهیه‌کننده شرکت نوآوران صنعت و نانوفناوری معین

فیومد سیلیکا

فیومد سیلیکا[1] از زمان تولید اولیه در اوایل دهه چهل قرن بیستم، کاربرد گسترده‌ای در صنعت پیدا کرده است. فیومد سیلیکا به‌دلیل فرایند تولید گرم زا[2] با احتراق سیلیکن تراکلرید[3] در شعله اکسیژن هیدروژن، خواص شگفت‌انگیز مختلفی را ارائه می‌دهد. فیومد سیلیکا از دی‌اکسید سیلیکون آمورف پراکنده[4] تشکیل و سطح آن توسط گروه‌های سیلانول[5] بسیار واکنش‌پذیر پوشیده شده است (شکل ۱) که برای واکنش‌های شیمیایی در دسترس هستند. علاوه بر این، فیومد سیلیکا ساختار ذرات پرکننده فضا[6] (ساختارهای پرکننده فضا ساختارهایی هستند که نشان می‌دهند چگونه ذرات در ساختار جامدات قرار می‌گیرند.) را نشان می‌دهد که مربوط به مساحت سطح بالا و فاقد ریزمنافذ[7] بودن آن است. این ویژگی‌ها فیومد سیلیکا را قادر می‌سازد تا به‌عنوان یک افزودنی جریان آزاد[8] در جامدات پودرمانند، یک غلیظ کننده[9] در مایعات مختلف و یک پرکننده تقویت‌کننده[10] قوی در الاستومرها عمل کند[1].



شکل ۱- ساختار شماتیک سیلیکا (کره مرکزی) و گروه‌های سیلانول متصل به آن



شکل۲- تولید فیومد سیلیکا در فرایند شعله

تولید

فیومد سیلیکا از سوزاندن سیلان‌های فرار مانند تتراکلرید سیلیکون در شعله اکسیژن هیدروژن تولید می‌شود. در دمای بالای شعله، برخورد[11] و انعقاد[12] پیش‌ذرات[13] منجر به تشکیل ذرات اولیه می‌شود. سرعت انعقاد بستگی به ویسکوزیته اکسید مذاب دارد که برای دی‌اکسید سیلیکون در دمای شعله حدود ۱۵۰۰ کلوین، بسیار زیاد است؛ بنابراین اندازه ذرات اولیه فیومد سیلیکا، به‌شدت با دمای شعله مرتبط است. در دمای پایین‌تر، برخورد و چسبیدن ذرات اولیه تنها منجر به همجوشی[14] و تشکیل توده‌های[15] پایدار ذرات می‌شود. توده‌های سیلیس شعله را ترک می‌کنند و خنک می‌شوند اما همچنان با هم برخورد می‌کنند. از آنجایی که سطوح آن‌ها اکنون جامد است، آگلومرهایی[16] از توده‌ها تشکیل می‌شود که توسط فعل‌وانفعالات سطحی فیزیکی و شیمیایی کنار هم نگه داشته می‌شوند (شکل ۲)[۱].

ویژگی

در جدول ۱ برخی خواص نظری فیومد سیلیکا قابل‌مشاهده است[۲].

در ادامه به بررسی ویژگی‌های فیومد سیلیکا می‌پردازیم.

جدول۱- خواص نظری فیومد سیلیکا

وزن مولکولی	۶۰٫۰۸
ظاهر	پودر سفید
نقطه ذوب	۱۶۰۰ °C
نقطه جوش	۲۲۳۰ °C
چگالی	۲٫۳-۴٫۵ g/cm^3
مساحت سطح ویژه	۲۰۰-۳۰۰ m^2/g
مورفولوژی	کروی

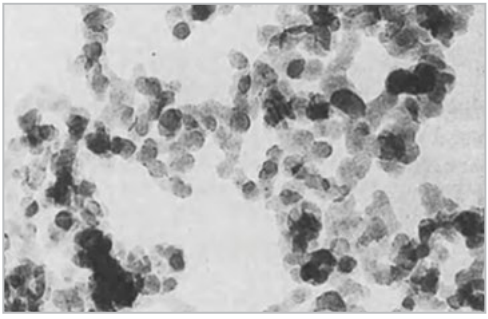
شکل۳- شکل ظاهری فیومد سیلیکا

ساختار ذره

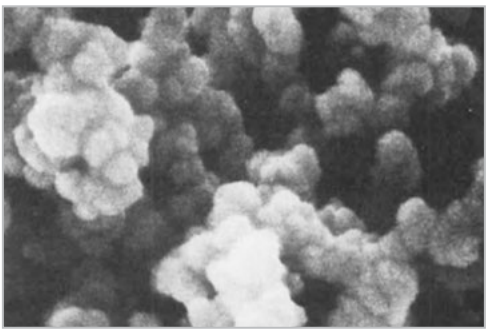
فیومد سیلیکا به‌صورت پودر سفید کرکی (شکل ۳) ظاهر می‌شود که با چگالی ظاهری بسیار کم تا محدوده حدود ۲۰ تا ۵۰ گرم بر لیتر مشخص می‌شود. در مقابل، ذره فیومد سیلیکا زیر میکرون[۱۷] متشکل از دی اکسید سیلیکون آمورف دارای چگالی واقعی حدود ۲۲۰۰ گرم بر لیتر است. هر بحثی در مورد ساختار ذرات فیومد سیلیکا باید این تفاوت عظیم را درنظر بگیرد.

با میکروسکوپ الکترونی اندازه ذرات اولیه در توده‌ها حدود ۱۰ نانومتر تخمین زده می‌شود. اندازه‌گیری اندازه ذرات با استفاده از نانوسایزر[۱۸] نشان می‌دهد که اندازه توده‌های پراکنده در یک حلال مرطوب مناسب[۱۹] در محدوده ۱۰۰ نانومتر است. پراش لیزری[۲۰] فیومد سیلیکا پراکنده در هوا، اندازه آگلومرهای بزرگ‌تر از ۵ میکرومتر را فراهم می‌کند.

با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)[۲۱] (شکل ۴) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)[۲۲] (شکل ۵) ساختار غالب ذرات فیومد سیلیکا توده‌هایی هستند که از ذرات اولیه محکم و تا حدی ذوب شده تشکیل شده‌اند.



شکل۴- فیومد سیلیکا (مساحت سطح $200-m^2g^{-1}$) - TEM



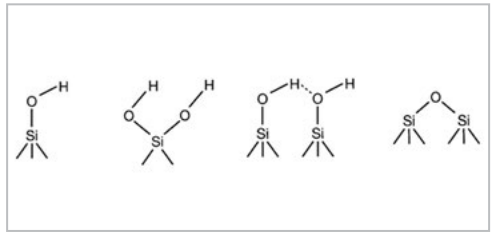
شکل۵- فیومد سیلیکا (مساحت سطح $125\ m^2g^{-1}$) - SEM

توده‌های فیومد سیلیکا ساختارهای ذره‌ای خطی و منشعب با اندازه متوسط حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ نانومتر هستند. با استفاده از TEM اندازه ذرات اولیه تقریباً ذوب شده حدود ۱۰ نانومتر به دست آمده است. روش‌های جذب[۲۳] و میکروسکوپ الکترونی مقادیر بسیار نزدیکی از مساحت سطح را ارائه می‌دهند. این روش‌ها نشان می‌دهند که فیومد سیلیکا دارای سطح ذرات صاف در محدوده نانومتر است و ظاهراً سطح آن عاری از ریزمنافذ است. سطح صافِ غیرمتخلخل ذرات فیومد سیلیکا مهم‌ترین ویژگی آن‌هاست، زیرا تفسیر واکنش‌های شیمیایی سطح را ساده می‌کند. علاوه بر این، ریز تخلخل سطح به‌طور قابل‌توجهی کارایی برهمکنش سطح سیلیس را کاهش می‌دهد[۱].

شیمی سطح

شیمی یک جامد ریز تقسیم شده[۲۴] با مساحت سطح بالا در مرز بین شیمی مولکولی و فیزیک سطح جامد است. شیمی سطح فیومد سیلیکا توسط واحدهای Si-O-Si و به‌ویژه، پیوندهای Si-O آویزان که گروه‌های سیلانول را تحت تأثیر رطوبت در دمای محیط ایجاد می‌کند، تحت سلطه قرار می‌گیرد.

چگالی گروه‌های سیلانول سطح سیلیس به‌شدت به فرایند تولید دی‌اکسید سیلیکون بستگی دارد. هیچ مدرکی مبنی بر اینکه فیومد سیلیکا حاوی سیلانول‌های داخلی باشد وجود ندارد. برخلاف محصولات سیلیسی حاصل از فرایندهای مرطوب، فیومد سیلیکا تنها چگالی سطحی کمی از سیلانول‌های سطحی را نشان می‌دهد. تقریباً هر دوم اتم سیلیکون روی سطح خود دارای یک گروه سیلانول است. بخش بزرگی از این سیلانول‌ها پیوند هیدروژنی ندارند، اما جدا شده‌اند[۲۵] (شکل ۶) و یک نوار IR[۲۶] در $3750\ cm^{-1}$ ایجاد می‌کنند. علاوه بر این، سیلانول‌های سطحی فیومد سیلیکا با توزیع آماری روی سطح



شکل۶- گروه‌های مختلف سیلانول در سطح فیومد سیلیکا به‌ترتیب از چپ به راست: سیلانول جدا افتاده، سیلانول ژرمینال[۲۷]، سیلانول همسایه[۲۸] و سیلوکسان[۲۹]

قرار می‌گیرند. به این دلایل، سطح فیومد سیلیکا نسبت به واکنش‌های شیمیایی بسیار واکنش‌پذیر است. فیومد سیلیکا به‌دلیل سیلانول‌های سطحی و همچنین به‌دلیل ماهیت اکسیدی، دارای انرژی سطحی بالایی است و قابلیت تَرشدن با آب را دارد.

بسیاری از کاربردهای صنعتی فیومد سیلیکا اساساً به انرژی سطحی بالای آن و وجود گروه‌های سیلانول سطحی بستگی دارد؛ اما سیستم‌های مختلفی نیز وجود دارد که در آن‌ها گروه‌های سیلانول فعال و آبِ جذب شده روی سطح آب‌دوست، مضرات جدی را وارد می‌کنند. در نتیجه، یکی از مهم‌ترین واکنش‌ها بر روی فیومد سیلیکا، سیلیله‌شدن گروه‌های سیلانول سطحی است. غیرفعال‌سازی گروه‌های سیلانول سطحی همچنین انرژی سطحی اکسید را کاهش می‌دهد.

سیلیسه‌کردن سبب آب‌گریزشدن فیومد سیلیکا می‌شود. رایج‌ترین عوامل سیلیله کننده آلکیل کلروسیلان‌ها[۳۰] به‌عنوان دی‌کلرو دی‌متیل سیلان[۳۱] یا آلکیل سیلازان‌ها[۳۲] به‌عنوان هگزامتیل دی‌سیلازان[۳۳] هستند[۱].

کاربردها

فیومد سیلیکا در بخش‌های مختلف صنعت کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده است (شکل ۷). مهم‌ترین آن‌ها تقویت الاستومرها به‌عنوان یک پرکننده فعال و تغلیظ مایعات به‌عنوان یک افزودنی رئولوژیکی[۳۴] است، این دو کاربرد بیش از دو سوم حجم بازار فیومد سیلیکا را پوشش می‌دهند. حجم‌های کوچک‌تری از فیومد سیلیکا به‌عنوان افزودنی جریان آزاد[۳۵] در مواد جامد پودر مانند، به‌عنوان مثال در تونر دستگاه‌های کپی و چاپگر، در خاموش‌کننده‌های آتش‌نشانی یا حتی مواد غذایی استفاده می‌شود. همچنین در عوامل ضدفوم[۳۶] به‌عنوان ضدانسداد[۳۷]، در عایق کابل، کاتالیزور، لوازم‌آرایشی، جاذب، پوشش کاغذ[۳۸]،

شکل۷-کاربرد فیومد سیلیکا در صنایع مختلف

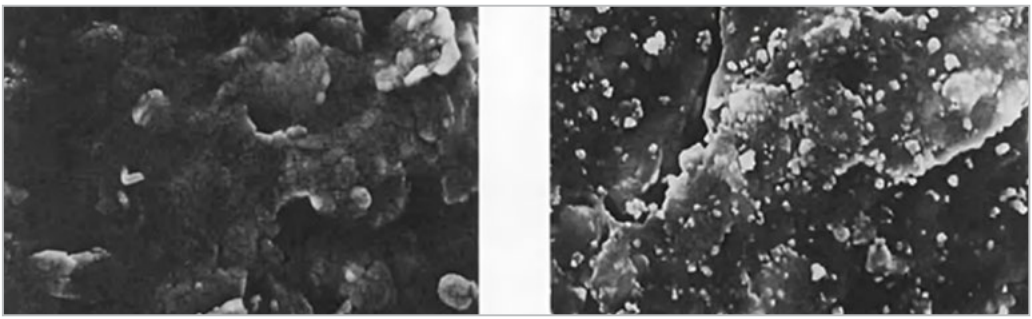
داروسازی و غیره استفاده می‌شود. همه این کاربردها از دو خاصیت فیومد سیلیکا که از منشأ گرمازایی آن ناشی می‌شود سود می‌برند: ساختاری از ذرات ریز پراکنده و انباشته شده و سطحی وسیع با فعالیت بالا[۱].

در ادامه به بررسی برخی کاربردهای فیومد سیلیکا می‌پردازیم.

جریان آزاد تونرها

توانایی فیومد سیلیکا برای پشتیبانی و حفظ جریان آزاد جامدهای پودر مانند مستقیماً با اندازه ذرات کوچک توده‌های آن مرتبط است. توده‌های سیلیس سطح ذرات پودری را می‌پوشانند و در نتیجه از تجمیع ذرات پودری جلوگیری می‌کنند و علاوه بر این به‌عنوان یک بلبرینگ عمل می‌کنند تا پودر جریان یابد (شکل ۸)[۱].

جریان آزاد تونر در دستگاه کپی برای جریان دقیق تونر و کیفیت تصویر ضروری است. بدون سیلیس، جریان آزاد تونر پس از کپی‌های متعدد کاهش می‌یابد و سبب کاهش کیفیت تصویر می‌شود. سیلیس بسیار آب‌گریز به‌عنوان یک افزودنی جریان آزاد، جریان‌پذیری تونر را حفظ می‌کند. علاوه بر این، هر افزودنی باید با قابلیت شارژ سیستم تونر سازگار باشد. مشخص شده است که تونر نیاز به افزودن یک نوع سیلیس با قطبیت و شارژپذیری یکسان دارد. شارژپذیری سیلیس توسط شیمی سطحی کنترل می‌شود – سیلیسه و آب‌گریزشدن قطبیت منفی دی‌اکسید سیلیکون را حفظ می‌کند و اصلاح سطح توسط ترکیبات سیلیکون آلی آمینه یا آمونیوم منجر به شارژپذیری مثبت می‌شود[۳].



شکل۸-SEM از ذرات تونر بدون فیومد سیلیکا (چپ) و با غلظت ۰٫۴ درصد از فیومد سیلیکا (راست)

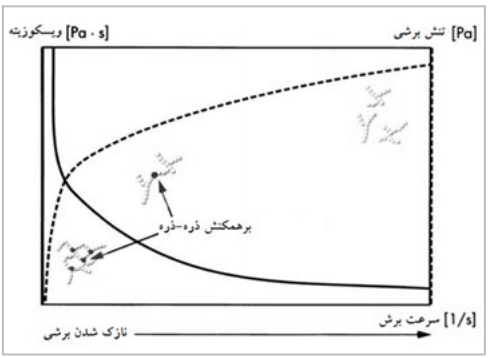
تغلیظ مایعات

بسیاری از فرایندهای صنعتی و تولیدی نیاز به اعمال محلول مایع، رزین یا پلیمر (مانند پوشش‌ها، رنگ‌ها، لاک‌ها و غیره) بر روی لایه‌های عمودی دارند. در حین استفاده، مایع باید نازک و فرایند رنگ‌آمیزی و پاشش آسان باشد اما هم‌زمان فیلم مایع اعمال شده باید در مدت زمان لازم برای سخت‌شدن روی بستر باقی بماند. فیومد سیلیکا دارای خواص یک غلیظ کننده مؤثر است که متورم نمی‌شود و از نظر شیمیایی بی‌اثر است. علاوه بر این غلیظ شدن توسط فیومد سیلیکا منجر به یک سیستم غیرنیوتنی می‌شود که معمولاً با نقطه تسلیم[۳۹] (حد روان‌شدن)، نازک‌شدن برشی[۴۰] و تیکسوتروپی[۴۱] (کاهش ویسکوزیته ظاهری مایعات، تحت عملیات و تنشی ثابت با گذشت زمان.) همراه است؛ بنابراین فیومد سیلیکا به روشی عالی، الزامات نازک‌شدن برشی برگشت‌پذیر را تحت تنش برشی بالا اما یک نقطه تسلیم مشخص یا ویسکوزیته بالا در تنش‌های برشی پایین‌تر حل می‌کند.

این اثرات رئولوژیکی که فیومد سیلیکا بر یک سیستم مایع تحمیل می‌کند، ممکن است با فعل‌وانفعال شگفت‌انگیز ساختار ذرات و برهمکنش‌های سطحی، همان‌طور که در شکل ۹ نشان داده شده است، درک شود.

این شبکه پرکننده فضا[۴۲] از ذرات فیومد سیلیکا در حال نفوذ[۴۳] و تعامل ممکن است منجر به ویسکوزیته بسیار زیاد یا حتی یک نقطه تسلیم شود. مایع غلیظ شده قوام ژل مانندی پیدا می‌کند و در مقابل تنش برشی مقاومت می‌کند تا زمانی که تنش برشی بر استحکام فعل‌وانفعالات ذره-ذره غلبه کند و شروع به شکستن شبکه ذرات و آگلومرهای بزرگ به خوشه‌های کوچک‌تر از توده‌ها کند. با افزایش سرعت برش، پیوندهای ذرات بیشتر و بیشتری شکسته می‌شوند. با این کار شبکه ذرات از بین می‌رود، اندازه آگلومرها کاهش می‌یابد و مایع تحت تنش برشی رقیق می‌شود. در لحظه‌ای که تنش برشی کاهش می‌یابد یا متوقف می‌شود، توده‌ها و آگلومرهای کوچک مجدداً مرتب می‌شوند و دوباره شروع به برهمکنش می‌کنند و به توده‌های بزرگ‌تر رشد می‌کنند. مایع دوباره توسط سیلیس غلیظ می‌شود، اما از آنجایی که بازآرایی ذرات به زمان نیاز دارد سیستم تیکسوتروپیک رفتار می‌کند.

منشأ پیوند توده‌های سیلیس به آگلومرها و شبکه‌های ذرات برهمکنش‌های سطح ذرات است. پیوندهای هیدروژنی بین ذره‌ای به‌عنوان نیروی اصلی برای اتصال ذرات فیومد سیلیکا به یکدیگر موردبحث قرار گرفته است. مطالعه اثر تغلیظ فیومد سیلیکا آب‌گریز، آب‌دوست و سیلیله در مایعات با قطبیت‌های مختلف تصویر کلی‌تری از برهمکنش ذرات و توانایی تغلیظ را نشان می‌دهد. مشخص شده که سیستم مشابهی از سطح سیلیس و محیط مایع، تغلیظ مشخصی را نشان نمی‌دهد، در حالی که اگر سطح سیلیس به‌طور قابل‌توجهی با مایع متفاوت باشد، اثر تغلیظ بالا رخ خواهد داد (جدول ۲)[۱].



شکل۹- تغلیظ مایعات با فیومد سیلیکا

جدول ۲- قواعد برهمکنش‌های ذره-ذره

مایع / سیلیکا	قطبی-آب‌دوست	ناقطبی-آب‌گریز
قطبی	■ بدون برهمکنش ■ بدون تغلیظ	■ برهمکنش آب‌دوست ■ تغلیظ بالا
ناقطبی	■ پیوند هیدروژنی ■ تغلیظ بالا	■ بدون برهمکنش ■ بدون تغلیظ

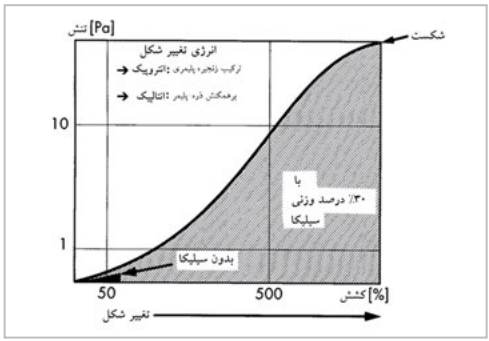
تقویت الاستومرها

اساساً یک لاستیک باید بتواند تحت تنش کشیده شود تا در برابر استرس بدون شکستگی مقاومت کند و پس از پایان تنش به شکلی برگشت‌پذیر به‌شکل اولیه خود بازگردد. یک پلیمر پر نشده[۴۴] و عمل آمده[۴۵] به‌ندرت این الزامات را برآورده می‌کند. این یک واقعیت است که برای اکثر سیستم‌های لاستیکی صادق است؛ بنابراین توسعه صنعتی الاستومرها به‌شدت با تولید پرکننده‌های تقویت‌کننده فعال مرتبط است.

استحکام مکانیکی بالای لاستیک‌های طبیعی و آلی که در تایرها استفاده می‌شود، به‌دلیل ترکیب کربن سیاه گرماز[۴۶] به‌عنوان پرکننده‌های فعال است. الاستومرهای ستون فقرات پلیمرهای قطبی‌تر مانند پلی‌آکریلات‌ها، پلی‌یورتان‌ها یا پلی‌سولفیدها، به پرکننده‌هایی با قطبیت بالاتر نیاز دارند. به‌ویژه عملکرد الاستومرهای پلی دی متیل سیلوکسان (لاستیک سیلیکونی) اساساً با افزودن فیومد سیلیکا مرتبط است.

پلیمر سیلیکونی ولکانیزه لُخت (یک شبکه پلی دی‌متیل سیلوکسان)، استحکام مکانیکی پایینی را نشان می‌دهد. اضافه‌کردن ۳۰درصد وزنی فیومد سیلیکا از طریق اختلاط و پراکندگی باعث افزایش طول[۴۷] و تنش در هنگام شکست به میزان بیش از ۱۰ می‌شود (شکل ۱۰).

برای درک خواص مکانیکی الاستیک، بحث ذخیره انرژی تغییر شکل یک رویکرد قدرتمند را ارائه می‌دهد. اندازه‌گیری‌های مکانیکی دینامیکی در کشش بالا روی الاستومرهای سیلیکونی پرشده نشان می‌دهد که انرژی تغییر شکل ممکن است به بخش انتروپیک و انتالپیک مرتبط باشد. بخش انتروپیک عمدتاً به‌دلیل محدودیت فضای ساختاری زنجیره پلیمری در حضور ذرات جامد سیلیس است. در حالی که بخش انتالپیک انرژی تغییر شکل مربوط به فعل‌وانفعالات ذره-پلیمر در سطح سیلیس است. بخش انتالپیک ذخیره‌سازی انرژی تغییر شکل



شکل۱۰- تقویت الاستومرها با فیومد سیلیکا

ممکن است هنگامی که تعداد بهینه برهمکنش‌های سطح پلیمر روی ذره در حالی که تنش به الاستومر اعمال می‌شود کاهش یابد توضیح داده شود. زنجیر پلیمری ممکن است از سطح ذره دور شود یا موقعیت بهینه خود را نسبت به سطح ذره از دست بدهد. هنگامی که کشش آرام می‌شود، بهینه‌سازی و جهت‌دهی مجددِ زنجیره سیلیکونی به مکان‌های جذب فعال سطح ذرات، انرژی برهمکنش را آزاد می‌کند[۱].

بسته‌بندی آنتی‌باکتریال مواد غذایی

امروزه از دست‌دادن و هدر رفت مواد غذایی یک موضوع بسیار مشکل‌ساز است. FAO،[۴۸] در گزارشی در سال ۲۰۱۹، ارائه کرد که نزدیک به یک سوم مواد غذایی در نظر گرفته شده برای استفاده انسان (تقریباً ۱٫۳میلیارد تن در سال) از بین یا هدر می‌رود. این یک تقریب در سال ۲۰۱۱ بود و هنوز به‌عنوان تنها تخمین جهانی در نظر گرفته می‌شود که تمام بخش‌های عرضه و تولید مواد غذایی را پوشش می‌دهد. بسته‌بندی مواد غذایی یکی از راه‌حل‌هاست و همان‌طور که توسط AMERIPEN[49] (مؤسسه آمریکایی بسته‌بندی و محیط‌زیست) گزارش شده

است، تقریباً از ۲۵-۲۰٪ ضایعات مواد غذایی می‌توان با استفاده از فناوری‌های بسته‌بندی مواد غذایی جلوگیری کرد. این نقش فعال به بهبود ماندگاری مواد غذایی (مربوط به کیفیت) و عمر ایمن (مربوط به ایمنی) مربوط می‌شود که اغلب از طریق (اما نه تنها) کاهش رشد میکروبی است. بر این اساس، نیاز به بهبود گزینه‌های بسته‌بندی مواد غذایی موجود با عملکردهای مناسب برای کاهش رشد میکروبی وجود دارد. برای این کار، پراکندگی نانو/میکرو پرکننده‌های مبتنی بر فلز در یک ماتریس پلیمری یک مسیر شناخته شده برای توسعه بسته‌بندی ضدمیکروبی است.

علی‌رغم اثربخشی بالای پرکننده‌های مبتنی بر فلز در کاهش اثرات میکروبی، مقررات مربوط به تأیید آن‌ها پیچیده است که بیشتر به‌دلیل نگرانی‌های مربوط به سمیت آن‌ها برای انسان است. این امر به‌طور مستقیم با رفتار مهاجرت چنین پرکننده‌هایی مرتبط است که می‌تواند از طریق ۱) انتشار ذرات از داخل فیلم، ۲) دفع ذرات واقع در سطح فیلم و ۳) انحلال یون فلزی که در آن فیلم به‌عنوان یک پلیمر تبادل یونی[۵۰] عمل می‌کند، رخ دهد. در نتیجه، توسعه راهبردهایی برای تضعیف و به نوعی کنترل رفتار مهاجرت چنین پرکننده‌هایی یک زمینه جالب برای کاهش اثرات منفی مربوط به استفاده از آن‌هاست. یک رویکرد برای رسیدن به این هدف، به دام انداختن سایت فعال (به‌عنوان مثال CuNPs، AgNPs[۵۱] یا CuONPs) به‌صورت فیزیکی و/یا شیمیایی به یک پرکننده معدنی دیگر و ایجاد پرکننده‌های دو یا سه طرفه[۵۲] است. این امر با اجتناب از مهاجرت ذرات و سطوح بالای مهاجرت یون‌های فلزی باعث محدودیت مهاجرت سایت فعال می‌شود. از سوی دیگر، این نوع پرکننده‌ها می‌توانند طیف وسیعی از خواص بهبود یافته را (مانند سد گاز، حرارتی، مکانیکی و غیره) به‌دلیل اثر هم‌افزایی ترکیبی که از هر دو ساختار موجود در پرکننده حاصل می‌شود، ارائه دهند.

با در نظر گرفتن این راهبرد، اخیراً پرکننده‌های ضدباکتری دوطرفه متشکل از نقره (Ag/FS[۵۳])، مس (Cu/FS) و هیدروکسی نیترات مس ($Cu_2(OH)_3$; CuHS/FS) در اندازه ذرات میکرو بر روی یک نانو فیومد سیلیکا گرمازا (SiO_2/FS) برای استفاده به‌عنوان پرکننده پلیمری توسعه داده شد.

علی‌رغم عدم‌تأیید تماس مواد غذایی با سایت‌های فعال، استفاده از فیومد سیلیکا با گرید غذایی به‌عنوان ماتریس دوپینگ رویکرد مناسبی برای تأیید آسان‌تر آن‌ها تحت عنوان محصول نهایی است چراکه به‌عنوان افزودنی مجاز غذایی طبقه‌بندی شده است.

چسبندگی قوی ذرات فلزی به سطح فیومد سیلیکا سبب کاهش سطوح مهاجرت و بهبود خواص ضدمیکروبی پرکننده‌های فلزی در بسته‌بندی‌های پلیمری سخت مواد غذایی می‌شود[۴].

تولیدکنندگان داخلی

در ایران شرکت نانوجاذب‌های پیشرفته نوین برای اولین بار به فناوری تولید فیومد سیلیکا دست یافته است.

شرکت نانوجاذب‌های پیشرفته نوین

شرکت نانوجاذب‌های پیشرفته نوین، یک شرکت نوپا در شهرک صنعتی شکوهیه استان قم است که در حال حاضر مشغول تکمیل ظرفیت خط تولید و ساخت دستگاه‌های موردنیاز جهت تولید در مقیاس تناژ در ماه است و تاکنون فروشی از این محصول نداشته است. درعین‌حال پیش‌بینی می‌شود که تولید سالیانه فیومد سیلیکا در شرکت نانوجاذب‌های پیشرفته نوین به‌زودی حدود ۹۰ تن در سال و در آینده‌ای نه‌چندان دور ۵ هزار تن در سال باشد[۵].

تولیدکنندگان خارجی

در خارج از کشور شرکت‌های مختلفی در سراسر جهان اقدام به تولید فیومد سیلیکا کرده‌اند که در ادامه به بررسی برخی از آن‌ها می‌پردازیم.

Dongyue Group

گروه Dongyue در سال ۱۹۸۷ در چین تأسیس شده است. این شرکت عمدتاً در بحث تحقیق و توسعه و تولید مبردهای جدید سازگار با محیط‌زیست، مواد پلیمری حاوی فلوئور، مواد آلی سیلیسی، غشاهای یونی کلر-قلیایی و غشاهای تبادل پروتون سوخت هیدروژن و غیره مشغول است. (http://www.dongyuechem.com/en/default.aspx)

Kemitura Group

گروه Kemitura یک شرکت شیمیایی / فنی است که در سال ۱۹۴۱ در دانمارک تأسیس شده است. این شرکت یکی از بازیگران پیشرو در حوزه تولید فیومد سیلیکا در جهان است. (/http://www.kemitura.com)

Cabot

Cabot Corporation یک شرکت پیشرو در زمینه مواد شیمیایی و مواد عملکردی است که دفتر مرکزی آن در بوستون، ماساچوست آمریکا قرار دارد. این شرکت یکی از بازیگران در حوزه تولید فیومد

سیلیکا در جهان است. (https://www.cabotcorp.com)

OCI

شرکت OCI (صنایع شیمیایی شرقی سابق) یک شرکت شیمیایی در کره جنوبی است که در سال ۱۹۵۹ تأسیس شد. OCI مواد شیمیایی پایه مانند کلرید کلسیم، کربنات سدیم، سدیم پرکربنات، سیلیکون پلی کریستالی، فیومد سیلیکا، تری فلوراید نیتروژن و پراکسید هیدروژن، مواد شیمیایی کربنی مانند کربن سیاه و فنل‌ها را برای صنایع شیمیایی و تخصصی تولید می‌کند. (https://www.oci.co.kr/eng)

بازار جهانی فیومد سیلیکا

اندازه بازار فیومد سیلیکا در سال ۲۰۲۰ برابر با ۱۵۹۹میلیون دلار بود و از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۷ شاهد ۵٫۴درصد رشد مرکب سالانه خواهد بود. فیومد سیلیکا بسیار متنوع است و می‌تواند در محصولاتی با استفاده روزانه تا محصولات صنعتی مورداستفاده قرار بگیرد.

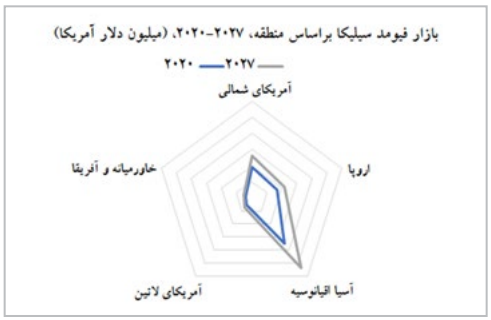
چشم‌انداز مثبت صنعت رنگ و پوشش به‌دلیل افزایش تقاضا از طرف بخش‌های ساختمانی و خودرو، از بازار فیومد سیلیکا حمایت می‌کند زیرا برای بهبود خواص رئولوژیکی، تیکسوتروپیک و ضدشُرشدن رنگ‌ها و پوشش‌ها استفاده می‌شود[۶].

فیومد سیلیکا آب‌دوست بر بازار تسلط دارد

در سال ۲۰۲۰، فیومد سیلیکا آب‌دوست به‌دلیل طیف وسیعی از کاربردها، حدود ۶۰درصد سهم داشت. این سیلیس دارای خواص عایق خوب در دماهای بالاست. فیومد سیلیکا آب‌دوست برای استفاده در سیستم‌های رزین غیرقطبی مناسب است. این ماده در تقویت و تغلیظ سیلیکون، به‌عنوان لغزنده برای پودرهای غذایی و صنعتی و در تغلیظ حلال‌های غیرقطبی مانند زایلن، الکل‌های معدنی و استایرن استفاده می‌شود[۶].

داروسازی، مراقبت‌های زیبایی و شخصی جلودار رشد صنعت

بخش دارویی، مراقبت‌های زیبایی و شخصی تا سال ۲۰۲۷ شاهد حدود ۵٫۵٪ رشد مرکب سالانه خواهد بود. این محصول در فرمولاسیون‌های مختلف دارو، کپسول و قرص و در محصولات مراقبت از مو، پوست و دهان برای ایجاد خواص لازم استفاده می‌شود. افزایش جمعیت در ترکیب با افزایش هزینه‌ها برای



شکل۱۱-بازار فیومد سیلیکا بر اساس منطقه

محصولات مراقبت بهداشتی و زیبایی منجر به رشد قوی بازار فیومد سیلیکا در سال‌های آینده خواهد شد[۶].

آسیا و اقیانوسیه از نظر مصرف و تولید در خط مقدم است. آسیا و اقیانوسیه در سال ۲۰۲۰ بیش از ۴۰درصد از سهم را در اختیار داشت و پیش‌بینی می‌شود در دوره پیش‌بینی با نرخ قابل‌توجهی رشد کند. رشد به افزایش تقاضا برای محصول از سوی اقتصادهای نوظهور مختلف مانند چین، هند و ژاپن نسبت داده می‌شود[۶].

افزایش سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه یک روند عمده مشاهده شده در بازار است

تولیدکنندگان سرمایه‌گذاری‌های تحقیق و توسعه را افزایش می‌دهند تا توسعه روش‌های جدید تولید را با هزینه کم به دست آورند[۶].

چالش: اثر نامطلوب فیومد سیلیکا بر سلامت انسان

فیومد سیلیکا می‌تواند خطرات بهداشتی مختلفی را برای کارگران صنایع مختلف مصرف نهایی و همچنین برای افرادی که از محصولی که در آن فیومد سیلیکا استفاده می‌شود، ایجاد کند. فیومد سیلیکا می‌تواند باعث مشکلاتی مانند سوزش چشم در تماس شدید و آسیب چشم در مواجهه مکرر شود. می‌تواند باعث بیماری‌های شبه آنفولانزا مانند سردرد، تب، لرز، درد، سرفه و گرفتگی قفسه سینه شود. فیبروز یکی از اثرات طولانی‌مدت فیومد سیلیکاست که می‌تواند باعث آسیب ریه شود. تحقیقات بیولوژیکی برای یافتن اثرات فیومد سیلیکا بر موجودات زنده در حال انجام است[۷].

برای دسترسی به گزارش صنعتی کیوآرکد روبه‌رو را اسکن کنید.

پی‌نوشت‌ها

۱- Fumed silica
۲- Pyrogenic
۳- Silicon tetrachloride
۴- Dispersed amorphous silicon dioxide
۵- Silanol
۶- Space-filling particle structure
۷- Micro porous
۸- Free-flow additive
۹- Thickener
۱۰- Reinforcing filler
۱۱- Collision
۱۲- Coalescence
۱۳- Protoparticles
۱۴- Fusion
۱۵- Protoparticles
۱۶- Aggregates
۱۷- Submicron fumed silica
۱۸- Nanosizer
۱۹- Well wetting solvent
۲۰- Laser diffraction
۲۱- Transmission electron microscopy
۲۲- Scanning electron microscopy
۲۳- Adsorbtion
۲۴- Divide solid
۲۵- Isolated
۲۶- Infrared
۲۷- Germinal silanol
۲۸- Vicinal silanol
۲۹- Siloxane
۳۰- Alkylchlorosilanes
۳۱- Dichlorodimethylsilan
۳۲- Alkylsilazane
۳۳- Hexamethyldisilazane
۳۴- Rheological additive
۳۵- Free flow additive
۳۶- Anti-foam agent
۳۷- Anti-blocking
۳۸- Paper coating
۳۹- Yield point
۴۰- Shear thinning
۴۱- Thixotropy
۴۲- Space-filling network
۴۳- Percolating
۴۴- Unfilled
۴۵- Cured
۴۶- Pyrogenic carbon blacks
۴۷- Elongation
۴۸- Food and Agriculture Organization of the United Nations
۴۹- American institute for packaging and environment
۵۰- Ionic-exchange polymer
۵۱- Nanoparticles
۵۲- Dual or triple-side fillers
۵۳- Fumed silica

منابع

۱- Barthel, H., L. RÖsch, and J. Weis, Fumed silica–production, properties, and applications. Organosilicon Chemistry Set: From Molecules to Materials, 2005: p. 761-778.

۲- Fumed silica theroretical properties. Available from: https://www.americanelements.com/fumed-silica-112945-52-5#related-app-industries.

۳- Barthel, H. and M. Heinemann. The Surface Modification of Silicas on the Free Flow and Charging Properties of Mono-component Magnetic Toners. in INTERNATIONAL CONFERENCE ON DIGITAL PRINTING TECHNOLOGIES. 1996. IS & T SOCIETY FOR IMAGING SCIENCE AND TECHNOLOGY.

۴- Videira-Quintela, D., et al., Antibacterial LDPE films for food packaging application filled with metal-fumed silica dual-side fillers. Food Packaging and Shelf Life, 2022. 31: p. 100772.

۵- Iranina manufacturer Available from: https://nanoproduct.ir/news/69106

۶- fumed silica market gminsights. Available from: https://www.gminsights.com/industry-analysis/fumed-silica-market.

۷- fumed silica markettandmarkets.

کاربردهای فناوری نانو در پوشش‌های تبدیلی مقاوم به خوردگی

تهیه‌کننده شرکت نوآوران صنعت و نانوفناوری معین

خوردگی

خوردگی یکی از حوزه‌های تحقیقاتی عمده‌ای است که بیش از ۱۵۰ سال است توجه محققان را به خود جلب کرده، چراکه از عوامل اصلی تخریب، خرابی، حوادث و خطرات جدی در بسیاری از فرایندهای صنعتی و سیستم‌های خانگی است (شکل ۱).
خوردگی عبارت است از تخریب فلزات در اثر واکنش آن‌ها با یک عنصر خورنده در محیط اطراف خود مانند کلر، فلوئور، دی اکسید کربن، اکسیژن و غیره. خسارات ناشی از خوردگی از نظر اقتصادی شامل تعمیر و ترمیم، هزینه‌های نگهداری، ازدست‌دادن مواد، آسیب به تجهیزات، کاهش راندمان و ازدست‌دادن عمر مفید یا مولد است. علاوه بر این، خسارات خوردگی اثرات جانبی دیگری مانند اثرات ایمنی (آتش‌سوزی، انفجار، انتشار محصولات سمی)، اثرات بهداشتی (آسیب‌های شخصی، مسمومیت ناشی از محصولات سمی)، کاهش منابع و غیره دارد. مطالعه‌ای در انجمن ملی مهندسان خوردگی (NACE)[1] هزینه جهانی خوردگی را ۲۵۵ میلیارد دلار تخمین زده که ۳٫۴٪ از تولید ناخالص داخلی جهانی (GDP)[2] را تشکیل می‌دهد.

پیشگیری از خوردگی از طریق تکنیک‌های مختلفی انجام می‌شود و انتخاب مناسب باید برآیند بهینه‌ای از هزینه فرایند، عملکرد فرایند و اثرات خوردگی باشد. خوردگی را از طریق عواملی می‌توان کنترل کرد که در ادامه به آن اشاره می‌شود:

۱- انتخاب مواد که در آن ماده یا در سری گالوانیکی نسبتاً غیرفعال است یا می‌تواند یک لایه اکسید محافظ (غیرفعال) در یک محیط خاص تشکیل دهد.

۲- تنظیم شرایط محیطی مانند افزودن بازدارنده‌ها، تنظیم pH و دمای محیط، کاهش گوگرد، اکسیژن و کلرید، کاهش سرعت جریان، تمیزکردن از ماسه و رسوبات و غیره.

۳- اصلاحات سطحی که موادی هستند که با اعمال موانع فیزیکی مانند لایه‌ها و پوشش‌ها برای کاهش شکاف‌ها و ترک‌ها به دست می‌آیند.

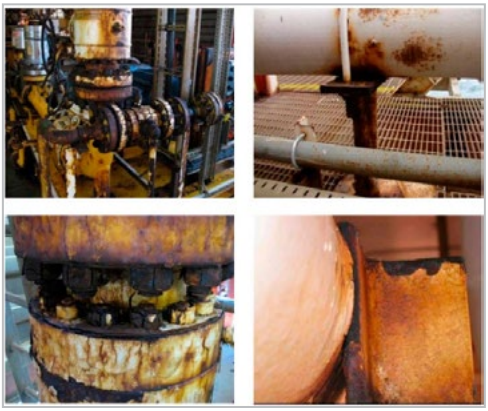
۴- حفاظت کاتدی که عبارت است از جلوگیری یا کاهش سرعت خوردگی فلزات توسط اعمال یک جریان الکتریکی خارجی (یکسو) یا تماس آن با یک آند از بین رونده روی سطح فلز موردنظر که دارای مناطق کاتدی و آندی باشد (در مناطق آندی خوردگی صورت می‌گیرد).

هر روش حفاظتی مزایا و معایب خاص خود را دارا بوده و انتخاب روش مناسب بستگی به شرایط عملیاتی دارد. [۱] همان طور که گفته شد برای جلوگیری از خوردگی روش‌های مختلفی را می‌توان به کار گرفت در اینجا به بررسی پوشش‌ها در بحث خوردگی خواهیم پرداخت.

پوشش

پوشش‌دهی به‌دلیل فراهم و ممکن بودن به‌کارگیری مواد و فرایندهای متنوع پوششی پرکاربردترین روش برای جلوگیری، به حداقل رساندن و کنترل خوردگی است. پوشش می‌تواند در سطوح داخلی یا خارجی و در محدوده‌های دمایی مختلف اعمال شود. پوشش‌ها حتی سبب بهبود خواص سطحی از قبیل صافی و بهبود جریان‌های سطح می‌شوند. استفاده از یک پوشش ممکن است هزینه بالایی داشته باشد اما در درازمدت و در مقیاس بزرگ امکان پذیرترین روش است.

به‌طور کلی، پوشش‌ها با ارائه حفاظت غیرفعال یا فعال خوردگی را کاهش می‌دهند. حفاظت غیرفعال زمانی حاصل می‌شود که پوشش یک مانع فیزیکی از اکسیدها بین بستر و محیط اطراف ایجاد کند. حفاظت فعال زمانی حاصل می‌شود که مواد شیمیایی (بازدارنده) به محیط‌های تهاجمی برای جلوگیری یا



شکل۱- نمونه‌هایی از خرابی حاصل از خوردگی

به حداقل رساندن خوردگی اضافه شوند. بازدارنده‌ها با جذب شیمیایی بر روی سطح و با ایجاد یک لایه محافظ نازک بر روی آن یا از طریق واکنش شیمیایی با عوامل خورنده در محیط‌های آبی سرعت خوردگی را به حداقل می‌رسانند[۱].

یکی از روش‌های رایج پوشش‌دهی پوشش‌های تبدیلی[۳] هستند که در ادامه به بررسی آن‌ها خواهیم پرداخت.

پوشش‌های تبدیلی

پوشش‌های تبدیلی بیش از یک قرن است که بر روی سطوح فلزات و آلیاژها استفاده می‌شود. به‌طور کلی پوشش‌های تبدیلی به پوشش‌هایی گفته می‌شود که در اثر عملیات شیمیایی یا الکتروشیمیایی بر روی سطح فلز با استفاده از محلول‌های پوششی تولید می‌شوند. این پوشش می‌تواند به‌عنوان یک پوشش مستقل از خوردگی و یا به‌عنوان یک لایه تقویت‌کننده چسبندگی برای پوشش بعدی عمل کند. در حال حاضر روش‌های مختلفی برای طبقه‌بندی پوشش‌های تبدیلی وجود دارد. با این حال یکی از مفیدترین طبقه‌بندی‌ها، تقسیم آن‌ها به پوشش‌های تبدیل شیمیایی و پوشش‌های تبدیلی الکتروشیمیایی است[۲].

پوشش‌های تبدیلی شیمیایی

پوشش‌های تبدیل شیمیایی به‌دلیل وجود پیوندهای شیمیایی بسیار چسبنده هستند و به‌عنوان یک لایه میانی بین پوشش و فلز زیرین آن عمل می‌کنند. مدت زمان پردازش کوتاه، عملیات آسان و مقرون به‌صرفه بودن مواد شیمیایی خام مورداستفاده برای محلول‌ها سبب محبوبیت این نوع پوشش‌ها

در صنایع تولیدی شده است.

پوشش‌های تبدیلی شیمیایی را می‌توان به هفت گروه اصلی طبقه‌بندی کرد[۲]:

۱- پوشش‌های تبدیلی کرومات[۴]؛
۲- پوشش‌های تبدیلی فسفات[۵]؛
۳- پوشش‌های تبدیلی عناصر خاکی کمیاب[۶]؛
۴- پوشش‌های تبدیلی فلوراید[۷]؛
۵- پوشش‌های تبدیلی کربنات[۸]؛
۶- پوشش‌های تبدیلی لایه‌ای هیدروکسید دوتایی[۹]؛
۷ -پوشش‌های تبدیلی اسید فیتیک[۱۰].

پوشش‌های تبدیلی کرومات

تشکیل پوشش‌های تبدیلی کرومات یکی از موفق‌ترین روش‌های حفاظت در برابر خوردگی برای آلیاژهای سبک بوده است. دلایل اصلی استفاده گسترده از پوشش‌های تبدیل کرومات، راندمان بالا، هدایت الکتریکی بالا، سهولت کاربرد و قابلیت خودترمیم‌شوندگی است. علاوه بر این، این نوع پوشش‌ها بالاترین سطح مقاومت در برابر خوردگی زیرلایه را ارائه می‌دهند و استفاده در عملیات‌های تکمیلی را تسهیل می‌کنند. این مزایا آن‌ها را به یک روش استاندارد حفاظت در برابر خوردگی تبدیل کرده است. در پوشش‌های تبدیل کرومات، کروم در دو حالت مختلف وجود دارد: کروم شش ظرفیتی ((Cr (VI)) و کروم سه ظرفیتی ((Cr (III)) که دومی شکل پایدارتر است. تشکیل پوشش‌های تبدیل کرومات توسط یک سری واکنش‌های انحلال، اکسیداسیون، کاهش و رسوب انجام می‌شود[۲].

در حالی که پوشش‌های تبدیلی مبتنی بر کرومات بسیار کارآمد هستند و خواص پوششی با ارزش زیادی را ارائه می‌دهند، افزایش مقررات محیط‌زیستی استفاده از کرومات‌ها را به‌دلیل سمیت و خطر سرطان‌زایی مشکوک کروم شش ظرفیتی محدود می‌کند. نگرانی‌های محیط‌زیستی، حذف فن‌آوری‌های فعلی تصفیه سطح مبتنی بر کرومات و توسعه سیستم‌های پوششی کاملاً جدید بدون کرومات را دیکته می‌کند[۳].

پوشش‌های تبدیلی فسفات

پوشش‌های تبدیلی فسفات از لایه‌های کریستالی نازکی از ترکیبات فسفات تشکیل شده‌اند که به سطح آلیاژ می‌چسبند. مقاومت در برابر خوردگی و حفاظت عالی، پوشش‌های تبدیلی فسفات را به‌عنوان جایگزینی برای پوشش‌های تبدیل کرومات، کاندید کرده و نیازی به گفتن نیست که توسعه پوشش‌های تبدیل فسفات با کیفیت بالا توجه بی‌سابقه‌ای را به خود جلب کرده است. با این وجود، انحلال ناشی از خوردگی میکروگالوانیکی[۱۱] در سطح مشترک لایه-پوشش علت اصلی شکست پوشش آلیاژی است[۲].

پوشش‌های تبدیلی عناصر خاکی کمیاب

عناصر خاکی کمیاب (RE)[۱۲] گروهی از ۱۷ عنصر هستند که از ۱۵ لانتانید (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sa, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb,Lu) و دو فلز واسطه (Sc, Y) تشکیل شده‌اند. در سال‌های اخیر، پوشش‌های تبدیل RE، عمدتاً پوشش‌های تبدیلی سریم، به‌طور گسترده برای آلیاژهای سبک مورد بررسی قرار گرفته‌اند. برتری‌های عمده پوشش‌های تبدیل RE عبارت‌اند از: قیمت معمول، مقاومت در برابر خوردگی عالی، سازگاری محیط‌زیستی قابل‌قبول و هم‌افزایی و سازگاری با مواد افزودنی معدنی و آلی. این پوشش‌های تبدیلی عمدتاً از اکسیدها و هیدروکسیدهای خاک‌های کمیاب به‌همراه اکسیدها یا هیدروکسیدهای منیزیم تشکیل شده‌اند. در همین حال، تعداد قابل‌توجهی از کارها گزارش شده که پوشش‌های تبدیل RE معمولاً دارای مورفولوژی سطح ترک-گل[۱۳] با ساختار دو/ سه لایه با یک لایه کریستالی فشرده داخلی[۱۴] هستند. بیشتر نمک‌های RE حلالیت بالایی در آب دارند[۲].

پوشش‌های تبدیلی فلوراید

مطالعات نشان داده است که فلوراید در رژیم غذایی روزانه و برای رشد دندان و بافت اسکلتی بدن ضروری است. همچنین یکی از معدود عوامل شناخته شده‌ای است که می‌تواند از نظر بالینی برای پیشگیری و درمان پوکی استخوان استفاده شود. ازاین‌رو مطالعات برای توسعه پوشش‌های مبتنی بر فلوراید که هم پوشش سطحی عالی در برابر خوردگی و هم خواص زیست‌سازگار داشته باشند رشد زیادی داشته است [۲].

پوشش‌های تبدیلی کربنات

پوشش‌های تبدیل کربنات از لایه‌های کریستالی نازکی از ترکیبات کربنات تشکیل شده‌اند که به سطح آلیاژ می‌چسبند. منطق انتخاب پوشش تبدیل کربنات، مکانیسم تشکیل، ویژگی‌های مورفولوژیکی، ترکیب عنصری، ماهیت گروه‌های عاملی موجود و مقاومت در برابر خوردگی است[۲].

پوشش‌های تبدیلی لایه‌ای هیدروکسید دوتایی

در دهه اخیر، پوشش‌های تبدیل لایه‌ای هیدروکسید دوتایی به‌عنوان یک روش جدید اصلاح سطح برای بهبود حفاظت در برابر خوردگی فلزات معرفی شده‌اند. فرمول مولکولی این نوع پوشش‌های تبدیل به‌صورت زیر است:

$$[M^{2+}(1-x)M^{3+}(x)(OH)_2]x+(Am-)x/m.nH_2O$$

که M^{3+} و M^{2+} به‌ترتیب کاتیون‌های فلزی دوظرفیتی و سه‌ظرفیتی هستند.

سهولت استفاده، چسبندگی عالی، قابلیت کنترل ساختار شیمیایی و تجهیزات ساده ازجمله مزایای این نوع پوشش‌های تبدیلی بسته به مکانیسم به‌کارگیری آن‌هاست[۲].

پوشش‌های تبدیلی فیتیک اسید

اسید فیتیک، یک ماکرومولکول آلی غیرسمی و مشتق شده طبیعی است که از ۲۴ اتم اکسیژن، ۱۲ گروه هیدروکسیل و ۶ گروه کربوکسیل فسفات تشکیل شده است (شکل ۲). با توجه به ساختار لیگاند فعال اتم‌های اکسیژن، دارای قابلیت کیلیت[۱۵] قوی با یون‌های فلزی بسیاری مانند Fe^{2+}، Zn^{2+} و غیره برای تشکیل کمپلکس‌های فلزی است که دارای قابلیت ترسیب بر روی سطوح و ایجاد خواص ضدخوردگی هستند[۲].

پوشش‌های تبدیلی الکتروشیمیایی

پوشش‌های تبدیلی الکتروشیمیایی از طریق آندیزاسیون[۱۶] سطحی که خواهان ایجاد پوشش بر روی آن هستیم به وجود می‌آیند. آندایزاسیون یک روش الکترولیتی مؤثر برای تولید یک پوشش سطحی چسبنده، مقاوم در برابر سایش و پایدار با ضخامت ۵ تا ۱۰۰ میکرومتر است. آندیزاسیون یک روش اکسیداسیون الکترولیتی است که با ایجاد یک لایه فیلم اکسید بر روی زیرلایه مدنظر سبب بهبود خواص سطحی و دکوراتیو آن می‌شود. در این فرایند زیر لایه مدنظر به‌عنوان آند در مدار قرار می‌گیرد و فرایند اکسیداسیون در محلول الکترولیت طی مراحل زیر صورت می‌پذیرد.

در سطح آند:

$$M \longrightarrow M^{2+} + 2e$$

در سطح کاتد:

$$H_2O + 2e \longrightarrow H_2 + 2OH^{-2}$$

سپس گروه هیدروکسیل به سطح آند مهاجرت می‌کند و در آن‌جا با آزادکردن پروتون یون O^{2-} تولید می‌کند:

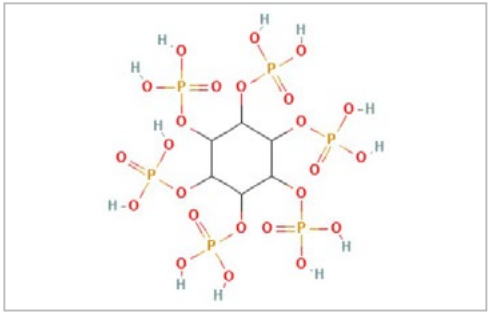
$$4OH^- \longrightarrow 2H_2O + 2O^{2-}$$

و در نهایت یون O^{-2} با یون فلزی واکنش داده و اکسید فلزی را به وجود می‌آورد:

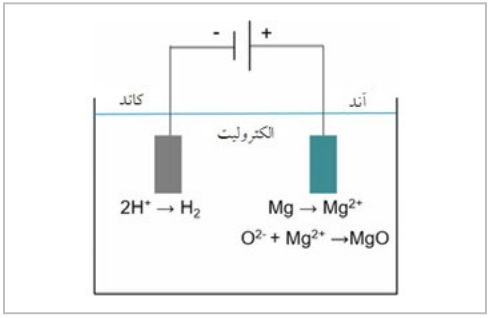
$$M^{2+} + O^{2-} \longrightarrow MO$$

فرایند فوق به‌صورت شماتیک برای منیزیم در شکل ۳ آورده شده است[۲].

در عمل، فرایند آندایزاسیون شامل سه مرحله اصلی است: پیش‌فراوری سطح[۱۷]، فرایند آندیزاسیون و پس‌فراوری. پیش فراوری سطح یک مرحله ضروری قبل از آندیزاسیون است که سطح زیرلایه تمیز را برای ایجاد پوشش با کیفیت بالا تضمین می‌کند. فرایند آندیزاسیون مرحله اصلی است که به‌طور مستقیم کیفیت پوشش را تعیین می‌کند. ترکیب الکترولیت، حالت‌های جریان و ولتاژ (جریان مستقیم، جریان متناوب یا جریان پالس) و دما عوامل اولیه‌ای هستند که بر فرایند آندیزاسیون تأثیر می‌گذارند. پس‌فراوری برای مهروموم‌کردن منافذ در پوشش انجام می‌شود. برای آب‌بندی پوشش می‌توان از کرومات، سیلیکات، فسفات، رزین آلی یا حتی پارافین استفاده کرد. برای هدف تزیین، رنگ‌رزی را می‌توان قبل از آب‌بندی در مرحله پس‌فراوری اضافه کرد. توانایی محافظتی پوشش ایجاد شده را می‌توان با سه پارامتر اصلی، ترکیب، ضخامت و ریزساختار مشخص کرد[۲].



شکل۲- ساختار اسید فیتیک



شکل۳- آندیزاسیون الکتروشیمیایی منیزیم

کاربرد فناوری نانو در پوشش‌ها

ورود علم نانو به بحث پوشش‌ها اصطلاح جدیدی به نام نانوپوشش‌ها را به این حوزه وارد کرده است. رشد فناوری نانوپوشش‌ها به‌دلیل توانمندی عالی به‌سمت پیاده‌سازی در بسیاری از بخش‌های صنعت پیش می‌رود. نانوپوشش‌ها مزایای متعددی ازجمله سختی سطح، استحکام، چسبندگی، مقاومت درازمدت در برابر خوردگی در دمای بالا، افزایش خواص تریبولوژیکی و غیره دارند. علاوه بر این، نانوپوشش‌ها را می‌توان در ضخامت نازک‌تر و صاف‌تر اعمال کرد که به انعطاف‌پذیری در طراحی تجهیزات، بهبود بازده، مصرف سوخت کمتر، ردپای کربن کمتر و هزینه‌های نگهداری و عملیاتی کمتر کمک می‌کند. نانوپوشش‌ها به‌طور مؤثری برای کاهش اثر یک محیط خورنده استفاده می‌شوند. نانوپوشش پوششی است که یا دارای اجزای تشکیل دهنده در مقیاس نانو است یا از لایه‌هایی با طول کمتر از ۱۰۰ نانومتر تشکیل شده است. اندازه ریز نانومواد و چگالی بالای مرزهای زمین[۱۸] آن‌ها باعث چسبندگی خوب و پوشش فیزیکی عالی سطح پوشش داده شده می‌شود. با این حال، وجود چنین ویژگی‌های ظریفی ممکن است سایت‌های فعال برای حمله خوردگی تشکیل دهد [۱].

نانوپوشش‌ها

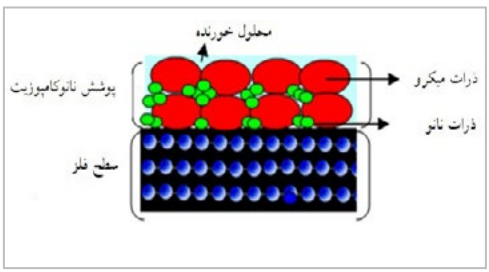
نانوپوشش یک ریزساختار بسیار ریز است که در آن تمام اجزای تشکیل‌دهنده (مرزها، بلورها، فازها و غیره) در مقیاس کمتر از ۱۰۰ نانومتر هستند. این پوشش‌ها همچنین می‌توانند توسط لایه‌هایی که نازک‌تر از ۱۰۰ نانومتر هستند نیز ساخته شوند. نانوپوشش‌ها دارای تراکم بالایی از مرزدانه‌ها[۱۹]، مرزهای بین فازی[۲۰]، نابه‌جایی[۲۱] و غیره هستند که فاصله بین آن‌ها به فواصل بین‌اتمی نزدیک می‌شود. بنابراین پوشش‌های نانوساختار خواص متفاوتی نسبت به پوشش‌های معمولی با دانه‌های بزرگ‌تر نشان می‌دهند که آن‌ها را قادر می‌سازد بر خواص مکانیکی و خوردگی همتایان خود غلبه کنند. نانوپوشش‌ها را می‌توان بر اساس مواد تشکیل‌دهنده (مانند نانوپوشش‌های فلزی و سرامیکی) طبقه‌بندی کرد. آن‌ها همچنین می‌توانند از دو یا چند ماده در مقیاس نانو مانند پوشش‌های نانوکامپوزیت تشکیل شوند [۱].

عملکرد نانوپوشش‌ها در جلوگیری از خوردگی

نانوپوشش یک جزء دارد که در مقیاس نانو است. با توجه به اندازه بسیار ریز ذرات به‌کار رفته در نانوپوشش‌ها، پرکردن فضاها و جلوگیری از انتشار عناصر خورنده به سطح زیرلایه کارایی بیشتری خواهد داشت (شکل ۴). علاوه بر این، چگالی بالای مرزهای دانه‌بندی نانوپوشش‌ها خواص چسبندگی بهتری را فراهم می‌کنند که باعث افزایش طول عمر پوشش می‌شود [۴]. نانوپوشش‌ها خواص مکانیکی و الکترونیکی برتری را ارائه می‌کنند که آن‌ها را قوی‌تر و سخت‌تر می‌کند [۵] و مقاومت بهتری در برابر محیط‌های دارای خوردگی و سایش از خود نشان می‌دهند[۶]. فناوری نانوپوشش با افزودن خواصی مانند خودترمیم‌شوندگی[۲۲] [۷]، خودتمیزشوندگی[۲۳] [۶] و مقاومت در برابر خراش و سایش بالا [۸] بر توسعه رنگ‌ها تأثیر زیادی گذاشته است. نانوپوشش‌ها همچنین جایگزین‌هایی را برای پوشش سمی کروم معرفی کرده‌اند[۹]. به همین ترتیب، نانوپوشش‌های هوشمند در کاهش خوردگی و اثرات رسوب‌زیستی[۲۴] بسیار مفید هستند. آن‌ها برای پاسخ به محرک‌های خارجی مانند pH، رطوبت، گرما، استرس، کجی پوشش، تابش الکترومغناطیسی و غیره با آزادکردن مقادیر کنترل شده بازدارنده‌ها به‌منظور ترمیم و درمان عیوب و آسیب‌ها توسعه یافته‌اند [۱۰، ۱۱].

کاربرد نانوپوشش‌ها

نانوپوشش‌ها به‌دلیل خواص فوق‌العاده‌ای که دارند، در صنعت پوشاک، کامپیوتر، تلفن همراه، عینک و... استفاده می‌شوند. وجود نانولایه در این وسایل باعث می‌شود که آن‌ها در برابر شعله، سایش و خراش مقاوم شوند، همچنین نانولایه سبب ایجاد خواص ضدگرافیتی[۲۵]، مقاومت در برابر خوردگی، خودتمیزشوندگی و رسانایی الکتریکی در آن‌ها می‌شود. نانوپوشش‌ها همچنین دارای چسبندگی خوب، شفافیت نوری، خاصیت ضدمه[۲۶] و خواص ضدرسوب هستند و به‌عنوان یک ماده فتوولتائیک[۲۷] مناسب هستند[۱۲-۱۴]. در زمینه زیست‌پزشکی از نانوپوشش‌های فلزی برای اصلاح



شکل ۴- قرارگیری نانومواد در منافذ بین زیرلایه و عامل خورنده

خواص سطح در صورت نیاز استفاده می‌شود. آن‌ها در صنعت پزشکی عمدتاً برای پوشش سطح و عملکردهای ضدخوردگی، علاوه بر سایر عملکردهای ثانویه مانند تحویل دارو[۲۸] و خواص زیست‌سازگار استفاده می‌شوند[۱۵]. علاوه بر این به‌دلیل ویژگی‌های ذکر شده‌ای که نانوپوشش‌ها دارند، در بسیاری از زمینه‌های دیگر مانند صنایع نظامی، صنعت خودرو، بهره‌وری انرژی، محیط زیست و غیره استفاده می‌شوند[۱].

نحوه اعمال نانوپوشش‌ها

همان‌طور که در شکل زیر نشان داده شده است، نانوپوشش‌ها را می‌توان با سه روش رسوب‌دهی کلی به دست آورد: رسوب‌دهی مکانیکی، رسوب‌دهی فیزیکی و رسوب‌دهی شیمیایی[۱۶].

رسوب‌دهی مکانیکی

رسوب‌دهی مکانیکی ارزان‌ترین روش است و می‌تواند از طریق اسپری، رنگ، پوشش چرخشی[۲۹] یا پوشش غوطه‌ور[۳۰] به دست آید[۱].

رسوب‌دهی فیزیکی

رسوب‌دهی فیزیکی را می‌توان با روش‌های مختلفی انجام داد که در ادامه به آن اشاره شده است:

یون پرانی[۳۱]، MBE[۳۲]، Rf-Maganetron[۳۳] و PulsedlaserPLD[۳۴]) تراکمی[۳۵]، PVD[۳۶] و LPE[۳۷]) یا پیوندی[۳۸] (انتشار[۳۹]، لحیم‌کاری، SAB[۴۰]، SLS[۴۱] و پرینت سه‌بعدی) هرکدام از سه روش گفته شده را با مکانیسم‌های مختلفی که تعدادی از آن‌ها در شکل ۵ آورده شده می‌توان به کار گرفت [۱].

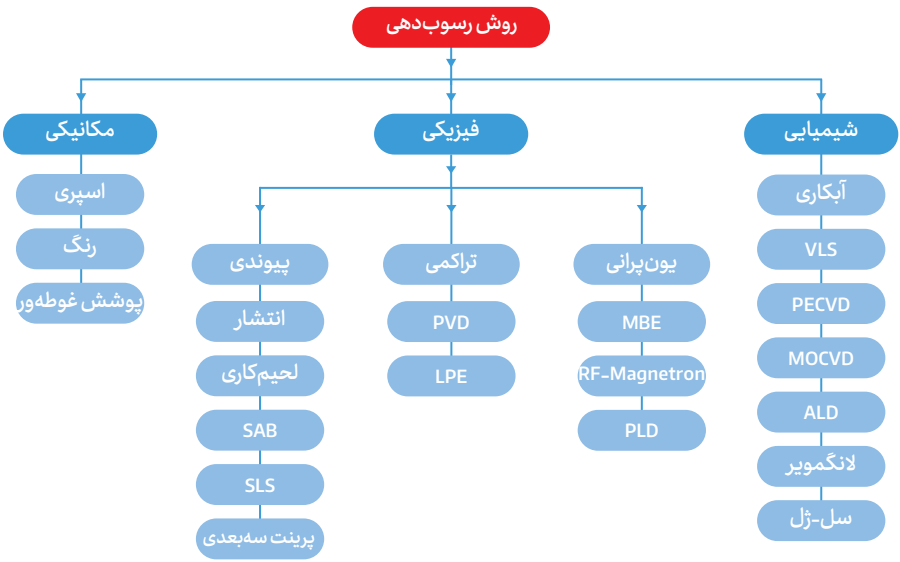
رسوب‌دهی شیمیایی

تکنیک‌های رسوب‌دهی شیمیایی معمولاً ارزان هستند، اما به پیش‌سازهای گران‌قیمتی مانند لانگمویر[۴۲]، سل-ژل و رسوب لایه اتمی (ALD)[۴۳] نیاز دارند. روش‌های رایج رسوب‌دهی شیمیایی در شکل ۵ نشان داده شده است[۱].

هر یک از تکنیک‌های ذکر شده در رسوب لایه نازک روی سطح زیرلایه بر یکنواختی و ویژگی‌های سطحی مانند استحکام، چقرمگی شکست و شکل‌پذیری تأثیر می‌گذارد[۱۷]. هر تکنیک معایب و مزایای خاص خود را دارد و انتخاب تکنیک باید با در نظر گرفتن تمام عناصر پردازش انجام شود. همانند پوشش‌های معمولی، این تکنیک باید با شرایط بهینه اعمال شود تا بهترین پوشش سطحی از نظر یکنواختی، صافی، چسبندگی، سطوح بدون ترک و غیره حاصل شود[۱].

طبقه‌بندی نانوپوشش‌ها

نانوپوشش‌ها در یک طبقه‌بندی کلی به سه دسته پوشش‌های



شکل۵- روش‌های رسوب‌دهی نانوپوشش‌ها

فلزی، سرامیکی و نانوکامپوزیتی تقسیم می‌شوند[۱].

نانوپوشش‌های فلزی

نانوپوشش‌فلزی شامل یک یا چند فلز خالص مانند کادمیوم (Cd)، نیکل (N)، تنگستن (W)، روی (Zn)، فسفر (P)، کبالت (Co)، آهن (Fe) و یا مس (Cu) است. نانوپوشش می‌تواند از یک فلز خالص باشد[۱۸-۲۰] یا به‌منظور افزایش خواص، آلیاژی شود. بهبود با استفاده از پوشش‌های نانواندازه تقویت می‌شود، زیرا نانومواد رفتار متفاوتی نسبت به میکرومواد دارند[۲۱]. نانوپوشش‌های فلزی را می‌توان از طریق تکنیک‌های مختلفی مانند یون‌پرانی و آبکاری یونی چندقوسی [۲۲]، علاوه‌بر رسوب الکترونی که بیشترین تکنیک مورداستفاده در رسوب‌گذاری فلزات است، تولید کرد[۱۸، ۱۹، ۲۱، ۲۳]. نانوپوشش‌های فلزی طیف گسترده‌ای از کاربردها در بسیاری از زمینه‌ها مانند خودروسازی، هوافضا [۶]، کندانسورها و لوله‌های آب دریا[۲۱]، صنایع الکترونیک، الکترولیز آب[۲۴]، تولید انرژی[۲۵] و غیره دارند.[۱]

نانوپوشش‌های سرامیکی

نانوپوشش سرامیکی شامل مواد سرامیکی است که ترکیباتی بین عناصر فلزی و غیرفلزی هستند. شناخته‌شده‌ترین سرامیک‌ها اکسیدها، نیتریدها و کاربیدها هستند. پوشش‌های اکسید سرامیکی نسبت به اکسیدهای فلزی یا آلی برتری دارند. آن‌ها با وجود ضخامت کمتر به‌دلیل سختی و استحکام بالاتر، پوشش بهتری ارائه می‌دهند[۲۶]. نانوپوشش‌های سرامیکی به‌دلیل خواص حرارتی و الکتریکی جذاب و اینکه در محیط‌های با دمای بالا نسبت به فلزات در برابر اکسیداسیون، خوردگی و سایش مقاوم‌تر هستند، در بسیاری از زمینه‌های صنعتی اجرا شده‌اند.[۲۷]

نانوپوشش‌های کامپوزیتی

پوشش نانوکامپوزیت ماده‌ای است که حداقل از دو فاز غیرقابل‌امتزاج تشکیل شده است که توسط یک ناحیه واسط از هم جدا شده‌اند. جزء اصلی در پوشش نانوکامپوزیت ماتریس است که پرکننده در آن پراکنده شده است[۲۸]. ماتریس قسمت غالب کامپوزیت است که معمولاً ماده‌ای است که دارای خواصی است که باید تقویت شود. می‌تواند فلزی، سرامیکی یا پلیمری با ابعاد بزرگ‌تر از مقیاس نانو باشد. پرکننده‌ها نانومواد هستند که می‌توانند در مقیاس نانو بدون بعد (0D)، تک‌بعدی (1D)، یا دوبعدی (2D) باشند و پوشش نانوکامپوزیت بر اساس بعد پرکننده طبقه‌بندی می‌شود. پرکننده‌ها می‌توانند نانوذرات (0D)، نانولوله‌ها، نانوسیم‌ها یا نانومیله‌ها (1D)؛ یا نانوپلاکت‌ها، نانوصفحات یا نانوفیلم‌ها (2D) باشند. هدف اصلی از ترکیب دو ماده مختلف در یک پوشش، داشتن یک ماده نانوکامپوزیت جدید با ویژگی‌های متمایز و خواص برتر نسبت به هر ماده به‌صورت جداگانه است. پوشش نانوکامپوزیت علاوه‌بر افزایش مقاومت در برابر خوردگی، خواص مکانیکی را بهبود می‌بخشد.[۱]

تولیدکنندگان خارجی

گستردگی کارایی و تنوع نانوپوشش‌ها باعث شده طیف وسیعی از تولیدکنندگان در سرتاسر جهان اقدام به تولید این نوع مواد کنند. در جدول ۱ برخی از تولیدکنندگان محلول‌های پوششی بر پایهٔ نانو که خواص ضدخوردگی ایجاد می‌کنند را مشاهده می‌کنیم.

تولیدکنندگان داخلی

در ایران شرکت شیلر فرایند پارس با تولید محلول ایجادکننده پوشش تبدیلی زیرکونیمی قدم به این عرصه گذاشته است.

شرکت شیلر فرایند پارس

شرکت شیلر فرایند پارس عضو گروه بین‌المللی شرکت‌های شیلر، تولید و عرضه‌کننده انواع شوینده‌های صنعتی و پوشش‌های سطحی و با رعایت دقیق‌ترین استانداردهای روز جهان از سال ۱۳۸۷ با تکیه بر سال‌ها تجربه وارد عرصه تولید با نام تجاری شیلر شد.

محصول این شرکت یک محلول پوشش تبدیلی بر پایهٔ اکسید زیرکونیوم است. اعمال نانوپوشش مبتنی بر اکسید زیرکونیوم با ضخامت بسیار نازک (در ابعاد نانومتری) بر سطوح فولادی، آلومینیومی و گالوانیزه موجب بهبود پارامترهایی مانند چسبندگی پوشش آلی، افزایش مقاومت به خوردگی رنگ و افزایش مقاومت به جدایش کاتدی رنگ می‌شود. محلول ایجادکننده پوشش تبدیلی زیرکونیمی این شرکت دارای ویژگی‌هایی چون پوشش با ضخامت کمتر از ۱۰۰ نانومتر در سطح فلز، قابلیت اجرا در دمای محیط و عدم وجود ضایعات خطرناک برای سلامتی انسان است.

بازار جهانی نانوپوشش‌ها

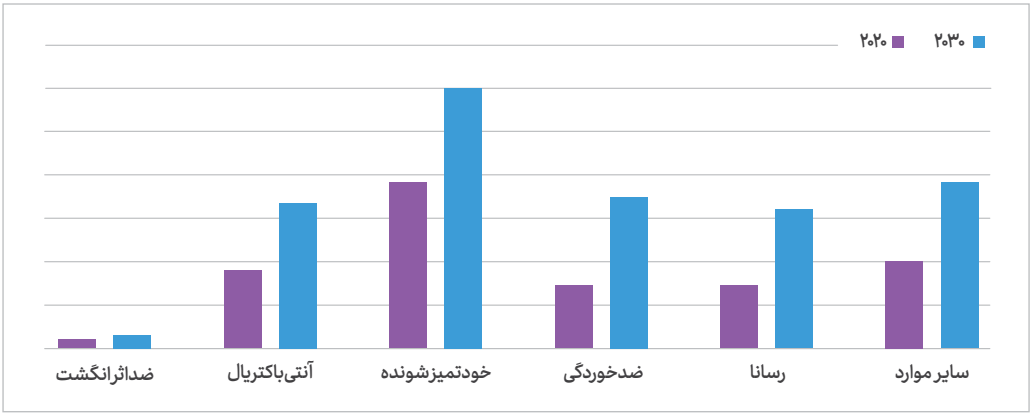
بازار جهانی نانوپوشش‌ها در سال ۲۰۲۱ به ارزش ۹٫۳ میلیارد دلار آمریکا رسید. با نگاهی به آینده، گروه IMARC[۴۴]

جدول۱- تولیدکنندگان خارجی محلول‌های پوششی نانو با خاصیت ضدخوردگی

محصول	تولیدکننده	کشور	کاربرد	وب‌سایت تولیدکننده
Nanoman Glass + Ceramic	Nanotech Products Pty Ltd	استرالیا	صنعت ساختمان	www.nanoman.com.au
TPD400	Optitune	فنلاند	صنعت ساختمان	www.optitune.com
9H COAT	ONYXAA	هند	خودروسازی	www.onyxaa.com
Nanoskin Anti-Corrosion	Nanoskin bv	بلژیک	صنعت ساختمان	www.nanoskin.be
zilight® ultra-small nanozirconia	Mathym	فرانسه	صنعت ساختمان	www.mathym.com
5YR GRAPH-X6 - 10H GRAPHENE NANO COATING	Dura-Coating Technology	آمریکا	خودروسازی	dura-coating.com
Anti-Corrosion Type Graph	The Sixth Element (Changzhou) Materials Technology Co.,Ltd	چین	پوشش ضدخوردگی	www.c6th.com
Cupprom Nano Coating solution	Cupprom FZC	امارات	پوشش ضدخوردگی	cupprom.com
GUARDx Seat Pocket Coating	VinTech Nano Materials	آمریکا	صنعت ساختمان	www.vintechnm.com
CAR BODY COATING	NANOGO DETAILING LTD	انگلستان	خودروسازی	nanogo.co.uk
SIO7 Steel-Aluminium Protector Coating 100ml	Nano Ceramic Indonesia	اندونزی	محافظ استیل	www.nano-ceramic.com/us
Ceramic Pro Textile	NanoShine LTD	آمریکا	خودروسازی	nanoshinegroup.com

انتظار دارد که بازار تا سال ۲۰۲۷ به ۳۰٫۴ میلیارد دلار برسد و در طول سال‌های ۲۰۲۷-۲۰۲۲ نرخ رشد سالانه مرکب ۲۲٫۶ درصدی به نمایش بگذارد.

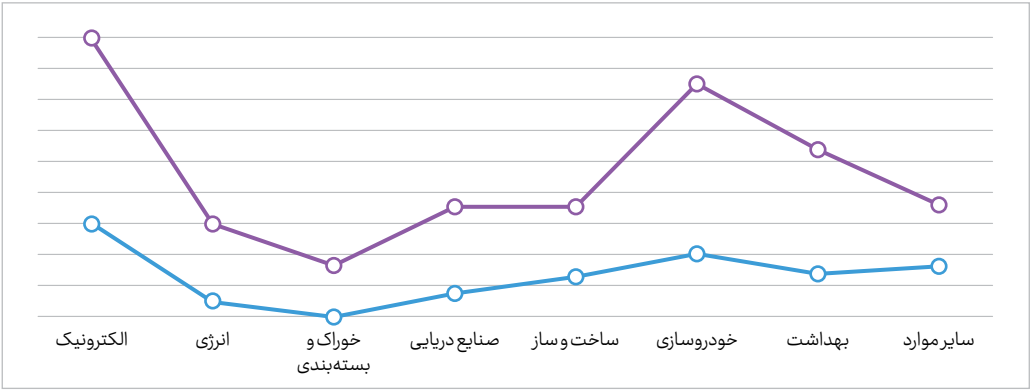
بازار نانوپوشش‌ها را بسته به نوع آن به ضداثرانگشت۴۵، ضدمیکروبی، خودتمیزشونده (بیونیک و فوتوکاتالیستی)، ضدخوردگی، رسانا و غیره طبقه‌بندی می‌کنند. بخش خودتمیزشونده سهم غالب را به خود اختصاص داده است. این رشد به افزایش استفاده از نانوپوشش‌های خودتمیزشونده برای بخش‌های مصالح ساختمانی، صنایع دریایی و خانگی نسبت داده می‌شود.



نمودار ۱- بازار جهانی نانوپوشش‌ها بر اساس نوع

همچنین با توجه به کاربرد، نانوپوشش‌ها را به الکترونیک، انرژی، مواد غذایی و بسته‌بندی، ساخت‌وساز، صنایع دریایی، خودرو، مراقبت‌های بهداشتی و غیره طبقه‌بندی می‌کنند. بخش الکترونیک بالاترین سهم بازار را در سال ۲۰۲۰ به خود اختصاص داده که به‌دلیل پذیرش گسترده نانوپوشش‌ها در دستگاه‌های الکترونیکی و کاربردهای اپتیکی است. انتظار می‌رود بخش الکترونیک سودآورترین بخش برای نانوپوشش‌ها باشد. تقاضا برای نانوپوشش‌ها به‌دلیل نیازهای الکترونیک مصرف‌کننده و استفاده از آن‌ها در طیف گسترده‌ای از دستگاه‌های الکترونیکی و کاربردهای اپتیکی در حال افزایش است.

تقاضا برای پوشش‌های نانو را در منطقه تقویت می‌کند[۲۹].



نمودار ۲- بازار جهانی نانوپوشش‌ها بر اساس کاربری

از نظر منطقه‌ای، آمریکای شمالی از نظر تقاضا برای نانوپوشش‌ها بر بازار تسلط دارد. آمریکای شمالی بیشترین بخش از بازار نانوپوشش‌ها را به خود اختصاص داده است. رشد تقاضا برای نانوپوشش‌ها از صنایع مصرف‌کننده نهایی بی‌شماری مانند صنایع دریایی، صنایع نظامی و دفاعی، مراقبت‌های بهداشتی، بسته‌بندی، الکترونیک، ساختمان و

شکل ۶- بازار جهانی نانوپوشش‌ها بر اساس منطقه

خودرو در منطقه، رشد بازار نانوپوشش‌ها را تحریک کرده است. علاوه بر این، رشد بخش‌های خودروسازی و ساخت‌وساز، تقاضا برای پوشش‌های نانو را در منطقه تقویت می‌کند[۲۹].تقاضا برای پوشش‌های نانو را در منطقه تقویت می‌کند[۲۹].

برای دسترسی به گزارش صنعتی کیوآرکد روبه‌رو را اسکن کنید.

پی‌نوشت‌ها

۱- National Association of Corrosion Engineers
۲- Gross domestic product
۳- Conversion coating
۴- Chromate Conversion Coatings
۵- Phosphate Conversion Coatings
۶- Rare-Earth Conversion Coatings
۷- Fluoride Conversion Coatings
۸- Carbonate Conversion Coatings
۹- Layered Double Hydroxide Conversion Coatings
۱۰- Phytic Acid Conversion Coatings
۱۱- Micro-galvanic corrosion
۱۲- Rear earth
۱۳- Crack-mud surface morphology
۱۴- Bi-/tri layered structure having an inner compact crystalline layer
۱۵- Chelating
۱۶- Anodization
۱۷- Surface pretreatment
۱۸- Ground boundaries
۱۹- Grain boundaries
۲۰- Interphase boundaries
۲۱- Dislocation
۲۲- Self-healing
۲۳- Self-cleaning
۲۴- Biofouling effects
۲۵- Anti-graffiti
۲۶- Anti-fogging
۲۷- Photovoltaic material
۲۸- Drug delivery
۲۹- Spin-coating
۳۰- Dip-coating
۳۱- Sputtering
۳۲- Molecular beam epitaxy
۳۳- Radio frequency magnetron
۳۴- Pulsed laser deposition
۳۵- Condensation
۳۶- Physical vapour deposition
۳۷- liquid phase epitaxy
۳۸- Bonding
۳۹- Diffusion
۴۰- Surface-activated bonding
۴۱- Selective laser sintering
۴۲- Langmuir
۴۳- Atomic layer deposition
۴۴- International Market Analysis Research and Consulting
۴۵- Anti-fingerprint

منابع

۱- Abdeen, D.H., et al., A review on the corrosion behaviour of nanocoatings on metallic substrates. Materials, 2019. 12(2): p. 210.

۲- Saji, V.S., T.S.N.S. Narayanan, and X. Chen, Conversion Coatings for Magnesium and Its Alloys. 2022: Springer International Publishing.

۳- Khramov, A., et al., Nanostructured sol—gel derived conversion coatings based on epoxy-and amino-silanes. Progress in organic coatings, 2003. 47(3-4): p. 207-213.

۴- Jones Denny, A., Principles and prevention of corrosion. Upper Saddler River, NJ, USA, Pearson-Prentice Hall, 1992.

۵- Schuh, C., T. Nieh, and H. Iwasaki, The effect of solid solution W additions on the mechanical properties of nanocrystalline Ni. Acta Materialia, 2003. 51(2): p. 431-443.

۶- Sriraman, K., et al., Tribological behavior of electrodeposited Zn, Zn—Ni, Cd and Cd—Ti coatings on low carbon steel substrates. Tribology International, 2012. 56: p. 107-120.

۷- Andreatta, F., et al., Electrochemical behaviour of ZrO2 sol—gel pre-treatments on AA6060 aluminium alloy. Electrochimica Acta, 2007. 52(27): p. 7545-7555.

۸- Wang, Y., et al., Comparative study on optical properties and scratch resistance of nanocomposite coatings incorporated with flame spray pyrolyzed silica modified via in-situ route and ex-situ route. Journal of Materials Science & Technology, 2016. 32(3): p. 251-258.

۹- jin Ma, J., et al., Effects of pH value and temperature on the corrosion behavior of a Ta2N nanoceramic coating in simulated polymer electrolyte membrane fuel cell environment. Ceramics International, 2016. 42(15): p. 16833-16851.

۱۰- Rahmani, K., R. Jadidian, and S. Haghtalab, Evaluation of inhibitors and biocides on the corrosion, scaling and biofouling control of carbon steel and copper—nickel alloys in a power plant cooling water system. Desalination, 2016. 393: p. 174-185.

۱۱- McGee, J.D., et al., Release on demand corrosion inhibitor composition. 2012, Google Patents.

۱۲- Boostani, H. and S. Modirrousta, Review of nanocoatings for building application. Procedia Engineering, 2016. 145: p. 1541-1548.

۱۳- Khanna, A., Nanotechnology in high performance paint coatings. Asian J. Exp. Sci, 2008. 21(2): p. 25-32.

۱۴- Beyene, F.G., A Review on Nanocoating of Metallic Structures to Improve Hardness and Maintaining Toughness. i-Manager's Journal on Material Science, 2016. 4(1): p. 32.

۱۵- Mahapatro, A., Bio-functional nano-coatings on metallic biomaterials. Materials Science and Engineering: C, 2015. 55: p. 227-251.

۱۶- Wunderlich, W., The atomistic structure of metal/ceramic interfaces is the key issue for developing better properties. Metals, 2014. 4(3): p. 410-427.

۱۷- Agarwala, V., R. Chandra Agarwala, and B. Sunder Daniel, Development of nanograined metallic materials by bulk and coating techniques. Synthesis and Reactivity in Inorganic, Metal-Organic and Nano-Metal Chemistry, 2006. 36(1): p. 3-16.

۱۸- Youssef, K.M., C. Koch, and P. Fedkiw, Improved corrosion behavior of nanocrystalline zinc produced by pulse-current electrodeposition. Corrosion Science, 2004. 46(1): p. 51-64

۱۹- Wang, L., et al., Grain size effect in corrosion behavior of electrodeposited nanocrystalline Ni coatings in alkaline solution. Scripta Materialia, 2006. 55(7): p. 657-660.

۲۰- Wang, L., et al., Electrochemical corrosion behavior of nanocrystalline Co coatings explained by higher grain boundary density. Electrochimica acta, 2007. 52(13): p. 4342-4350.

۲۱- Ghosh, S., et al., Improved pitting corrosion behaviour of electrodeposited nanocrystalline Ni—Cu alloys in 3.0 wt.% NaCl solution. Journal of alloys and compounds, 2006. 426(1-2): p. 235-243.

۲۲- Guan, X., et al., Toward high load bearing capacity and corrosion resistance Cr/Cr2N nano-multilayer coatings against seawater attack. Surface and coatings technology, 2015. 282: p. 78-85.

۲۳- Kumar, U.P., C.J. Kennady, and Q. Zhou, Effect of salicylaldehyde on microstructure and corrosion resistance of electrodeposited nanocrystalline Ni—W alloy coatings. Surface and Coatings Technology, 2015. 283: p. 148-155.

۲۴- Mosavat, S., M. Shariat, and M. Bahrololoom, Study of corrosion performance of electrodeposited nanocrystalline Zn—Ni alloy coatings. Corrosion Science, 2012. 59: p. 81-87.

۲۵- Feng, Z., et al., Studies on the enhanced properties of nanocrystalline Zn—Ni coatings from a new alkaline bath due to electrolyte additives. RSC Advances, 2015. 5(72): p. 58199-58210.

۲۶- Abegunde, O.O., et al., Overview of thin film deposition techniques. AIMS Materials Science, 2019. 6(2): p. 174-199.

۲۷- Callister Jr, W.D. and D.G. Rethwisch, Fundamentals of materials science and engineering: an integrated approach. 2020: John Wiley & Sons.

۲۸- Nguyen-Tri, P., et al., Nanocomposite coatings: preparation, characterization, properties, and applications. International Journal of Corrosion, 2018. 2018.

۲۹- Market, A. Nanocoatings Market. Available from: https://www.alliedmarketresearch.com/nano-coatings-market.

فیلترهای نانویی، هوای نیروگاه‌ها را دارند

استفاده از نانوالیاف ایرانی در تولید فیلترهای نیروگاهی

بیش از یک دهه از روزی که جوانه‌های اولیه فناوری نانوالیاف در ایران شکل گرفت، می‌گذرد و طی این مدت توسعه فناوری نانوالیاف با فرازونشیب‌های زیادی روبه‌رو بوده است. اکنون این فناوری به نقطه‌ای رسیده که نانوفیلترها به‌عنوان یکی از میوه‌های این درخت تنومند، وارد صنعت نیروگاهی شده است. در حال حاضر شرکت‌هایی نظیر آزاد فیلتر و بهران فیلتر با بهره‌مندی از دانش فنی ایرانی که ماحصل بیش از یک دهه توسعه فناوری بومی نانوالیاف است، نانوفیلترهایی برای استفاده در نیروگاه‌ها تولید می‌کنند که عملکرد بهتری نسبت به فیلترهای رایج دارند. قیمت پایین، عمر طولانی و قدرت زدایش بالای آلایندگی ازجمله مزایای این نانوفیلترهای نیروگاهی است. در حال حاضر شرکت‌هایی نظیر مپنا، مجتمع گاز پارس جنوبی، شرکت مدیریت تولید برق کرمان، نیروگاه‌های قم، خیام و قائم از این نانوفیلترها استفاده می‌کنند. مزیت رقابتی این نانوفیلترها، فرصت صادرات برای آن‌ها را نیز فراهم کرده است. در تولید این فیلترهای نیروگاهی از فناوری نانوالیاف ایرانی استفاده شده است.

نانوالیاف

نانوالیاف در مقایسه با مواد توده‌ای، مشخصه‌های منحصربه‌فردی نظیر اندازه کمتر ابعاد و تراکم پایین نقص دارند. علاوه بر این ساختارهای دوبعدی و سه‌بعدی به‌دلیل نانوساختار منحصربه‌فردی که دارند، دارای ویژگی‌های مکانیکی و حرارتی استثنایی، حجم تخلخل بالا و شفافیت نوری هستند. در این مورد، نانوالیاف به سبب انعطاف‌پذیری مکانیکی خود و ویژگی‌های الکتریکی، برای محصولات منعطف بلوک‌های ساختاری بسیار مطلوبی هستند.

روش‌های تولید نانوالیاف

تاکنون روش‌های متعددی نظیر خود سامانی مولکولی و روش‌های هیدروترمال برای سنتز نانوالیاف گزارش شده است. روش‌های ریسندگی شامل الکتروریسی، ریسندگی دمشی، ریسندگی مبتنی بر سانتریفیوژ و ریسندگی کششی به پژوهشگران اجازه می‌دهد از محلول پیش ساز، نانوالیاف سنتز کنند. انواع نانوالیاف‌های پلیمری را می‌توان از طریق روش‌های ریسندگی به دست آورد. با اعمال روش‌های مناسب اصلاحی، نانوالیاف‌های فلزی و سرامیکی را نیز می‌توان از روش‌های ریسندگی تولید کرد. ریسندگی در مقایسه با دیگر روش‌ها، به‌راحتی با تولید در مقیاس بزرگ صنعتی ترکیب می‌شود؛ بنابراین تمرکز اصلی بیشتر صنعت‌گران بر روش‌های ریسندگی، یعنی الکتروریسی، ریسندگی دمشی، ریسندگی مبتنی بر سانتریفیوژ و ریسندگی کششی است.

الکتروریسی

نیروی محرکه در فرایند الکتروریسی، نیروی الکتریکی است. دستگاه‌های رایج الکتروریسی شامل سه بخش هستند، منبع تغذیه با ولتاژ بالا، نازل و یک کلکتور (جمع آوری کننده، زیرلایه). معمولاً نازل از سوزن فلزی ساخته شده و از توری‌های فلزی، دیسک‌های چرخان یا دیگر زیرلایه‌های رسانا می‌توان بسته به نیاز به‌عنوان کلکتور استفاده نمود. در طول فرایند الکتروریسی، ولتاژ بالایی به نوک نازل اعمال می‌شود که از طریق آن با افزایش ولتاژ، قطرهٔ داخل نوک به‌شکل مخروطی کشیده می‌شود. زمانی‌که نیروی الکتروستاتیکی به قدر کافی زیاد باشد و بتواند کشش سطحی قطره را تحمل کند، جتی که به‌خوبی شارژ شده از مخروط خارج شده و یک مسیر حرکت ناپایدار در هوا را می‌پیماید که حاصل آن شکل‌گیری سریع فیبرهای نازک به واسطهٔ تبخیر سریع حلال است.

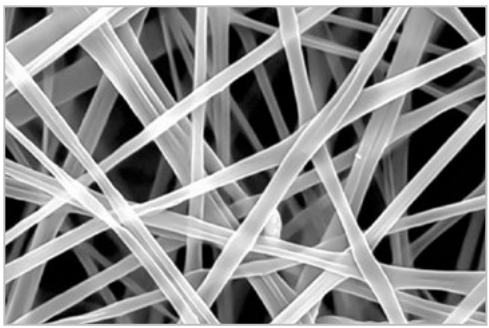
چندین فاکتور، مورفولوژی نانوالیاف‌های الکتروریسی شده را کنترل می‌کند. اولین فاکتور مشخصه‌های تنظیمات سیستم الکتروریسی است (نرخ تغذیهٔ محلول پیش ماده، شکل هندسی نازل، فاصله میان نوک و کلکتور و شکل یا حرکت کلکتور). ویژگی‌های محلول دومین فاکتور کلیدی کنترل مورفولوژی این نانوالیاف است. این ویژگی‌ها شامل نوع یا وزن مولکولی پلیمر مورداستفاده، نقطهٔ جوش حلال، پایداری دی‌الکتریک یا کشش سطحی حلال، غلظت محلول، ویسکوزیتهٔ محلول یا حضور مواد اضافی است. ویژگی‌های مربوط به محیط، ازجمله رطوبت و دما نیز به‌عنوان سومین فاکتور بر مورفولوژی نانوالیاف تأثیرگذار هستند. پارامترهای مؤثر بر فرایند الکتروریسی و مورفولوژیِ نانوالیاف‌های حاصل، چه از منظر نظری و چه تجربی به‌خوبی تثبیت شده‌اند. هرچند، تاکنون هیچ پارامتر جهانی برای تمامی مواد و موقعیت‌ها وجود ندارد.

کاربرد نانوالیاف در صنعت فیلتر نیروگاهی

این روزها گردوغبار و آلودگی به جزء لاینفک زندگی شهری بدل شده و مقابله با آن یکی از دغدغه‌های مدیران در صنایع مختلف است. هرچند فیلترها به‌عنوان سدی در برابر پخش غبار و آلودگی در صنایع استفاده می‌شوند، اما کارایی آن‌ها بسته به ابعاد حفره‌ها، با محدودیت‌هایی روبه‌رو بوده است که از جملهٔ آن‌ها می‌توان به ابعاد نسبتاً بزرگ حفره در فیلترها و عدم امکان زدایش ذرات بسیار کوچک، اشاره کرد.

برای حل مسئله ابعاد حفره‌ها و امکان زدایش ذرات بسیار کوچک، استفاده از فناوری نانو و به‌صورت ویژه نانوالیاف، یکی از گزینه‌های مهم در صنعت به شمار می‌رود. ازاین‌رو شرکت‌های مختلفی به‌دنبال بهره‌برداری از نانوالیاف در ساخت فیلترها و افزایش دامنه عملکرد آن‌ها هستند.

تا دو دهه قبل، فناوری نانوالیاف در داخل کشور وجود نداشت و برای استفاده از آن، نانوالیاف از خارج وارد می‌شد. این وابستگی که با تحریم‌های بین‌المللی همراه شده بود، سدی بزرگ در مسیر توسعهٔ این فناوری محسوب می‌شد. ازاین‌رو گروه‌های تحقیقاتی مختلف فعالیت جدی پیرامون ساخت تجهیزات مرتبط با فناوری نانوالیاف را آغاز کردند که با توجه به فقدان دانش فنی، لازم بود تا توسعه فناوری نانوالیاف به‌صورت زیربنایی و با اتکا به توانمندی‌های داخلی انجام شود. ماحصل این فعالیت‌ها، تأسیس شرکت‌های دانش‌بنیانی بود که موفق به تجاری‌سازی تجهیزات تولید نانوالیاف شده بودند. بی‌مهری به تولیدات داخلی و فقدان اعتماد عمومی به نتایج کار این



شکل۱- نانوالیافی که به روش الکتروریسی ایجاد شده است

شرکت‌ها ازجمله مشکلات اولیه در مسیر توسعه تجهیزات تولید داخل بود؛اما گذشت زمان نشان داد که فناوری نانوالیاف ایرانی قابلیت رقابت با رقبای خارجی را دارد. با عبور از این سد بزرگ، نوبت به فتح خاک‌ریز دوم رسید: استفاده از نانوالیاف تولید داخل در صنعت.

تولید نانوالیاف در داخل کشور را می‌توان سرآغاز فرایندی دانست که در حال ثمر بخشیدن در حوزه‌های مختلف است، به‌طوری که فناوری تولید نانوالیاف در حال حاضر توسط شرکت‌های مختلفی برای بهبود کارایی و عملکرد محصولات استفاده می‌شود. توسعه فناوری نانوالیاف در داخل کشور موجب شده تا پای نانوالیاف به صنعت فیلتر باز شود و در این بین، فیلترهای نیروگاهی به‌عنوان یکی از ملزومات اصلی در نیروگاه‌های داخل کشور از این فناوری بهره‌مند شوند. در حال حاضر شرکت آزاد فیلتر و بهران فیلتر به‌همراه شرکت‌هایی نظیر بهین پالایه شریف و شرکت ماشین‌سازی اندیشه شمال با استفاده از فناوری و دانش بومی تولید نانوالیاف و همچنین با بهره‌گیری از تجهیزات ایرانی موفق به تولید نانوفیلترهای نیروگاهی شده‌اند.

شرکت آزاد فیلتر

شرکت آزاد فیلتر یکی از تولیدکنندگان فیلترهای نیروگاهی با استفاده از فناوری بومی نانوالیاف است. در این شرکت برای ساخت نانوفیلترها، از کاغذهای سلولزی ویژه‌ای استفاده می‌شود که روی آن‌ها الیاف پلیمری سنتزی قرار داده شده و در ادامه نانوالیاف به این محصول اضافه می‌شود. این فیلترها در فیلترکردن هوای ورودی توربین و کمپرسورهای صنعتی، موتورهای دوار و سیستم‌های غبارگیر صنعتی کاربرد دارند. فیلترهای کوالسر این شرکت علاوه‌بر خاصیت جداسازی آلودگی، قدرت جداسازی مایع از مایع و یا مایع از گاز را نیز دارند. به‌عنوان مثال سوخت مصرفی در هواپیما حتماً باید با فیلترهای کوالسر فیلتر شده و پس از آن استفاده شود.

فناوری تولید نانوالیاف نیز توسط شرکت فناوران نانومقیاس ارائه شده است. این شرکت فناوری تولید نانوالیاف را به‌همراه تجهیزات مرتبط برای تولید انواع مختلف نانوالیاف برای مصارف در صنایع مختلف در اختیار تولیدکنندگان داخلی قرار می‌دهد.

پرویز ایمان‌زاده؛ مدیرعامل شرک آزاد فیلتر، در رابطه با توانمندی‌های نانوفیلترهای نیروگاهی این شرکت می‌گوید: «این نانوفیلترها با استفاده از دانش فنی داخلی تولید و به بازار عرضه می‌شود. بازار اصلی مصرف این نانوفیلترها شرکت‌های داخلی و نیروگاه‌های صنعتی در سراسر کشور است که از آن جمله می‌توان به نیروگاه قم، نیروگاه خیام در مشهد، نیروگاه منتظر قائم کرج و شرکت صنایع برق و انرژی صبا که مجموعه‌ای از چند نیروگاه مختلف است، اشاره کرد. قرارداد فروش بالغبر ۲۱هزار نانوفیلتر با نیروگاه‌های داخلی منعقد شده تا نیاز صنایع نیروگاهی به نانوفیلتر تأمین شود.»

ایمان‌زاده در خصوص برتری فیلتر حاوی مواد نانوساختار نسبت به فیلترهای رایج می‌گوید: «افزایش کارایی فیلتر به‌طور معمول با افزایش تراکم الیاف بستر فیلتر ایجاد می‌شود و این امر افزایش افت فشار و در نتیجه افزایش مصرف انرژی را در پی دارد. یا استفاده از پوشش نانوالیاف بدون افزایش محسوس افت فشار، افزایش کارایی و در نتیجه کیفیت بهتر فرایند فیلتراسیون حاصل می‌شود. به‌علاوه هزینهٔ تولید این محصول نسبت به نمونه‌های مشابه کمتر است و استفاده از آن در تجهیزات صنعتی موجب افزایش کارایی و عمر این تجهیزات می‌شود. امکان تولید محصول متناسب با اقلیم کشور از دیگر مزایای استفاده از فناوری نانو در تولید این محصول است.»

این شرکت فیلتر حاوی نانوالیاف جهت بهبود راندمان فیلتراسیون ذرات جامد از گاز طبیعی خشک (فیلتر گاز خشک) تولید می‌کند. این نوع فیلترها در خطوط انتقال گاز و واحدهای فیلتراسیون ایستگاه‌های گاز استفاده می‌شوند که قابلیت جداسازی ذرات جامد از سیال گاز عبوری را دارند. این نوع فیلترها در پایش ذرات با ابعاد مختلف با کلاس‌های کاری ۱۵۰ تا ۶۰۰ توسط شرکت آزاد فیلتر تولید می‌شوند. اجزای به کار رفته در این نوع فیلترها از جنس پلی‌پروپیلن، پلی‌استر و سلولز بوده و در ساختار این فیلترها از لایه‌های توری پشتیبان به‌منظور بالابردن مقاومت بدنه فیلتر در فشارهای بالای گاز استفاده شده

شکل۲- نمونه‌ای از فیلترهای شرکت آزاد فیلتر برای استفاده در ورودی توربین‌ها و کمپرسورها

است. فیلترهای تولیدی این شرکت با گارد داخلی Spiral تولید می‌شوند که باعث بالابردن مقاومت گارد داخلی در برابر فشار می‌شود.

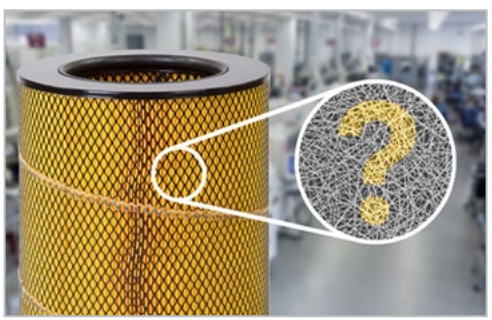
پس از موفقیت در بخش فیلترهای نیروگاهی، شرکت آزاد فیلتر فیلترهای نانویی خود را برای صنعت نفت و گاز نیز عرضه کرده است. تاکنون پتروشیمی مبین و شرکت انتقال گاز ایران از فیلترهای نانویی شرکت آزاد فیلتر استفاده کرده‌اند. توربوکمپرسورهای شرکت پتروشیمی مبین و شرکت انتقال گاز ایران از فیلترهای نانویی شرکت آزاد فیلتر استفاده می‌کنند. این کمپرسورها وظیفه تأمین انرژی را برای صنعت نفت و گاز به عهده دارند. علاوه بر این فیلترهای نانویی وارد حوزه ریلی کشور نیز شده‌اند. با توجه به وسعت ایران و تنوع آب و هوایی، لوکوموتیوها در مسیر حرکت خود با شرایط آب و هوایی مختلفی روبه‌رو می‌شوند که لازم است کیفیت هوای وارد شده به لوکوموتیو از استاندارد تعیین شده پیروی کنند. ازاین‌رو شرکت راه‌آهن با مشکل تأمین فیلترهای مناسب برای آب‌وهواهای مختلف روبه‌رو بوده است. این مشکل توسط شرکت آزاد فیلتر و با استفاده از فناوری نانو حل شد به طوری که شرکت آزاد فیلتر موفق به ارتقای کلاس فیلترها از G4 به F7 و F8 شده که این ارتقای کلاس موجب کاهش آلودگی در لوکوموتیو و بهبود عملکرد آن شده است. شرکت آزاد فیلتر، فیلترهای ریلی موردنیاز را به راه‌آهن جمهوری اسلامی تحویل داده است.

یکی از موضوعات مهم در حوزهٔ تولید فیلتر، ارزیابی و بررسی عملکرد این محصولات است. شرکت آزاد فیلتر تجهیزاتی برای انجام آزمون‌های کیفی روی نانوفیلترها تهیه کرده است. این تجهیزات امکان بررسی عملکرد را فراهم می‌کند تا با استناد از نتایج این آزمایش‌ها بتوان روی نانومحصول تولید شده قضاوت کرد. در واقع اعتبار محصولات تولید شده به نتایج این آزمون‌ها وابسته بوده و شرکت آزاد فیلتر به‌دنبال ارائه خدمات و اعطای گواهینامه برای نتایج آزمایش‌های انجام شده است. فروش نانوفیلترها به‌همراه نتایج آزمون‌های انجام شده روی این محصولات صورت می‌گیرد. از سوی دیگر وجود قابلیت بررسی عملکرد به تولیدکننده امکان می‌دهد تا متناسب با نیاز صنعت، از فیلترهای آنتی‌باکتریال بیمارستانی تا فیلترهای اتاق تمیز، محصول به بازار عرضه کند.

شرکت بهران فیلتر

شرکت دانش‌بنیان بهران فیلتر نیز از فناوری نانوالیاف برای تولید نانوفیلترهای نیروگاهی استفاده می‌کند. بهران فیلتر یکی از شرکت‌های فعال در حوزه تولید انواع فیلترهای خودرو، صنعتی و نیروگاهی در ایران است که استفاده از نانوالیاف را برای تولید فیلتر در دستور کار خود قرار داده است. حفاظت بهتر از قطعات توربین‌های نیروگاهی، کاهش هزینه‌های توقفات و افزایش توان تولید برق و افزایش عمر فیلترها حداقل به ۱٫۵ برابر عمر فعلی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیلترهای نیروگاهی بهران فیلتر است. مهم‌ترین اثر فیلترهای هوای احتراق نانو، کاهش ورود ذرات معلق زیر یک میکرون به محیط است که این محیط می‌تواند کابین هواپیما، موتور خودرو، نیروگاه و حتی سیستم تنفسی انسان باشد. این موضوع به نوبه خود باعث کاهش هزینه تعمیرات، سوخت و نگهداری نیز می‌شود. مزیت دیگر استفاده از این نوع فیلترها کاهش میانگین افت فشار برای دستگاه مصرف‌کننده در طول استفاده است که این مزیت به طولانی‌شدن عمر فیلتر کمک و ظرفیت غبارگیری افزایش پیدا می‌کند.

شرکت بهران فیلتر با استفاده از تجهیزات تولید نانوالیاف که از شرکت فناوران نانومقیاس خریداری کرده است، نانوالیاف



شکل۳- ارزیابی فیلترها توسط تجهیزات آزاد فیلتر امکان‌پذیر است

موردنیاز خود را تولید می‌کند. این نانوالیاف روی سطح فیلترها قرار می‌گیرد و با این کار کارایی تصفیه هوا را افزایش می‌دهد.

مهندس فروندی؛ مدیر طراحی محصولات و تولید نانوالیاف شرکت تولیدی و صنعتی بهران فیلتر درباره نانوفیلترهای این شرکت می‌گوید: «در حال حاضر ظرفیت تولید ۳۰۰ هزار نانوفیلتر در سال را داریم. این فیلترها برای تأمین نیاز صنایع داخلی نظیر شرکت مپنا، مجتمع گاز پارس جنوبی و شرکت مدیریت تولید برق کرمان تولید می‌شوند. دلیل استفاده صنایع از نانوفیلترها، افزایش عملکرد آن‌ها نسبت به فیلترهای رایج است. استفاده از این نانوفیلترها موجب کاهش استهلاک تجهیزات در بخش نیروگاهی شده و همچنین میزان اتلاف انرژی را کاهش داده است. از دیگر مزیت‌های این نانوفیلترها می‌توان به عمر بالای آن اشاره کرد.»

به اعتقاد فروندی قیمت پایین این نانوفیلترها نسبت به برندهای معتبر خارجی، رقابت‌پذیری آن‌ها را افزایش می‌دهد. از نظر عملکرد نیز این نانوفیلترها مشابه نمونه‌های خارجی بوده و نسبت به برخی نام‌های تجاری از عملکرد بهتری برخوردار هستند.

به گفتهٔ وی، شرکت بهران فیلتر به واسطه استفاده از نانوالیاف در محصولات خود موفق به دریافت عنوان دانش‌بنیانی شده است. استفاده از نانوالیاف موجب شده تا فیلترهای این شرکت توان جداسازی ذرات با ابعاد کوچک‌تری را داشته باشد، در واقع ذراتی که پیش از این از فیلترهای معمولی عبور می‌کرد و در موتور خودرو رسوب می‌کرد یا وارد ریه افراد می‌شد، در فیلترهای نانویی شرکت بهران فیلتر به دام می‌افتند که این به‌معنای تصفیه کارآمدتر هوا یا سیال عبوری از فیلتر است. استفاده از نانوالیاف در این فیلترها موجب شده تا منافذ موجود در این فیلترها نانومتری شده و طیف گسترده‌تری از ذرات را به دام بیاندازد.

وی درباره تأثیر نانوفیلترهای این شرکت در کاهش آلودگی هوا می‌گوید: «در یک منطقه متوسط از نظر آلودگی، به ازای هر توربین گازی، هرسال تا شش تُن آلودگی وارد محیط می‌شود که استفاده از نانوفیلترهای شرکت بهران فیلتر به کاهش این آلودگی کمک شایانی کرده است.»

بازخورد نسبت به فیلترهای نانویی شرکت بهران فیلتر

مهندس سهیلی؛ سرپرست مدیریت بازرگانی مجتمع پارس جنوبی در نامه‌ای به شرکت بهران فیلتر، عملکرد آزمایش‌های میدانی روی این نانوفیلترها را مثبت ارزیابی کرده است.

شکل۴- انواع مختلفی از فیلترهای تولید شده توسط شرکت بهران فیلتر

مهندس تیرافکن؛ مدیرعامل شرکت مدیریت تولید برق کرمان، بعد از بازدید از نانوفیلترهای نصب شده در این شرکت، عبور کمتر غبار از نانوفیلترهای نیروگاهی شرکت بهران فیلتر را یکی از مزایای این نسل از فیلترها عنوان داشته است. بررسی‌های انجام شده توسط تیم فنی شرکت مدیریت تولید برق کرمان نشان داده است که روند افزایش افت فشار هنگام استفاده از نانوفیلترهای بهران فیلتر نسبت به زمانی که از فیلترهای رایج استفاده می‌شود، مطلوب بوده است. افزایش افت فشار یکی از پارامترهای سنجش عملکرد فیلترهای نیروگاهی است.

شرکت ماشین‌سازی اندیشه شمال

شرکت ماشین‌سازی اندیشه شمال با استفاده از نانوالیاف، فیلترهای هوا برای توربین‌های مورداستفاده در نیروگاه‌ها و پالایشگاه‌ها تولید می‌کند. این فیلترهای مبتنی بر فناوری نانو برای محافظت از آسیب به قطعات تجهیزات نیروگاهی توسط ذرات گردوغبار و آلودگی و دیگر ذرات مضر در هوا و با هدف جذب حداکثری ذرات گردوغبار به کار می‌رود.

میلاد سیف بوشهری؛ مدیرعامل شرکت ماشین‌سازی اندیشه شمال می‌گوید: «در حال حاضر از این فیلترها در نیروگاه پرند، نیروگاه سیکل ترکیبی آبادان، نیروگاه سمنگان، شرکت انتقال گاز ایران و پالایشگاه سوم پارس جنوبی استفاده می‌شود.» مهندس بوشهری درباره مزیت‌های این فیلترها می‌گوید: «به‌دلیل استفاده از نانوالیاف با ضخامت کمتر و سطح ویژه بیشتر از الیاف معمولی، این فیلترها دارای عملکرد بهتری در فیلتراسیون هستند. وجود نانوالیاف باعث افزایش راندمان جذب گردوغبار می‌شود و در عین حال افت فشار زیادی ایجاد نمی‌کند. الیاف الکتروریسی شده دارای قطر کمتر از ۱۰۰ نانومتر بوده و سطح کاغذ فیلتر را به‌صورت یکنواخت پوشش می‌دهند. جنس این نانوالیاف به‌طور معمول از

پلی‌آمید است.»

مدیرعامل شرکت ماشین‌سازی اندیشه شمال وجود خواص آب‌گریزی را در این فیلترها یک مزیت بزرگ می‌شمارد که تشکیل رسوب در فیلتر را به حداقل می‌رساند و این موضوع در مناطقی که رطوبت هوای بالایی دارد، یک مزیت بسیار بزرگ محسوب می‌شود.

به‌گفتهٔ میلاد سیف بوشهری، شرکت ماشین‌سازی اندیشه شمال برای ساخت دستگاه تولید نانوالیاف اقدام کرده است. با راه‌اندازی این دستگاه در آینده نزدیک، شرکت ماشین‌سازی اندیشه شمال می‌تواند نانوالیاف موردنیاز خود را تولید کند. شرکت ماشین‌سازی اندیشه شمال در حال حاضر ظرفیت تولید ۱۲۰هزار فیلتر هوا را در سال دارد.

شرکت بهین پالایه شریف

شرکت بهین پالایه شریف با حمایت پارک علم و فناوری خراسان رضوی، موفق به تولید فیلترهای سلولزی عمقی تدریجی و سیستم‌های فیلتراسیون مرتبط شده است. با استفاده از این فیلتر نانو می‌توان هزینه نیروگاه‌های برق را کاهش داد. روغن توربین یک روانکار گردشی است که وظایفی ازجمله روانکاری یاتاقان، چرخ‌دنده‌ها و کوپلینگ‌ها، انتقال حرارت و خنک‌کاری در یاتاقان‌ها، بهبود عملکرد هیدرولیکی و محافظت در برابر زنگ‌زدگی و سایش را برعهده دارد. ممانعت از اکسیداسیون و خوردگی، جداپذیری از آب‌وهوا و عدم کف‌کردن ازجمله خواص فیزیکی و شیمیایی مهمی است که روغن توربین باید داشته باشد. وارنیش از ذرات نامحلول و بعضاً محلول ارگانیک مانند اکسیدهای چسبناک و مواد کربن‌دار موجود در روغن ایجاد می‌شود. در اثر کاهش دمای روغن به کمتر از ۵۰ درجه سانتی‌گراد و همچنین متراکم‌شدن این ذرات محلول و نامحلول، رسوبات قهوه‌ای رنگ که سخت و نازک هستند تشکیل می‌شود که وارنیش نام دارد. وجود وارنیش در روغن موجب گرفتگی فیلتر، آلودگی روغن نو، انتقال حرارت ضعیف در کولر روغن، افزایش دمای یاتاقان‌های توربین و مقاومت در برابر سیلان روغن برگشتی و نشت روغن می‌شود. به‌منظور کنترل کیفیت روغن از فیلتراسیون یا جلوگیری از ورود آلاینده‌ها استفاده می‌شود. فیلترها به دو صورت عمقی و سطحی موجود هستند. فیلترهای سلولزی عمقی ازجمله فیلترهای مرسوم در تصفیه روغن توربین هستند که وجود نانوالیاف در این فیلترها موجب بهبود بازده حذف وارنیش از روغن می‌شود. با توجه به اینکه فیلترهای موجود از کاغذ ساخته شده، فیلتر سلولزی در مصرف کاغذ نیز صرفه‌جویی می‌کند.

برخلاف فیلترهای رایج که در بهترین حالت تنها قابلیت حذف ذرات بزرگ‌تر از ۳ میکرون را دارند، شرکت بهین پالایه شریف در طراحی و تولید فیلترهای بهپال حذف ذرات بزرگ‌تر از ۳ میکرون را جزء ابتدایی‌ترین وظایف این فیلترها دانسته و هدف نهایی این طرح را افزایش طول عمر روغن و کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری از طریق حذف آب، وارنیش و ذرات زیر یک میکرون می‌داند. در این میان فیلترهای بهپال وارنیش که در تولید آن‌ها از فناوری نانو بهره گرفته شده، به‌منظور حذف وارنیش و در نتیجه کاهش عدد اسیدی روغن و همچنین افزایش طول عمر روغن طراحی شده‌اند. از این فیلترها می‌توان برای فیلتراسیون روغن‌های با پایه نفتی یا سنتزی، مانند روغن‌های هیدرولیک، روغن‌های روانکار توربین، روغن‌های دنده و روغن‌های ترانسفورماتور استفاده کرد. این فیلترها از درجه فیلتراسیون ۰٫۴ میکرون مطلق برخوردار هستند و به واسطه آن ۹۸٫۷درصد از جرم همه ذرات بالاتر از ۰٫۴ میکرون در هر دور عبور از فیلتر حذف می‌شوند. همچنین ظرفیت جذب آلودگی این فیلتر ۱٫۸ لیتر از جامدات یکنواخت است. در این فیلتر مواد ناشی از تخریب روغن، یعنی مواد اکسید شده، رزین/ اسلاج و وارنیش توسط مواد سلولزی جذب می‌شوند. همچنین این فیلتر توانایی جذب بالقوه آب حدود ۵۰درصد ظرفیت کل نگهداری آلودگی روغن را داراست. همچنین کارتریج این نوع فیلترها از تعدادی دیسک‌های تکی تشکیل شده است. این فیلترها به‌صورت ترکیبی از سلولزهای مختلف، میکروسلولز و نانوسلولز که سطح الیاف آن‌ها توسط فرایندهای شیمیایی به‌منظور بالاترین میزان دقت فیلتراسیون فعال شده، تولید می‌شوند. افزایش دقت فیلتراسیون از ۳ میکرون به ۰٫۴ میکرون و تغییر در خواص فیزیکی و شیمیایی الیاف سلولز به‌منظور بهبود جذب سطحی وارنیش ازجمله خواص فیلتر حذف وارنیش روغن توربین تولید شده در شرکت بهین پالایه شریف است که به واسطه استفاده از فناوری نانو ایجاد شده است. قیمت بسیار پایین‌تر از نمونه مشابه دانمارکی، در دسترس بودن و تولید تمامی مواد اولیه موردنیاز توسط شرکت بهین پالایه شریف از مزایای رقابتی محصول نسبت به نمونه‌های موجود در بازار است.

شرکت دانش‌بنیان نانوفناوران خاور

این شرکت، تولیدکننده نانوفیلترهای صنعتی با قابلیت جذب ذرات و طول عمر بیشتر و دارای گواهی‌های متعدد همچون تأییدیه نانومقیاس از ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، استاندارد بین‌المللی سیستم مدیریت کیفیت (ISO 9001:2008) و سیستم رضایت‌مندی از مشتریان (ISO 10004:2012) از شرکت QEC

شکل۵- فیلتر سلولزی عمقی تصفیه روغن توربین شرکت بهین پالایه شریف

CERTIFICATION انگلستان است. فیلترهای کارتریجی این شرکت، به‌عنوان یکی از انواع فیلترهای صنعتی، شامل فریم فلزی و مدیا از جنس‌های پلی‌استر، پلی‌پروپیلن و یا سلولزی (به سه شکل چین خورده، الیاف به‌هم تنیده و چندلایه) است که در صنایع مختلفی ازجمله رنگ، معدن، نیروگاه‌ها، نفت و پتروشیمی کاربرد وسیعی دارند.

به‌گفتهٔ سید امیر حسین تقوی؛ مدیرعامل و عضو هیئت‌مدیره این شرکت، استفاده از این نوع نانوفیلترها علاوه‌بر سلامت محیط‌زیست، برای سلامت کارگران مفید است و عمر فیلترها نیز به‌دلیل وجود نانوالیاف و فیلتراسیون سطحی، افزایش یافته و دیرتر اشباع می‌شوند که موجب کاهش هزینه بخش فیلتراسیون صنایع خواهد شد.

شرکت فناوران نانومقیاس

نادر نادری؛ مدیرعامل شرکت فناوران نانومقیاس، درباره نفوذ فناوری نانوالیاف در صنعت نانوفیلتر نیروگاهی می‌گوید: «در حال حاضر استقبال خوبی از فناوری نانوالیاف توسط شرکت‌های داخلی تولیدکننده نانوفیلتر نیروگاهی به عمل آمده است. هرچند برخی شرکت‌ها اقدام به خرید کاغذهای حاوی نانوالیاف از خارج کرده‌اند، اما پایین بودن قیمت فناوری داخلی و عملکرد مثبت آن، مزیتی برای شرکت‌هایی نظیر آزاد فیلتر و بهران فیلتر است که از این فناوری بومی استفاده می‌کنند.»

درواقع می‌توان گفت که حرکت اولیه صنعت در بومی‌سازی فناوری نانوالیاف در این مرحله به ثمر نشسته است و تولید نانوالیاف در داخل کشور موجب افزایش ارزش‌افزوده در مرحله استفاده صنعتی از نانوالیاف شده است. در حالی که اگر از فناوری وارداتی استفاده می‌شد، چالش‌های بیشتری در کمین مصرف‌کنندگان نانوالیاف در صنعت داخلی بود. مدیرعامل شرکت فناوران نانومقیاس طول عمر نانوفیلترهای داخلی را مطلوب ارزیابی می‌کند. در برخی نیروگاه‌ها نظیر نیروگاه کرمان، این نانوفیلترها بعد از دو سال کار مداوم، هنوز عملکرد قابل‌قبولی دارند؛ در حالی که عمر فیلترهای رایج بین شش ماه تا حداکثر دو سال است.

بازار فیلترهای نیروگاهی در ایران

در حال حاضر بازار مصرف نانوفیلترهای نیروگاهی در بازار داخل کشور ۴۰۰ هزار فیلتر در سال تخمین زده می‌شود که شرکت‌های داخلی ظرفیت تأمین آن را دارند؛ بنابراین یکی از برنامه‌ها و اولویت‌های تولیدکنندگان داخلی، صادرات این نانوفیلترها به خارج از کشور است. در واقع بعد از قریب به یک دهه از شروع فعالیت توسعه فناوری بومی نانوالیاف در داخل کشور، استفاده صنعتی از نانوالیاف در بخش فیلترهای نیروگاهی به مرحله‌ای رسیده که می‌توان آن را آماده‌شدن برای صادرات نام‌گذاری کرد. هرچند گام بعدی در این مسیر و واردشدن به دوره صادرات نانوفیلترهای نیروگاهی با چالش‌هایی همراه است.

آینده فناوری فیلترهای نیروگاهی در ایران

اگر بی‌اعتمادی نسبت به دستاوردهای اولیه صنعت نانوالیاف، چالش اولیه توسعه این فناوری بود، تسهیل مسیر صادرات را می‌توان چالش فعلی این صنعت دانست. به نظر می‌رسد فناوری تولید و استفاده از نانوالیاف در صنعت به بلوغ خود رسیده به شکلی که امکان صادرات برای تولیدکنندگان داخلی فراهم شده است. گذر از مرحلهٔ تأمین نیاز داخل و رسیدن به جایگاه صادرات را می‌توان دستاورد یک ماراتن ده ساله دانست که تنها با صبر و تلاش‌های مستمر قابل‌دستیابی است.

به نظر می‌رسد مسیر پرفرازونشیب یک دهه گذشته که با توسعه تجهیزات تولید نانوالیاف آغاز شده، با استفاده از این نانوالیاف در صنعت فیلترهای نیروگاهی وارد دوره تازه‌ای شده است. فناوری نانوالیاف توانسته است وارد حوزهٔ ساخت فیلترهای نیروگاهی شود و ارزش‌افزودهٔ قابل‌توجهی در این صنعت ایجاد کند تا علاوه‌بر بهبود کارایی بخش فیلترهای نیروگاهی، چشم‌اندازهایی نیز برای صادرات در کشور به وجود آورد. در نهایت می‌توان گفت که جلوگیری از خروج ارز، اشتغال‌زایی، افزایش بهره‌وری در بخش نیروگاهی و کاهش آلودگی هوا ازجمله مزیت‌های نفوذ فناوری نانوالیاف در بخش فیلترهای نیروگاهی باشد.

برای دسترسی به گزارش صنعتی کیوآرکد روبه‌رو را اسکن کنید.

استفاده تجاری از توالی‌یابی نانوحفره‌ای برای تشخیص بیماری‌های ژنتیکی کودکان

با همکاری دو شرکت، قرار است از فناوری توالی‌یابی نانوحفره‌ای و هوش مصنوعی برای تشخیص بیماری‌های نادر در کودکان و نوزادان استفاده شود.

شرکت آکسفورد نانوپور تکنولوژیز (Oxford Nanopore Technologies) برای توسعه نرم‌افزاری با شرکت فابریک ژنومیکس (Fabric Genomics) در آمریکا وارد همکاری مشترک شد. این تعامل میان دو شرکت می‌تواند به پزشکان در تشخیص بیماری‌های مربوط به نوزادان و کودکان مبتلا به اختلالات ژنتیکی در بخش‌های مراقبت ویژه بیمارستان کمک کند.

به‌گفتهٔ مسئولان این شرکت، این راه‌حل می‌تواند از طریق بررسی داده‌های ژنومی و تحلیل آن‌ها به دست آید و هدف از آن، ارائه اطلاعات و درک صحیح به پزشکان برای کمک به آن‌ها در تشخیص اختلالات ژنتیکی نادر در کودکان است.

این فناوری در ابتدا روی آزمایش‌های بسیار پیچیده کودکان در بخش مراقبت‌های ویژه نوزادان (NICU) متمرکز خواهد شد، اما مسئولان این دو شرکت گفته‌اند که انتظار دارند راه‌حل‌های

دیگری را نیز ارائه دهند که برای شرایط ژنتیکی با اثرات بلندمدت نظیر سرطان و بیماری‌های قلبی قابل‌استفاده باشد.

ایده اصلی این است که فناوری توالی‌یابی نانوحفره‌ای EPI2ME شرکت آکسفورد نانوپور را با راه‌حل توالی‌یابی تمام ژنوم مبتنی بر هوش مصنوعی شرکت فابریک ژنومیکس ادغام کنند.

منبع www.thebusinessmagazine.co.uk

همکاری بخش خصوصی برای تأمین نیازهای وزارت دفاع امریکا با کمک فناوری نانو

نوواسترا (Novusterra Inc)، برای کمک به تأمین اهداف موردنظر ارتش آمریکا، همکاری خود را با دانشگاه صنعتی تگزاس و کنای (Kenai) آغاز کرد. کنای یکی از پیمانکاران اصلی وزارت دفاع آمریکاست که در این پروژه با نوواسترا همکاری دارد تا از گرافن و نانومواد کربنی استفاده کنند.

در این همکاری مشترک طرفین به‌دنبال استفاده از فناوری پتنت شده نوواسترا هستند تا از آن برای ساخت نسل بعدی ادوات دفاعی استفاده شود. این پروژه به‌دنبال بهبود کیفیت زیرساخت‌های نیروی هوایی با کمک این نانوساختارهاست.

مارک لاورگیتا؛ رئیس هیئت‌مدیره نوسترا اظهار داشت: «ما مفتخریم که در کنار شرکای خود در کنای و دانشگاه تگزاس خدمت می‌کنیم. در این همکاری به‌دنبال استفاده از نانومواد ارزان‌قیمت کربنی در برنامه‌های امنیت ملی هستیم. ما اطمینان داریم که این مشارکت، به بهبود زیرساخت‌های نیروی هوایی کمک می‌کند»

انتظار می‌رود این افزودنی باعث افزایش دوام و ماندگاری هواپیماها، جاده‌ها، ساختمان‌ها و سایر زیرساخت‌ها در بخش نیروی هوایی شود. نوواسترا یک شرکت خصوصی مستقر در فلوریداست که متمرکز بر دستیابی و توسعه فناوری‌های خاص بازار برق، ازجمله عناصر خاک‌های نادر، امکانات و فناوری‌های پردازش و همچنین فناوری‌های ذخیره انرژی است. نوواسترا در توسعه و تجاری‌سازی فناوری ثبت شده برای تولید نانوساختارهای کربنی با هزینه کم و با کیفیت بالا و همچنین تولید گرافن برای استفاده در زیرساخت‌های پایدار، ذخیره انرژی، کشاورزی و تصفیه آب تمرکز دارد. این شرکت موفق به خرید پتنت‌هایی از شرکت امریکن ریسورس شده است. این پتنت‌ها مربوط به فرایند تولید ارزان و زیست‌سازگار گرافن است. لازم به ذکر است که نوواسترا همکاری راهبردی با بخش دفاعی آمریکا دارد و در این مسیر از همکاری دانشگاه صنعتی تگزاس نیز بهره می‌برد.

منبع www.finance.yahoo.com

گرافن موجب ارزان‌تر شدن بطری‌های پلاستیکی و افزایش استحکام آن‌ها می‌شود

هیدروگراف کلین پاور (HydroGraph Clean Power) به‌تازگی نتایج امیدوارکننده‌ای در بخش ادغام گرافن با پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) به دست آورده است.

پلی‌اتیلن ترفتالات به‌عنوان یک رزین پلاستیکی رایج به‌دلیل کاربردهای خود در بخش‌های مختلف ازجمله ساخت بطری‌های آب و نوشابه، بسته‌بندی مواد غذایی و الیاف پوشاک مشهور است. این شرکت از طریق ادغام گرافن اختصاصی خود در پلی‌اتیلن ترفتالات، قصد دارد عملکرد کلی پلاستیک‌ها را بالا ببرد که به‌طور بالقوه منجر به کاهش مصرف مواد در بطری‌های پلاستیکی به میزان قابل‌توجه ۱۰٪ به ۱۵٪ می‌شود.

تحقیقات انجام شده توسط هیدروگراف کلین پاور در درجه اول بر ارزیابی پتانسیل گرافن اختصاصی آن‌ها، معروف به گرافن فراکتال، FGA-1، برای تقویت خصوصیات مکانیکی PET متمرکز شده است. هیدروگراف کلین پاور به‌دنبال تعیین اثربخشی گرافن در تقویت ویژگی‌های عملکردی PET، با تأکید ویژه بر قدرت و دوام مکانیکی بوده است. یافته‌های این آزمایش‌ها بسیار امیدوارکننده بوده که نشان می‌دهد ترکیب گرافن با PET می‌تواند کاهش قابل‌توجهی در استفاده از مواد تا ۱۵ ٪ داشته باشد. این امر به صرفه‌جویی در هزینه‌ها تا رقم ۷۵ میلیون دلار در سال منجر می‌شود.

برای اطمینان از یکپارچگی و صحت فرایند آزمایش، هیدروگراف با مرکز نوآوری مهندسی گرافن (GEIC) در دانشگاه منچستر همکاری کرد. GEIC دارای تخصص در توسعه سریع و مقیاس‌بندی گرافن و سایر مواد دوبعدی است.

منبع www.chemanalyst.com

استقرار سامانه‌ای برای کاهش انتشار گاز گلخانه‌ای در تولید آهن از سنگ معدن

قرار است سامانه‌ای در یکی از شرکت‌های تولیدکننده آهن نصب شود که انتشار گاز دی‌اکسیدکربن را به حداقل می‌رساند. این دستگاه گاز دی‌اکسیدکربن را جذب کرده و از آن گرافن تولید می‌کند.

استراتژیک ریسورسیز (Strategic Resources) توافق‌نامه همکاری مشترک با شرکت لویدان (Levidian) در کمبریج امضا کرد. این همکاری دربخش هیدروژن و گرافن بوده و برای کمک به پروژه BlackRock (متعلق به شرکت استراتژیک ریسورسیز)، واقع در Saguenay، کبک کانادا طراحی شده است. این برنامه همکاری روی فناوری حلقه (LOOP) شرکت لویدان تمرکز دارد، برنامه‌ای که به‌دنبال توسعه سریع‌تر نقشه راه هیدروژن شرکت استراتژیک ریسورسیز است. این شرکت قصد دارد تا از فناوری حلقه برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای استفاده کرده و در تولید آهن، میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن را در کوره قوس الکتریکی به حداقل برساند. سیستم لوپ می‌تواند کربن را از متان و دیگر منابع هیدروکربنی استخراج کند و همچنین گرافن تولید نماید.

این توافق‌نامه همکاری مسیر را برای توسعه بازار دستگاه حلقه

شرکت لویدان هموار می‌کند. این فناوری تاکنون در کشورهای مختلف نصب و راه‌اندازی شده است.

سایت صنعتی پروژه BlackRock با استفاده از این فناوری می‌تواند میزان تولید دی‌اکسیدکربن خود را کاهش دهد. این پروژه ۴ میلیون تن سنگ‌آهن را ذوب کرده و آهن تولید می‌کند که این فناوری می‌تواند تولید اهن در این پروژه را زیست‌سازگار کند.

منبع www.prnewswire.com

توالی‌یابی نانوحفره‌ای برای ارزیابی mRNA استفاده خواهد شد

شرکت لونزار (Lonza) و اکسفورد نانوپور تکنولوژیز (Oxford Nanopore Technologies) برای توسعه فناوری توالی‌یابی RNA با کمک نانوحفره وارد همکاری مشترک شدند. هدف از این همکاری مشترک، تجاری‌سازی توالی‌یابی RNA با نانوحفره است.

لونزا در تاریخ ۳۰ ژانویه ۲۰۲۴ اعلام کرد با اکسفورد نانوپور تکنولوژیز وارد همکاری شده تا روی توسعه فناوری حسگری مولکولی مبتنی بر نانوحفره کار کنند. آن‌ها قصد دارند تا فناوری فعلی توالی‌یابی نانوحفره اکسفورد نانوپور تکنولوژیز را به‌گونه‌ای توسعه دهند که بتواند محصولات حاوی mRNA را نیز تحت پوشش قرار دهد. این اولین نوع از این فناوری است که می‌تواند به‌صورت مستقیم هر دو الگوی DNA و mRNA را توالی‌یابی کند.

این همکاری با هدف رفع نیاز صنعت و بخش نظارتی به یک روش آزمایشی معتبر صورت می‌گیرد که می‌تواند تولید mRNA را ساده‌تر کند. بر اساس این توافق‌نامه، لونزا و آکسفورد نانوپور روی توسعه چنین فناوری تمرکز خواهند کرد تا در نهایت محصولی ایجاد شود که بتوان از آن برای تجزیه‌وتحلیل mRNA و کنترل کیفیت (QC) استفاده کرد.

از طریق این همکاری مشترک، آکسفورد نانوپور برای اعتبارسنجی GMP، بخشی از فرایند تأمین ملزومات برای کسب نتیجه مطلوب در اعتبارسنجی را به لونزا منتقل می‌کند. از دستگاه Gridion آکسفورد نانوپور برای تولید داده‌ها و گزارش‌های زمان واقعی استفاده می‌شود. پس از دستیابی به اعتبارسنجی، لونزا قصد دارد فناوری توالی‌یابی را در ارائه گردش کار تحلیلی خود درج کند. این شرکت همچنین از تلاش‌های آکسفورد نانوپور برای دستیابی به الزامات دقیق کیفیت برای انطباق QC پشتیبانی خواهد کرد.

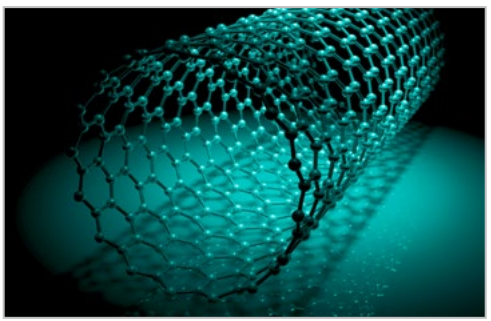
منبع www.pharmtech.com

چین صاحب بیشترین سهم در بازار نانولوله کربنی؛ هند در تعقیب چین

پیش‌بینی می‌شود بازار نانولوله‌های کربنی (CNT) تا سال ۲۰۲۹ با نرخ رشد ترکیبی سالانه ۱۴٫۲ درصد، به رقم ۲٫۵۳ میلیارد دلار برسد.

این رشد بازار نانولوله‌های کربنی به عوامل متعددی بستگی دارد. در اولین قدم، افزایش تقاضا برای مواد سبک وزن با انتشار کربن کم، به‌ویژه در بخش خودرو عامل رشد بازار نانولوله‌های کربنی است. نانولوله‌های کربنی خواص منحصربه‌فردی دارند که آن‌ها را برای استفاده در تولید وسایل نقلیه ایده‌آل می‌کند و به راندمان سوخت و پایداری محیط زیست کمک می‌کند. علاوه بر این، تأکید روزافزون بر منابع انرژی جایگزین باعث افزایش تقاضا برای نانولوله‌های کربنی می‌شود، زیرا آن‌ها نقش مهمی در افزایش عملکرد فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر مانند سلول‌های خورشیدی و توربین‌های بادی دارند.

از نظر جغرافیایی، آسیا/اقیانوس آرام در سال ۲۰۲۲ سهم زیادی از بازار نانولوله‌های کربنی را به خود اختصاص داده است که این کار به‌دلیل مصرف بالای نانولوله‌کربنی در صنایع مختلف مانند خودرو، ورزش، انرژی، برق و الکترونیک و هوافضا و دفاعی



است. چین به‌دلیل افزایش تولید صنعتی، سهم غالب بازار را در اختیار دارد، در حالی که هند شاهد افزایش تقاضای فزاینده‌ای است که توسط پیشگامی‌هایی مانند پروژه‌های فضایی ایجاد می‌شود. منطقه آسیا اقیانوسیه سهم بالایی از سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و افزایش پذیرش نانولوله‌های کربنی را طی سال‌های آینده تجربه خواهد کرد.

منبع www.openpr.com

دریافت سرمایه از مشتری برای افزایش ظرفیت خط تولید نانوکامپوزیت

سروش نظرپور؛ مدیرعامل نانواکسپلور می‌گوید که این شرکت به‌تازگی ظرفیت تولید کامپوزیت‌های تقویت شده با گرافن خود را افزایش داده است. سرمایه لازم برای این افزایش ظرفیت، از یکی از مشتریان گرفته شده است، مشتری که به‌شدت به این نانوکامپوزیت‌ها نیاز دارد.

شرکت کانادایی نانواکسپلور (Nanoxplore) اعلام کرده است که ظرفیت تولید کارخانه خود را در ایالت کبک افزایش داده است. این افزایش ظرفیت تولید نانومواد، برای تأمین نیاز مشتریان موجود انجام شده است.

این افزایش ظرفیت، بخشی از برنامه راهبردی ۵ ساله نانواکسپلور بوده و در راستای تأمین نیاز بازار قطعات خودرو است. با راه‌اندازی این خط تولید جدید، ۲ میلیون دلار به درآمدهای این شرکت در سال ۲۰۲۴ اضافه شده که این رقم برای سال ۲۰۲۵ می‌تواند بین ۸ تا ۱۰ میلیون دلار باشد.

علاوه بر این، بخش مهمی از هزینه‌های گسترش ظرفیت توسط یکی از مشتریان تأمین می‌شود. این مشتری متعهد شده است تجهیزات اضافی موردنیاز برای این برنامه توسعه‌ای را

خریداری کند.

سروش نظرپور می‌گوید: «تقاضا برای محصولات کامپوزیت تقویت شده با گرافن ما بسیار زیاد است، تا حدی که مشتریان برای دسترسی به حجم تولید بیشتر هزینه‌های سرمایه‌ای را تقبل می‌کنند. این گسترش ظرفیت اولین قدم برای افزایش قابلیت‌های تولید قطعات SMC با گرافن ما و گام بزرگی برای دستیابی به برنامه ۵ ساله در ارائه محصولات سبک وزن SMC است.»

منبع www.globenewswire.com

جذب سرمایه برای توسعه فناوری تبدیل گاز طبیعی به گرافن و هیدروژن

بر اساس بیانیه مطبوعاتی اخیر شرکت ریمر (Rimere)، که در حوزه مقابله با تغییرات آب و هوایی تخصص دارد، این شرکت موفق به جذب ده میلیون دلار سرمایه شده است.

این سرمایه از سوی شرکت کلین انرژی فیول (Clean Energy Fuels) تأمین می‌شود. هدف از این سرمایه‌گذاری، توسعه و آزمایش فناوری پلاسمای شرکت ریمر است. این فناوری برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای توسعه یافته که برای این کار گاز طبیعی را به ترکیباتی نظیر هیدروژن و گرافن تبدیل می‌کند.

با استفاده از این سرمایه‌گذاری، استقرار دو دستگاه شرکت ریمر یعنی Reformer و Mitigator تسریع می‌شود. Reformer از یک فرایند پلاسما ترکیبی پی‌درپی برای تبدیل گاز طبیعی به گرافن هیدروژن با کیفیت بالا استفاده می‌کند، فرایندی که به طرز چشمگیری تولید گازهای گلخانه‌ای CO_2 را کاهش می‌دهد. با استفاده از این فناوری، هنگامی که از گاز طبیعی تجدیدپذیر استفاده می‌شود، هیدروژن تولید شده می‌تواند نرخ تولید کربن را منفی کند.

در همین حال، Mitigator به‌عنوان یک اکسیدکننده حرارتی پلاسما عمل می‌کند تا انتشار گازهای متان را کاهش دهد. این فناوری یک راه‌حل مقرون‌به‌صرفه برای کاهش انتشار متان است.

میچل پرات؛ مدیرعامل ریمر اظهار داشت که حمایت از انرژی پاک به‌طور قابل‌توجهی در توسعه این فناوری‌ها تأثیرگذار خواهد بود، فناوری‌هایی که می‌تواند روی تغییرات آب و هوایی جهانی تأثیر داشته باشند.

منبع www.uk.investing.com

هند باتری اسید سرب گرافنی تولید می‌کند

شرکت هندی آی‌پاور (Ipower) که در تولید باتری تخصص دارد، از عرضه باتری‌های اسیدسرب گرافنی خبر داد.

این شرکت ادعا کرده است که این باتری جدید آن‌ها توسط ICAT برای استاندارد AIS0156 مورد آزمایش قرار گرفته است و به‌دلیل فناوری نوآورانه، گواهی تأیید TAC را دریافت کرده است.

ویکاس آگاروال؛ بنیانگذار شرکت آی‌پاور می‌گوید: «این دستاورد چیزی بیش از یک نقطه عطف برای ماست؛ این فناوری یک تغییردهنده بازی برای صنعت خودروهای الکتریکی در هند است. همانطور که همه ما آگاه هستیم، بخش خودروهای الکتریکی به‌شدت به لیتیوم پرهزینه متکی است. باتری‌ها با وابستگی قابل‌توجهی به واردات به سلول‌ها مواجه هستند. موفقیت ما دوره جدیدی را نشان می‌دهد که می‌توانیم با باتری‌های اسید سرب AH/C2032 خود جایگزین اقتصادی‌تری ارائه دهیم، در حالی که وزن آن‌ها فقط ۷٫۲ کیلوگرم است.»

پیامدهای این دستاورد قابل‌توجه است. این کار آی‌پاور را

قادر می‌سازد تا هزینه‌ها را کاهش داده و دسترسی به چنین باتری‌ها و استفاده از آن‌ها را افزایش دهد. علاوه بر این، این باتری‌های گرافنی نه‌تنها به رشد صنعت خودروهای الکتریکی در هند کمک خواهد کرد بلکه از دیدگاه این کشور برای کمک به توسعه منابع انرژی جایگزین نیز پشتیبانی می‌کند.

منبع www.devdiscourse.com

روند تغییر قیمت جهانی گرافن و میزان تقاضای آن چگونه خواهد بود؟

بررسی‌های اخیر نشان می‌دهد که حوزه نانوکامپوزیت، باتری و الکترونیکی موجب توسعه بازار گرافن شده و این نانوساختار را به‌سمت تولید انبوه سوق می‌دهد. همچنین میانگین تقاضای بازار برای گرافن تا سال ۲۰۲۸ در حدود ۳۰ هزار تن بوده و قیمت پودر گرافن نیز هر سال ۱۲ درصد کاهش خواهد یافت. بنابراین تولیدکنندگان گرافن باید به دقت بازار را رصد کنند تا منطبق براین تحولات پیش بروند.

یافته‌های اخیر نشان می‌دهد که بازار جهانی گرافن طی سال‌های گذشته به‌طور مداوم در حال رشد بوده که به متوسط درآمد سالانه جهانی ۳۸۰ میلیون دلار در سال ۲۰۲۲ رسیده است. البته این رقم هنوز بسیار کمتر از چیزی است که انتظار می‌رفت، این رقم را با بازار ۲۲٫۵ میلیارد دلاری گرافیت در سال ۲۰۲۲ یا بازار ۱۷ میلیارد دلاری کربن سیاه در سال ۲۰۲۱ مقایسه کنید. البته نباید فراموش کرد که هنوز سال‌های زیادی از کشف گرافن نمی‌گذرد و فرصت برای افزایش حجم بازار این نانوماده وجود دارد.

بر اساس پیش‌بینی‌ها، انتظار بازار ۱٫۵ میلیارد دلاری برای گرافن در سال ۲۰۲۷ می‌رود، هرچند نظرات مختلفی در این باره

وجود داشته و این بازار را تا ۵٫۵ میلیارد دلار نیز برای سال ۲۰۲۷ پیش‌بینی می‌کنند. بیش از ۸۵ درصد از تحلیلگران، نرخ رشد ترکیبی سالانه گرافن را بیش از ۲۰ درصد می‌دانند و برخی نیز این نرخ را در میان مدت ۳۰ درصد پیش‌بینی می‌کنند.

یکی از نکات جالب توجه، کاهش قیمت پودر گرافن طی سال‌های آتی است که به نظر می‌رسد تا سال ۲۰۲۸ قیمت آن هر سال ۱۲ درصد کاهش یابد.

منبع www.graphene-flagship.eu

تولید چسبی که با آن می‌توان گرافن را جابه‌جا کرد

شرکت نیتو دنکو موفق به تولید چسبی به نام چسب UV شده که می‌توان با آن مواد دوبعدی نظیر گرافن را جابه‌جا کرد.

به‌تازگی محققان دانشگاه کیوشو با همکاری شرکت نیتو دنکو (Nitto Denko) در ژاپن چسب نواری ساختند که می‌تواند به شکلی کاربرپسند و آسان، مواد دوبعدی را به روی سطوح موردنظر قرار دهد.

این تیم تاکنون موفق به انتقال ویفرهای گرافنی به قطر ۱۰ سانتی‌متر با استفاده از نوار UV شده‌اند. چسبیدن و لایه‌برداری را می‌توان با دست انجام داد. با این حال امکان استفاده از فرایند ماشینی برای این انتقال وجود دارد.

یکی از روش‌های اصلی ساخت گرافن از طریق رسوب بخار شیمیایی است که در آن گرافن روی فیلم مس رشد می‌کند. اما برای انجام صحیح، گرافن باید از مس جدا شود و به یک بستر عایق مانند سیلیکون منتقل شود. برای انجام این کار، یک پلیمر محافظ بر روی گرافن قرار می‌گیرد و سپس مس با استفاده از محلول اچینگ مانند اسید برداشته می‌شود. پس از اتصال به بستر جدید، لایه پلیمری محافظ با یک حلال حل می‌شود. این فرایند وقتگیر است و می‌تواند باعث نقص در سطح گرافن شود یا اثری از پلیمر را باقی بگذارد.

این گروه برای حل مشکل از هوش مصنوعی کمک گرفتند تا یک فیلم پلیمری ویژه به نام نوار یو وی (UV Tape) را طراحی کنند. قبل از قرار گرفتن در معرض نور UV، نوار چسبندگی قوی به گرافن دارد و به آن اجازه می‌دهد بچسبد. اما پس از قرار گرفتن در معرض اشعه ماوراءبنفش، پیوند اتم تغییر می‌کند، که میزان چسبندگی به گرافن را حدود ۱۰ ٪ کاهش می‌دهد. نوار UV همچنین کمی سفت‌تر می‌شود. روی هم رفته، این تغییرات اجازه می‌دهد تا نوار در هنگام ترک گرافن از زیر لایه جدا شود.

منبع www.phys.org

سرمایه‌گذاری برای ایجاد امنیت در زنجیره تولید باتری خودروهای الکتریکی

لیتن (Lyten) از دریافت کمک مالی ۴ میلیون دلاری وزارت انرژی آمریکا (DOE) خبر داد که برای تسریع در تولید فناوری پیشرفته باتری لیتیوم-سولفور تخصیص داده خواهد شد. این کمک هزینه به‌طور خاص فن‌آوری‌های لیتیوم-سولفور را هدف قرار می‌دهد که می‌تواند خطر زنجیره تأمین خارج از آمریکا را برای باتری‌های EV کاهش دهد و مسافت رانندگی با EV را افزایش دهد.

فناوری لیتیوم-سولفور به‌مدت چندین دهه است که شناخته شده بوده و ۲ تا ۳ برابر چگالی انرژی لیتیوم یون را نگه می‌دارد اما به‌دلیل چالش‌های علمی، دانشمندان چندان امیدوار نیستند که تا پیش از ورود به دهه ۲۰۳۰ محصولات آن وارد بازار شود. لیتن با استفاده از مواد گرافن سه‌بعدی خود کاتد کامپوزیت گرافن گوگرد ایجاد کرده که شاید بتواند در تسریع ورود به بازار این نوع باتری تأثیرگذار باشد. در ماه ژوئن، لیتن از افتتاح اولین کارخانه تولید باتری لیتیوم-سولفور در سان خوزه کالیفرنیا خبر داد. این خط تولید آزمایشی ظرفیت تولید ۲۰۰،۰۰۰ سلول در سال را دارد.

بر خلاف باتری‌های لیتیوم یون معمولی، باتری‌های لیتیوم-سولفور با استفاده از گرافن که توسط لیتن تولید می‌شوند، از نیکل، کبالت یا منگنز استفاده نمی‌کنند که باعث کاهش اثرات محیط‌زیستی می‌شود. این باتری‌های جدید هزینه کمتر و اثرات محیط‌زیستی بسیار اندکی دارند. در این باتری‌ها، گرافن جایگزین ترکیباتی می‌شود که اثرات مخرب زیست‌محیطی دارند. همچنین چگالی آن دو برابر بیشتر از باتری‌های لیتیم یون است.

منبع www.pulse2.com

هم‌افزایی دو شرکت برای توسعه نانوذرات برای مقابله با بیماری‌های خودایمنی

با امضای قراردادی میان دو شرکت، قرار است از توانمندی یکدیگر برای شناسایی نانوذراتی استفاده شود که برای تولید داروهای مربوط به مشکلات خودایمنی مناسب هستند.

شرکت جین‌ادیت (GenEdit) که یکی از شرکت‌های زیست‌فناوری با مأموریت توسعه درمانی از طریق روش‌های هدفمند تحویل داروهای ژنتیکی است، از توافق با شرکت جیننتک (Genentech) برای توسعه نانوذرات با هدف تولید داروهای ژنتیکی خبر داد. قرار است این دو شرکت از پلتفرم Nanogalaxy برای شناسایی و توسعه نانوذرات جدید استفاده کنند، نانوذراتی که برای ساخت دارو به‌منظور درمان بیماری‌های خودایمنی نیاز است.

کونوو لی، مدیرعامل شرکت جین‌ادیت می‌گوید: «ما از این همکاری برای ایجاد روش‌های درمانی جدید برای بیماری خودایمنی هیجان‌زده هستیم. جیننتک شرکتی پیشرو در دستیابی به موفقیت برای پیشبرد پیشرفت روش‌های درمانی جدید است. این همکاری بر وعده پلتفرم نانوگالکسی شرکت جین‌ادیت برای ارائه داروهای مبتنی بر اسید نوکلئیک از طریق فناوری نانوذرات آب‌گریز ما تأکید می‌کند.»

بر اساس شرایط این توافق‌نامه، شرکت جین‌ادیت با جیننتک برای کشف و توسعه نانوذرات آب‌گریز (HNPs) همکاری خواهد کرد که می‌تواند برای تولید داروهای مبتنی بر اسید نوکلئیک برای مشکلات خودایمنی استفاده شود. جیننتک مسئول توسعه بالینی، مسائل نظارتی و همچنین تجاری‌سازی محصولات مبتنی بر نانوذرات شرکت جین‌ادیت خواهد بود.

شرکت جین‌ادیت مبلغ ۱۵میلیون دلار دریافت می‌کند و واجد شرایط دریافت ۶۲۹میلیون دلار در مسیر توسعه و فروش این محصولات است.

منبع www.finance.yahoo.com

قراردادی برای استخراج نانوذرات از زباله‌های الکترونیکی

دو شرکت در هند توافق‌نامه‌ای برای استخراج نانوذرات اکسیدمس از زباله‌های الکترونیکی امضا کردند. این کار هم صرفه اقتصادی دارد و هم از جنبه اقتصاد چرخه‌ای اهمیت دارد.

شرکت ریسایکل کارو (Recyclekaro) برای استخراج نانوذرات از زباله‌های الکترونیکی، قراردادی با مرکز بارک (BARC) امضا کرد. قرار است این دو شرکت از زباله‌های الکتریکی ترکیبات نانومقیاس اکسید مس استخراج کنند.

نانوذرات اکسید مس تولید شده پتانسیل عظیمی برای استفاده به‌عنوان کاتالیزور در فرایندهای مختلف صنعتی، پوشش‌های ضدباکتریایی برای دستگاه‌های پزشکی و الکترونیکی و همچنین حسگرها دارد. همچنین می‌توان از این نانوذرات اکسیدمس برای تولید جوهرهای رسانا و تصفیه آب استفاده کرد.

مرکز تحقیقات اتمی بابها (BARC) یکی از مراکز بین‌رشته‌ای در هند است که دارای زیرساخت‌های متنوعی برای تحقیقات در حوزه اتمی است.

بازیابی فلزات گرانبها از PCB نه‌تنها از نظر اقتصادی اهمیت دارد بلکه از نظر اقتصاد چرخه‌ای نیز مهم است و مواد اولیه اساسی را برای تولید فراهم می‌کند.

استخراج نانومواد مهم از زباله یکی از روندهای مهم در دنیای فناوری است. در حال حاضر شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی مختلفی در جهان روی استخراج ترکیباتی نظیر گرافن و نانوذرات مختلف از زباله‌ها کار می‌کنند.

البته در راهبرد دیگری، دانشمندان از نانومواد برای استخراج فلزات ارزشمند استفاده می‌کنند. برای مثال با افزودن گرافن به زباله‌های حاوی طلا، این فلز ارزشمند از زباله‌ها بیرون کشیده می‌شود. در یک کار تحقیقاتی نشان داده شد که با یک گرم گرافن می‌توان دو گرم طلا را از زباله‌ها استخراج کرد.

منبع www.autocarpro.in

ایمنی اکسیدگرافن بررسی شد؛ اثرات منفی جدی مشاهده نشد

یک گروه تحقیقات بین‌المللی روی ایمنی اکسیدگرافن تحقیق کرده و دریافتند که استنشاق کنترل شده آن تأثیر منفی جدی روی سلامت ندارد.

محققان دانشگاه منچستر، دانشگاه ادینبورگ، انستیتوی علوم نانو و فناوری نانو، RIVM و دانشگاه هایلند و آیلند، روی ایمنی و پیامدهای بهداشتی گرافن مطالعاتی انجام دادند که نتایج آن نشان می‌دهد که گرافن این پتانسیل را دارد که بدون خطر برای سلامت انسان استفاده شود.

این مطالعه نشان داده است که استفاده از گرافن، از طریق استنشاق با دقت کنترل شده، بدون آسیب به بدن انسان امکان‌پذیر است و هیچ عوارض جانبی کوتاه‌مدت بر سیستم قلبی و عروقی ندارد.

دانشمندان ۱۴ داوطلب را برای شرکت در این مطالعه استخدام کردند. داوطلبان در حالی که دوچرخه‌سواری می‌کردند در یک اتاق قرار گرفته و از طریق ماسک تنفس می‌کردند و این کار به‌مدت دو ساعت انجام شد در حالی که آن‌ها در این دو ساعت در معرض گرافن بودند. این تیم اثرات عملکرد ریه، فشار خون، لخته‌شدن خون و التهاب در خون را قبل از قرار گرفتن در معرض و در فواصل دو ساعته اندازه‌گیری کرد. داوطلبان سپس چند هفته بعد به‌دلیل قرار گرفتن در معرض مکرر کنترل شده در اندازه متفاوت اکسید گرافن یا هوای پاک برای مقایسه به کلینیک بازگشتند.

نتایج نشان می‌دهد که هیچ عوارض جانبی بر عملکرد ریه، فشار خون یا بیشتر پارامترهای بیولوژیکی دیگر وجود ندارد.

این تیم متوجه شد که استنشاق این نانومواد ممکن است بر نحوه لخته‌شدن خون تأثیر بگذارد، هرچند این اثر بسیار اندک بود.

منبع www.graphene-info.com

با یک لایه محافظ دوام کاتالیست‌های نانویی افزایش می‌یابد

محققان یک لایه محافظ جدید برای افزایش طول عمر و کارآیی کاتالیزورهای طلا ایجاد کرده‌اند که می‌تواند برای کاربردهای صنعتی مناسب باشد. این گروه نشان داد که با استفاده از یک پوشش محافظ، می‌توان مقاومت نانوذرات طلا را افزایش داد.

محققان دانشگاه توکیو راهی برای ایجاد یک پوشش محافظ برای کاتالیزورهای طلا ایجاد کردند که خوشه‌های اکسید فلزی را ایجاد می‌کند و در نتیجه دوام و مقاومت بیشتری در برابر عوامل محیطی فراهم می‌کند.

این کاتالیزورها با گسترش برنامه‌های کاربردی و کاهش مصرف و هزینه‌های انرژی، می‌توانند در فعالیت‌های صنعتی ارزش بیشتری ایجاد کنند.

سوزوکی و همکارانش در دانشگاه توکیو از روش میکروسکوپ الکترونی عبوری روبشی برای ایجاد نانوذرات با وضوح اتمی استفاده کردند. آن‌ها از پلی‌اکومتال برای افزایش دوام نانوذرات طلا استفاده کردند. این نوع پوشش‌دهی یکی از روش‌های فعلی برای تقویت دوام نانوذرات طلاست که در آن از پلیمرهای آلی برای محافظت استفاده می‌شود.

با توجه به این حقیقت که با کاهش ابعاد ذرات طلا، این ماده در اثر گرما، فشار، عوامل خوردگی و اکسیدکننده آسیب‌پذیرتر می‌شود، سوزوکی و همکارانش اقدام به ایجاد پوشش محافظ روی طلا کردند.

سوزوکی توضیح داد که کاتالیزور جدید از خوشه‌ای از اکسیدهای فلزی تشکیل شده است و هرچند که توسط یک لایه محافظت شده اما اثر کاتالیستی خود را حفظ کرده و کارایی بالایی دارد.

سوزوکی توضیح داد که نانوذرات طلای آن‌ها کاربرد زیادی در سنتز مواد شیمیایی دارد. از این کاتالیست می‌توان برای تجزیه عوامل آلایندگی استفاده کرد و این گروه در حال تکمیل لیست گزینه‌هایی است که این کاتالیزور می‌تواند در آنجا استفاده شود.

در قدم بعدی این گروه به‌دنبال تقویت بیشتر ساختار این کاتالیست است تا از آن به‌جای کاتالیست‌های گران‌قیمتی نظیر روتنیم، رودیوم، رنیوم و پلاتین استفاده کند.

منبع www.list23.com

برخی تست‌های تشخیص طبی چند ده برابر ارزان‌تر می‌شوند

با ساخت کاوشگر نانویی با قابلیت تشخیص نوکلئاز، شناسایی این عامل که در برخی بیماری‌ها نقش دارد، هزینه انجام تست‌های تشخیصی کاهش می‌یابد. قیمت این کاوشگر ۶۲ برابر ارزان‌تر از نمونه‌های مشابه است.

به‌تازگی مقاله‌ای در نشریه Nature Nanotechnology منتشر شده است که در آن محققان جزئیاتی درباره ساخت ابزاری به نام Subak، را ارائه کردند. این ابزار برای تشخیص نوکلئاز به کار می‌رود آنزیمی که اسیدهای نوکلئیک مانند DNA یا RNA را به قطعات کوچک‌تر تجزیه می‌کند. محققان Subak را به‌گونه‌ای برنامه‌ریزی کردند تا هنگام تجزیه‌شدن توسط آنزیم نوکلئاز رنگ متفاوتی را منتشر کند.

مینژون کیم، به تیمی از محققان دانشگاه تگزاس در آستین کمک کرد تا راهی ارزان‌تر برای تشخیص نوکلئاز ایجاد کند، این نوع تشخیص برای شناسایی برخی بیماری‌ها نظیر کووید ۱۹ موثر ضروری است.

کاوشگر انتقال انرژی رزونانس فلورسانس (FRET) به‌عنوان روش رایج برای شناسایی فعالیت نوکلئاز، ۶۲ برابر بیشتر از Subak هزینه دارد.

Subak مبتنی بر یک کلاس ویژه‌ای از نانوخوشه‌های نقره فلورسنت است که از ۱۳ اتم نقره پیچیده شده در اطراف یک رشته DNA کوتاه ساخته شده‌اند. این محصول یک نانوکامپوزیت آلی/معدنی بوده که ابعادی در حد یک تا سه نانومتر دارد.

این نانومواد مانند نقاط کوانتومی در این مقیاس طول می‌تواند بسیار درخشان باشد و رنگ‌های مختلفی را نشان می‌دهد. این نانوخوشه‌های حاوی DNA در ابتدا رنگ سبز فلورسانس ساطع می‌کنند اما زمانی که آنزیم نوکلئاز آن‌ها را قطعه قطعه می‌کند، رنگ آن به قرمز تغییر می‌کند که این تغییر رنگ زیر لامت فرابنفش به‌سادگی قابل‌مشاهده است.

این فناوری ارزان قیمت بوده به طوری که هر آزمایش تنها یک دلار هزینه دارد در حالی که رنگ‌های رایج بسیار گران‌تر هستند.

منبع www.phys.org

بلای جان کشاورزان در جنوب‌شرق آسیا با کمک توالی‌یابی شناسایی شد

محققان با استفاده از توالی‌یابی نانوحفره شرکت اکسفورد نانوپور (Oxford Nanopore Technologies) موفق به شناسایی نوعی قارچ شدند که موجب از بین رفتن کاساوا می‌شد. کاساوا نوعی ریشه خوراکی شبیه به سیب‌زمینی است که نشاسته فراوان دارد.

فناوری توالی‌یابی DNA پرده از یک بیماری در گیاهان در جنوب شرق آسیا برداشت. نتایج این روش نانویی نشان داد که بیماری جاروی جادوگران کاساوا (Cassava witches' broom disease) توسط نوعی قارچ به نام Ceratobasidium ایجاد می‌شود.

فناوری نانوحفره طی سال‌های گذشته برای شناسایی بیماری‌های مختلف نظیر کرونا استفاده شده است، اما همین روش را می‌توان برای بررسی بیماری‌های گیاهی نیز استفاده کرد.

این یافته‌ها که نتایج آن در نشریه Scientific Reports منتشر شده، به آسیب‌شناسان گیاهان در لائوس، کامبوج، ویتنام و تایلند کمک می‌کند تا از محصول ارزشمند کاساوا محافظت کنند.

ویلمر کوولار می‌گوید: «در جنوب شرقی آسیا، بیشتر کشاورزان کوچک برای گذران زندگی به کاساوا وابسته هستند. ریشه‌های غنی از نشاسته، پایه و اساس صنعتی را تشکیل می‌دهد که از میلیون‌ها تولیدکننده پشتیبانی می‌کند. در یک دهه گذشته، بیماری جاروی جادوگران کاساوا، این گیاه را نابود کرده است. از بین رفتن مزارع کاساوا زندگی کشاورزان را دشوار کرده است.»

از سال ۲۰۱۷، محققان Alliance Bioversity International– CIAT از فناوری نانو در تحقیقات خود استفاده کرده‌اند که به‌ویژه فناوری توالی‌یابی DNA/RNA شرکت اکسفورد نانوپور تکنولوژیز در پروژه‌های آن‌ها نقش اساسی داشته است. این ابزار پیشرفته، بینشی در مورد اسرار عمیق‌تر زندگی گیاهی ارائه می‌دهد و به‌طور دقیق عوامل بیماری‌زا مانند ویروس‌ها، باکتری‌ها و قارچ‌ها را که بر محصولات زراعی تأثیر می‌گذارد، شناسایی می‌کند.

منبع www.phys.org

تولید واکس نانویی برای افزایش ماندگاری میوه‌ها

محققان با ساخت نوعی واکس حاوی روغن‌هایی با ابعاد نانومتری، موفق به افزایش ماندگاری میوه‌ها شدند. این محصول باکتری‌ها را تجزیه می‌کند.

دکتر مصطفی اکبولوت؛ استاد مهندسی شیمی با همکاری لوئیس سیسنروس-زاوالوس از گروه کشاورزی و باغبانی، روی ساخت محصولی طولانی‌عمل (Long Acting) کار کردند. آن‌ها به‌دنبال مهندسی محصولی برای افزایش ماندگاری محصولات غذایی بودند که با کمک نانوذرات طولانی‌عمل این مشکل حل شد.

بر اساس گزارش‌های منتشر شده، در بازار جهانی میوه و سبزیجات بیش از ۵۰٪ از تولیدات حوزه کشاورزی در مراحل مختلف تولید و پس از برداشت از بین می‌رود.

بسیاری از میوه‌ها و سبزیجات در حال حاضر دارای لایه‌ای از موم درجه غذا هستند که به دلایل زیبایی و جلوگیری از دست رفتن آب محصول به آن اعمال می‌شود. در این تحقیقات، اکبولوت چنین مومی را با روغن اسانس چوب دارچین کپسوله‌شدن در نوعی پروتئین مورداستفاده قرار داد. این روغن که به‌صورت نانومقیاس کپسوله شده دارای خاصیت

آنتی‌باکتریال است.

این فناوری که نوعی پوشش موم نانویی است، ایمنی محصولات غذایی را تقویت می‌کند و محافظت بیشتری در برابر باکتری‌ها و قارچ‌ها فراهم می‌کند. این پوشش کامپوزیتی اثرات ضدباکتریایی سریع و قوی را ارائه می‌دهد.

این روغن نانویی، اتصال و زنده ماندن باکتری‌ها بر روی میوه‌ها یا سبزیجات را سخت‌تر می‌کند. باکتری‌ها زمانی که در معرض این روغن قرار می‌گیرند، تجزیه می‌شوند و ماندگاری محصول افزایش می‌یابد.»

منبع www.phys.org

تولید بانداژ ضدعفونت با استفاده از عصاره حنا و نانوالیاف

یک تیم تحقیقات بین رشته‌ای از دانشگاه کرنل یک روش نوآورانه برای استفاده از خصوصیات آنتی‌اکسیدان و آنتی‌باکتریایی گیاه حنا ارائه کرده است. این گروه از نوعی رنگدانه قرمز موجود در برگ گیاه حنا برای ایجاد بانداژ پنبه استفاده کرده است، بانداژی که روی آن با پوششی از جنس نانوالیاف پوشانده می‌شود. این بانداژ می‌تواند برای مقابله با عفونت به کار گرفته شود و زخم‌ها را سریع‌تر التیام دهد.

تامر اویار یکی از محققانی است که روی عامل‌دارکردن الیاف کار می‌کند، او به‌دنبال استفاده از این فناوری برای بهبود منسوجات پزشکی و سیستم‌های تحویل دارو است. در این راستا، عالیشاهی و اویار به‌همراه محمود ابوالخیر روی رنگدانه‌های قرمزی که در برگ گیاه حنا یافت می‌شود، کار کردند. این رنگدانه‌ها دارای خواص آنتی‌باکتریال و ضدالتهاب بوده و می‌توانند عملکرد پنبه را بهبود دهند. پیش از این نشان داده شده بود که عصاره حنا به بهبود سریع‌تر زخم کمک می‌کند اما این محلول به‌راحتی جذب بدن نمی‌شود و باید براین محدودیت غلبه کرد.

این گروه تحقیقاتی از سیکلودکسترین که از خانواده الیگوساکاریدهای طبیعی است، استفاده کرد. آن‌ها رنگدانه قرمز حنا را به سیکلودکسترین متصل کردند. آن‌ها سپس از تجهیزات الکتروریسندگی برای تولید یک پوشش نانوالیاف یکنواخت از محلول سیکلودکسترین/رنگدانه استفاده کردند و آن را روی پنبه بافته‌نشده قرار دادند. آن‌ها دریافتند که پانسمان آزمایشی فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌طور قابل‌توجهی بالاتر و امیدوارکننده نشان داده و به بهبود سریع زخم کمک شایانی می‌کند. دلیل این امر حلالیت بالای این ساختار و نسبت سطح به حجم بالای نانوالیاف بود. پانسمان آزمایشی عملکرد ضدباکتریایی بسیار خوبی در برابر گونه‌های باکتریایی گرم منفی و گرم مثبت داشت و به‌طور مؤثری باکتری E. coli و staph را در آزمایش‌ها از بین برد.

منبع www.nanowerk.com

ثبت پتنتی برای فناوری جمع‌آوری نفت نشت یافته به محیط

بهوونش بارتی از محققان رشته مهندسی شیمی دانشگاه ایالتی لویزیانا با همکاری جین گیون لی در حال ثبت پتنتی در حوزه نفت هستند. آن‌ها موفق به ساخت نانوساختاری شدند که به مدیریت نشت نفت کمک می‌کند.

در این فناوری از نانوذرات لیگنین برای ارائه روشی سازگار با محیط زیست برای پاکسازی نشت نفت استفاده می‌شود. لیگنین، یک پلیمر ارگانیک پیچیده موجود در چوب است که با الکل ترکیب می‌شود تا محلولی را تشکیل دهد. در نهایت این محلول فیلمی را تشکیل می‌دهد که قادر به جمع‌کردن نفت نشت یافته است. با این فناوری می‌توان به روشی زیست‌سازگار نفت را از محیط جمع‌آوری کرد.

در حال حاضر سورفاکتانت‌های مبتنی بر سیلیکون معمولاً برای این کار مورداستفاده قرار می‌گیرند، اما تجزیه‌پذیری ضعیف آن‌ها نگرانی‌هایی در مورداستفاده از این روش ایجاد کرده چرا که این ماده می‌تواند به محیط زیست آسیب برساند و تأثیرات منفی بر سلامت و طول عمر انسان داشته باشد.

نشت نفت به اقیانوس اثرات منفی محیط زیستی بر اکوسیستم دریا داشته و اثرات آن می‌تواند تا ده‌ها سال باقی بماند.

واردشدن نفت به آب‌ها موجب آلودگی آب و به خطر افتادن زندگی آبزیان خواهد شد. در سال ۲۰۱۰ فاجعه نشت نفت در خلیج مکزیک اتفاق افتاد که بزرگترین آلودگی نفتی در جهان محسوب می‌شود؛ این واقعه بعد از سه ماه مهار شد که صدمات بسیاری به محیط زیست وارد کرد. به‌طور کلی زدودن آلودگی‌های نفتی از آب کار بسیار دشواری است.

منبع www.businessreport.com

حس بویایی ملخ با نانوذرات تقویت شد/دستاوردی برای ساخت بینی مصنوعی

سینامانی و بارانی رامان موفق به ساخت نانوساختارهای خاصی شدند که قادر به جذب نور و ایجاد گرماست. از این ساختار می‌توان برای ذخیره و انتشار مواد شیمیایی استفاده کرد. این گروه از این نانوساختار جدید برای بهبود حس بویایی در ملخ استفاده کردند. این نانوساختار باعث شد تا ملخ بوی خاصی را با کارایی بالاتری شناسایی کند.

محققان دانشگاه واشنگتن با استفاده از این نانوساختار مهندسی شده، سیگنال‌های نورونی را در مغز این حشره تقویت کردند تا عملکرد حسگری شیمیایی بهتری داشته باشد. یک تیم بین رشته‌ای از محققان در دانشگاه واشنگتن نانوساختاری را طراحی کردند که با اثری به نام فتوترمال می‌تواند نور را به گرما تبدیل کند. نتایج این کار می‌تواند به طراحی بینی الکترونیکی کمک کند.

این تیم از دو راهبرد برای تقویت توانایی ملخ‌ها در تشخیص بو استفاده کرده است. اول، آن‌ها نانوذرات پلیدوپامین زیست‌سازگار و زیست‌تخریب‌پذیر ایجاد کرد که نور را از طریق فرایندی به نام اثر فوتوترمال به گرما تبدیل می‌کند. دوم، این مواد نانوساختار را می‌توان برای بارگذاری مواد شیمیایی برای ذخیره‌سازی بهینه کرد. با این حال، آن‌ها باید توسط یک ماده پوششی محصور شوند. این تیم از یک ماده تغییر فاز به نام Tetradecanol استفاده می‌کند که در دمای اتاق جامد است و پس از گرمایش به مایع تبدیل می‌شود. هنگام گرم‌شدن، منبع گرمایی علاوه‌بر تولید گرما، مواد شیمیایی ذخیره شده در آن‌ها را نیز از بین می‌برند. در واقع این نانوساختار به‌عنوان گرم‌کننده به تقویت سیگنال‌های عصبی کمک می‌کند.

منبع www.engineering.wustl.edu

حسگر دقیقی برای تشخیص فرمالدئید ساخته شد

محققان در دانشگاه کمبریج و دانشگاه وارویک حسگر گرافنی ساختند که در آن از آئروژل استفاده شده است. این حسگر کاملاً چاپی را می‌توان برای شناسایی فرمالدئید در زمان واقعی استفاده کرد. فرمالدئید به‌عنوان یک ماده سرطان‌زا شناخته شده است.

شناسایی فرمالدئید در زمان واقعی و با انتخاب‌گری بالا از میان گازهای مختلف، تاکنون چالش‌برانگیز بوده است، در نتیجه دانشمندان به‌دنبال حسگری با مصرف کم انرژی و بدون صدا بوده‌اند.

این حسگر جدید از هوش مصنوعی برای تشخیص فرمالدئید در غلظت‌های کم و در زمان واقعی استفاده کرده و حساسیت آن به اندازه هشت قسمت در میلیارد است که بسیار فراتر از حساسیت اکثر حسگرهای کیفیت هواست.

محققان از آئروژل برای توسعه این نوع حسگرها استفاده کردند. به‌دلیل وجود حفره در ساختار آئروژل، این محصول قادر به تشخیص فرمالدئید در مقادیر کم در دمای اتاق بود.

این حسگر به انرژی بسیار کمی نیاز داشته و می‌توان از آن برای تشخیص طیف وسیعی از گازهای خطرناک استفاده کرد. همچنین این حسگر را به‌صورت پوشیدنی می‌توان به کار برد.

برای تولید این حسگر، محققان خمیری از گرافن را به‌صورت خطی روی سطح چاپ کردند و با سرمایش آن را خشک کردند که حفره‌هایی روی ساختار آن ایجاد شد. سپس ذرات نقاط کوانتومی را به آن اضافه کردند.

برای بهبود انتخاب‌گری، محققان الگوریتم‌های یادگیری ماشینی را در این حسگرها گنجاندند. این الگوریتم‌ها برای تشخیص اثرانگشتی گازهای مختلف آموزش دیده بودند، به طوری که حسگر قادر به تشخیص دقیق فرمالدئید از سایر VOCها بود.

منبع www.science.org

سیم‌مسی با گرافن تقویت شد؛ افزایش ۱۱ درصدی هدایت الکتریکی

محققان دانشگاه ایالتی کارولینای شمالی و آزمایشگاه ملی شمال غربی اقیانوس آرام (PNNL) با استفاده از روش پردازش و اکستروژن، کامپوزیت مس/گرافن ساختند که می‌تواند هدایت بهتری نسبت به فلز مس داشته باشد.

این کامپوزیت جدید توانایی بالایی در بهبود انتقال برق داشته و می‌تواند منجر به توزیع کارآمدتر برق در خانه‌ها و مشاغل شود. این تیم درخواست ثبت اختراع برای این فناوری را داده است که توسط دفتر مواد پیشرفته و دفتر فناوری تولید وزارت انرژی (DOE) پشتیبانی شده است.

کرتی کاپاگانتلا از محققان این پروژه در تحقیقات خود دریافت که گرافن می‌تواند ضریب دمای مقاومت را اصلاح کند، ویژگی که توضیح می‌دهد چرا سیم‌های فلزی هنگام عبور جریان الکتریکی از آن‌ها گرم می‌شوند. محققان می‌خواهند ضمن افزایش توانایی فلز در انتقال برق، این مقاومت را کاهش دهند. چندین سال است که آن‌ها با افزودن مواد دیگر به این فلزات، هدایت فلز به‌ویژه در دماهای بالا را افزایش داده‌اند. اما آیا این کامپوزیت می‌تواند در مقیاس تجاری قابل‌دوام باشند؟

این گروه تحقیقاتی نشان داده‌اند که می‌توانند این کار را با پلتفرمی

به نام ShAPE™ انجام دهند. در این روش با استفاده از گرافن به میزان ۱۸ ppm که به مس اضافه می‌شود می‌توان ضریب دمای مقاومت را بدون کاهش هدایت الکتریکی ۱۱ درصد کاهش داد. این دستاورد برای تولید موتورهای وسایل نقلیه الکتریکی بسیار مهم است، جایی که افزایش ۱۱ درصدی هدایت الکتریکی سیم پیچ سیم مسی به افزایش ۱ درصدی در راندمان حرکتی تبدیل می‌شود. آن‌ها نشان دادند که پردازش فاز جامد، منجر به یک ساختار یکنواخت، در ریزساختار می‌شود که ممکن است مسئول کاهش ضریب مقاومت کامپوزیت باشد.

منبع www.pnnl.gov

شاهکار علمی با ترفندی ساده؛ چگونه یک ذره مانند ویروس را روی سطح یک سلول قرار دهیم؟

دکتر وحید صندوق‌دار؛ دانشمند ایرانی‌تبار مؤسسه ماکس‌پلانک موفق به ارائه روشی برای قراردادن یک ذره منفرد روی سطح سلول شده است.

تحویل مواد به سلول‌های منفرد با دقت بالا کاری بسیار مهم و دشوار بوده و نیاز به تجهیزات و فناوری پیشرفته‌ای دارد. به‌تازگی یک گروه تحقیقاتی به رهبری وحید صندوق‌دار از مؤسسه ماکس‌پلانک در آلمان نشان دادند که چگونه می‌توان مولکول‌های کوچک و نانوذرات منفرد را مستقیم روی سطح سلول قرار داد. این روش بسیار ساده بوده، به طوری که یک قطره با پیپت روی سطح قرار داده و با کمی مالش قطره روی سطح، کار تمام می‌شود!

این گروه از روشی به نام میکروکیس (μKISS) استفاده کرده است که روشی مقرون به صرفه و نسبتاً ارزان برای ایجاد فرصت‌های تازه در علم تک‌سلولی و ارائه روش‌های درمانی جدید است.

محققان از دو میکروپیپت در کنار هم که یک دهانه کوچک به اندازه یک میکرومتر را ایجاد کرده‌اند، استفاده نمودند. دانشمندان می‌توانند با استفاده از یکی از این میکروپیپت‌ها یک قطره با اندازه میکرومقیاس ایجاد کنند در حالی که دیگری آن را با سرعت کمی بالا می‌برد.

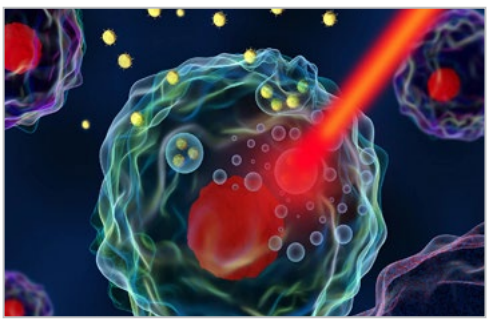
ریچارد دبلیو تیلور از محققان این پروژه می‌گوید: «این میکروپیپت دقیقاً مانند یک برس است که با استفاده از آن قطره ایجاد شده را به‌آرامی در اطراف سلول حرکت می‌دهید. با این کار همانند مسواک زدن یا شانه زدن، قطره روی سلول حرکت می‌کند و ماده موردنظر به سلول منتقل می‌شود.»

به‌تازگی این تیم به قراردادن دقیق یک ذره ویروس مانند بر روی یک سلول زنده دست یافت. این توانایی تجربی فرصتی برای بررسی پیچیدگی‌های انتشار بیماری، زمان‌بندی و میزان عفونت سلولی ایجاد می‌کند.

منبع www.nanowerk.com

نانوحباب‌های زیستی به‌کمک بیماران مبتلا به سرطان ریه می‌آیند

با استفاده از نانوحباب‌هایی موسوم به اگزوزم، یک سامانه استنشاقی برای حمل داروی ضدسرطان ریه ساخته شده که روی موش‌های آزمایشگاهی نتایج امیدوارکننده‌ای به دنبال داشته است.

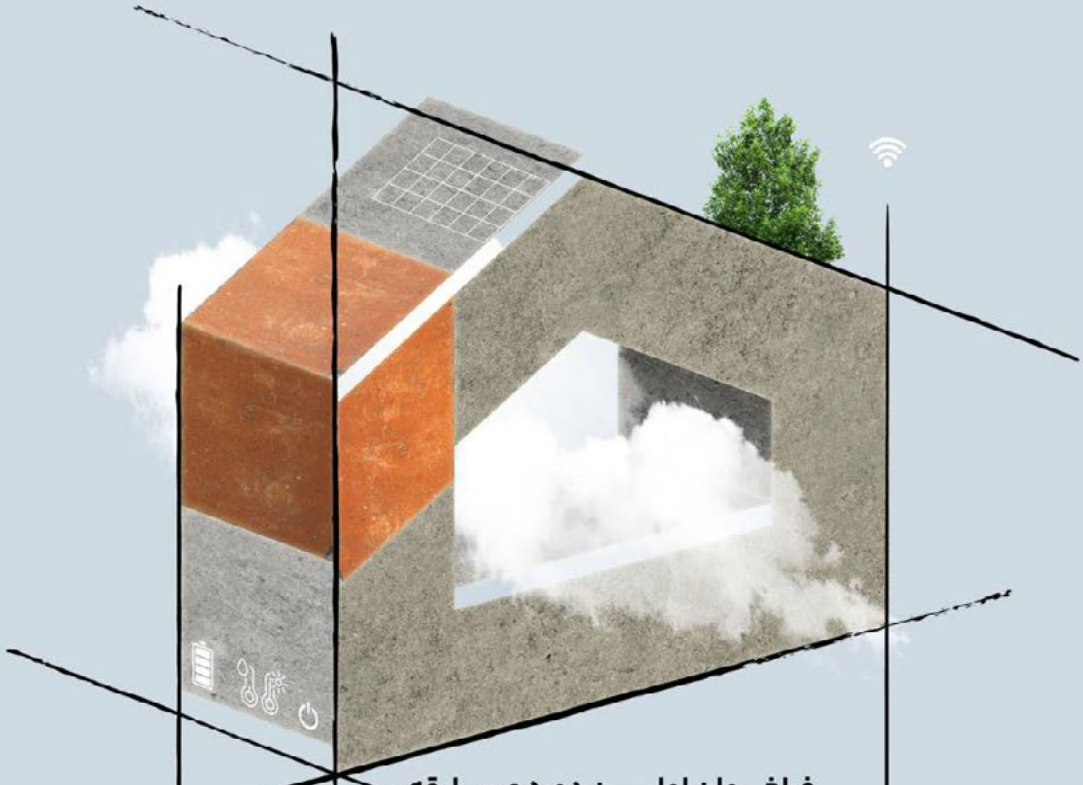


سرطان ریه یکی از شایع‌ترین سرطان‌هاست و یکی از کمترین میزان بقا در جهان مربوط به مبتلایان به سرطان ریه است. سیتوکین‌ها که پروتئین‌های سیگنالینگ کوچک هستند، مانند اینترلوکین ۱۲ (IL-12)، پتانسیل قابل‌توجهی به‌عنوان سرکوبگرهای تومور دارند، با این حال کاربردهای آن‌ها به‌دلیل بسیاری از عوارض جانبی شدید محدود شده است.

کی چنگ؛ استاد مهندسی زیست‌پزشکی و همکارانش نشان دادند که می‌توان با استفاده از نانوحباب‌هایی به نام اگزوزوم، این بیماری را درمان کرد. این گروه تحقیقاتی از طریق استنشاق mRNA مربوط به IL-12 را به‌صورت مستقیم به ریه رساندند. mRNA ابزاری برای تولید پروتئین‌های خاص بوده که در انواع عملکردهای سلولی شرکت می‌کنند.

تاکنون پزشکان فقط توانسته‌اند با تزریق مستقیم به تومور یا جریان خون از IL-12 برای درمان سرطان استفاده کنند. آزمایشگاه چنگ دریافت که استنشاق اگزوزم‌های حاوی IL-12 توسط موش‌ها نه‌تنها می‌تواند این مواد را وارد بدن موش کرده بلکه با کمتری عوارض جانبی با تومور سرطانی مقابله کنند. در روش استنشاق به‌دلیل افزایش غلظت IL-12 نسبت به روش‌های دیگر، اثربخشی بالاتر است.

منبع www.azonano.com



فراخوان اولین دوره مسابقه

ساختمان آینده

با کاربری مدرسه

Future Building

محورها: معماری/ سازه/ هوشمندسازی/ انرژی و تاسیسات

مهلت ارسال برای بخش اول مسابقه: ۳۰ اردیبهشت ماه ۱۴۰۳

مهلت ارسال برای بخش دوم مسابقه: ۲۰مرداد ماه ۱۴۰۳

futurebuilding.ir

info@futurebuilding.ir

جایزه بخش اول مسابقه:

جایزه بخش اول مسابقه: ۴۰۰ میلیون تومان

(طرح برتر ۲۵۰ میلیون تومان / رتبه دوم ۱۰۰ میلیون تومان / رتبه سوم ۵۰ میلیون تومان)

جایزه بخش دوم مسابقه: ۶۰۰ میلیون تومان

ریاست جمهوری
معاونت علمی و فناوری
ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

سطح ۳
پایان‌نامه‌های موضوع ویژه و محصول‌محور
حمایت:
۲ برابر سطح ۱

سطح ۲
پایان‌نامه‌های اولویت‌دار و صنعتی
حمایت:
۱/۵ برابر سطح ۱

سطح ۱
همه پایان‌نامه‌های حوزه فناوری نانو

حمایت از پایان‌نامه‌های فناوری نانو

پایان‌نامه‌های تحصیلات تکمیلی حوزه فناوری نانو می‌شود.

حمایت از پروپوزال

حمایت از پایان‌نامه دفاع‌شده

حمایت از دستاوردها

سقف حمایت از پروپوزال و پایان‌نامه دفاع‌شده

- کارشناسی ارشد: ۲۰ میلیون تومان
- دکتری تخصصی: ۴۰ میلیون تومان

سقف حمایت از دستاوردها تا ۵۰ میلیون تومان

- ثبت پتنت
- ساخت نمونه اولیه
- انتشار مقالات با کیفیت

راه‌های ارتباطی جهت کسب اطلاعات بیشتر

www.nano.ir/hrdc
hrdc@nano.ir
۰۲۱-۶۳۱۰۵