



# فضای نانو

نشریه علمی - خبری - تحلیلی  
سال چهارم - شماره هجدهم  
مرداد و شهریور ۱۳۸۷



فضای نانو، دو ماهنامه علمی- خبری تحلیلی است که با هدف ارتقای سطح دانش فناوری نانو متخصصان و دست‌اندرکاران این فناوری، ایجاد انگیزه در دانشجویان جهت پرداختن به فعالیت‌های پژوهشی و تحقیقاتی، اطلاع‌رسانی در باب مسائل مرتبط با فناوری نانو در سطح داخلی و خارجی و ایجاد پل ارتباطی بین سازمان‌ها و شرکت‌ها و فعالان این حوزه تهیه و منتشر می‌گردد.

- نقل مطالب با ذکر منبع و رعایت حقوق نویسنده بلامانع است.
- مسئولیت محتوی و متعلقات به عهده نویسندگان و مترجمان است.
- نشریه فضای نانو آماده دریافت و چاپ مقالات و مطالب صاحب‌نظران، کارشناسان و پژوهشگران در زمینه‌های مختلف فناوری نانو است.
- لطفاً قبل از ارسال مقالات برای دریافت آیین‌نامه با دبیرخانه نشریه تماس بگیرید.

صاحب امتیاز و مدیر مسئول:

حسین صالحی‌وزیری salehi.vaziri@gmail.com

سر دبیر:

حسن علم‌خواه elmkhah@gmail.com

دبیر تحریریه: الهه مستعانی

ناظران علمی:

دکتر حمیدرضا آقابزرگ، دانشیار پژوهشگاه صنعت نفت

دکتر ابوالقاسم دولتی، دانشیار دانشکده مهندسی و

علم مواد دانشگاه صنعتی شریف

دکتر هاشم رفیعی تبار، استاد پژوهشکده علوم نانو پژوهشگاه دانش‌های بنیادی

مهندس علی محمد سلطانی، مدیر دبیرخانه ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

دکتر سید عباس شجاع‌الساداتی، استاد بیوتکنولوژی صنعتی

بخش مهندسی شیمی دانشگاه تربیت مدرس

مهندس عقیل قدیم، مدیر بخش عمران دفتر همکاری‌های

فناوری ریاست جمهوری

اعضای تحریریه (به ترتیب حروف الفبا):

علیرضا صاحبی، امیر قربانعلی، عبدالحسین موحدی

مدیر مالی: میثم نوری

مدیر ارتباط با صنعت: علیرضا صاحبی، محسن بادامی

مدیر روابط عمومی: قادر اسدی ۰۹۱۹۱۱۳۱۶۲۰

طرح جلد: سید محمد هاشمی

صفحه آرای: سمیرا کریمی - عقیق

نظارت چاپ: عقیق ۴-۸۸۹۳۲۴۰۳

همکاران این شماره (به ترتیب حروف الفبا):

پریسا اماتی، سیدرضا اسداله‌پور، صادق باباپور،

امیرحسین برنایی، محمدرضا جعفرزاده، آیدا خلیقی،

فاروق زرگانی، امیر صابری، هادی فتاح‌زاده، ایمان فرحبخش، یعقوب

قلی‌پور، اشرف ملکی، امین نعیمی.

کانون توسعه فناوری دانشگاه تربیت مدرس با همکاری:

• گروه نانو تکنولوژی بسیج علمی دانشکده فیزیک دانشگاه تبریز

• انجمن علمی نانو تکنولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری

• مرکز تحقیقات نانو دانشگاه اراک

• گروه نانو تکنولوژی دانشگاه صنعت نفت اهواز

• انجمن نانو تکنولوژی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

• کمیته نانو فناوری بسیج علمی شهید چمران

• انجمن علمی دانشجویی نانو تکنولوژی دانشگاه مواد دانشگاه تهران

• انجمن علمی فیزیک دانشگاه آزاد اسلامی کرج

• گروه نانو تکنولوژی دانشکده علوم

دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز

• گروه نانو تکنولوژی انجمن علمی دانشگاه الزهرا

• انجمن نانو دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان

• هسته نانو فناوری بسیج علمی دانشگاه سمنان

• دانشگاه صنعتی مالک اشتر

با حمایت:

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

شبکه تحلیلگران تکنولوژی ایران

نشانی دفتر نشریه:

بزرگراه جلال آل احمد - دانشگاه تربیت مدرس -

دانشکده فنی - دفتر نشریه فضای نانو

تلفکس دبیرخانه: ۸۲۸۸۴۳۵۴

پست الکترونیکی: Faza.nano@gmail.com

- کاربرد نانوذرات آهن با ظرفیت صفر در تصفیه آب ♦ ۵  
 نانو پوشش‌های هوشمند ♦ ۱۳  
 کاربردهای نانوذرات لیپوزومی در انتقال دارو ♦ ۲۲

- آشنایی با میکروسکوپ تونلی روبشی ♦ ۲۸  
 آشنایی با مفاهیم کارآفرینی در فناوری نانو ♦ ۳۴

- گزارشی از تولید آزمایشگاهی غبارهای هوشمند با استفاده از نانوفلک‌ها ♦ ۲۸  
 مهندس محمود علی‌اف خضرابی: نگارش مقاله کارمفیدی است ولی کیفیت آن نیز باید مورد بررسی قرار گیرد ♦ ۴۱  
 دکتر پیروز مرعشی: بهره‌گیری درست و اصولی از امکانات موجود یک ضرورت برای پیشرفت است ♦ ۴۴

- نگاهی به مقیاس نانومتر ♦ ۴۷  
 تولید پیل‌های خورشیدی قابل انعطاف به کمک نانوسیم‌ها ♦ ۴۷  
 نانوذرات فعالیت تلومریز را آشکار سازی می‌کنند ♦ ۴۸  
 ترمیم ترک‌ها توسط نانولوله‌های کربنی ♦ ۴۹  
 میدل‌های انرژی نانویی ♦ ۵۰  
 نانولوله‌ها و امیدهای تازه در زمینه پیوند استخوان ♦ ۵۰  
 افزایش حجم ذخیره‌سازی اطلاعات با استفاده از حافظه‌های مبتنی بر نانوسیم‌ها ♦ ۵۱  
 نانولوله‌های کربنی فعالیت پروتوزان‌ها را به خطر می‌اندازند ♦ ۵۲  
 تولید انبوه مدارهای از جنس نانولوله کربن ♦ ۵۳  
 افزایش بازده جوشاندن آب با استفاده از فناوری نانو ♦ ۵۴  
 مطالعه نانومواد با استفاده از نانو پروب اشعه ایکس سخت ♦ ۵۵  
 مشاهده امواج صوتی در مقیاس اتمی در نانوساختارها ♦ ۵۵  
 گرافن رکورد استحکام را شکست ♦ ۵۶  
 نانوذرات مغناطیسی در تشخیص انسدادهای شرایین ♦ ۵۷  
 صرفه‌جویی در مصرف انرژی با استفاده از نانوذرات ♦ ۵۸

- معرفی کتاب: نگرشی بر روش‌های نانوساختار ♦ ۵۹  
 معرفی محصول: پوشش محافظ فولاد زنگ‌نزن ♦ ۶۰  
 معرفی پایان‌نامه: سنتز و بررسی خصوصیات اپتیکی و الکتریکی نانوساختارهای نیمه‌رسانای سولفید کادمیوم  
 آلاینده با آهن  $Cd_{1-x}SFe_x$  به روش شیمیایی مرطوب ♦ ۶۱  
 معرفی پتنت: روشی برای رشد افقی نانولوله‌های کربنی و سایر تکنیک‌های مشابه ♦ ۶۳



## نگرشی دوباره به مفهوم فناوری نانو

بحث در مورد ماهیت فناوری نانو و اهداف کوتاه و بلندمدت آن اکنون چندین سال است که به‌طور جدی در کشورهای پیشرفته صنعتی جهان مطرح شده‌است. اخیراً دامنه این بحث به کشور ما نیز رسیده‌است.

با در نظر داشتن اهمیت حوزه فناوری نانو به‌عنوان محور فناوری‌های نوین و نقش تعیین‌کننده آن در موج چهارم توسعه اقتصادی - اجتماعی در مقیاس جهانی و از آنجایی که هر برداشت معینی از مقوله فناوری نانو می‌تواند اقدامات مشخصی را جهت پیشبرد و توسعه آن در کشور به دنبال داشته باشد، لازم است دید درستی از این حوزه داشته باشیم. به‌عنوان مثال، هم در سطح جهانی و هم به‌ویژه در کشور ما، نظری بشدت رایج است که مطابق آن فعالیت در ابعاد نانو را با فناوری نانو یکی دانسته و بر این باور ناصحیح پافشاری می‌کنند که اگر موادی تهیه شد که حامل ریزدانه‌های نانومتری باشد و یا یکی از ابعاد این مواد در مقیاس نانومتر باشد این فعالیت موادسازی (سنتز مواد) همان فناوری نانو است. به‌عبارت دیگر، از منظر این تفکر، فناوری نانو نوعی از علوم و فناوری مواد است. قابل ذکر است که در حوزه مواد در بسیاری از دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌های معتبر جهان فعالیت‌های گسترده‌ای بر روی طراحی و ساخت نانومواد و یا مواد نانوساختاری انجام می‌گیرد بدون آنکه این مراکز ادعای فعالیت در حوزه فناوری نانو را داشته باشند. نظراتی از این دست که متأسفانه در کشور ما به وفور یافت شده و به‌نظر می‌رسد که کم‌کم به افکار هدایت‌کننده مراجع سیاست‌گذاری و تأمین بودجه نیز تبدیل شده‌اند، می‌توانند ابهامات بسیار جدی در مورد ماهیت و اهداف فناوری نانو را بوجود آورده و با مخدوش کردن آن با علوم و فناوری مواد، برنامه تحقق این فناوری را از مسیر درست خارج کنند. مقوله فناوری نانو نامی است که از اواسط سال‌های هفتاد میلادی بر یک دورنما. یا پروژه‌ای که بیست سال قبل از آن تاریخ یعنی در سال ۱۹۵۹ توسط ریچارد فاینمن، استاد فیزیک نظری در انستیتو Caltec در کالیفرنیا، ترسیم شد، نهاده‌اند. ببینیم دورنمای فاینمن و یا پروژه فاینمن چه بود و این دورنما چه قرابتی با افکار رایج در کشور ما در مورد فناوری نانو دارد. مطابق نظریه فاینمن، هدف فناوری نانو (بدون ذکر نام این مقوله):

۱- تولید ماشین‌هایی است که خود این ماشین‌ها بتوانند ماشین‌های دیگر و سایر مواد را از طریق چیدمان تک‌اتم‌ها در کنار یکدیگر از پایین به بالا تولید کنند. به این نوع ماشین‌ها بعداً لقب اسمبلر داده شد و این نوع فعالیت را اسمبلی نام گذاشتند. مطابق این نظر، یک اسمبلر اجزای مولکولی تعامل‌دار را در کنار یکدیگر قرار می‌دهد و تعامل شیمیایی این اجزا

را کنترل می‌کند و ساختار و یا ماشینی را بوجود می‌آورد که مورد توجه ماست.

۲- اگر یک اسمبلر همراه با تمام بسته‌های اطلاعاتی و انرژی‌زای مورد احتیاج که آنرا هدایت می‌کنند و به آن انرژی انتقال داده و ابزارهای تعامل دهنده مولکول‌ها را در اختیار آن قرار می‌دهند و در برگیرنده تمام دستورات لازم جهت ساختن همانند خود باشد، آنوقت به این اسمبلر یک نانو- خود- همانند- ساز و یا نانو رپلیکیتور می‌گویند.

فناوری نانو در حقیقت فناوری ناظر بر ساختن اسمبلرها و رپلیکتورها و کنترل آنهاست که خود آنها می‌توانند انبوهی از نانوماشین‌ها و یا نانوروبات‌ها را تعبیه کرده و از طریق این انبوه‌سازی یک دستگاه عملگر و یا ادوات نانو را به وجود آورند. این درک از فناوری نانو بر پایه فناوری نانو موجود در دستگاه‌های حیات‌دار بنا شده‌است. مشاهده می‌شود که مابین این درک بسیار پیچیده از فناوری نانو و درک ساده‌نگرایانه نانو مواد از فناوری نانو نزدیکی چندانی موجود نیست. لازم به توضیح است که خلق نانومواد می‌تواند به‌عنوان مرحله صفر فناوری نانو به حساب آید ولی قطعاً تمام داستان نیست، مانند تولید سوخت برای یک خودرو که به تنهایی صنعت خودروسازی را نمی‌سازد!

فاینمن، دید خود را در ماورای دستاوردهای آزمایشگاهی زمان خود قرار داد. وی بر آن بود که دستگاه‌های فوق‌ریز عملگر می‌توانند دستگاه‌های عملگر دیگری را بسازند. وی گفت: "می‌خواهم میلیاردها کارخانه فوق‌ریز بسازم، همگی مثل هم که در آن واحد به سازندگی مشغولند." بد نیست اکنون که موضوع اسمبلی به‌عنوان حلقه مرکزی فناوری نانو مطرح شد، یادداشت کوچکی هم در مورد این مقوله ارائه دهیم. در شیمی آلی، مولکول‌های متعامل به‌طور کاتوره‌ای (کور) در یک محلول حرکت می‌کنند، با یکدیگر تصادم می‌کنند و برخی اوقات با یکدیگر بطریقی کنش می‌کنند که مولکول‌های جدیدی را از طریق تشکیل و یا شکستن پیوندهای شیمیایی بوجود آورند. هنر یک شیمیست آلی، انتخاب مولکول‌ها و شرایطی است که منجر به تولید محصول مورد نظر شود. در شیمی زیستی، در داخل سلول‌ها، مولکول‌های متعامل غالباً توسط نانوماشین‌های ویژه‌ای (آنزیم‌ها و ریبوزوم‌ها) به هم نزدیک می‌شوند که با هم جهت کردن هوشمندانه این مولکول‌ها تعامل‌های مشخصی را در بین آنها دامن می‌زنند. در مقایسه با شیمی آلی، این اعمال کنترل تخصصی، زیست‌شناس را قادر می‌سازد که ساختارهای تخصصی (مانند پروتئین‌ها) را بسازد که بسیار پیچیده‌تر هستند. در فعالیت اسمبلری، نانوماشین‌ها مولکول‌ها را آن طوری به هم نزدیک می‌کنند که منجر به پیدایش مولکول‌ها و ماشین‌های عملگری شوند که خود قادرند از روی نقشه، همانندهای خود و یا ماشین‌های دیگری را به‌وجود بیاورند. به‌عبارت دیگر برون‌داد روند اسمبلی، تولید نانوماشین‌های هوشمندی همانند نانوماشین‌های زیستی است که از مأموریت‌های هدفمندی پیروی می‌کنند.

اگر بخواهیم نتایج عملی در ارتباط با حوزه سیاست‌گذاری در مورد گسترش فناوری نانو در کشور را از مطالب بالا بیرون آوریم، باید قبول کنیم که جهت‌گیری پژوهشی فعالان حوزه فناوری نانو باید به‌دقت مورد ارزیابی مرکزی که در کشور مسئولیت تأمین اعتبار و پشتیبانی از طرح‌های پژوهشی و موارد تشویقی را به‌عهده دارند قرار گیرد. باید به طرح‌هایی دامن زد و از آنهایی پشتیبانی نمود که در تماس تنگاتنگ با درک درست از فناوری نانو قرار داشته و هدفشان تحقق ایده‌های بنیادی این حوزه است. فعالیت‌های روبنایی و کناری راه به جایی نخواهند برد و حوزه نوپای فناوری نانو در ایران را دچار همان سرنوشتی خواهد کرد که سایر حوزه‌هایی که در زمان خود نوپا بودند و راه به جایی نبردند.

#### هاشم رفیعی نبار

دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی و پژوهشکده

علوم نانو، پژوهشگاه دانشهای بنیادی (IPM)



## کاربرد نانوذرات آهن با ظرفیت صفر در تصفیه آب

### چکیده:

به کارگیری نانوذرات آهن با ظرفیت صفر (nZVI) یک گزینه برای تصفیه آلاینده‌های سمی و خطرناک و به سازی محل‌های آلوده است که به سرعت مقبولیت بیشتری پیدا می‌کند. منظور از آهن با ظرفیت صفر،  $Fe^0$  است. البته می‌توان به جای لغت با ظرفیت صفر، از لغت «خنثی» نیز استفاده نمود. نانوذرات به دلیل اندازه بسیار کوچک و ساختار مولکولی و یا اتمی منحصر به فرد خود از ویژگی‌های مکانیکی، مغناطیسی، نوری، الکترونیکی، کاتالیتیکی و شیمیایی ویژه و مشخصی برخوردار هستند. این خصوصیات سبب کاربرد روزافزون آنها در تصفیه آلاینده‌های زیست محیطی شده است. اندازه کوچک نانوذرات آهن، موجب توزیع زیرسطحی<sup>۲</sup> مؤثر و آسان آنها می‌شود، در حالی که سطح مقطع بزرگ آنها سبب واکنش پذیری بالای آنها و تخریب سریع آلاینده‌ها می‌گردد. سازوکار حذف آلاینده‌ها توسط نانوذرات آهن به این صورت است که این نانوذرات آلاینده‌ها را به محصولات کم خطرتر کاهش داده و سپس آنها را بر روی خود جذب می‌کنند. تحقیقات نشان می‌دهد که نانوذرات آهن می‌توانند به عنوان عامل کاهنده و کاتالیزور در سم زدایی تعداد زیادی از آلاینده‌های محیط زیست مانند حلال‌ها، آفت‌کش‌های آلی کلردار، بی‌فنیل‌های پلی‌کلرید (PCBs)، فلزات سنگین (کروم، سرب)، آرسنیک، نیترات، TNT، RDX و ... عمل کنند. در این مقاله روش سنتز و تعیین خصوصیات نانوذرات آهن با ظرفیت صفر و کاربردهای آن در حذف آلاینده‌های آلی هالوژنه، حذف فلزات سنگین، کلردایی از ترکیبات رنگی، تجزیه علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها در منابع آبی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

کلیدواژه‌ها: آلاینده، nZVI، تصفیه آب.

### گردآورندگان:

دکتر علیرضا رحمانی<sup>۱</sup>  
حمیدرضا غفاری<sup>۲</sup>  
محمدحسین ساقی<sup>۳</sup>  
منصور ضرابی<sup>۴</sup>

۱. دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی همدان  
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی همدان  
ghaffarihrz@gmail.com  
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی همدان  
۴. دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی همدان

## ۱- مقدمه

ویژگی‌های مکانیکی، مغناطیسی، نوری، الکترونیکی، کاتالیتیکی و شیمیایی مشخص و ویژه‌ای برخوردار هستند که سبب کاربرد رو به رشد آنها در تصفیه آلاینده‌های زیست‌محیطی شده‌است [۳]. نانوذرات آهن به دلیل داشتن اندازه کوچک می‌توانند به وسیله فشار یا تحت نیروی ثقل به صورت دوغاب به نواحی آلوده تزریق شده و همراه با آب به سمت ناحیه آلوده حرکت کنند و سبب تصفیه در محل<sup>۵</sup> آب آلوده شوند. مطالعات نشان می‌دهد که نانوذرات آهن همچنین می‌توانند در تصفیه‌های غیردرجا<sup>۶</sup> نیز استفاده شوند [۸]. نانوذرات آهن در تصفیه تعدادی از آلاینده‌های موجود در آب شامل پرکلرواتیلن (PCE)، تری کلرواتیلن (TCE)، کربن تتراکلرید (CT)، نیترات، TNT، RDX، حشره‌کش‌های ارگانوکلره نظیر لیندان و DDT و همچنین فلزات سنگین مانند کروم، سرب و آرسنیک مؤثر هستند [۱]. در این مقاله سعی بر آن است تا چگونگی تولید، خصوصیات و کاربردهای نانوذرات آهن با ظرفیت صفر در تصفیه آب مورد بررسی قرار گیرد.

## ۲ - سنتز نانوذرات آهن

دو راهبرد کلی در رابطه با سنتز نانوذرات وجود دارد: روش‌های بالا به پایین<sup>۷</sup> و پایین به بالا<sup>۸</sup>. در روش اول نانوذرات از مواد با اندازه بزرگتر (مثل گرانوله‌ها و ذرات در مقیاس میکرومتر) و به وسیله مراحل مکانیکی و یا شیمیایی شامل آسیاب کردن و قلم‌زنی<sup>۹</sup> تولید می‌شود. روش دوم شامل رشد اتم به اتم یا مولکول به مولکول نانوساختارها از طریق سنتز شیمیایی و خودآرایی است. هر دو روش به طور موفقیت آمیزی در آماده‌سازی نانوذرات آهن با ظرفیت صفر به کار رفته است. برای مثال نانوذرات آهن به وسیله پراکنش<sup>۱۰</sup> در خلا، از کاهش ذرات ژئوتیت ( $\alpha\text{-FeOOH}$ )<sup>۱۱</sup> و هماتیت به وسیله گاز هیدروژن در دمای بالا (۶۰۰-۲۰۰ درجه سلسیوس)، به وسیله تجزیه پنتاکربونیل آهن ( $\text{Fe}(\text{CO})_5$ ) در حلال‌های آلی یا در آرگون

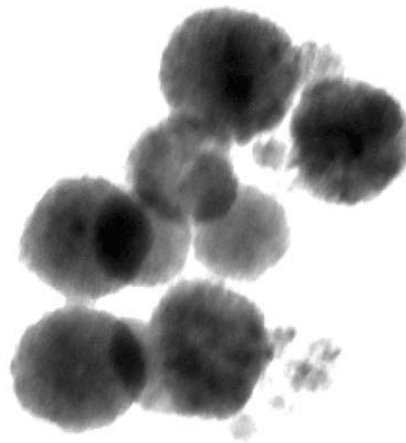
فلزات با ظرفیت صفر (مانند  $\text{Fe}^0$ ،  $\text{Zn}^0$ ،  $\text{Sn}^0$  و  $\text{Al}^0$ ) عوامل مؤثری برای اصلاح آب‌های آلوده هستند. در بین این فلزات استفاده از آهن با ظرفیت صفر (ZVI) به دلیل فراوانی، ارزانی و غیرسمی بودن، واکنش سریع و توانایی و بازده بالا در تجزیه آلاینده‌ها در اولویت قرار دارد [۱]. علاوه بر این، ذرات زائد آهن حاصل از فرایندهای صنعتی می‌تواند به عنوان آهن با ظرفیت صفر در تصفیه آلاینده‌ها استفاده شود [۲].

استفاده از ZVI به عنوان یک عامل حذف‌کننده در تصفیه آب زیرزمینی از سال ۱۹۹۰ شروع شد. در این زمان برای اولین بار گرانوله‌های ZVI در سیستم‌های مانعی نفوذپذیر (PRBs)<sup>۲</sup> مورد استفاده قرار گرفت. تنها در آمریکا بیش از ۲۰ پروژه از سال ۲۰۰۰ تاکنون در این زمینه انجام شده‌است. پروژه‌های دیگری نیز در آمریکای شمالی، اروپا و آسیا در حال انجام است [۳]. چگونگی تولید و استفاده از ZVI در ۱۰ سال اخیر موضوع تعداد زیادی از تحقیقات بوده و به عنوان یکی از جدیدترین روش‌ها در تصفیه و حذف آلاینده‌ها از آب و فاضلاب مقبولیت‌هایی پیدا کرده‌است [۱ و ۲]. سازوکار حذف آلاینده‌ها توسط ZVI به وسیله واکنش‌های کاهش<sup>۴</sup> یا فرایند جذب انجام می‌شود. اندازه ذره یک ویژگی نسبتاً مهم در جذب و واکنش با آلاینده‌ها است [۴ و ۵]. چون واکنش‌های ZVI، فرایندی است که به میزان سطح بستگی دارد، بنابراین هرچه اندازه ذره کوچکتر و سطح مقطع ذره بزرگتر شود میزان واکنش‌پذیری این ذرات نیز افزایش می‌یابد [۶]. یکی از شگفت‌انگیزترین و سریع‌ترین جنبه‌های تحقیقات در حال رشد علمی در زمینه فناوری نانو، استفاده از nZVI به عنوان یک فناوری ابداعی برای اصلاح زیست‌محیطی است. اخیراً چندکاره بودن nZVI برای استفاده در مهندسی محیط‌زیست نشان داده شده‌است [۷]. نانوذرات آهن به دلیل اندازه کوچک و ساختار مولکولی و اتمی منحصر به فرد خود از

## ۳- تعیین خصوصیات نانوذرات آهن

تاکنون مطالعات محدودی در مورد تعیین خصوصیات سطح نانوذرات آهن با ظرفیت صفر صورت گرفته است. درک دقیق ویژگی‌های سطحی برای شناخت سازوکار و سینتیک<sup>۱۴</sup> واکنش‌ها و تعیین محصولات نهایی و حد واسط ضروری است. انتقال، توزیع و سرنوشت نانوذرات در محیط نیز به ویژگی‌های سطحی وابسته است. شکل ۱، تصویری از نانوذرات که به وسیله میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) گرفته شده را نشان می‌دهد. نانوذرات حاصل از کاهش آهن فریک و فروس به وسیله بوروهیدرید سدیم از نظر شکل کروی بوده و به صورت تجمع زنجیره‌مانند موجود هستند. بررسی توزیع اندازه بیش از ۴۰۰ نانوذره با استفاده از تصاویر TEM نشان می‌دهد که ۸۰ درصد نانوذرات، قطرهای کمتر از ۱۰۰ نانومتر دارند و از کل نانوذرات با قطر کمتر از ۱۰۰ نانومتر، ۵۰ درصد آنها قطر کمتر از ۶۰ نانومتر دارند. میانگین سطح مقطع نانوذرات حدود  $35000-30000 \text{ m}^2/\text{kg}$  است [۳].

مدل پوسته-هسته نانوذرات آهن در شکل ۲ نشان داده

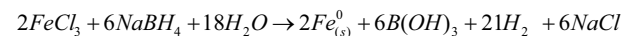


200 nm

شکل ۱- تصویر TEM از نانوذرات آهن حاصل از کاهش کلرید فریک با

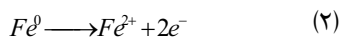
بوروهیدرید سدیم [۳]

و به وسیله رسوب الکتریکی نمک‌های آهن تولید شده است. یکی از متداول‌ترین و ساده‌ترین روش‌های تولید nZVI به وسیله کاهش نمک‌های آهن فریک یا آهن فروس<sup>۱۲</sup> با بوروهیدرید سدیم ( $\text{NaBH}_4$ ) طبق واکنش (۱) است [۳، ۹، ۶].

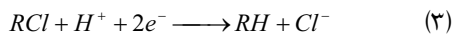


پس از وقوع این واکنش، نانوذرات آهن به صورت ذرات سیاه رنگ بسیار ریزی ته‌نشین می‌شود. مزیت اصلی این روش سادگی نسبی آن و نیاز به دو ماده شیمیایی معمول و عدم نیاز به تجهیزات و دستگاه‌های پیشرفته است. این روش تولید می‌تواند در هر آزمایشگاه شیمی مرطوب انجام شود. در این روش تولید نانوذرات آهن صفر به وسیله افزودن آهنسته و قطره قطره محلول بوروهیدرید سدیم به محلول کلرید فریک و سولفات فروس انجام می‌گیرد [۱۰، ۳]. این واکنش در زیر هواکش انجام می‌شود، زیرا در اثر واکنش‌های شیمیایی گاز هیدروژن به عنوان محصول جانبی تولید می‌گردد. علاوه بر این باید از یک همزن مقاوم به انفجار استفاده نمود تا امکان جرقه کاهش یابد. نانوذرات آهن دو فلزی که در آن فلز ثانویه با واکنش پذیری کمتر نظیر Pt، Ni، Pb یا نقره به کار می‌رود می‌تواند به سادگی و از طریق انحلال nZVI در محلول نمک فلز ثانویه تولید شود. فلز ثانویه به عنوان کاتالیست برای انتقال الکترون و هیدروژناسیون استفاده می‌شود و اکسیداسیون آهن را بهبود می‌بخشد. مطالعات مختلف نشان می‌دهد که نانوذرات آهن دو فلزی (Pb-Fe, Pt-Fe, Ag-Fe) می‌توانند باعث تجزیه بیشتر آلاینده‌ها شده و از کاهش یا تشکیل محصولات جانبی سمی جلوگیری کنند. نانوذرات آهن، تمایل زیادی برای تجمع و همچنین چسبیدن به سطح مواد طبیعی نظیر خاک و رسوبات نشان می‌دهند [۳]. ژائو<sup>۱۳</sup> و همکارانش برای جلوگیری از تجمع نانوذرات آهن از نشاسته قابل حل در آب به عنوان تثبیت‌کننده استفاده کردند [۶].

- ۱- کاهش مستقیم در سطح فلز؛
  - ۲- کاهش به وسیله آهن فرس در سطح نانوذرات؛
  - ۳- کاهش به وسیله هیدروژن.
- در سازوکار اول، ذرات آهن صفر عمدتاً به عنوان عامل کاهنده عمل کرده و نقش الکترون دهنده دارند.



از طرف دیگر هیدروکربن‌های کلرینه، الکترون را پذیرفته و کلرزدایی کاهشی در آنها رخ می‌دهد (در واکنش‌های ۳، ۴ و ۷، RCl نشان‌دهنده هیدروکربن کلرینه و RH نشان‌دهنده هیدروکربن کلرزدایی شده است).

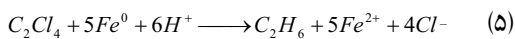


واکنش خالص از نظر ترمودینامیکی در اغلب شرایط بسیار مطلوب است.

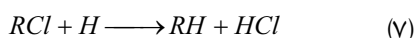
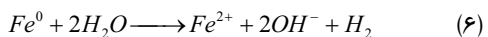


در نتیجه این واکنش‌ها، این ترکیبات کلرزدایی شده و یون کلر آزاد می‌گردد. واکنش چند مرحله‌ای کلرزدایی هیدروکربن‌های کلرینه در نهایت منجر به کاهش این ترکیبات به ترکیبات غیرسمی نظیر اتیلن، اتان و استیلن می‌گردد. ترکیبات حد واسط نظیر وینیل کلراید که نسبت به ترکیبات مادر، سمی‌ترند در غلظت‌های بالا تشکیل نمی‌گردد [۱، ۳ و ۸].

برای مثال تتراکلرواتن ( $C_2Cl_4$ )، می‌تواند با استفاده از ZVI مطابق با واکنش (۵) به‌طور کامل به اتان کاهش یابد [۳].

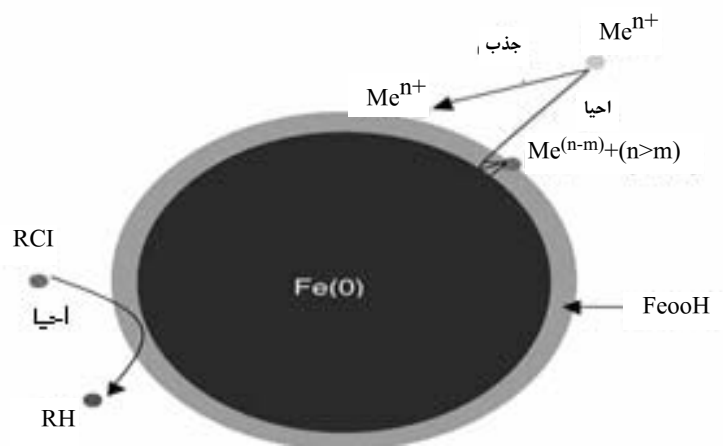


ZVI همچنین با آب واکنش داده و گاز هیدروژن و یون‌های هیدروکسید تولید می‌کند. در نتیجه pH آب افزایش می‌یابد. گاز هیدروژن نیز می‌تواند با هالیدهای آلیکیل واکنش داده و سبب کلرزدایی این ترکیبات شود [۳].



هیدروژن محلول در غیاب سطح کاتالیکی مناسب مثل

شده است. هسته عمدتاً از آهن با ظرفیت صفر یا آهن فلزی تشکیل شده است در حالیکه آهن دو ظرفیتی ( $Fe^{2+}$ ) و سه ظرفیتی ( $Fe^{3+}$ ) ناشی از اکسیداسیون آهن فلزی، پوسته نانوذرات آهن صفر را تشکیل می‌دهد. اکسیدهای آهن چند ظرفیتی تحت شرایط pH خنثی به مقدار زیادی



شکل ۲- مدل پوسته- هسته نانوذرات آهن با ظرفیت صفر [۳]

نامحلول بوده و ممکن است هسته nZVI را از اکسایش سریع محافظت کنند [۳].

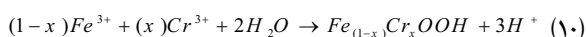
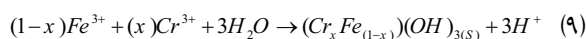
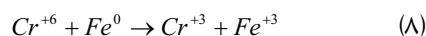
۴- تجزیه آلاینده‌ها با استفاده از نانوذرات آهن با ظرفیت صفر

۱-۴- کلرزدایی از هیدروکربن‌های کلرینه

ZVI برای تجزیه هیدروکربن‌های کلرینه مانند تری‌کلرومتان (TCM)، تری‌کلرواتیلن (TCE)، پراکلرواتیلن (PCE) و تتراکلریدکربن (TC) استفاده شده است. این ترکیبات از مهم‌ترین آلاینده‌های آب زیرزمینی و خاک هستند و به همین دلیل مطالعات گسترده‌ای توسط محققان مختلف بر روی حذف آنها به وسیله ZVI صورت گرفته است [۳ و ۹].

برای دی‌کلریناسیون هیدروکربن‌های کلرینه با ZVI سازوکارهای زیر پیشنهاد شده است:

سازوکار حذف کروم با استفاده از ZVI بر اساس تبدیل شکل سمی به غیرسمی است. کروم ۶ ظرفیتی Cr(VI) که اکسیدکننده قوی و یک سرطان‌زای بالقوه است و در خاک‌ها و آبخوان‌ها تحرک بیشتری دارد به کروم سه ظرفیتی Cr(III) تبدیل می‌شود. این شکل از کروم، خطر کمتری داشته و حلالیت آن در آب کمتر بوده، تمایل زیادی برای چسبیدن به جامدات داشته و در نتیجه حرکت آن در آب و خاک کند می‌شود. کاهش Cr(VI) به وسیله Fe<sup>0</sup>، آهن فریک Fe(III) و یون Cr(III) تولید می‌کند. همانطور که در معادلات (۸) الی (۱۰) نشان داده شده‌است، ممکن است از طریق ته‌نشینی یا ته‌نشینی هم‌زمان به‌وسیله هیدروکسید ترکیبی Fe(III) و Cr(III) حذف گردد [۵ و ۲].



میزان کاهش کروم Cr(VI) به‌وسیله Fe<sup>0</sup> در حضور ژئوتیت و اکسید آلومینیوم (α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) و pH پایین محلول تسریع می‌شود [۳]. هر دو شکل آرسنیک یعنی آرسنیت (AS(III)) و آرسنات (AS(V)) می‌توانند با استفاده از ZVI از محلول آبی جدا گردند [۲]. حذف گونه‌های آرسنیک به‌وسیله ZVI در شرایط بی‌هوازی به کاهش الکتروشیمیایی As(III) به As(0) که حلالیت کمتری دارد و جذب As(III) و As(V) به‌وسیله هیدروکسید تشکیل شده بر روی سطح Fe<sup>0</sup> مربوط می‌شود. در شرایط اتمسفری میزان حذف As(III) و As(V) افزایش می‌یابد. حذف سریع As(III) و As(V) در شرایط هوازی در اثر جذب بر روی هیدروکسید فریک تشکیل شده در اثر اکسیداسیون Fe<sup>0</sup> با اکسیژن محلول اتفاق می‌افتد. بازده حذف به سطح مقطع یا نوع آهن مورد استفاده وابسته بوده و به دلیل ایجاد حفره و خوردگی در سطح آهن سطح مقطع برای جذب افزایش یافته و میزان جذب و بازده حذف با گذشت زمان افزایش می‌یابد [۱۱، ۱۲ و ۱۳].

(Pd) واکنش‌پذیری کمی دارد. اما در حضور فلز کاتالیکی نظیر Pd، Ni، Pt یا Ag واکنش کلی nZVI افزایش می‌یابد. در شرایط هوازی، آهن فلزی (Fe<sup>0</sup>) به آهن فرس (Fe<sup>2+</sup>) اکسید می‌شود و در نتیجه دو الکترون آزاد می‌شود. آهن فرس در تماس با لیگاندهای معین می‌تواند به آرامی هیدروکربن‌های کلرینه را کاهش دهد. اما به نظر می‌رسد که انتقال الکترون از یون‌های فرس لیگاندی به اکسید nZVI نسبتاً کند باشد و احتمالاً زمان زیادی ادامه نداشت‌ه باشد. به طور کلی واکنش هالوژن‌زدایی با استفاده از ZVI معمولاً به‌وسیله سینتیک درجه اول توصیف می‌شود. هرچه درجه کلریناسیون پایین‌تر باشد، میزان واکنش دی‌کلریناسیون کندتر است. آزمایش‌های ناپیوسته و ستونی نشان می‌دهد که میزان تجزیه به شرایط عملیاتی و فاکتورهای آزمایش نظیر pH، سطح مقطع فلزی، غلظت آلاینده و میزان اختلاط وابسته است. برخی محققان با توجه به غلظت هیدروکربن‌های هالوژنه در آب پیشنهاد می‌کنند که واکنش کلرزدایی هیدروکربن‌های کلرینه از ترکیب معادله درجه صفر و یک پیروی می‌کند. هرچند حذف ترکیبات کلرینه آلیفاتیک ۱ یا ۲ کربنی با کاربرد ZVI به طور گسترده مطالعه شده‌است، اما به ترکیبات کلرینه آلکیلک و آروماتیک توجه کمتری شده‌است. بدون شک ترکیبات کلرینه آلکیلک و آروماتیک، ساختار شیمیایی پیچیده‌تر و قابلیت حل کمتر داشته، با nZVI به کندی واکنش داده و اغلب، محصولات جانبی و حد واسط بیشتری تولید می‌نمایند [۳ و ۲].

#### ۲-۴- حذف فلزات سنگین

مطالعات گسترده‌ای در مورد حذف فلزات سنگین مانند کروم، سرب و آرسنیک با استفاده از ZVI صورت گرفته‌است. سازوکار تجزیه و حذف فلزات سنگین بسته به نوع فلز متفاوت بوده و تغییر شکل فلز سمی به غیرسمی و جذب فلز بر روی نانوذره را شامل می‌شود [۳ و ۲].

## ۳-۴- کلرزدایی از ترکیبات رنگی

افزایش می‌یابد. این موضوع ممکن است ناشی از کاهش pH حاصل از افزودن  $Al_2(SO_4)_3$  و  $CH_3COOH$  باشد. حفظ شرایط نسبتاً اسیدی تا نزدیک به خنثی در حضور خوردگی  $Fe^0$  خاصیت تخریب‌کنندگی حشره‌کش‌ها را افزایش می‌دهد. افزودن  $Al_2(SO_4)_3$  همچنین مقداری سولفات را فراهم می‌کند که این سولفات به وسیله حل کردن فیلم اکسید که در طول اکسیداسیون سطح آهن صفر را می‌پوشاند میزان بالاتری از خوردگی آهن را سبب می‌شود. حذف دیکامبا (علف‌کش) عمدتاً از طریق جذب بوده، اما هنگام کاربرد  $Fe^0$  به همراه نمک‌های  $Al(III)$  و  $Fe(III)$ ، دیکامبا به محصول ناشناخته‌ای کلرزدایی می‌شود [۲۰].

## ۵- بحث و نتیجه گیری

استفاده از نانوذرات آهن به دلیل هزینه پایین، تهیه آسان و واکنش سریع جهت تصفیه آلاینده‌ها در سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده‌است. نانوذرات آهن صفر ( $nZVI$ ) در کاهش و حذف محدوده گسترده‌ای از آلاینده‌ها شامل دی‌کلریناسیون حلال‌های کلرینه در آب‌های زیرزمینی آلوده، کاهش نیترات به نیتروژن اتمسفری، کاهش ترکیبات رنگی آزو، توقف حرکت آنیون‌ها و کاتیون‌های غیرآلی متعدد، کاهش تعداد عناصر فلزی، حذف پنتاکلروفنل، کاهش میزان هالواستیک اسیدها، کلرزدایی از پلی‌کلرواتیلن، تخریب حشره‌کش‌ها، کلرزدایی و کاهش آلکلر و متولاکلر، کلرزدایی، کاهش و آلکیل‌زدایی  $S$ -triazine<sup>۱۶</sup>، حذف سریع تعدادی از حشره‌کش‌ها (بنومیل، پیکلورام و دیکامبا)، حذف کارباریل، دی‌کلریناسیون حشره‌کش‌های بسیار مضر مانند DDE، DDT، DDD، کاهش میزان کرومات، برومات‌ها، کلرات‌ها، ترکیبات نیتروآروماتیک، حشره‌کش‌های برمینه، متان‌های برمینه و کارباریل، حذف سرب، اورانیوم،

اخیراً کلرزدایی فاضلاب نساجی به وسیله  $ZVI$  مطالعه شده‌است. تخریب پیوند آزو ( $N=N$ ) در عامل رنگی رنگ‌های آزو منجر به کلرزدایی محلول‌های رنگی می‌شود. ذرات آهن اکسید می‌شود در حالی که مولکول رنگی کاهش می‌یابد. مولکول رنگ از آهن الکترون دریافت می‌کند و با  $H^+$  از اسید ترکیب شده تا محصول حدواسط تشکیل شود. این محصول دوباره الکترون گرفته با  $H^+$  ترکیب می‌شود و محصولات نهایی به وجود می‌آید. علاوه بر این در حضور  $Fe^0$  ترکیبات آروماتیک آزو کاهش یافته و تولید آمین‌های آروماتیک می‌کنند، این آمین‌های آروماتیک به آسانی توسط میکروارگانیزم‌ها تجزیه می‌گردند. آزمایش‌های متعدد همچنین نشان می‌دهد که رنگ‌های آزو از طریق شکست پیوند  $N=N$  تجزیه شده و تشکیل آمین‌های آروماتیک مانند آنیلین را می‌دهند. چون آمین‌های آروماتیک سمی هستند ترکیب فناوری  $ZVI$  با دیگر فناوری‌های تصفیه فاضلاب ممکن است مورد نیاز باشد. مطالعات سینتیکی ناپیوسته نشان می‌دهد که کلرزدایی از معادله درجه اول<sup>۱۵</sup> پیروی می‌کند. مطالعات همچنین نشان می‌دهد که فقط تعداد کمی از رنگ‌ها بر روی سطح آهن جذب می‌شوند و داده‌های جذب رنگ‌ها بر روی سطوح آهن با ایزوترم جذب لانگمیر مطابقت دارد [۲۰].

## ۴-۴- تجزیه علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها

چون تعدادی از علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها حاوی هالوژن هستند، بنابراین با استفاده از  $ZVI$  و از طریق سازوکار هالوژن‌زدایی تجزیه خواهند شد. حشره‌کش‌های حاوی ترکیبات هالوژنه نظیر متولاکلر، آلکلر، آترازین پندامتالین و کلرپیرفوس می‌توانند به وسیله  $Fe^0$  و  $Fe(II)$  کاهش یابند. در نتیجه این کاهش، فلز آهن دچار خوردگی می‌شود. میزان تجزیه حشره‌کش‌ها با افزودن  $Al_2(SO_4)_3$  و  $CH_3COOH$  به  $Fe^0$

حالی که تعدادی از ترکیبات حد واسط مانند آنیلین حاصل از تجزیه رنگ‌های آزو سمی هستند [۱۸ و ۲]. برای رسیدن به استانداردهای خروجی تعیین شده ممکن است ترکیبی از تکنیک‌های ZVI با دیگر فناوری‌های تصفیه مورد نیاز باشد. روش‌های متعددی برای سنتز نانوذرات آهن با ظرفیت صفر شناسایی شده‌است، اما ارزش اقتصادی هریک از این روش‌ها متفاوت است. یکی از چالش‌های موجود در استفاده از نانوذرات آهن، اجرای فرایند تولید نانوذرات در مقیاس انبوه است. مطالعه میزان واکنش، سازوکار واکنش و اثر فاکتورهای محیط (مانند pH، قدرت یونی و آلاینده‌های رقابت‌کننده)، واکنش‌های نانوذرات آهن با آب‌های زیرزمینی و سطحی، برهم‌کنش‌ها (جذب و واجذب) با خاک و رسوبات، ته‌نشینی، تجمع و پدیده انتقال نانوذرات از موارد دیگری است که باید مورد مطالعه قرار گیرد. مطالعات کمی در مورد سمی بودن اکولوژیکی nZVI در محیط زیست منتشر شده‌است. تحقیقات منظمی در مورد انتقال، سرنوشت نهایی و سمی بودن اکولوژیکی نانوذرات آهن برای کاهش نگرانی‌های استفاده از نانومواد در محیط زیست و کاهش اثرات ناخواسته مورد نیاز است [۱۹ و ۳].

کروم ۶ ظرفیتی،  $CFC_{11}$  و  $CFC_{13}$  مؤثر است. همچنین این ذرات تجزیه زیستی<sup>۱۷</sup> رنگ‌های آزو را افزایش می‌دهد [۱۷-۱۴]. در مطالعات آزمایشگاهی مشخص شده است که ۶ گرم ZVI در ۱۰۰۰ گرم شن به‌طور مؤثری آب‌های عبوری آلوده شده با مولینات را تصفیه نموده‌است. این موضوع نشان می‌دهد که رواناب‌های آلوده شده با حشره‌کش‌ها به‌طور مؤثری می‌تواند به‌وسیله عبور آن از بستر فیلتر حاوی ZVI تصفیه شود [۴]. تیک<sup>۱۸</sup> و همکارانش حذف ۷۶ درصدی دی‌برومومتان را توسط نانوذرات آهن با ظرفیت صفر گزارش کردند [۱۲]. آقای ژائو و همکارانش توانستند با استفاده از نانوذرات آهن با ظرفیت صفر در دمای ۹۵ درجه سانتیگراد، ۹۰ درصد از پرکلرات را حذف نمایند. اخیراً ذرات آهن در مقیاس نانومتر برای کلرزدایی از تری‌کلرواتیلن در محل آلوده استفاده شده‌است [۱۴]. با وجود اینکه آهن محلول که محصول جانبی واکنش ZVI با آلاینده‌هاست، غیرسمی است؛ اما دیگر محصولات جانبی حاصل از تجزیه آلاینده‌ها باید تعیین و میزان سمی بودن آنها مورد بررسی قرار گیرد. نوع ترکیبات حد واسط تولیدی به مواد آلاینده اولیه بستگی دارد. تعدادی از مواد مانند ترکیبات آلی هالوژنه از حالت سمی به مواد غیرسمی نظیر اتیلن، اتان و استیلن تبدیل می‌شوند در

## ۶- منابع

- [1]. Sung, H.J., Francis, I. "Nanotechnology for Environmental Remediation" Springer Science+Business Media, Inc, 5-42, (2006).
- [2]. Suwanee, J., "Use of zero valant iron for wastewater treatment" Department of Chemistry, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Chalokkrung Road, Ladkrabang District, Bangkok 10520, Thailand, KMITL Sci. Tech. J. 5. 587-595, (2005).
- [3]. X, Li., W, Elliott., W, Zhang. "Zero-Valent Iron Nanoparticles for Abatement of Environmental Pollutants: Materials and Engineering Aspects", Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences, 111-122, (2006).
- [4]. U.S. EPA Workshop on Nanotechnology for Site Remediation U.S. Department of Commerce Washington, DC, 20-21, (2005).
- [5]. Sherman, M.P., Johng, D., Thomase, M., " Remediation of Cr(VI) and Pb(II) Aqueous Solutions Using Supported, Nanoscale Zero-valent Iron, Journal of Environ. Sci. Technol. 34, 2564-2569, (2000).

- [6]. Zhong, X., Dongye, Z., Gang, p., "Rapid and complete destruction of perchlorate in water and ion-exchange brine using stabilized zero-valent iron nanoparticles" water research journal, 41, 3497 - 3505, (2007).
- [7]. Sushil, R, K., H, Choi., " Removal of arsenat from groundwater by nano scale zero-valant iron" Department of Environmental Science and Engineering, Gwangju Institute of Science and Technology (GIST), 1 Oryong-dong, Buk-gu, Gwangju, Korea, 500-712, (2005).
- [8]. W, Xiang., "Nanoscale iron particles for environmental remediation: An overview", Journal of Nanoparticle Research 5: 323-332, (2003).
- [9]. Tina, M., Wei-Xian, Z., "Environmental technologies at the nanoscale" Environmental Science and Technology 1, (2003).
- [10]. Paul, G., Richard, L., "Nanotechnology for environmental cleanup" Oregon Health and Science University, Department of Environmental and Biomolecular System, (2006).
- [11]. -Sunbaek, B., Mark, D., Georg, p., Xiaoguang, M., "Chemical reaction between arsenic and zero-valant iron" , Water Reaserch Journal , Volum 39, Issu 5, , 763-770, (2005).
- [12]. Z-Hsing, L., Richard, T., "High-level arsenite removal from groundwater by zer-valant iron" Chemospher Journal, 1-10, (2005).
- [13]. Q-Konstantina, T., Nikolaos, P., Nikolaos, V., Nikolaos, K., Pavlos, E., "Arsenic removal from geothermal water with zero-valant iron -Effect of temperature ,phosphate and nitrate" Water Reaserch Journal , Volum 40, Issu 12, July, 2375-2386, (2006).
- [14]. Teik, T, Lim., Jing, Feng., Bao-W, Zhu., "Kinetic and mechanistic examinations of reductive transformation pathways of brominated methanes with nano-scale Fe and Ni/Fe particles" Water Research Journal 41 875 - 883, (2007).
- [15]. "Summary of the remediation technologies development forum permeable reactive barriers action team meeting" Best Western Winrock Inn Albuquerque, New Mexico 26-37, October (2000)
- [16]. Yueqiangliu, s., Majetich, R., Robertd, T., David, S., Gregoryv, L., "TCE Dechlorination Rates, Pathways, and Efficiency of Nanoscale Iron Particles with Different Properties" Environ. Sci. Technol., 39, 1338-1345, (2005).
- [17]. Tanapon, P., Navid, S., Kevin, S., Robert, D., Gregory, V., "Aggregation and Sedimentation of Aqueous Nanoscale Zerovalent Iron Dispersions" Environ. Sci. Technol. 41, 284-290, (2007).
- [18]. Eric, E., Nuxoll, Tsutomu Shimotori, William A. Arnold and Edward L. . Cussler "Iron Nanoparticles in Reactive Environmental Barriers" Dept. of Chemical Engineering & Materials Science. Dept. of Civil Engineering. University of Minnesota, Minneapolis, MN 55455. September 23, (2003).
- [19]. Riefler, G., Bryson, S., "Transport and fate of iron nanoparticle in groundwater", 1-18. Report for 2005.

## پانویس

## 1. Nano particle Zero-Valent Iron

۲. منظور از توزیع زیرسطحی (Subsurface distribution)، حرکت و انتقال نانوذرات همراه با آب زیرزمینی است.

## 3. Permeable reactive barriers

## 4. Reductive reactions

## 5. In-situ

## 6. Ex-situ

## 7. Top down

## 8. Bottom up

## 9. Etching

## 10. Sputtering

## 11. Goethite

۱۲. منظور از آهن فروس، آهن دو ظرفیتی ( $Fe^{+2}$ ) یا  $Fe(II)$  و آهن فریک، آهن سه ظرفیتی ( $Fe^{+3}$ ) یا  $Fe(III)$  است.

## 13. Zhao

## 14. Kinethic

۱۵. به طور کلی واکنش‌های شیمیایی از معادلات درجه صفر، درجه اول، درجه دوم و ... پیروی می‌کنند. این معادلات رابطه بین غلظت واکنش دهنده‌ها و سرعت واکنش را نشان می‌دهد. در معادلات درجه اول، سرعت واکنش با غلظت آلاینده رابطه مستقیم خطی دارد.

۱۶. یک نوع آفت‌کش است که در کشاورزی استفاده می‌شود.

۱۷. منظور از تجزیه زیستی یا بیولوژیکی، تجزیه آلاینده‌ها توسط میکروارگانیسم‌ها است.

## 18. Teik

## نانوپوشش‌های هوشمند

### چکیده:

نانوپوشش‌های هوشمند، از جمله مهم‌ترین دستاوردهای بهره‌گیری از فناوری نانو در عرصه ساخت و تولید پوشش‌ها به‌شمار می‌روند که علاوه بر کارکردهای گوناگون و چندمنظوره، انتظارات مصرف‌کننده را در زمینه صرفه‌جویی در هزینه و انرژی برآورده می‌سازند. مواد نانو ساختار در پوشش‌های هوشمند ضد خوردگی، ضد آلودگی، تصفیه‌کننده هوا، تمیزکننده سطوح و پوشش‌های زیست‌فعال<sup>۱</sup> بکار می‌روند. این مواد با بهره‌گیری از برخی عوامل محیطی از جمله نور، گرما و یا با حساسیت به برخی تغییرات شیمیایی همچون وقوع واکنش خوردگی، عکس‌العمل مناسب و کارکردهای مورد انتظار را بروز می‌دهند. در این مقاله نقش نانوذرات در عملکرد هوشمندانه هر یک از پوشش‌های فوق مورد بررسی قرار می‌گیرد.

**کلیدواژه‌ها:** نانوپوشش، نانوذره، عکس‌العمل هوشمندانه، نانو ساختار.

گردآورنده:  
فریبا مهدوی<sup>۱</sup>

۱. کارشناس رشته مهندسی  
شیمی، مرکز تحقیقات پوشش  
پژوهشگاه صنعت نفت  
frbmahdavi@yahoo.com

### ۱- مقدمه

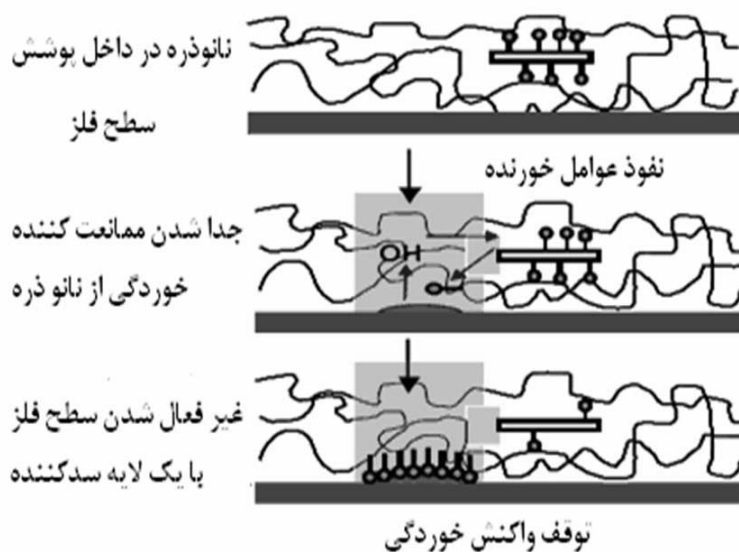
اگرچه فناوری نانو تاکنون توانسته‌است در بسیاری از زمینه‌های تولید و کاربرد پوشش‌های هوشمند نقش مؤثری را ایفا نماید، با این حال لزوم بهره‌گیری بیشتر از خواص ویژه و بی‌نظیر مواد نانو ساختار در این عرصه بسیار ضروری به نظر می‌رسد. نانوپوشش‌های هوشمند با بهره‌گیری از نانوذرات فعال و گروه‌های عاملی مناسب در ساختار محمل<sup>۲</sup>، قادرند تا در مقابل محرک‌های محیطی عکس‌العمل‌های هوشمندانه محافظتی، ترمیمی، جذبی، دفعی و یا خنثی‌کننده نشان دهند. از کاربردی‌ترین نانوپوشش‌های هوشمند در صنایع

نظامی، هوافضا و دریایی می‌توان به پوشش‌های هوشمند ضد خوردگی اشاره کرد که قادر به تشخیص زودهنگام و جلوگیری از خوردگی تجهیزات فلزی هستند. همچنین از نانوپوشش‌های زیست‌فعال نظیر پوشش‌های ضدباکتری و ضدخزه، برای جلوگیری از تخریب ناشی از تجمع میکروارگانیسم‌ها بر روی سازه‌های فلزی و پیشگیری از افزایش وزن تجهیزات دریایی استفاده می‌شود. بر روی نمای بیرونی ساختمان‌ها و یا سطح جاده‌های پرتردد در نقاط بسیار آلوده، انواعی از نانوپوشش‌های هوشمند با کارکرد ضدآلودگی هوا اعمال می‌شوند که آلودگی‌هایی نظیر اکسیدهای ازت و مواد فرار آلی محیط را جذب و خنثی می‌کنند. با استفاده از نانوپوشش‌های آب‌گریز و یا آبدوست نیز می‌توان در هزینه‌های شستشو و تمیزکاری برخی قطعات ساختمانی نظیر شیشه‌ها و یا نمای خارجی ساختمان‌ها صرفه‌جویی کرد. نانوپوشش‌های هیبریدی آب‌گریز حتی در جلوگیری از خوردگی سطوح فلزی، بسیار کارآمد عمل می‌کنند. در این مقاله سعی می‌شود تا با بررسی نحوه عملکرد و کاربردهای برخی از نانوپوشش‌های هوشمند، ضرورت بهره‌گیری از فناوری نانو در ساخت و تولید پوشش‌های هوشمند آشکارتر گردد.

۲- نانوپوشش‌های هوشمند ضد خوردگی

به‌کارگیری نانوذرات در ساخت پوشش‌های ضد خوردگی، از جمله مهم‌ترین دستاوردهای فناوری نانو است. از کارکردهای مهم نانوذرات در پوشش‌های حفاظتی می‌توان به بهبود خواص سدکنندگی، محافظت آندی، کاتدی و افزایش خواص چسبندگی اشاره کرد. استفاده از نانوذرات به‌عنوان حامل بازدارنده‌های خوردگی نیز از کارکردهای غیرمستقیم حفاظتی نانوذرات در ساخت پوشش‌های هوشمند است. نانوذرات با توجه به برخورداری از ویژگی‌هایی نظیر سطح جانبی و واکنش‌پذیری شیمیایی بالا قادرند درصد بالایی از ذرات بازدارنده خوردگی را بر روی خود حمل کنند. اصل مهم در استفاده از نانوذرات برای پوشش‌های هوشمند، انتخاب نوعی از نانوذره است که بتواند گونه‌ای از اتصالات موقت با بازدارنده‌ها را ایجاد کند که به محض آزاد شدن محصولات جانبی خوردگی، این اتصالات شکسته شده و آزادسازی بازدارنده در محیط ممکن گردد.

در دسته‌ای از نانوپوشش‌های هوشمند ضد خوردگی، اتصالات ایجادشده میان نانوذره و بازدارنده نسبت به



شکل ۱- سازوکار ذخیره و رهاسازی بازدارنده در یک نوع نانوپوشش هوشمند ضد خوردگی

هوشمند به‌ویژه برای اعمال بر روی سطوح داخلی و خارجی خطوط لوله‌های انتقال نفت و گاز، تانک‌ها، مخازن و پوشش داخل مخازن ذخیره سوخت هواپیماها - که دسترسی به سطح داخلی آنها دشوار است - بسیار کاربردی هستند [۱].

### ۳- نانوپوشش‌های ضد رادار

یکی از راه‌های نامرئی کردن تجهیزات نظامی مانند هواپیماها، کشتی‌ها و زیردریایی‌ها از دید رادارها، استفاده از پوشش‌های هوشمند است. اساس کار رادارها بر تولید و انتشار امواج الکترومغناطیسی با یک فرستنده و دریافت پژواک<sup>۵</sup> احتمالی از طریق گیرنده است. در صورت وجود پژواک، صفحه نمایش رادار آن را به‌صورت یک نقطه نورانی نشان می‌دهد، همچنین رادارها با محاسبه مدت رفت و برگشت امواج قادر به تشخیص فاصله و سرعت هدف هستند. [۴] فلزات، امواج رادار را به‌خوبی منعکس می‌کنند؛ لذا بدنه فلزی یک هواپیما جسمی ایده‌آل برای انعکاس سیگنال‌های منتشرشده از سوی یک رادار است. برای نامرئی کردن اهداف نظامی مانند هواپیماها و کشتی‌ها در روش به‌کار می‌رود:

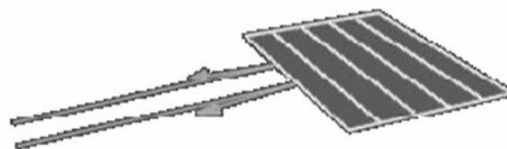
۱- تغییر شکل بدنه اهداف نظامی: با تغییر شکل بدنه اهداف نظامی می‌توان انعکاس امواج انتشاریافته از رادار را به سمتی غیر از تجهیزات رادار هدایت کرد. بیشتر

یون‌های هیدروکسید که از محصولات جانبی عمده در فرایندهای خوردگی فلزات هستند حساس بوده و به محض آزاد شدن آن در محیط، اتصالات شکسته شده و بازدارنده به طرف محل آسیب دیده حرکت می‌کند. بازدارنده در واکنش با عوامل خورنده احیا شده، اکسیدهای نامحلولی ایجاد می‌کند که بر روی سطح فلز رسوب و از نفوذ الکترولیت به سطح فلز جلوگیری می‌کند و موجب غیرفعال شدن آن می‌گردند (شکل ۱) [۱ و ۲].

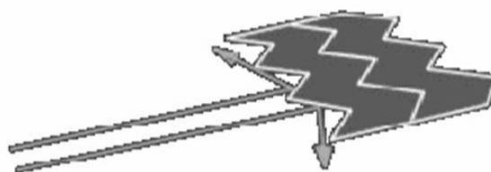
از مهم‌ترین مزایای این دسته از پوشش‌ها عدم بکارگیری برخی بازدارنده‌های شیمیایی نظیر کرومات‌هاست که به شدت سرطان‌زا هستند. استفاده از بازدارنده‌هایی نظیر کرومات‌ها در پوشش‌های غیرهوشمند به دلیل آزادسازی مداوم آنها حتی هنگام ایجاد نشدن واکنش خوردگی، موجب مصرف مقادیر بسیار زیاد و بی‌رویه می‌شد که خطرات زیست‌محیطی بسیاری را به دنبال داشت [۳].

در انتخاب نوع نانوذره، در نظر گرفتن مساحت جانبی بالا، قیمت کم و ایجاد یک سطح قابل دسترس از طریق پخش خوب نانوذره<sup>۴</sup> بسیار حائز اهمیت است. نانوپوشش‌های هوشمند تولیدشده با استفاده از درصد ناچیزی بازدارنده (کمتر از ۵ درصد) قادرند با پوشش‌های حاوی مقادیر بالایی از بازدارنده (۳۰-۴۰ درصد) به‌خوبی رقابت کنند و حتی مقاومت خوردگی بهتری را نشان دهند. نانوپوشش‌های ضدخوردگی

شکل معمولی  
انعکاس دهنده امواج رادار



سطوح دندان‌دار تیز  
انتشار دهنده امواج رادار در  
جهات‌گوناگون



شکل ۲- نحوه تغییر شکل بدنه هواپیما برای منحرف‌سازی امواج رادار

نشست و برخاست هواپیما بسیار حائز اهمیت است. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که نانوذرات فریت نسبت به ذرات فریت میکرومقیاس خواص مغناطیسی بیشتری را از خود نشان می‌دهند و استفاده از آنها حتی در مقادیر کم نتایج عالی در پی داشته‌است. در یک نمونه نانوپوشش ضد رادار از نانوذرات فریت به میزان ۵ درصد در یک ماتریس پلیمری اکریلیک استفاده شده‌است [۸ و ۹].

همچنین نانولوله‌ها و نانوذرات کربن سیاه با توجه به ایجاد خواص مکانیکی بهینه جایگزین خوبی برای ذرات کربن معمولی محسوب می‌شوند. در نوع دیگری از این دسته پوشش‌ها، از نانوذرات کربن سیاه در ماتریس پلیمری به میزان ۵ درصد وزنی استفاده شده‌است [۱۰].

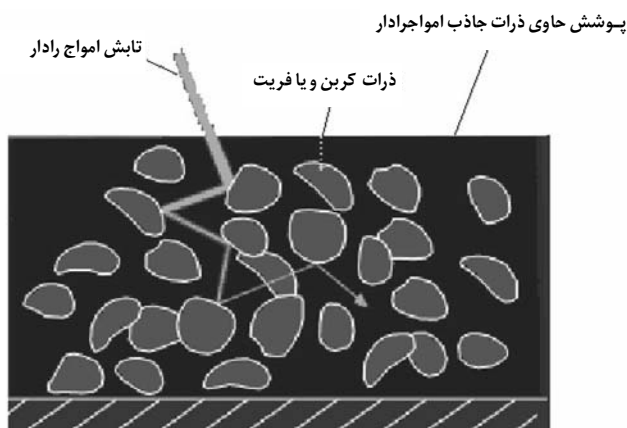
#### ۴- نانوپوشش‌های هوشمند تصفیه‌کننده هوا

نانوپوشش‌های تصفیه‌کننده هوا بر روی سطوح خارجی ساختمان‌ها و جاده‌ها به‌ویژه در نقاط پرتردد و دارای آلودگی بالا قابل استفاده هستند. به‌کارگیری این پوشش‌ها یکی از راه‌های کاهش خسارات ناشی از آلودگی هوا، به‌ویژه کاهش درصد  $\text{NO}_x$  و  $\text{VOC}$  محیط محسوب می‌گردد. هم‌اکنون این نوع پوشش‌ها به دو شکل پوشش‌های آلی و غیرآلی تولید می‌شوند. عامل تأثیرگذار مهم در عملکرد این دسته از پوشش‌های هوشمند، اکسیدهای فلزی نیمه‌هادی و

هواپیماهای موجود شکلی منحنی دارند. این نوع طراحی در ضمن اینکه آنها را آیرودینامیک می‌کند، سبب می‌شود امواج رادار با برخورد به هر جای هواپیما، به طرف تجهیزات رادار منعکس گردد؛ در حالی که با تغییر شکل سازه از حالت منحنی به سطوح با لبه‌های تیز می‌توان موجب پخش امواج رادار در جهاتی غیر از جهات قابل تشخیص توسط رادار شد (شکل ۲)؛

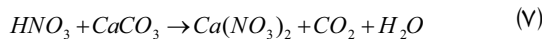
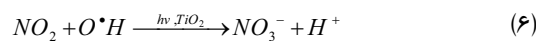
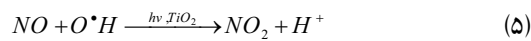
۲- پوشش دادن اهداف نظامی با مواد جاذب امواج الکترومغناطیسی: پوشش‌های جاذب امواج رادار، حاوی موادی هستند که انرژی موج را به‌طور متناوب جذب و در داخل خود به حرارت تبدیل می‌کنند. این حرارت پس از انتقال به بدنه هواپیما دفع می‌گردد (شکل ۳). در انواع پوشش‌های جاذب امواج رادار، از دو دسته مواد یکی ذرات مغناطیسی فریت و دیگری ترکیبات کربن، نظیر کربن سیاه استفاده می‌شود [۵-۷].

استفاده از نانوذرات در ساخت پوشش‌های هوشمند ضد رادار با اهدافی همچون دستیابی همزمان به پوششی با خواص مکانیکی بی‌نظیر مانند استحکام و چسبندگی بالا و کاهش وزن پوشش تا حد امکان صورت می‌گیرد. از مهم‌ترین اشکالات پوشش‌های ضد رادار سابق می‌توان به اعمال وزن اضافی ناشی از پوشش بر روی بدنه هواپیماها و سایر تجهیزات اشاره کرد که به‌ویژه در صنایع هوایی از نقطه نظر مصرف سوخت و مشکلات



شکل ۳- جذب امواج الکترومغناطیسی به وسیله مواد جاذب رادار

NO<sub>x</sub> و غیره افزایش یافته و به این ترتیب تخریب نوری بهتری صورت می‌گیرد. از سویی طبق قوانین نور و اپتیک، هرچه ذرات ریزتر باشند، طول‌موج‌های کوتاه‌تر را بیشتر جذب می‌کنند. بنابراین نانوذرات دی‌اکسیدتیتانیوم انرژی UV را بیشتر از ذراتی با اندازه معمولی جذب می‌کنند؛ لذا بازدهی تخریب نوری افزایش چشم‌گیری خواهد داشت. در پوشش‌های تصفیه‌کننده، واکنش اکسیداسیون NO<sub>x</sub>، NO و پس از آن خنثی‌سازی اسید ایجادشده را می‌توان به شکل زیر نشان داد:



محصول واکنش پس از بارش باران و یا شستشو با آب از سطح زدوده می‌شود. اگرچه CO<sub>2</sub> تولیدی نیز جزو گازهای گل‌خانه‌ای محسوب می‌گردد. درصد تولید این محصول جانبی در مقایسه با آنچه که منابع آلاینده تولید می‌کنند، بسیار ناچیز است. سرعت وقوع واکنش بستگی به شدت نور آفتاب، شرایط محیطی نظیر دما و رطوبت نسبی و میزان نانوذرات TiO<sub>2</sub> در معرض نور و نیز میزان جذب NO<sub>x</sub> محیط به وسیله پوشش دارد [۱۲، ۱۳، ۱۵، ۱۶].

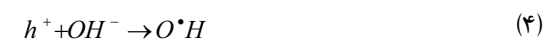
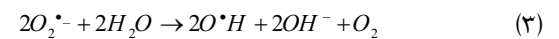
##### ۵- نانوپوشش‌های هوشمند تمیزشونده

عموماً فرایند پاک‌سازی و تمیزکردن نمای ساختمان‌ها، شیشه‌ها و برخی دیگر از اجزای داخلی با صرف هزینه و وقت زیادی همراه است و استفاده از پوشش‌هایی که زمینه‌های تمیز شدن خودبه‌خودی سطوح را فراهم آورند، بسیار مفید واقع می‌شود. همچنین این دسته از پوشش‌های تمیزشونده با اهداف ضدمه‌سازی و پاک‌سازی قابل استفاده بر روی سطوح شیشه‌ها و بدنه اتومبیل‌ها هستند. از دو نوع اثر (یکی موسوم به آبدوستی و دیگری موسوم به آب‌گریزی) در ساخت پوشش‌های خودتمیزشونده استفاده می‌گردد. خاصیت

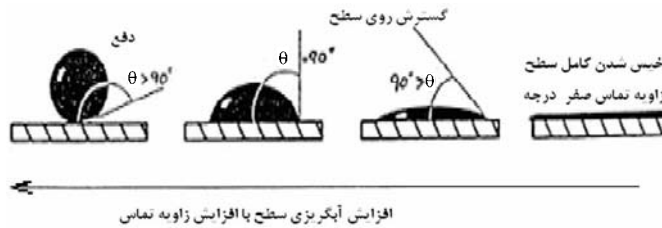
فوتوکاتالیست‌هایی نظیر TiO<sub>2</sub>، WO<sub>3</sub>، CdS و ZnO است که از میان آنها استفاده از TiO<sub>2</sub> و یا دی‌اکسیدتیتانیوم به دلیل پایداری شیمیایی بالا، سمیت پایین و ارزان بودن رایج‌تر است. یکی دیگر از مهم‌ترین اجزای سازنده این دسته از نانوپوشش‌ها انواع نمک‌های کربنات است که شامل کربنات کلسیم، کربنات روی، کربنات منیزیم و یا مخلوطی از آنهاست که رایج‌ترین آنها کربنات کلسیم است. این ترکیب می‌تواند ماده حاصل از واکنش فوتوکاتالیستی میان رادیکال‌های آزاد تولیدشده روی سطح نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم با NO و یا NO<sub>x</sub> را به نمک‌های معدنی کم‌خطر تبدیل کند [۱۱].

##### ۴-۱- عملکرد نانوذرات دی‌اکسیدتیتانیوم در پوشش‌های تصفیه‌کننده هوا

الکترون‌ها و حفراتی که در نتیجه واکنش فوتوکاتالیستی بر روی سطح نانوذرات دی‌اکسیدتیتانیوم شکل می‌گیرند می‌توانند آب و اکسیژن موجود در محیط را به یون‌های سوپراکسید و رادیکال‌های آزاد هیدروکسیل تبدیل کنند. همچنین حفرات ایجادشده، آلودگی‌های آلی را اکسید کرده، به آب، CO<sub>2</sub> و سایر مواد آلی واسطه بی‌خطر تبدیل می‌کنند. واکنش‌های تولید الکترون‌ها و حفرات بر روی سطح ذرات TiO<sub>2</sub> بر اثر تابش نور UV و به دنبال آن واکنش‌های اکسایش و کاهش را می‌توان به شکل زیر نشان داد (در این واکنش‌ها، نقاط علامت الکترون آزاد در رادیکال‌هاست):



از آنجا که واکنش فوتوکاتالیستی TiO<sub>2</sub> یک واکنش سطحی است، با کاهش اندازه ذرات، سطح مؤثر برای واکنش با آلودگی‌های آلی و سایر آلودگی‌ها نظیر گاز



شکل ۴- زوایای تماس بین قطره آب و سطح

که همزمان با افزایش زاویه تماس، کاهش انرژی سطحی را نیز به همراه خواهد داشت.

این پوشش نانو/میکروساختار با زبری کم، پستی و بلندی‌هایی در ابعاد نانومتر دارد. هر چه مقدار پستی و بلندی‌های سطح پوشش داده شده بیشتر باشد، زاویه تماس بزرگتر شده، قطرات آب تجمع بیشتری پیدا می‌کنند، همچنین در این حالت اندازه بسیار کوچک ساختار مانع فرورفتن آلودگی‌ها و ذرات معلق به داخل فرورفتگی‌ها می‌گردد. این ذرات به شکل آزاد بر روی سطح قرار می‌گیرند؛ بنابراین با لغزش قطرات آب روی سطح به آب چسبیده، از روی سطح زدوده می‌شوند (شکل ۵) [۱۷ و ۱۴].

سطح صاف یک شیشه دارای زاویه تماس  $30^\circ$  است. اگر این سطح با یک رزین سیلیکونی یا یک پلیمر فلورورکربنی پوشش داده شود، زاویه تماس بین  $100^\circ$  تا  $110^\circ$  درجه

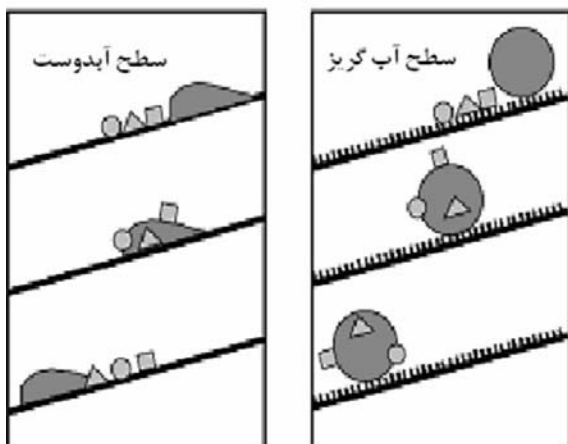
آب‌گریزی سطوح با تکیه بر ایجاد سطوح زبر نانساختار و یا میکرو/ نانساختار ایجاد می‌شود؛ اما خاصیت آب‌دوستی<sup>۷</sup> بر اساس خاصیت نور-آب‌دوستی نانوذرات نیمه‌هادی ایجاد می‌گردد.

#### ۵-۱- پوشش‌های آب‌گریز خودتمیزشونده

اساس ویژگی آب‌گریزی یک سطح، سازوکار اثری موسوم به لوتوس در برگ گیاهان است. در این حالت آب به محض تماس با سطح به شکل قطرات کروی تجمع و از روی سطح لغزیده و ذرات آلودگی و خاک‌ها را با خود از روی سطح می‌زداید. میزان خیس شدن یک سطح جامد با آب در هوای محیط به چگونگی ارتباط میان کشش‌های سطحی آب/هوا، جامد/آب و جامد/هوا بستگی دارد. نسبت میان این کشش‌ها، زاویه تماس بین یک قطره آب و سطحی که روی آن قرار گرفته ( $\theta$ ) را تخمین می‌زند؛ زاویه

تماس صفر درجه به معنای خیس شدن کامل سطح و آب‌دوست بودن آن و زاویه  $180^\circ$  درجه به معنای خیس نشدن و آب‌گریز بودن آن است. همان‌گونه که در شکل ۴ مشخص شده است، زاویه تماس بالاتر از  $90^\circ$  برای آب‌گریز شدن سطح ضروری است.

از آنجا که دستیابی به خاصیت آب‌گریزی برای سطوح کاملاً صاف میسر نخواهد بود، ایجاد سطوح آب‌گریز با کمک نانوپوشش‌ها از طریق قرار گرفتن یک پوشش زبر نانو/ میکروساختاری بر روی سطح امکان‌پذیر است



شکل ۵- مقایسه میزان تمیزشوندگی دو سطح آب‌گریز و آب‌دوست به وسیله قطرات آب.

مولکول‌های آب، حفرات ایجاد شده را پر می‌کند. به این ترتیب گروه‌های OH بیشتری بر روی سطح ذرات  $TiO_2$  قرار گرفته، آب‌دوستی سطح را افزایش می‌دهند. هر قدر سطح در تماس بیشتری با نور UV قرار گیرد، زاویه تماس آب کوچک‌تر می‌شود. پس از زمان کوتاهی تحت تابش متوسط نور UV، زاویه تماس به صفر می‌رسد و آب تمایل به پخش شدن بر روی سطح را پیدا می‌کند و به‌طور همزمان فرایند تخریب آلودگی‌های آلی نیز رخ می‌دهد. با تخریب آلودگی‌های آلی موجود بر روی سطح، مولکول‌های آبی که به شکل جذب شیمیایی بر روی سطح قرار داشتند دوباره به‌صورت آزاد روی سطح قرار می‌گیرند. آب‌های جذب شیمیایی شده، آب موجود در محیط را جذب فیزیکی می‌کنند و به این ترتیب آب روی سطح تجمع پیدا کرده، کاملاً پخش می‌شود و می‌تواند محصول واکنش تخریب را همراه خود از روی سطح بزاید [۲۰ و ۱۴].

#### ۶- نانوپوشش‌های هوشمند زیست‌فعال

نانوپوشش‌های ضدباکتری-که کاربردهای فراوانی در زمینه‌های بهداشتی و پزشکی دارند - از جمله نانوپوشش‌های هوشمندی هستند که از خواص فوتوکاتالیستی نانوذراتی نظیر  $TiO_2$  در ساخت آنها استفاده شده‌است. رادیکال‌های هیدروکسیلی که در نتیجه جذب امواج UV بر روی سطح نانوذرات  $TiO_2$  تولید می‌شوند می‌توانند با تخریب غشای سلولی میکروارگانیسم‌ها به ساختار سیتوپلاسم آن آسیب جدی وارد کرده، نهایتاً موجب مرگ و تخریب آن گردند. میکروارگانیسم‌های گوناگون در مقابل فعالیت فوتوکاتالیستی  $TiO_2$  از درجات حساسیت گوناگونی برخوردارند؛ به‌عنوان مثال ویروس‌ها بیش از باکتری‌ها و باکتری‌ها بیش از هاگ‌ها نسبت به خاصیت فوتوکاتالیستی  $TiO_2$  حساسیت نشان می‌دهند. تحقیقات ثابت کرده‌است که گندزدایی با استفاده از

خواهد شد؛ در حالی که یک سطح آب‌گریز عالی باید زاویه تماسی حدود ۱۶۰ درجه داشته باشد.

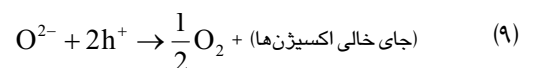
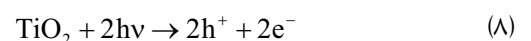
نانوپوشش‌های خودتمیزشونده در دو نوع آلی و غیرآلی تولید می‌شوند. اعمال این دسته از پوشش‌ها به دلیل نیاز به ایجاد یک لایه نازک پوششی به روش‌های چاپ غلطکی، لعاب‌دهی الکتروستاتیک و یا اسپری کردن انجام می‌شود [۱۹ و ۱۸].

#### ۵-۲- پوشش‌های آب‌دوست خودتمیزشونده

برای ایجاد یک پوشش آب‌دوست با سازوکار عمل نور-آبدوستی یک لایه نازک از پوشش حاوی نانوآکسیدهای فلزی فوتوکاتالیست یا سولفیدها ( $ZnS$ ،  $CdS$ ،  $TiO_2$ ،  $ZnO$ ،  $Fe_3O_4$  و...) بر روی سطح اعمال می‌شود. این سطح تحت تابش UV خاصیت فوق‌آبدوستی پیدا می‌کند. در این حالت آب به محض تماس با سطح به‌صورت یک ورقه روی سطح پخش می‌شود. پس از انجام واکنش‌های اکسایش و یا کاهش، آلودگی‌های آلی، غیرآلی، باکتری‌ها و یا ویروس‌ها تخریب می‌گردند، سپس آب موجود بر روی سطح، مواد حاصل از تخریب را به راحتی می‌زاید [۱۴].

#### ۵-۲-۱- سازوکار نور-آبدوستی ذرات دی‌اکسیدتیتانیوم

مواد آب‌دوست با داشتن کشش سطحی بالا می‌توانند پیوندهای هیدروژنی با آب تشکیل دهند. دی‌اکسیدتیتانیوم نیز پس از تابش UV آب‌دوست می‌شود. در این حالت الکترون‌های تولید شده در جریان واکنش فوتوکاتالیستی، کاتیون‌های  $Ti^{4+}$  را به  $Ti^{3+}$  تبدیل کرده و حفرات، آنیون‌های  $O_2$  را اکسید می‌کنند:



در این فرایند اتم‌های اکسیژن بیرون رانده شده و

## ۷- نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به کاربردهای متنوع و قابلیت‌های فراوان استفاده از نانوپوشش‌های هوشمند در صنایع گوناگون، به نظر می‌رسد که با کمک این فناوری بسیاری از کاربردهایی که ظاهراً در استفاده از پوشش‌های معمولی دور از دسترس هستند، حاصل گردیده‌است؛ اما آنچه ممکن است در کنار جذابیت‌های این هوشمندی نادیده گرفته شود مزایای اقتصادی و صرفه‌جویی‌های کلانی است که تولید و استفاده از نانوپوشش‌های هوشمند به دنبال خواهد داشت؛ بنابراین سوق دادن تحقیقات در زمینه پوشش‌های نوین در این جهت و به دنبال آن تجاری‌سازی این فناوری می‌تواند به‌عنوان افقی روشن و دستاوردی عظیم در عرصه تحقیقات نانوپوشش‌ها در کشورمان مورد توجه قرار گیرد.

نانوذرات  $TiO_2$ ، سه برابر کلراسیون و  $1/5$  برابر اوزوناسیون مؤثر واقع می‌شود [۲۱ و ۲۲]. در یک نوع پوشش ضدباکتری سارس<sup>۸</sup> از ویژگی سطح جانبی بالای نانوذرات  $TiO_2$ ، برای حمل ذرات فلز نقره و آزادسازی تدریجی یون‌های نقره استفاده می‌گردد. در این حالت سطح نانوذرات  $TiO_2$ ، با لایه‌ای نانومتری از نقره پوشش داده می‌شود و یون‌های نقره در مدت زمانی طولانی آزاد گردیده، ویروس و باکتری بیماری‌زا را تخریب می‌کنند. مطابق آمار، خسارات اقتصادی ناشی از رسوب کپک و جلبک‌های دریایی بر روی کشتی‌ها و سایر سازه‌های دریایی، میلیاردها دلار در سال برآورد می‌گردد که با کاربرد پوشش‌های نانو ساختار ضدخزه می‌توان به رفع این معضل کمک کرد [۲۳].

## پانویس

1. Bioactive
2. Binder

۳. منظور توانایی ایجاد سد و مانع در برابر ورود عوامل خورنده نظیر آب، یون‌ها و غیره است.

۴. استفاده از خاصیت مساحت جانبی بالا به‌عنوان مزیت اصلی نانوذرات در ساخت نانوپوشش‌ها زمانی میسر می‌گردد که سطح ذره کاملاً در اختیار محمل مورد نظر قرار گیرد؛ بدین معنی که تا جای ممکن ذرات باید از حالت چسبیده یا اگلومره خارج شوند.

5. Echo
6. Volatile Organic Solvent
7. Photo-hydrophilic
8. SARS

- [1]. R. Cook, J. Elliott, A. Myers "Designing nanoparticles for functional materials and coating".
- [2]. R.Cook, "Choromat free corrosion inhibitors".
- [3]. M.L.Zheludkevich, R.Serra, M.F.Montemor, M.G.S.Ferreira. Electrochem.Communic, 836 , 840,(2005).
- [4]. <http://www.knowclub.net/paper/p=145>
- [5]. [http://www.f-22raptor.com/st\\_getstealthy.php](http://www.f-22raptor.com/st_getstealthy.php).
- [6]. [http://www.en.wikipedia.org/wiki/radar\\_absorbent\\_material](http://www.en.wikipedia.org/wiki/radar_absorbent_material).
- [7]. <http://www.aeronautics.ru/f117a.htm>.
- [8]. D.Thapa, V. R. Palkar, M. B. Kurup , S. K. Malik "Properties of magnetite nano particles synthesized through a novel chemical route".
- [9]. S.J.Savage, "Production of nanocomposite".
- [10]. [http://fab.snu.ac.kr/bbs/files/idim\\_publications/RAS%20shell-ahn.pdf](http://fab.snu.ac.kr/bbs/files/idim_publications/RAS%20shell-ahn.pdf)
- [11]. <http://www.picada-project.com/domino/SitePicada/Picada.nsf>
- [12]. T. Corrales ,C. Peinado ,N.S Allen ,M Edge, G.Sandoval, F.Catalina, " A chemiluminescence study of micron and nanoparticle titanium dioxide:effect on the thermal stability of metallocene polyethylene" J Photochem & Photobio, 156, 151,(2003).
- [13]. S.N Allen ,M. Edge ,A. Ortega,G.Sandoval, "Degradation and stabilisation of polymers and coatings: nano versus pigmentary titania particles", Polym Degrad & Stabil, 85, 927, (2004).
- [14]. D.Antonio, D.Li , "Self cleaning glass and electrochromic glass".
- [15]. L.Osbern, "A literature review on the application of titanium dioxide reactive surface on urban infrastructure for depolluting and selfcleaning application".
- [16]. F. Vallée, B. Ruot, L. Bonafous, L. Guillot, N. Pimpinelli, L. Cassar, A. Strini E. Mapelli, "Innovative self-cleaning and de-polluting facade surfaces", CIB World Building Congress, (2004).
- [17]. <http://www.turi.org/content/download/1472/7639/file/Lotus%20Paper.pdf>.
- [18]. R.Benedix, F. Dehn, J. Quaas, M. Orgass, "Application of Titanium Dioxide Photocatalysis to Create Self-Cleaning Building Material".
- [19]. [http://www.toto.co.jp/hydro\\_e/index.htm](http://www.toto.co.jp/hydro_e/index.htm).
- [20]. K.Guan, "Relationship between photocatalytic activity, hydrophilicity and self-cleaning effect of TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> films", Surf & Coat Technol, 191, 155, (2005).
- [21]. <http://www.novapure.com/DesktopDefault.aspx?tabid=69>
- [22]. Z. Huang, P. C. Maness, D. M. Blake, E. J. Wolfrum, S. L. Smolinski, "Bactericidal mode of titanium dioxide photocatalysis" J. Photochem. Photobiol. A. Chem. (1999).
- [23]. <http://www.azonano.com/details.aspArticleID=417>



## کاربردهای نانوذرات لیپوزومی در انتقال دارو

### چکیده:

فناوری نانو به صورت ساده به معنای توانایی ساخت و طراحی مواد در سطح اتمی است. ریچارد فاینمن برای اولین بار، ایده فناوری نانو را مطرح کرد. نانوزیست فناوری شاخه‌ای از فناوری نانو است که طبیعت زنده را به عنوان الگو قرار داده است و با نگرشی علمی به عملکرد و ساختارهای زیست‌شناسی، راه نوینی را در زمینه درمان بیماری‌ها، از جمله سرطان‌ها، نقص‌های هورمونی، سیستم انتقال دارو و ... ایجاد نموده است. برخی نانو ذرات پلیمری زیستی مانند لیپوزوم‌ها<sup>۱</sup> برای انتقال دارو مناسب هستند. لیپوزوم‌ها زیر مجموعه‌ای از دوگانه دوست‌ها<sup>۲</sup> هستند. در این مقاله ابتدا دوگانه دوست‌ها، لیپوزوم‌ها و ویژگی‌های آنها بیان می‌گردد. در انتها نیز سازوکار عمده موثر در انتقال دارو توسط لیپوزوم‌ها بررسی می‌گردد.

گردآورنده:  
راضیه کرمزاده

**کلیدواژه‌ها:** نانوزیست فناوری، دوگانه دوست‌ها، لیپوزوم، خودآرایی<sup>۳</sup> مولکولی، نانوالیاف پلیمری.

دانشجوی کارشناسی رشته  
علوم سلولی – مولکولی، دانشگاه  
آزاد اسلامی واحد تهران مرکز  
(علوم پایه)  
h\_karamzadeh@yahoo.com  
razie

### ۱- مقدمه

یکی از کاربردهای نانوزیست فناوری، طراحی نانوماشین‌ها در سیستم انتقال دارو است. نانوماشین‌های زیستی در محیط زنده سلولی عملکرد مناسبی داشته و امروزه به یکی از پرکاربردترین ساختارها در سیستم انتقال دارو تبدیل شده‌اند. محققان تلاش خود را در زمینه ساخت نانوماشین‌های زیستی مناسب برای انتقال دارو ادامه داده و نانوماشین‌هایی را به نام نانوذرات پلیمری (PNPs)<sup>۴</sup> طراحی نمودند [۲]. لیپوزوم‌ها از جمله نانوذرات پلیمری زیستی هستند، بنابراین برای انتقال دارو، بی‌ضرر بوده و موجب بروز پاسخ ایمنی نمی‌شوند. یکی دیگر از ویژگی‌های بارز این ساختارها، زیست‌تجزیه پذیری آنهاست.

## ۲- معرفی کلی دوگانه دوست‌ها

لیپوزوم‌ها زیرمجموعه‌ای از دوگانه دوست‌ها هستند. برای درک بیشتر، در ابتدا دوگانه دوست‌ها و سپس لیپوزوم‌ها معرفی می‌شوند.

### ۱-۲- دوگانه دوست‌ها

دوگانه دوست‌ها موادی هستند که در آنها دو سر آب‌گریز و آب‌دوست وجود دارد. این مواد را به این دلیل دوگانه دوست نامیده‌اند که از طرف آب‌دوست در محیط‌های قطبی حل شده و از طرف آب‌گریز در محیط‌های غیرقطبی حل می‌شوند. دوگانه دوست‌ها بسته به محیط‌های قطبی و غیرقطبی به صورت‌های متفاوتی خودآرایی می‌کنند. برای مثال مولکول‌های دوگانه دوست

در محیط قطبی به گونه‌ای قرار خواهند گرفت که قسمت آب‌دوست در خارج (به سمت محیط) و قسمت آب‌گریز به سمت داخل قرار گیرد. از انواع دوگانه دوست‌ها می‌توان به درجنت‌ها، مواد رنگی، غذاها و محصولات دارویی اشاره کرد. از جمله این ساختارها می‌توان به ساختارهای دولایه‌ای همانند غشای فسفولیپیدی سلول‌ها و یا ساختارهای تک‌لایه‌ای همانند میسل‌ها و غیره اشاره نمود.

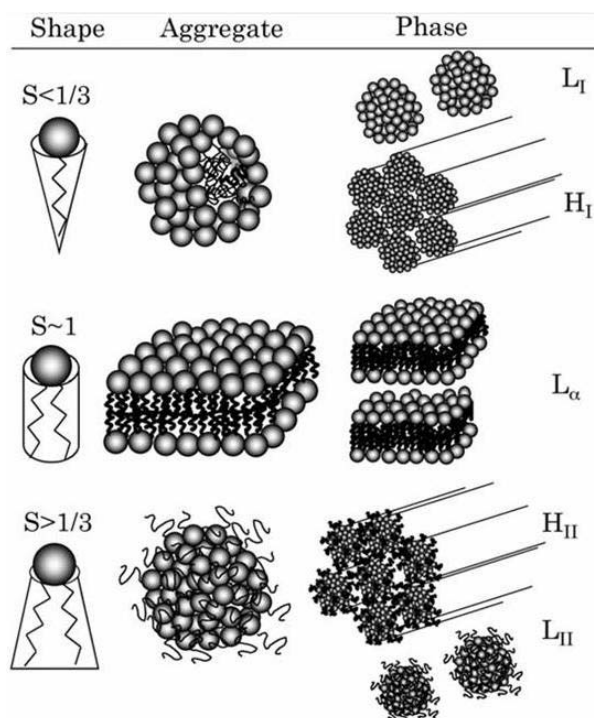
### ۱-۱-۲- خودآرایی در دوگانه دوست‌ها

یکی از دلایل خودآرایی مواد دوگانه دوست برای تشکیل انواع میکروساختارها، تمایل دوگانه آنها نسبت به حلال‌های مختلف است. همانطور که در قسمت قبل بیان شد، هر ماده دوگانه دوست شامل دو قسمت آب‌دوست (قطبی) و آب‌گریز (غیرقطبی) است. در محلول‌های آبی (قطبی)، دوگانه دوست‌ها ابتدا به صورت مونومرهای درآمده و سپس در غلظت‌های مشخصی، براساس نیروهای آب‌دوست به صورت خودبه‌خودی گردهم

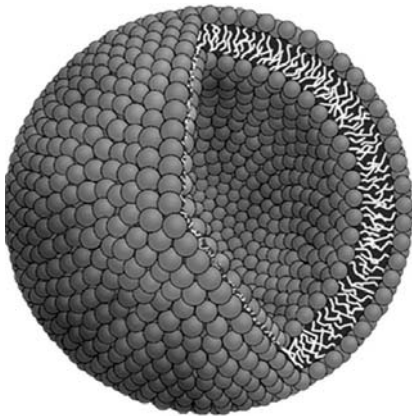
می‌آیند. این سازمان‌دهی با افزایش بی‌نظمی سیستم افزایش می‌یابد. منشأ این افزایش بی‌نظمی، نیروهای ضعیف آب - هیدروکربن است که در طی آن مولکول‌های آب موجب راندن و خودآرایی سرهای غیرقطبی به سمت یکدیگر می‌شود. بنابراین افزایش بی‌نظمی منشأ گرفته از مولکول‌های آب، انرژی لازم برای خودآرایی را ایجاد می‌کند. در شکل ۱ خودآرایی هندسی دوگانه دوست‌ها نشان داده شده است.

### ۲-۱-۲- اهمیت وجود گوگرد و تأثیر آن بر نحوه خودآرایی مواد دوگانه دوست

خودآرایی، تنها با دخالت آب‌دوستی پدید نمی‌آید، بلکه می‌تواند مربوط به عوامل مولکولی، از جمله عناصر



شکل ۱- مفهوم خودآرایی هندسی دوگانه دوست‌ها:  $L_I$  (نمایی از دوگانه دوست‌ها به صورت میسل در حالت نرمال؛  $H_I$ ) (نمایی از دوگانه دوست‌ها در حالت شش‌وجهی نرمال؛  $L_{II}$ ) (نمایی از دوگانه دوست‌ها در حالت دولایه‌ای (قسمت آب‌گریز به سمت یکدیگر و قسمت آب‌دوست به سمت بالا و پایین است؛  $H_{II}$ ) (نمایی از دوگانه دوست‌ها در حالت شش‌وجهی وارونه؛  $L_{II}$ ) (نمایی از دوگانه دوست‌ها به صورت میسل در حالت وارونه). (واژه نرمال اشاره به قرار گرفتن قسمت آب‌دوست به سمت خارج و قسمت آب‌گریز به سمت داخل دارد و واژه وارونه به معنی قرار گرفتن قسمت آب‌گریز به سمت خارج و قسمت آب‌دوست به سمت داخل است). لازم به ذکر است S نشان دهنده وجود زنجیره گوگرد در ساختار دوگانه دوست‌هاست.



شکل ۲- نمایش کلی لیپوزوم

متحداً مرکز، هر کدام به قطر تقریبی ۴nm، تشکیل شده باشند. لیپوزوم‌ها به دلیل خاصیت دوگانه‌دوستی، دارای ویژگی منحصر به فردی هستند. این ویژگی‌های خاص آنها را برای استفاده در سیستم انتقال دارو مناسب ساخته است (شکل ۲) [۳].

### ۳- ویژگی‌های عمده لیپوزوم‌ها

لیپوزوم‌ها، ساختارهای مفیدی برای انتقال دارو هستند. در بسیاری از موارد، داروهای تجویز شده فقط باید به بافت مورد نظر هدایت شده و از این نظر می‌توان گفت این داروها برای دیگر بافت‌های بدن مضر محسوب می‌شوند. به علاوه، لیپوزوم‌ها به واسطه ساختار خاص خود، طول مدت ماندگاری داروها را در خون افزایش می‌دهند. همچنین لیپوزوم‌ها در انتقال هدفمند داروها به مکان‌های مناسب و مربوطه نقش مهمی را ایفا می‌کنند. به عنوان مثال می‌توان به نقش لیپوزوم‌ها در انتقال دارو به درون ماکروفاژها در درمان عفونت‌های لیشمانیایی<sup>۶</sup> اشاره نمود. ماکروفاژها دسته‌ای از گلبول‌های سفید مؤثر در عملکرد سیستم ایمنی بدن هستند که از مونسیت‌های خون منشأ می‌گیرند. عفونت لیشمانیایی از جمله عفونت‌های در ارتباط با ماکروفاژهاست. به دلیل قرارگیری عوامل این عفونت در داخل گلبول‌های سفید

موجود در ساختار مواد دوگانه‌دوست نیز باشد. از جمله این عوامل می‌توان به وجود گوگرد اشاره نمود. وجود گوگرد در زنجیره و همچنین طول زنجیره حاوی آن در ناحیه سرهای قطبی، در پیش‌بینی میزان گردهمایی مولکولی مؤثر است. با مؤثرترین سرهای قطبی، وضعیت محلول مورد نظر (از نظر غلظت و غیره) در خودآرایی مولکول‌ها نقش مهمی را ایفا می‌کند. معادله (۱) نشان‌دهنده رابطه میزان گوگرد و دیگر پارامترهای مؤثر بر خودآرایی مولکولی است.

$$S = \frac{V}{I\alpha} \quad (1)$$

در معادله (۱)،  $V$  حجم قسمت آب‌دوست،  $I$  طول زنجیره آب‌دوست و  $\alpha$  ناحیه مؤثر به ازای هر گروه قطبی است. پارامترهای ذکر شده شامل اطلاعاتی در رابطه با شکل هندسی مولکول است و میزان گوگرد در آن نشان‌دهنده فرم‌های مختلف قابل دسترس مؤثر در گردهمایی است. اهمیت وجود گوگرد مربوط به ویژگی‌های مولکول، انحراف آن و در نهایت ایجاد ساختارهای سازمان‌یافته است. حرکت قراردادی زنجیره گوگردی به سمت قسمت آب‌دوست، بار مثبت و حرکت آن به سمت قسمت قطبی، بار منفی را ایجاد می‌کند. اهمیت وجود گوگرد در شکل ۱ نشان داده شده است.

### ۲-۲- لیپوزوم‌ها

لیپیدها، همراه با پروتئین‌ها و نوکلئیک اسیدها، از نظر ساختار و عملکرد زیستی از جمله مولکول‌های زیستی مهم به‌شمار می‌آیند. اکثر لیپیدها، شامل چربی‌ها و موم‌ها هستند. اما این مقاله بیشتر در زمینه لیپیدهای دوگانه‌دوست متمرکز شده است. این‌گونه لیپیدها، همانند لیپوزوم‌ها جزء ساختارهای اصلی غشاهای زیستی به‌شمار می‌آیند. لیپوزوم‌ها، ساختارهای بسته و کروی هستند و شامل دو لایه لیپیدی خمیده و دربرگیرنده محلولی در قسمت داخلی خود هستند. اندازه لیپوزوم‌ها در محدوده ۲۰nm تا ۱۰ $\mu$ m است و ممکن است از تعدادی غشاهای

درون رگ‌های خونی پاک شوند. از بین رفتن لیپوزوم‌های خالص در خون به دلیل وجود ایمونوگلوبولین‌ها (RES)<sup>۱۰</sup> و لیپوپروتئین‌های خونی است. این مولکول‌های شناساگر، مواد خارجی را شناسایی کرده و با اتصال به آن موجب فاگوسیت شدن و در نتیجه از بین رفتن آنها می‌شوند. به منظور جلوگیری از عملکرد ایمونوگلوبولین‌ها و اتصال آنها به سطوح لیپوزومی، محققان نانوالیاف پلیمری با زنجیره‌های بلند در سطح لیپوزوم‌ها طراحی نموده‌اند. این پلیمرهای زیستی همچون PLLA [۴] با سازوکاری خاص از اتصال مولکول‌های شناساگر RES جلوگیری کرده و میزان ماندگاری آنها را در خون افزایش می‌دهند. به دلیل وجود ساختارهای خاص و مخفی شدن از سیستم ایمنی، این لیپوزوم‌ها را لیپوزوم‌های مخفی<sup>۱۱</sup> می‌خوانند. در بسیاری از موارد، لزوم عملکرد هدفمند لیپوزوم‌های کپسول‌دار<sup>۱۲</sup>، مورد توجه است و تا زمانی که لیپوزوم‌های مذکور به مکان مورد نظر دست نیابند، داروهای موجود در آنها به صورت غیرفعال خواهد ماند. به همین منظور لیپوزوم‌های متفاوتی طراحی شده که از آنها می‌توان به لیپوزوم‌های حساس به حرارت<sup>۱۳</sup> و لیپوزوم‌های حساس به pH اشاره نمود. عملکرد این لیپوزوم‌ها براساس تغییر پارامترهای محیطی متفاوت بوده و این تغییرات محیطی سبب نوآرایی و دیپلمریزه شدن لیپوزوم‌ها در مکان هدف و آزاد شدن مواد دارویی می‌شود (شکل ۳).

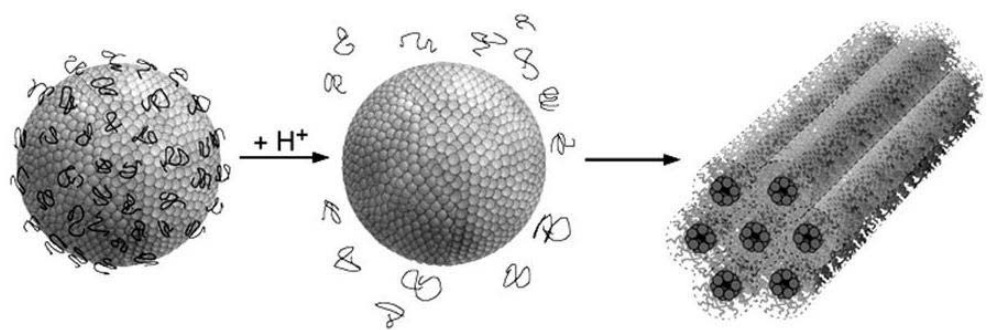
(ماکروفاژها) و در نتیجه عدم شناسایی آنها توسط سیستم ایمنی بدن، این عفونت به صورت غیرقابل کنترل گسترش می‌یابد. یکی از راه‌های مؤثر در درمان این عفونت، استفاده از لیپوزوم‌هاست. سازوکار عملکرد آنها به صورت زیر خواهد بود:

وقتی لیپوزوم‌ها وارد خون و مایع بین سلولی می‌شوند، ماکروفاژها وارد عمل شده و لیپوزوم‌ها را فاگوسیت<sup>۷</sup> می‌کنند. بدین ترتیب لیپوزوم‌ها به درون ماکروفاژها راه یافته و در نهایت با انجام فرایند خاصی موجب از بین رفتن عوامل عفونت می‌شوند.

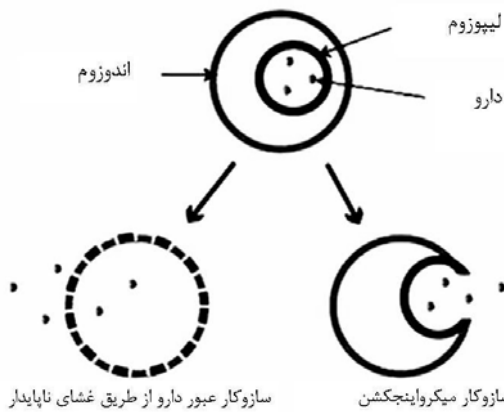
لیپوزوم‌ها همچنین موجب کاهش خاصیت نوروٹوکسیک<sup>۸</sup> داروها می‌شوند. بسیاری از داروها از سد خونی مغزی (BBB)<sup>۹</sup> عبور کرده و در نهایت موجب آسیب‌های جدی در مغز می‌شوند. استفاده از لیپوزوم‌ها به منظور انتقال این داروها مناسب است. لیپوزوم‌ها به جهت بزرگتر بودن از نظر اندازه، قادر به عبور از سد خونی مغزی نبوده بنابراین از بروز آسیب‌های مغزی جلوگیری می‌کنند.

لیپوزوم‌ها به طور مؤثری به لایه‌های داخلی پوست نفوذ می‌کنند. با افزودن آنها به کرم‌های پوستی و همراه نمودن انواع ویتامین‌ها و عوامل ضدآفتاب و غیره، این ساختارها در صنایع آرایشی-بهداشتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند.

به دلیل عدم وجود وزیکول‌های لیپیدی خالص به صورت محلول در خون، لیپوزوم‌ها ممکن است به سرعت از



شکل ۳- فرایند دیپلمریزه شدن لیپوزوم به هنگام قرارگیری در pH پایین



شکل ۵- دو سازوکار آزادسازی دارو در درون سیتوزول

۴- سازوکارهای عمده مؤثر در انتقال دارو براساس چگونگی اثر لیپوزومها به هنگام رویارویی با بافت هدف  
۱-۴- آزادسازی مواد دارویی در ECM<sup>۱۵</sup>

لیپوزومهای طراحی شده توسط این سازوکار به گونه‌ای ساخته می‌شوند تا پس از قرارگیری در مایع میان‌بافتی بافت هدف، داروهای مؤثر را رها نمایند. (پس از رهاسازی، این داروها به درون سلول هدف می‌روند).

۲-۴- ورود لیپوزوم به سلولهای هدف توسط پدیده فاگوسیتوز

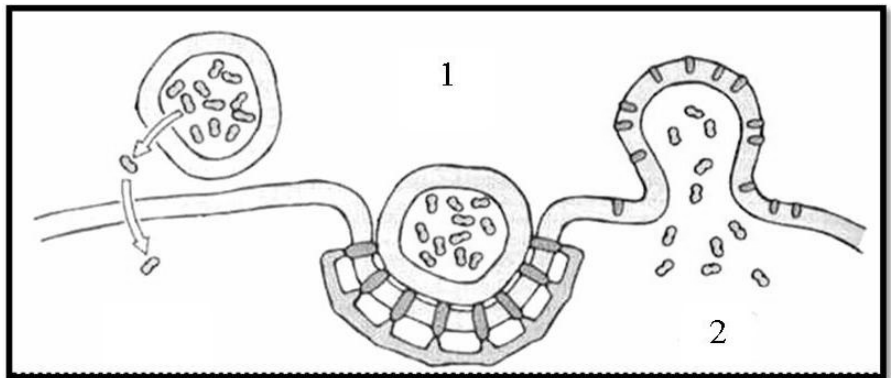
لیپوزومهای طراحی شده توسط این سازوکار، حاوی پروتئین‌های خاصی از قبیل (آنتی‌بادی‌های خاص سلول هدف) بوده و به‌عنوان هدایت‌گر لیپوزوم عمل می‌نمایند. لیپوزوم پس از نزدیک شدن به بافت هدف، توسط این پروتئین‌ها به مکان‌های خاصی به سطح سلول هدف متصل و توسط سلول فاگوسیت می‌شوند. پس از ورود به سلول و تشکیل اندوزوم (ذره خارجی که به‌وسیله سلول فاگوسیت می‌شود را اندوزوم گویند) (شکل ۴، قسمت ۲)، دارو از طریق دو سازوکار متفاوت به درون سیتوزول آزاد می‌شود که به سازوکارهای میکرواینجکشن<sup>۱۶</sup> و ناپایدار<sup>۱۷</sup> معروفند (شکل ۵). لازم به ذکر است میکرواینجکشن به معنی ادغام غشای لیپوزوم با غشای اندوزوم است.

۳-۴- ادغام غشای لیپوزوم با غشای سلول<sup>۱۸</sup>

در این حالت لیپوزوم به گونه‌ای طراحی می‌شود که توانایی ادغام با غشای سلول مورد نظر را داشته باشد. این پدیده یعنی ادغام لیپوزوم، بواسطه پذیرنده‌های سطحی موجود در سطح لیپوزوم صورت می‌گیرد که طی آن اتصال لیگاند-پذیرنده (لیگاند پروتئین سطحی سلول هدف) ایجاد می‌شود. لازم به ذکر است وجود پذیرنده‌های خاصی در سطح سلول هدف و همچنین لیپوزوم منجر به عمل ادغام خواهد شد (شکل ۴، قسمت ۳).

۵- نتیجه‌گیری

نانوزیست‌فناوری زیرشاخه‌ای از فناوری نانو به‌عنوان یکی از حوزه‌های متنوع و مرتبط با رشته‌های مختلف در تحقیقات به‌شمار می‌آید. این حوزه، نوآوری‌هایی را در زمینه عملکرد و ایجاد ویژگی‌های مختلف در مواد و ابزارها با الگو قرار دادن ماشین‌های زیستی سلول در مقیاس نانومتر فراهم آورده است. یکی از این نانوماشین‌ها لیپوزومها هستند که امروزه به‌عنوان ساختارهای مؤثر در زمینه انتقال دارو به‌کار گرفته می‌شوند. لیپوزومها در آینده‌ای نزدیک به‌عنوان ابزارهای مؤثر و به‌طور گسترده در درمان بیماری‌های مختلف مورد استفاده قرار خواهند گرفت.



شکل ۴- سازوکارهای عمده مؤثر در انتقال دارو براساس چگونگی اثر لیپوزومها به هنگام رویارویی با بافت هدف. از چپ به راست به ترتیب سازوکار ۱ و ۲.

## ۶- منابع

- [1]. David S. Goodsell "BIONANOTECHNOLOGY" (lessons from nature), Wiley, (ISBN: 0-471-41719-X), 1,3,5& 241-243, (2004).
- [2]. www.chemgroups.northwestern.edu (PNPs for drug delivery).
- [3]. NILL BERGSTRAND, "Liposomes for Drug Delivery from Physico-chemical Studies to Applications", ACTA UNIVERSITATIS UPSALIENSIS/ UPPSALA, 7& 8-10 & 22-24& 41-42, (2003).
- [4]. Challa S.S.R.Kumar, Tissue, cell & organ engineering, Wiley, ISBN=3527313893, chap 2, 111 (part 2.9 "Innovations in Nanofiber Scaffolds"), (2006).

## پانوشته

1. Richard Feynman
2. Liposome
3. Amphiphils
4. Self-assembly
5. Polymer nanoparticles
6. Leishmania infection
۷. فرایند بلعیدن جسم خارجی توسط سلول‌های بدن را گویند.
8. Neurotoxic
9. Blood Brain Barrier
10. Reticuloendothelial system
11. Stealth Liposomes
۱۲. لیپوزوم‌های دارای پوشش پلیمری
13. Temperature sensitive liposomes
14. pH-sensitive liposomes
15. Extra Cellular Matrix
16. The Micro injection mechanism:
17. The destabilisation mechanism
18. Fusion



## آشنایی با میکروسکوپ تونلی روبشی

### اشاره:

میکروسکوپ پروبی روبشی (SPM)<sup>۱</sup> عبارتی کلی است برای مجموعه‌ای از میکروسکوپ‌هایی که سطح ماده را با قدرت تفکیکی در مقیاس نانومتری و یا حتی کمتر از آنگستروم روبش کرده و تصاویر توپوگرافی یا نقشه‌هایی از یک خاصیت فیزیکی یا شیمیایی سطح ماده را تهیه می‌کند. STM، AFM، LFM، EC-STM، MFM، C-AFM و ده‌ها فن تصویرسازی دیگر در گروه SPM قرار می‌گیرند.

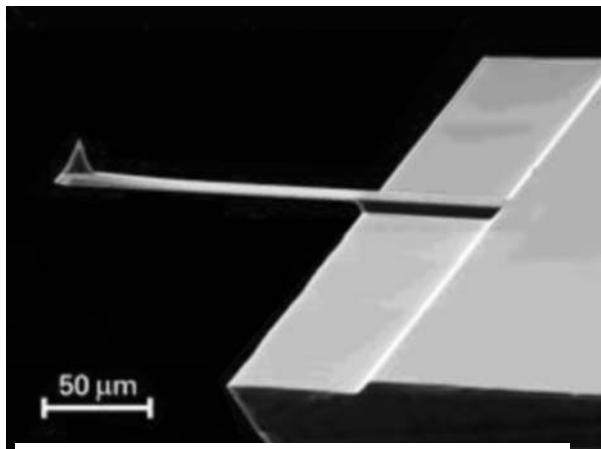
میکروسکوپ تونلی روبشی (STM)<sup>۲</sup> که یکی از مهم‌ترین انواع SPM است، ابزاری قدرتمند برای نشان دادن سطح با قدرت تفکیک در مقیاس اتمی است. میکروسکوپ تونلی روبشی (STM)، اولین نوع از خانواده میکروسکوپ‌های SPM بود که در سال ۱۹۸۱ توسط گرهارد بنینگ<sup>۳</sup> و هاینریش روهرر<sup>۴</sup> در شرکت IBM در شهر زوریخ<sup>۵</sup> سوییس اختراع شد. پنج سال بعد جایزه نوبل فیزیک برای این اختراع به آنها داده شد. STM اولین دستگاهی بود که تصاویر سه بعدی واقعی<sup>۶</sup> با قدرت تفکیک اتمی از سطوح تولید کرد.

تهیه‌کننده:  
پروین هادیان

کارشناس رشته شیمی محض،  
شرکت مهارفن ابزار  
lab@maharfan.com

### میکروسکوپ تونلی روبشی

میکروسکوپ تونلی روبشی (STM) می‌تواند نقشه سطوح مواد جامد را با قدرت تفکیک اتمی تهیه کند و نه تنها ساختار سطوح کریستالی کامل، بلکه توزیع نقایص نقطه‌ای، ناخالصی‌های جذب شده در سطح و عیوب ساختاری را آشکار می‌سازد. امروزه میکروسکوپ تونلی روبشی به دلیل توانمندی در انجام آزمایش‌های موضعی که با تک‌اتم‌ها یا مولکول‌ها قابل انجام است، به ابزار کار ضروری در حوزه فناوری نانو تبدیل



شکل ۲- نمونه‌ای از یک سوزن STM با پوشش هادی TiN یا Pt.

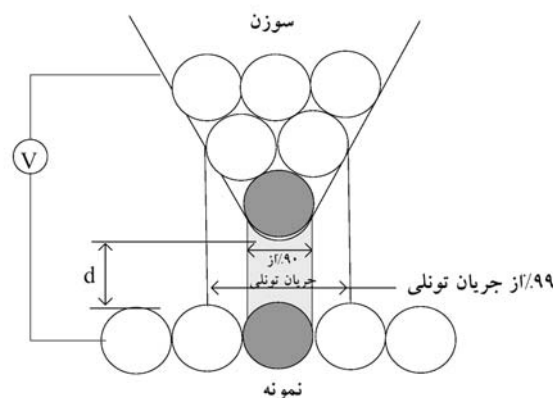
جریان تونلی به وجود آمده که با تغییر فاصله سوزن تا نمونه تغییر می‌کند، به عنوان سیگنالی برای تصویرسازی STM استفاده می‌شود. برای اینکه تونل زنی اتفاق بیافتد باید نمونه و سوزن، هر دو هادی یا نیمه‌هادی باشند. شکل ۲ نمونه‌ای از یک سوزن با پوشش هادی TiN یا Pt را نشان می‌دهد. برخلاف AFMها، STMها نمی‌توانند از مواد عایق تصویر تهیه کنند.

در یک دستگاه معمولی (شکل ۳)، سوزن به کمک فعال‌کننده‌های<sup>۱</sup> پیزوالکتریک<sup>۲</sup>، در سه جهت حرکت می‌کند. یک کنترل‌کننده الکترونیک، سوزن را در فاصله سوزن-نمونه مربوط به جریان تونلی از پیش تعیین شده، تنظیم می‌کند. این فاصله توسط یک رایانه به عنوان تابعی از موقعیت جانبی<sup>۱۰</sup> ثبت شده و به صورت تصویر نمایش داده می‌شود. پایداری مکانیکی زیاد دستگاه، پیش شرط اندازه‌گیری موفقیت‌آمیز در مقیاس اتمی است.

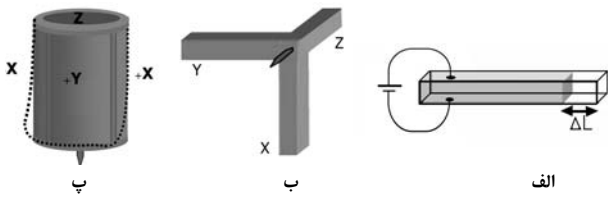
با این مثال از STM، تمام اجزای یک میکروسکوپ پروبی رویشی معرفی شده‌اند. برهم‌کنش کوتاه برد که قدرت تفکیک مطلوب را می‌دهد، توسط یک پروب موضعی احساس می‌شود. پروب، سطح مورد مطالعه را رویش می‌کند، سپس سیگنال‌های اندازه‌گیری ثبت و در سیستم رایانه‌ای پردازش می‌شود. دستگاه باید دارای ساختار صلب و از نظر ارتعاشات ایزوله باشد تا بتواند محل قرار

شده است. به عنوان مثال می‌توان از پروب موضعی برای جابجایی اتم‌ها یا مولکول‌ها و در نتیجه تشکیل ساختارهای مصنوعی در مقیاس اتمی، استفاده نمود. در STM، یک سوزن تیز فلزی، سطح را در فاصله کم‌تر از ۱ nm رویش می‌کند. این فاصله توسط جریان تونلی بین سوزن و سطح هادی، تنظیم می‌شود. در STM، جریان تونلی یک اثر مکانیک کوانتم با دو پدیده مهم است: اول، این جریان بین دو الکترون، حتی از میان لایه نازکی از عایق یا شکاف نازکی از خلأ برقرار می‌شود و دوم، این جریان در مقیاس طول در حد شعاع یک اتم، افت می‌کند. در STM، جریان تونلی از آخرین اتم نوک سوزن به تک‌اتم‌های روی سطح نمونه جریان یافته و به این ترتیب، قدرت تفکیک اتمی را فراهم می‌کند.

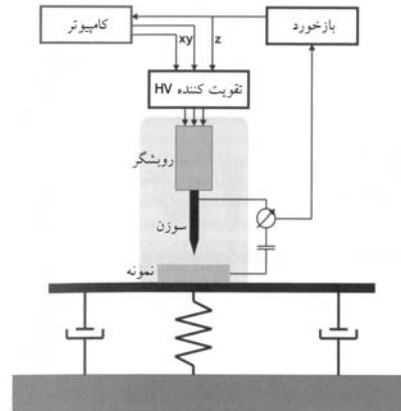
یک ولتاژ بایاس بین سوزن و نمونه اعمال می‌شود. وقتی که سوزن به فاصله کم‌تر از ۱۰ آنگستروم سطح نمونه آورده می‌شود، الکترون‌ها بر اساس پدیده تونل‌زنی<sup>۷</sup> از نمونه به اتم‌های سوزن یا بالعکس (بسته به جهت ولتاژ بایاس) جریان می‌یابند، به طوریکه بیش از ۹۰ درصد جریان تونلی از انتهای‌ترین اتم سوزن به نمونه (و یا بالعکس) جاری می‌گردد (شکل ۱).



شکل ۱- شماتیک برهم‌کنش سوزن و نمونه. جریان تونلی در فاصله آنگسترومی از سطح نمونه به سوزن (و یا بالعکس) جاری می‌گردد. در این فرایند بیش از ۹۰ درصد جریان الکترون از انتهای‌ترین اتم سوزن جاری می‌گردد.



شکل ۴- (الف) اعمال ولتاژ، عامل پیزو را بلندتر یا کوتاه تر می کند. (ب) ترکیب سه عنصر پیزو امکان حرکت نوک SPM را در سه جهت XYZ ممکن می سازد. (پ) بیشتتر میکروسکوپ های SPM جدید از یک لوله هندسی استفاده می کنند.



شکل ۳- اجزای اصلی یک STM. از جریان تونلی برای کنترل فاصله سوزن - نمونه Z از طریق یک مدار بازخورد<sup>۱۱</sup>، استفاده می شود. فاصله Z توسط کامپیوتر به عنوان تابعی از مختصات X و Y نقطه روبش شده، ثبت می شود. یک تقویت کننده ولتاژ بالا برای راندن<sup>۱۲</sup> روبشگر<sup>۱۳</sup> پیزوالکتریک مورد نیاز است.

گرفتن سوزن روی سطح نمونه را با دقت اتمی و به صورت تکرارپذیر تعیین کند.

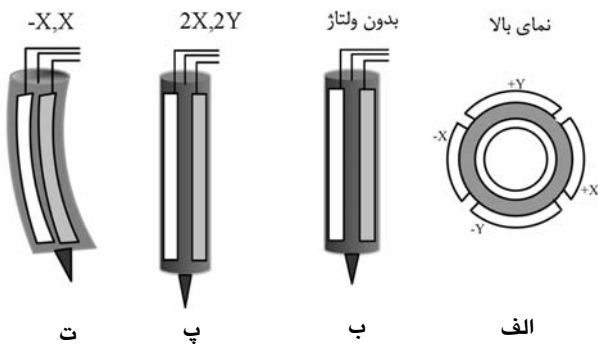
### نحوه روبش سطح توسط پروب

یکی از نکات کلیدی در میکروسکوپ های پروبی روبشی، روبش سطح نمونه با قدرت تفکیک بسیار بالا است که این امکان به دلیل بهره گیری از مواد پیزوالکتریک در پروب امکان پذیر است. این مواد، با اعمال ولتاژ متناسب با جهت و میزان آن، تغییر طول می دهند (شکل ۴ الف). به این ترتیب و با اتصال کانتی لیور به همراه سوزن به روبشگر پیزو، امکان روبش سطح نمونه با قدرت تفکیکی در حد ۰/۱ آنگستروم فراهم می آید. در میکروسکوپ های SPM اولیه، سه میله عمود بر هم، این روبشگر را تشکیل می داد که اعمال ولتاژ به هر یک از این سه میله باعث تغییر طول آن و در نتیجه انحراف سوزن در راستاهای X، Y یا Z می شد (شکل ۴ ب). در میکروسکوپ های جدید، روبش توسط یک استوانه توخالی از ماده پیزو انجام می شود (شکل ۴ پ). سطح داخلی استوانه با لایه نازکی از یک فلز رسانای الکتریسیته (مانند نیکل) پوشانده شده (شکل ۵ الف) و چهار نوار فلزی نیز در سطح خارجی این استوانه پیزو نشانده شده است (شکل ۵ ب). اعمال ولتاژ با

جهت و مقدار یکسان به هر چهار الکتروند خارجی (نسبت به الکتروند داخلی) باعث انبساط و در نتیجه پایین آمدن استوانه و سوزن چسبیده به آن و یا انقباض و بالا رفتن آن می شود (شکل ۵ پ). اعمال ولتاژ با علامت های مخالف به الکتروند های مقابل (مثلاً X و -X) باعث خم شدن استوانه می شود که در واقع شامل حرکت در صفحه X، Y و همچنین حرکت در جهت Z است (شکل ۵ ت). با کنترل نرم افزار اعمال ولتاژ، می توان سوزن را به دلخواه در هر سه جهت حرکت داد. سیستم الکترونیک دستگاه امکان کنترل این حرکت را با دقت ۰/۱ آنگستروم فراهم می کند.

### اجزای قسمت روبشگر

اجزای قسمت روبشگر دستگاه از اجزای زیر تشکیل شده است:  
رویشگر پیزو، مجموعه کانتی لیور و سوزن، سامانه



شکل ۵- (الف) سطح مقطع؛ (ب) نمای از پهلو استوانه توخالی روبشگر پیزو و الکتروند های نشانده شده بر روی آن برای اعمال ولتاژ و ایجاد حرکت؛ (پ) به سمت بالا و پایین یعنی محور Z؛ (ت) در جهت های جانبی یعنی محورهای X و Y استفاده می شوند.

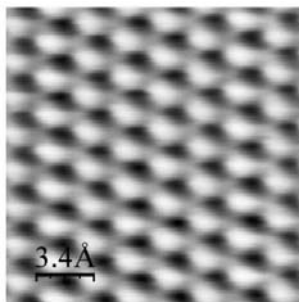
است. وقتی که پایه بر روی یک میز محکم، در یک محل تقریباً عاری از ارتعاش قرار گیرد، می‌توان اندازه‌گیری‌های تکرارپذیر در جهت‌های  $x$ ،  $y$  و  $z$  را با جزئیات بسیار دقیق به دست آورد.

#### کاربرد در محیط‌های مختلف

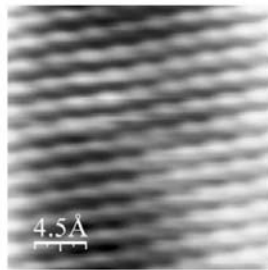
STM می‌تواند در محیط‌های مختلف مانند خلاء بالا (UHV)، مایعات و یا در فشار محیط کار کند. بیش‌تر کار STM به UHV اختصاص یافته‌است، زیرا تهیه سطوح هادی غالباً به این محیط محدود می‌شود. استثنای این قاعده، طلا (شکل ۸ الف)، گرافیت پیرولیتیک کاملاً جهت‌دار (HOPG) (شکل ۸ ب) و سایر مواد لایه‌ای نظیر دی‌چالکوژنیدهای  $^{16}$  فلزات انتقالی (مانند TaS<sub>۲</sub>) هستند که می‌توانند در فشار محیط، بررسی شوند. پارامتر مهم دیگر، دماست. در دمای پایین، نفوذ اتم‌ها کاهش می‌یابد و این، فرصتی برای جابجایی تک‌اتم‌های جذب فیزیکی شده<sup>۱۷</sup>، پدید می‌آورد. متقابلاً، دمای بالا امکان مشاهده فرایندهای دینامیکی را پدید می‌آورد. تغییرات دمایی، گاهی با ایجاد تغییر ولتاژ گرمایی، باعث تداخل در آزمایش‌های انجام شده در دمای محیط می‌شود.

#### حالت‌های کاری

STM‌ها می‌توانند برای تهیه تصویر در دو حالت «ارتفاع ثابت» یا «جریان ثابت» طراحی شوند (شکل ۹).



ب



الف

شکل ۸- (الف) تصویر توپوگرافی سطح طلا (۱۱۱)؛ (ب) سطح HOPG (تصاویر در محیط UHV و دمای ۷۷K تهیه شده‌اند.)



شکل ۶- نمونه‌ای از روبشگر؛ پروب (کانتی‌لیور) در انتهای پایینی آن نصب می‌شود.

آشکارساز لیزری حساس به موقعیت کانتی‌لیور و در مواردی یک پیش‌تقویت‌کننده، نمونه‌ای از این روبشگر در شکل ۶ نشان داده شده‌است.

رویشگر (شکل ۶) توسط یک سه‌پایه از جنس آلیاژ فلزی مخصوص با حداقل انبساط و انقباض حرارتی بر روی یک پایه یا میز  $X, Y$  نصب می‌شود (شکل ۷). نمونه بر روی میز قرار داده شده و سطح آن توسط سوزن روبش می‌شود. این پایه به لاستیک‌های جاذب انرژی<sup>۱۴</sup> مجهز



شکل ۷- نمونه‌ای از مجموعه (الف) میز  $X, Y$ ، (ب) سه‌پایه نگهدارنده، (پ) روبشگر و (ت) دوربین CCD.

### ۱- حالت ارتفاع ثابت

سوزن در یک صفحه افقی در بالای نمونه حرکت می‌کند و جریان تونلی برحسب توپوگرافی سطح و خواص الکترونی موضعی نمونه، تغییر می‌کند. جریان تونلی اندازه‌گیری شده در هر نقطه از سطح نمونه در تشکیل تصویر توپوگرافی مشارکت می‌کند.

### ۲- حالت جریان ثابت

در این حالت STM از مدار بازخورد برای ثابت نگه داشتن جریان تونلی استفاده می‌کند. این کار با تنظیم ارتفاع روبشگر پیزو در هر نقطه اندازه‌گیری صورت می‌گیرد. برای مثال وقتی که سیستم افزایش جریان تونلی را حس می‌کند، ولتاژ اعمال شده به روبشگر، پیزوالکتریک را به گونه‌ای تنظیم می‌کند که فاصله بین سوزن و نمونه را افزایش دهد.

در حالت جریان ثابت، حرکت روبشگر پیزو در تشکیل تصویر مشارکت می‌کند. اگر سیستم جریان تونلی را در حد چند درصد، ثابت نگه دارد، فاصله بین سوزن تا نمونه تا حد چند صد آنگستروم ثابت نگه داشته می‌شود.

هر حالتی مزایا و معایبی دارد. حالت ارتفاع ثابت سریع‌تر تصویرگیری می‌کند زیرا سیستم مجبور نیست روبشگر پیزو را به بالا و پایین حرکت دهد، ولی اطلاعاتی که تولید می‌کند فقط برای سطوح نسبتاً صاف مفید است. حالت جریان ثابت می‌تواند سطوح ناصاف را با دقت زیاد اندازه‌گیری کند ولی به زمان بیشتری نیاز دارد.

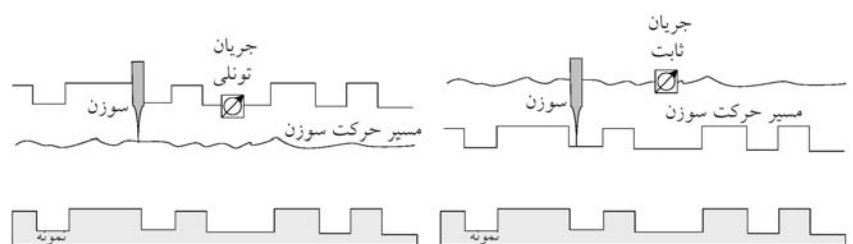
حساسیت STM به ساختار الکترونی موضعی در تهیه

### طیف‌نگاری روبشی جریان تونلی (STS)<sup>۸</sup>

STS برای بررسی ساختار الکترونی موضعی، سطح یک نمونه را مورد استفاده قرار می‌دهد. ساختار الکترونی یک اتم به نوع اتم و همچنین به محیط شیمیایی موضعی (چه نوع اتم‌هایی در همسایگی آن هستند و تقارن توزیع آنها) بستگی دارد.

STS شامل روش‌های مختلفی است از جمله: تهیه تصاویر توپوگرافی (جریان ثابت) با استفاده از ولتاژهای بایاس مختلف و مقایسه آنها، تهیه تصاویر جریانی (ارتفاع ثابت) در ارتفاع‌های مختلف با قرار دادن سوزن بر روی نقطه مورد نظر و تغییر ولتاژ بایاس در حین ثبت جریان تونلی.

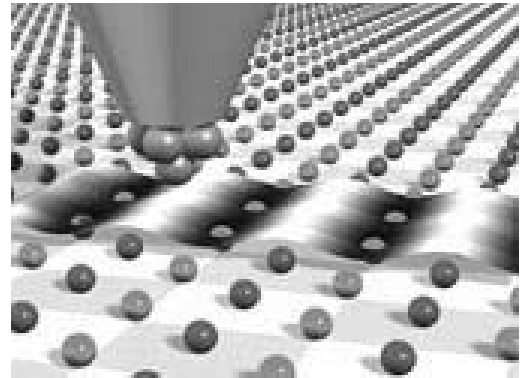
روش آخر، منحنی‌های جریان در برابر ولتاژ (I-V) مشخصه ساختار الکترونی در نقطه x و y معین از سطح نمونه را ایجاد می‌کند. می‌توان STM را برای جمع‌آوری



شکل ۹- STM می‌تواند برای تهیه تصویر در دو حالت (الف) جریان ثابت یا (ب) ارتفاع ثابت به‌کار گرفته شود.

در برابر  $V$  را مستقیماً به دست آورد. تمام این روش‌ها راه‌هایی برای بررسی ساختار الکترونی موضعی یک سطح با استفاده از یک STM هستند. شکل ۱۰ نحوه شماتیکی از طیف‌نگاری روبشی جریان تونلی را نمایش می‌دهد.

این نوع میکروسکوپ، کاربرد به‌خصوصی برای تصویرگیری از فلزات، نیمه‌رساناها، مواد چندلایه، مولکول‌ها و حتی مواد نارسانا دارد. اگرچه در اصول، اندازه‌گیری‌های STM روی مواد نارسانا امکان‌پذیر نیست، اما می‌توان از STM برای تصویرگیری از لایه‌های نازک نارسانا که روی زیربسترهای رسانا رشد یافته‌اند، استفاده کرد و ویژگی‌های مورد نظر را بررسی نمود



شکل ۱۰- نمایش شماتیک STS.

منحنی‌های  $I-V$  در تمام نقاط نمونه و تهیه یک نقشه سه بعدی از ساختار الکترونی تنظیم نمود. با یک تقویت‌کننده می‌توان منحنی‌های  $dI/dV$  (هدایت) یا  $dI/dZ$  (تابع کار)<sup>۱۹</sup>

#### پانویس

1. Scanning Probe Microscopy
2. Scanning Tunneling Microscope
3. Gerd Binnig
4. Heinrich Rohrer
5. Zurich
6. Real space
7. Tunneling
8. Actuators
9. piezoelectric
10. Lateral
11. Feedback
12. Drive
13. Scanner
14. Rubber vibration dampers
15. Highly oriented pyrolytic graphite
16. Dichalcogenide
17. Physicabsorbed
18. Scanning tunneling spectroscopy (STS)
19. Work function

#### منبع

ذوالفقاری، علیرضا؛ الماسی، محمد؛ مرعشی، پیروز؛ میکروسکوپ پروبی روبشی آزمایشگاهی روی نوک سوزن؛ نشر پیک نور؛ ۱۰-۶ و ۲۷-۲۲ (۱۳۸۵).



## آشنایی با مفاهیم کارآفرینی در فناوری نانو

### اشاره:

در شماره قبل به ویژگی اختراعات و نحوه ثبت آن اشاره گردید در این شماره قصد داریم تا به بررسی کارآفرینی به عنوان یکی از راه‌های تجاری‌سازی محصولات نانویی بپردازیم. در سال‌های اخیر، به علت تغییر نگرش دولت مردان به شیوه اداره اقتصادی کشور، اشتغال‌زایی توسط بخش خصوصی در دستور کار کشور قرار گرفته است. همچنین به موازات آن، مقوله کارآفرینی نیز مورد توجه قرار گرفته، به طوری که رشته‌های دانشگاهی مربوط به کارآفرینی و مراکز حمایتی و آموزشی نیز در کشور تأسیس شده است.

وجود شخص کارآفرین<sup>۱</sup>، بنیان و اصل در یک فعالیت کارآفرینانه است. اما چه کسانی کارآفرین نامیده می‌شوند؟ کارآفرینان باید چه ویژگی‌های روحی داشته باشند؟ چه فعالیت‌هایی، فعالیت‌های کارآفرینانه هستند و چه خطراتی این فعالیت‌ها را تهدید می‌کنند؟ ما قصد داریم به بررسی این سؤالات و دیگر مباحث مرتبط به آن بپردازیم.

گردآورنده:

امیرحسین برنایی<sup>۱</sup>

امیرقربانعلی<sup>۲</sup>

### کارآفرین و فعالیت‌های کارآفرینانه

تعاریف کارآفرینی، سابقه‌ای طولانی دارند. این مباحث از دوران قرون وسطی تاکنون سیر تکاملی خود را طی کرده است. در هر کدام از دوره‌های تاریخی، تعاریف مختلفی از کارآفرینی ارائه شده است. به طور مثال در قرون وسطی، کارآفرین هم به بازیگران و هم به اشخاصی که طرح‌های بزرگ تولیدی را اداره می‌کردند، اطلاق می‌شد. در آن زمان شخص کارآفرین متحمل هیچ ریسک سرمایه‌ای و کاری نبود، اما با گذشت زمان

۱. کارشناسی ارشد رشته

مهندسی شیمی، دانشگاه تربیت

مدرس

۲. کارشناس رشته مهندسی

شیمی، تحقیقات نانو دانشگاه

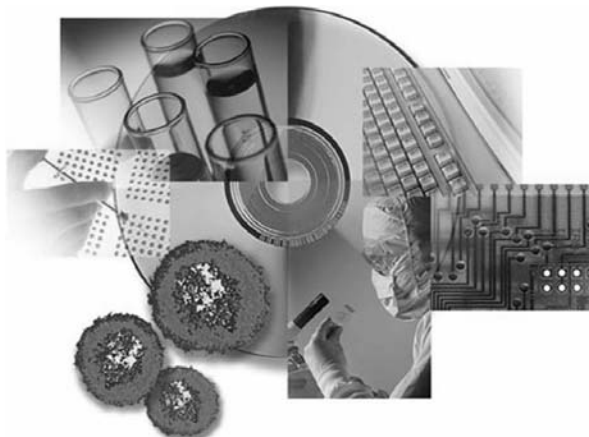
اراک

ghorbanali.amir@gmail.com

کارآفرینان موفق دیده می‌شود عبارتند از توانایی رهبری، فرصت‌طلبی، خلاقیت و شم قوی در کنار استقامت و پشتکار و عدم ترس از شکست. با مطالعه سرگذشت کارآفرینان بزرگ و موفق یه یک نکته مشترک بر می‌خوریم و آن این است که آنان با سرمایه‌ای کم و ناچیز کار خود را شروع کرده‌اند و با خلاقیت و نوآوری بود که آنها توانستند فعالیت خود را گسترش داده و حتی جهانی شوند.

#### عوامل مخرب در کارآفرینی

علاوه بر روحیات شخصی افراد که بدان اشاره گردید، عوامل بیرونی نیز در روی‌آوری افراد به کارآفرینی نیز دخیل است. یکی از این عوامل، فشارهای ناشی از نارضایتی شغلی است. برخی اوقات پیش می‌آید افراد احساس می‌کنند که شغل فعلی آنها فرصت رشد و



مفهوم کارآفرینی با ریسک‌پذیری اجین شد و به مرور زمان، تعاریف کاملتری از کارآفرینی ارائه گردید.

اگرچه تعاریف زیادی از کارآفرینی ارائه شده‌است اما تمام این تعاریف بر این نکات توافق دارند که کارآفرین کسی است که:

- پیشگام است.
- سازوکارهای اجتماعی و اقتصادی را برای تبدیل منابع و موقعیت‌ها به وضعیت عملی، سازماندهی و یا سازماندهی مجدد می‌کند.

- کار او ممکن است با مخاطره و شکست همراه باشد.
- به دنبال کسب استقلال و پاداش مالی در اجزای فعالیت خود است.

کارآفرینی از منظر اقتصادی، روان‌شناسی و تجاری هم بررسی شده‌است. شخص کارآفرین باید توانایی‌های روحی و روانی خاص خود را داشته باشد. علاوه بر آن فضای اقتصادی که شخص وارد آن می‌شود نیز تعیین‌کننده موفقیت یا عدم موفقیت اوست.

در واقع فرایند کارآفرینانه، فرایند خلق چیز جدید یا روش جدید و با ارزش است که با اختصاص زمان و تلاش لازم، با در نظر گرفتن ریسک مالی، روانی و اجتماعی برای فرد رضایت فردی و مالی همراه با استقلال را فراهم می‌کند. پس کارآفرین با مخترع از این جهت فرق دارد که مخترع، الزاماً به دنبال استقلال مالی و ریسک نیست. مخترعان به دنبال تجاری‌سازی و نفع اقتصادی نیستند. همچنین کارآفرینی از این جهت با اشتغال‌زایی متفاوت است که اشتغال‌زایی الزاماً در فرایندهای ابتکاری و جدید به کار نمی‌رود.

#### مشخصات کارآفرینان

شخصیت کارآفرینان در وهله اول در خانواده شکل می‌گیرد. تشویق والدین، الگو گرفتن، ارتباط و پشتیبانی که فرد را به استقلال و توفیق ترقیب می‌کند، عوامل بسیار مهمی است که رفتار کارآفرینانه بعدی را شکل می‌دهد. ویژگی‌ها و مهارت‌های شخصی که مستمراً در

که همه چیز بسیار ساده است و احساس می‌کند با یک یا دو راه حل می‌تواند تجارت موفق داشته باشد.

- پال یک‌تاز: نوعی کارآفرین که آنقدر به عقیده‌اش عشق می‌ورزد و فکر می‌کند همه به دنبال ربودن طرحش هستند و می‌خواهند از او سوء استفاده کنند. از این رو به هیچ کس اعتماد نمی‌کند.

- رالف تازه‌کار: نوعی کارآفرین که نظریه‌پرداز خوبی است ولی در دنیای واقعی تجربه ندارد.

- ماری وسواسی: نوعی کارآفرین کمال‌گرا که آنقدر به تحت کنترل بودن شرایط عادت کرده که توان مقابله با مشکلات پیش‌بینی نشده را ندارد.

- اد فلک‌زده: نوعی کارآفرین که برای تبدیل اختراع به تجارتی واقعی ساخته نشده است. این نوع کارآفرینان دوست دارند درباره مشکلات صحبت کنند ولی دوست ندارند در عرصه عمل وارد شوند. از این رو نیاز به گروه مدیریتی قوی دارند.

- هری بی‌برنامه: کارآفرینی که اهداف مشخص و انگیزه مناسب را برای تأسیس و پیشبرد فعالیت کارآفرینانه نوپا ندارد.

- ایروینگ مخترع: بیشتر مخترع است تا کارآفرین و بیش از آنکه به راه‌اندازی و پیشبرد تجارت خود فکر کند، به اختراعش می‌اندیشد.

#### فناوری نانو و فرصت‌های کارآفرینی

فناوری نانو فرصت‌های اقتصادی جدیدی به وجود آورده است. این فناوری باعث شده تا محصولات مفید و جدیدی در دنیا تولید شود. همچنین به کارگیری نانومواد در محصولات رایج باعث شده است که تنوع محصولات هر روز بیشتر شود. برای تولید محصولات نانویی جدید بیش از نیاز به نبوغ، نیاز به خلاقیت، فرصت‌طلبی و شرم قوی برای یافتن نیاز بازار است. در این میان خطری بزرگ کارآفرینان حوزه نانو را تهدید می‌کند. محصولات نانویی اگرچه محصولاتی نو و بدیع هستند ولی فقط باید در مقابل تقاضای بازار عرضه گردند. محصولات لوکس

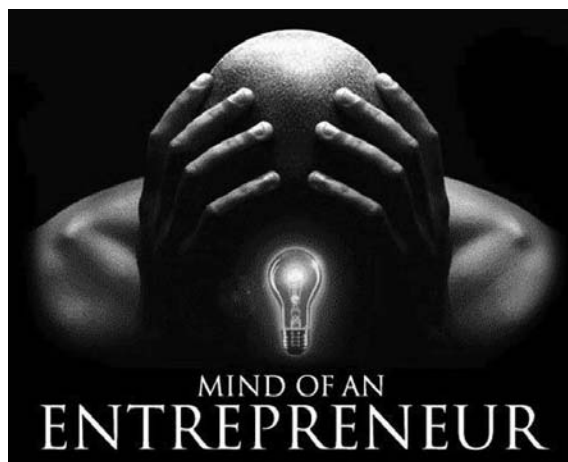
استقلال فردی را از وی می‌گیرد. از طرف دیگر افرادی هم به علت اخراج و یا بازنشستگی و ترس از بیکاری به سمت کارآفرینی سوق می‌یابند.

اما در این میان یک نکته مهم وجود دارد و آن این است که کارآفرینان علاوه بر استعداد، نیاز به مهارت‌هایی دارند که باید حتماً قبل از ورود به عرصه اقتصادی آنها را کسب کنند. از مهم‌ترین این توانایی‌ها می‌توان به توانمندی‌های مدیریتی، منابع مالی و مدیریت ریسک اشاره کرد.

در این میان، عوامل مخربی هم وجود دارد که فعالیت‌های کارآفرینانه را با مخاطره و شکست روبرو می‌سازد. جالب است که برخی از این عوامل مخرب به نام فردی نام‌گذاری شده است که هر یک ویژگی‌های خاصی دارند و عبارتند از:

- سام پر حرارت: نوعی کارآفرین که خیلی سریع فرصت‌های درخشان تجاری را تشخیص می‌دهد، ولی اگر هم بخواهد به ندرت پیگیر آن می‌شود که فعالیت کارآفرینانه نوپا و موفق را پایه‌ریزی کند. این شرایط معمولاً برای افرادی پیش می‌آید که از توانایی تحلیل خوبی برخوردار هستند ولی انگیزه و یا همتی برای عملی‌سازی ایده خود ندارند. بنابراین کار با یک گروه کاری منسجم و پرنگیزه می‌تواند برای این افراد بسیار راه‌گشا باشد.

- سوی سهل‌انگار: نوعی کارآفرین که همیشه فکر می‌کند





همراه من است.

سخن آخر اینکه اگرچه فناوری نانو فرصتی طلایی برای ورود کارآفرینان به عرصه تجارت است، اما ورود نسجیده می‌تواند نتایج بدی برای کارآفرین داشته باشد. اما امکان‌سنجی درست بازار و تولید محصولات کارا می‌تواند آینده‌ای روشن را برای کارآفرینان حوزه نانو به ارمغان بیاورد.

به صرف اینکه نانومواد در آن بکار رفته است، نمی‌تواند موفقیت خود را در بازار تضمین کند. اما امکان‌سنجی درست بازار و تولید محصولات کارا می‌تواند آینده‌ای روشن را برای کارآفرینان حوزه نانو به ارمغان بیاورد. فرصت‌طلبی و شناخت موقعیت فناوری در بازار می‌تواند برای کارآفرینان راه‌گشا باشد. از آنجاکه هر فناوری برای ورود به بازار باید دوره‌هایی را طی کند، شناخت بهترین زمان برای شکار فرصت‌های مناسب بازار بسیار مهم است. باید توجه داشت که ورود کورکورانه به بازار می‌تواند نتایج آستف‌باری برای کارآفرین داشته باشد، به‌خصوص اگر کارآفرین درصد تأسیس یک بنگاه تجاری کوچک باشد. در این میان آنچه می‌تواند راه‌گشا باشد، استفاده از پیش‌نیازهای بازار است که توسط مؤسسات معتبر منتشر می‌شود و می‌تواند دید مناسبی نسبت به آینده محصول به کارآفرین دهد.

تجربیات موفق در این زمینه کم نیستند. به طور مثال شرکت ISSYS که توسط یک ایرانی در امریکا تأسیس گردید. نادر نجفی که در شرکت IBM مشغول به کار بود، با اینکه دارای امنیت شغلی خوبی بود ولی بعد از شش سال کار خود را ترک کرد و شرکت خود را در زمینه تولید MEMS تأسیس کرد. وی بعد از تحمل سختی‌ها توانست شرکت خود را در موقعیت خوبی قرار دهد. وی ابراز می‌کند که در این دوران متحمل استرس و فشارهای بالایی بوده‌است، اما در نهایت بعد از دریافت جوایز تشویقی و تثبیت موقعیت شرکت توانست دوران سخت را پشت سر قرار دهد. خود می‌گوید که استرس همواره

#### منابع

۱. رابرت دی. هیسریچ، مایکل پی‌پیترز؛ ترجمه فیض بخش، سید علیرضا؛ تقی یاری، حمید رضا؛ کارآفرینی؛ انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف؛ ۱۵-۱۰۹-۱۳۸۳.
2. <http://nano.ir/paper.php?PaperCode=526>
3. <http://nano.ir/paper.php?PaperCode=102>

#### پانوش

1. Entrepreneur



گزارشی از:

## تولید آزمایشگاهی غبارهای هوشمند با استفاده از نانوفلک‌ها

گفتگوکنندگان:

علیرضا صاحبی

آیدا خلیقی<sup>۱</sup>

چند سالی است که تیم تحقیقاتی نانومواد و مواد هوشمند آزمایشگاه تحقیقاتی پلیمر دانشگاه امام حسین(ع)، تحقیقات وسیعی بر روی نانومواد انجام می‌دهند و محصولات بسیار ارزنده‌ای نیز تولید و ارائه نمودند. تولید نانوکامپوزیت‌های پایه کربنی، فلزی، پلیمری و ترکیبی، ذرات رسانا، نانوپلیمرها و غیره با کاربردهای مختلف در کارنامه درخشان این تیم تحقیقاتی وجود دارد. ویژگی منحصر به فرد این کارهای تحقیقاتی حرکت در مرزهای دانش، توسعه فناوری و به روز رسانی این اطلاعات بوده که همگی کاربردهای خاص و ویژه دارند.

چندی پیش مطلع شدیم که این تیم تحقیقاتی به نتایج جالب توجهی در زمینه تولید غبارهای هوشمند با ویژگی‌های منحصر به فرد دست یافته‌اند. از این رو به دیدار دکتر سید حسین حسینی، عضو هیئت علمی و دانشیار دانشگاه امام حسین(ع) و سرپرست این تیم رفتیم تا اطلاعات بیشتری در این زمینه کسب نماییم. در این گزارش از زبان دکتر حسینی، توضیحات بیشتری در این زمینه ارائه می‌دهیم:

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد

رشته شیمی معدنی، دانشگاه

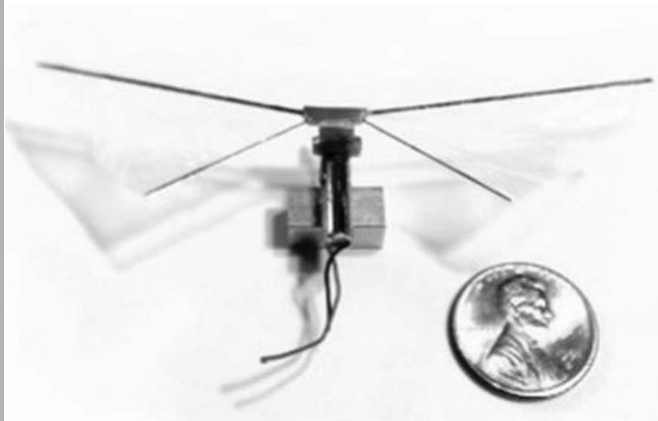
آزاد اسلامی واحد شهرری

همان‌طور که می‌دانید اندازه، وزن و شکل ظاهری ترکیبات بر روی خواص و کاربرد آنها تأثیر به‌سزایی دارد. ذرات ریز، سبک‌تر هستند و قدرت ماندگاری بیشتری در فضا دارند؛ لیکن چنانچه این ذرات به‌صورت کروی تهیه شده باشند، قدرت ماندگاری آنها در فضا کاهش می‌یابد. لذا به‌منظور تهیه غبارهای هوشمند درصدد تولید نانوحفره‌ها و نانوفلک‌ها برآمدیم. فلک<sup>۱</sup> در اصطلاح به معنی «پرک» است. فلک‌ها ذاتاً به شکل پرک و به‌صورت نامنظم و با ابعاد نانومتری تهیه و بررسی می‌شوند. ترکیباتی که به‌صورت

اشکال فلک و پرکمانند، بهترین گزینه این بخش قرار گرفت. فناوری ساخت این گونه نانوفلکها بسیار پیچیده و سخت بوده و دارای ظرافت‌های خاص به خود است. در نهایت چند نمونه از این ذرات با پایه‌های کربنی، فلزی، پلیمری و کامپوزیتی به منظورهای مختلف ساخته شدند. ایجاد خصوصیات هوشمندی این مواد از سخت‌ترین مراحل این پروژه محسوب می‌شد که با موفقیت به انجام رسید.

متغیرها و فاکتورهای زیادی در فضا وجود دارد که داشتن اطلاعات از آنها بسیار حیاتی و ضروری است. اثبات حضور آلاینده‌ها، غلظت آنها، میزان رطوبت و دما از جمله اطلاعات مفید و قابل استفاده در فضا است.

مطابق سوابق موجود، دکتر سید حسین حسینی مبتکر اولین گزارش‌های علمی در زمینه تولید حسگرهای مواد شیمیایی سمی و جنگی بین سال‌های ۱۹۹۵ تاکنون است و در این زمینه بیش از ۱۰ مقاله در مجلات معتبر علمی بین‌المللی به ثبت رسانده است. ایشان در این خصوص توضیحات بیشتری برای ما دادند. به گفته وی، در کارهای قبلی نمونه‌های بسیار متنوعی از مواد پلیمری، رسانا شامل انواع پلیمرهای رسانا، آلیاژهای پلیمری، کوپلیمرهای پیوندی رسانا و غیره ساخته شده‌اند که همگی توانایی منحصر به فردی در شناسایی و جذب گازهای سمی دارند، همانطور که اشاره شد، مقالات



شکل ۱- میکروپهپادهای بال‌زن

فلک تهیه شده‌اند بسیار متنوع هستند. با توجه به اهداف کاربردی، چهار گونه فلزی، کربنی، پلیمری و کامپوزیتی آن طراحی و ساخته شد.

این مواد، ذراتی هستند که از ابتدا به صورت ریز ساخته می‌شوند، دارای ابعاد، شکل نامنظم و بی‌قاعده و متخلخل بوده و با ترکیباتی که از طریق آسیاب کردن به صورت ریز درآمده، قابل مقایسه نیستند.

نانوفلکها، نانوساختارهایی هستند که به دلیل وزن ناچیز و ساختار فیزیکی خاصی که دارند قادرند تا برای مدت زمان قابل توجهی به صورت معلق در هوا باقی بمانند، در حالی که سایر نانوساختارها نظیر ریزکره‌ها که در فاز مایع معلق هستند، در فاز گازی فاقد این قابلیت بوده و به سرعت ته‌نشین می‌شوند. با به‌کارگیری نانوفلکها می‌توان به تولید غبارهای هوشمندی دست یافت که با داشتن توانایی ماند طولانی‌مدت در هوا به‌عنوان حسگر، جاذب، موقعیت‌یاب و سایر کاربردهای دیگر از آنها بهره‌گرفت.

گونه‌ای نسبتاً شناخته شده از غبار هوشمند در دنیا تولید شده است که به «میکروپهپاد» موسوم است. این ذرات به صورت الکترونیکی طراحی و ساخته شده‌اند و می‌توانند با عبور از فضای مورد نظر اطلاعات محیطی را جمع‌آوری کرده و به پایگاه انتقال دهند. به‌کار بردن لفظ هوشمند در مورد این دسته از مواد، منطقی به نظر نمی‌رسد زیرا میکروپهپادها سیستم‌های الکترونیکی پیشرفته‌ای هستند که رفتاری از قبل طراحی شده از خود بروز می‌دهند و قابلیت تغییر پذیری در شرایط مختلف را ندارند. نمونه‌ای از این میکروپهپادهای بال‌زن در شکل ۱ نشان داده شده است.

غبارهای هوشمند، موادی هستند که باید دو خصوصیت متفاوت در آنها وجود داشته باشد: اول اینکه آنقدر سبک و ریز باشند تا بتوانند به راحتی در فضا معلق بمانند و دوم اینکه دارای خصوصیات هوشمند و عکس‌العمل خودکار نسبت به محرک‌های محیطی باشند. بعد از ماه‌ها تحقیق و پژوهش و آزمایش‌های متعدد، نانوذرات در



دشمن وجود خواهد داشت.

دکتر حسینی با اشاره به سیر تحقیقات صورت گرفته در مسیر دستیابی به غبارهای هوشمند، افزود: ابتدا سعی بر آن بود که نانومواد مورد نظر به صورت معمول مورد استفاده قرار گیرد اما نتایج آزمایش‌ها نشان داد که در این حالت نانومواد پس از چند دقیقه ته‌نشین شده و به سرعت کارایی خود را از دست می‌دهد. از این رو نانومواد به صورت ساختارهای نانوفلک طراحی شدند که قابلیت ماندگاری آنها در فضای بسته تا چند ساعت و در فضای باز به چندین روز افزایش یافته است.

مطابق گفته دکتر حسینی، نانومواد به کار رفته در غبارهای هوشمند بر اساس کاربری که برای آنها تعریف می‌شود، متفاوت خواهد بود. به عنوان نمونه، از نوعی پلیمر جاذب برای جمع‌آوری اطلاعات دمایی هوا، از پلیمرهای هیدروژل به منظور تعیین میزان رطوبت موجود در محیط و از برخی پلیمرهای رسانا برای جذب عوامل شیمیایی استفاده شده است.

در انتها از وی خواستیم نکات جالب و قابل توجه در این روش را برای ما بیان کنند. وی گفت: « نکته جالب توجه در مورد غبارهای هوشمند تولید شده در کشور آن است که فرایند تولید این غبارها کاملاً شیمیایی بوده و هیچ ابزار فیزیکی در فرایند تولید آنها به کار نرفته است. به هیچ وجه نمونه مشابه داخلی و خارجی نداشته و برای اولین بار فراتر از مرزهای دانش، به صورت آزمایشگاهی تولید شده‌اند و این امر نویددهنده تولید اقتصادی و کاربرد آنها در مقیاس وسیع است.»

#### پانوش

1. Flake

مربوط به این کارها نیز در سال‌های گذشته به چاپ رسیده است. در این کار جدید، تمامی این پلیمرها را با تغییراتی به صورت نانوفلک، مجدداً تولید کرده و در هوا معلق ساخته‌اند.

این غبارهای هوشمند به گونه‌ای طراحی شده‌اند که پس از آزادسازی، در جریان باد به سهولت در محیط پراکنده شده و پس از جذب آلاینده‌ها ته‌نشین می‌شوند. ترکیبات ته‌نشین شده بی‌خطر هستند و قابلیت بازگشت به چرخه محیط را دارند. عملکرد این غبارها کاملاً هوشمندانه بوده و تحت شرایط شیمیایی و فیزیکی خاص تغییر می‌کنند. این تغییرات در آزمایشگاه قابل سنجش هستند.

این نوع غبارهای هوشمند تولید شده، علاوه بر توانایی جمع‌آوری و انتقال اطلاعات می‌توانند به عنوان جاذب در مقیاس وسیع‌تر به منظور جذب آلودگی‌های محیطی و پالایش مناطق آلوده به گازهای سمی و خطرناک نیز به کار روند. بنابراین اطلاعات جمع‌آوری شده توسط آنها ارزش بسیاری برای سازمان‌هایی نظیر محیط زیست، منابع طبیعی، هواشناسی و وزارت کشاورزی دارد.

همچنین این غبارها می‌توانند به عنوان حسگر محیطی و جاذب عوامل شیمیایی کاربری گسترده‌ای در صنایع نظامی داشته باشند. در مواقعی که این غبارها در فضای بالای نیروهای عملیاتی در صحنه‌های نبرد توزیع شده باشند، ایمنی بالایی برای سربازان در مقابل تک شیمیایی



محمود علی‌اف خضرای:

## نگارش مقاله کارمفیدی است ولی کیفیت آن نیز باید مورد بررسی قرار گیرد

اشاره:

هر سال از طرف ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، برترین‌های نانو با هدف تقدیر از فعالان فناوری نانو در کشور انتخاب و معرفی می‌شوند. در این جشنواره، برترین پایان‌نامه دانشجویی مرتبط با فناوری نانو نیز انتخاب می‌شود. در جشنواره برترین‌های سال گذشته، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد مهندس محمود علی‌اف خضرای به‌عنوان برترین پایان‌نامه سال برگزیده شد. پروژه وی که در ارتباط با بررسی روشی نوین برای پوشش‌دهی سطوح فلزی است به جشنواره جوان خوارزمی و جشنواره مبتکرین نیز ارسال شده و مورد استقبال بسیاری قرار گرفته است. از این‌رو در این شماره به گفتگو با وی پرداخته و توضیحات بیشتری را پیرامون پروژه مورد بررسی وی و چگونگی اجرای آن جویا شدیم:

گفتگو کننده:  
علیرضا صاحبی

فضای نانو لطفاً خود را با ذکر سوابق تحصیلی معرفی فرمایید.

بنده محمود علی‌اف خضرای هستم. مقطع کارشناسی‌ام را در رشته مهندسی مواد و متالورژی در دانشگاه صنعتی امیرکبیر گذرانده‌ام. در سال ۸۵ مدرک کارشناسی‌ارشدم را در رشته مهندسی مواد، گرایش خوردگی از دانشگاه تربیت مدرس دریافت نمودم و در حال حاضر در مقطع دکتری در گرایش

خوردگی، در دانشگاه تربیت مدرس در حال تحصیل هستم.

بنده در این پایان نامه به طور خاص به بررسی فرایند الکترولیز پلاسمایی پالسی نانوکریستالی بر روی زمینه تیتانیوم خالص تجاری پرداخته ام که با استفاده از تغییر فاکتورهای مؤثر بر فرایند، نتایج بسیار جالبی به دست آمد.

روش مورد بررسی بنده می تواند به منظور پوشش دهی یک لایه سرامیکی سخت که موجب افزایش مقاومت به خوردگی و سایش می شود، بر روی سطح قطعات فلزی به کار رود. این روش می تواند به خوبی جایگزین روش کروم سخت که در حال حاضر رایج است، گردد.

**فضایانو** راهنمایی پروژه شما را چه کسی بر عهده داشت و چقدر از کمک وی بهره بردید؟

استاد راهنمای بنده دکتر علیرضا صبور روحی اقدم از اعضای هیئت علمی دانشگاه تربیت مدرس بودند و با توجه به اینکه تخصص ایشان در زمینه پوشش و خوردگی است، به خوبی بنده را در اجرای این پروژه راهنمایی نمودند.

**فضایانو** در مجموع چند مقاله از پروژه شما استخراج شد و نتایج تحقیقاتتان به چه مراجعی ارسال شده است؟

با توجه به وسعت این پروژه، بخش عمده آن در قالب پروژه پایان نامه و بخش هایی نیز به صورت طرح های پژوهشی به اجرا درآمد. در مجموع بیش از ۱۵۰ مقاله از این پروژه به همایش ها و نشریات تخصصی ارسال شده و بیش از ۳۰ مقاله نیز در مجلات ISI منتشر گردیده است. این طرح در سال گذشته به جشنواره جوان خوارزمی ارائه شد که به عنوان رتبه دوم در پژوهش های بنیادی انتخاب گردید. همچنین بنده در جشنواره مبتکرین کشور به عنوان رتبه نخست انتخاب شدم. پایان نامه کارشناسی ارشد اینجانب، به عنوان پایان نامه برتر دانشگاه تربیت مدرس و پایان نامه برتر در کل کشور

**فضایانو** در جشنواره برترین های نانو که در اسفند

ماه سال ۸۶ برگزار شد، شاهد انتخاب شما به عنوان نگارنده برترین پایان نامه مرتبط با فناوری نانو در سطح کشور بودیم. ضمن عرض تبریک مجدد، لطفاً مختصراً بفرمایید از چه زمانی به فناوری نانو علاقمند شدید و چگونه تصمیم به انتخاب این زمینه به عنوان پروژه پایان نامه کارشناسی ارشد گرفتید؟

من از اواخر دوره تحصیلاتم در مقطع کارشناسی با مفاهیم این فناوری آشنا و از همان زمان به آن علاقمند شدم. این آشنایی و علاقه پیشین موجب شد تا در زمان انتخاب موضوع برای پایان نامه کارشناسی ارشد خود گرایش بیشتری به این سمت داشته باشم.

**فضایانو** لطفاً با ذکر عنوان پایان نامه خود مختصری راجع به آن توضیح دهید.

پروژه اینجانب تحت عنوان «بررسی پوشش های ایجاد شده به روش نیتروکربوراسیون پلاسمایی الکترولیتی و مطالعه مقاومت به خوردگی آنها» بوده است.

اصولاً استفاده از فرایند الکترولیز پلاسمایی در مهندسی سطح به دلیل صرف زمان و انرژی کمتر و کنترل ساده خواص پوشش ایجاد شده مورد توجه قرار دارد. همچنین افزایش بیشتر مقاومت به خوردگی و مقاومت به سایش نسبت به سایر روش های سخت کاری از ویژگی های این روش است.

با این روش می توان علاوه بر ایجاد لایه اکسیدی روی سطوح آلیاژهای سبک مانند آلومینیوم، منیزیم و تیتانیوم به سخت کاری سطوح فلزات توسط فرایند کاتدی پرداخت. همچنین این روش در زمینه اکسیدزدایی از سطح نیز قابل استفاده است.

انگیزه دانشجویان برای کارهای بعدی است. بهتر است از ابتدا کار کیفی لازم بر روی مقاله انجام شود تا نهایتاً بدون اتلاف وقت زیاد در یک مجله مرتبط چاپ شود. قطعاً تجربیات اساتید راهنما و مشاور هر دانشجویان در این زمینه مفید خواهد بود.

**فضایانو** با آرزوی موفقیت برای شما در ادامه فعالیت‌هایتان، از فرصتی که در اختیار نشریه قرار دادید سپاسگزاریم.

نیز انتخاب شده‌است.

**فضایانو** با چه موانع و مشکلاتی در طی اجرای این پروژه برخورد کردید؟

عمده‌ترین مشکل، هزینه‌بر بودن پروژه مورد بررسی من بود، اجرای این پروژه بیش از بیست و پنج میلیون تومان هزینه به همراه داشت که بخش جزئی از آن توسط دانشگاه تأمین شد و مابقی برعهده شخص بنده بود. در مورد دسترسی به منابع و امکانات نیز مشکلاتی وجود داشت که خوشبختانه با ارتباطاتی که توانستم با مراکز تحقیقاتی و پژوهشگران سایر کشورها برقرار کنم، این مشکل تا حد زیادی مرتفع گردید. کمبود امکانات آزمایشگاهی در دانشگاه نیز از مشکلات دیگر اجرای این پروژه بود که رفته رفته با تکمیل آزمایشگاه تکنولوژی سطح دانشگاه تربیت مدرس این مشکل کمتر شد.

**فضایانو** همانطور که شما مطرح کردید تاکنون ۳۰ مقاله ISI از مقالات خود به چاپ رساندید؟ حال سؤال اینجاست که یکی از دغدغه‌های دانشجویان، استخراج مقاله از پایان نامه خود است. لطفاً بفرمایید دانشجویان به ویژه دانشجویان مقاطع تحصیلات تکمیلی برای استخراج مقالات هرچه بهتر از پایان نامه خود از چه روش‌هایی می‌توانند استفاده کنند؟

البته نگارش مقاله کار مفیدی است ولی کیفیت آن نیز باید مورد بررسی قرار گیرد. توصیه من به دانشجویان اینست که پس از اطمینان از حصول کیفیت لازم مقاله با هماهنگی اساتید راهنما و مشاور نسبت به ارسال آن اقدام کنند. متأسفانه برخی از دانشجویان در این زمینه عجله به خرج می‌دهند و پس از گذشت زمان زیاد در مرحله داوری مقاله، به نتیجه دلخواه نمی‌رسند. این کار علاوه بر اتلاف وقت زیاد موجب ایجاد یک فرایند فرسایشی می‌شود که نتیجه آن کاهش شدید بازده و



دکتر پیروز مرعشی:

بهره‌گیری درست و اصولی از امکانات موجود یک ضرورت برای پیشرفت است.

اشاره:

بی‌شک یکی از زیرساخت‌های حیاتی برای توسعه فناوری نانو در کشور، وجود امکانات و آزمایشگاه‌های مرتبط با آن است. شرکت مهارفن‌ابزار از جمله شرکت‌هایی است که در حوزه ابزارآلات و دستگاه‌های پیشرفته مرتبط با آن فعالیت می‌کند. جهت آشنایی بیشتر با این شرکت و فعالیت‌های آن گفتگویی با دکتر پیروز مرعشی داریم که مشروح گفتگو در ادامه آمده است:

گفتگوکنندگان:  
علیرضا صاحبی  
قادر اسدی

هستم. از سال ۱۳۸۰ نیز با شرکت مهارفن‌ابزار همکاری می‌نمایم.

**فضای نانو** لطفاً تاریخچه مختصری از شرکت و اهداف آن را بیان نمایید.

شرکت مهارفن‌ابزار یک شرکت فنی - تجاری است که از سال ۱۳۷۹ آغاز به کار نموده است. سیاست شرکت از ابتدا مبتنی بر ارائه بهترین خدمات به مشتریان بوده که حاصل آن ایجاد ارتباط مداوم با مشتریان به ویژه کارشناسان فنی و رجوع مجدد آنها جهت بهره‌مندی از دیگر خدمات شرکت بوده است. در حال حاضر این شرکت دارای دو دفتر در تهران، یک دفتر در اهواز و

**فضای نانو** با تشکر از فرصتی که در اختیار نشریه قرار دادید؛ لطفاً خودتان را به طور مختصر معرفی نمایید.

بنده پیروز مرعشی هستم، مدرک کارشناسی رشته ریخته‌گری را از دانشگاه علم و صنعت ایران و مدرک کارشناسی ارشد و دکتری را در رشته مهندسی متالورژی از دانشگاه شفیلد انگلستان اخذ نموده‌ام. موضوع پایان‌نامه دکتری اینجانب "بررسی نانوساختار مواد مغناطیسی سخت Nd-Fe-B تولید شده به روش انجماد سریع، توسط TEM" بود. هم‌اکنون نیز در گروه متالورژی دانشکده معدن و متالورژی دانشگاه صنعتی امیرکبیر مشغول تدریس

میکروسکوپ پروبی روبشی در بهار ۱۳۸۵ در محل شرکت مهارفن ابزار راهاندازی گردید و تاکنون مشغول به ارائه خدمات آزمایشگاهی متنوع به پژوهشگران کشورمان است. قابل ذکر است که تاکنون در این آزمایشگاه بیش از سی هزار تصویر برای پروژه‌های پژوهشی مختلف انجام شده توسط دانشجویان، اساتید و پژوهشگران، تهیه شده است.

**فصلنامه** بازخورد علمی - پژوهشی این آزمایشگاه تاکنون چگونه بوده است؟

طبق آمار، بر اساس نتایج به دست آمده در این آزمایشگاه، در طی دو سال اخیر بیش از ده عنوان مقاله در مجلات معتبر ISI منتشر گردیده است. همچنین برخی حالت‌های کاری SPM مانند لیتوگرافی نانوخط نستعلیق، تصویرگیری توسط میکروسکوپ نیروی مغناطیسی، طیف‌نگاری نیرو و غیره برای اولین بار در ایران در این آزمایشگاه به اجرا در آمده است.

**فصلنامه** رویکرد شما در شرکت نسبت به ساخت و تولید تجهیزات آزمایشگاهی چگونه است؟

به نظر من، بهره‌گیری از امکانات موجود قبل از هر چیزی برای پیشرفت اولویت دارد. ساخت و تولید برای این حوزه از صنعت درست و دقیق بیان نشده و همین امر سبب گردیده است که در بسیاری از موارد، اولویت استفاده از تجهیزات موجود فراموش شود. بهره‌برداری درست و اصولی از امکانات موجود یک ضرورت برای پیشرفت است. در حوزه آزمایشگاهی

یک نماینده در مشهد است. همکاران این شرکت، متشکل از ۲۵ نفر افراد تحصیل کرده در رشته‌های شیمی، فیزیک، مواد، الکترونیک و زیست‌شناسی تا مقطع دکتری هستند. مسئله بسیار مهمی که در شرکت مدنظر بوده است، آموزش داخلی کارشناسان شرکت است که از ابتدا بر طبق برنامه‌های مدونی صورت گرفته و هم‌اکنون نیز ادامه دارد.

**فصلنامه** مختصری از فعالیت‌ها و خدماتی که توسط شرکت ارائه می‌گردد را بیان نمایید.

از ابتدای تأسیس، فعالیت‌های شرکت به دو بخش صنعتی و پژوهشی تقسیم شد. بخش صنعتی آن به عنوان مرکز پشتیبانی شرکت ProMinent آلمان آغاز به فعالیت نمود. در این بخش در زمینه پمپ‌های دوزینگ (Dosing - Pumps)، آنالیزورهای on-line و سیستم‌های گندزدایی، فعالیت‌های بی‌وقفه‌ای صورت گرفت که در حال حاضر به عنوان یکی از معتبرترین تأمین‌کننده‌های این نوع تجهیزات در صنایع نفت، آب، نیروگاه‌ها، صنایع فولاد و... شناخته شده است. تاکنون بیش از ۳۰ سمینار در سراسر کشور و همچنین یک دوره آموزشی دوازده روزه در زمینه انتخاب صحیح پمپ، آنالیزور و طریقه صحیح نصب و بهره‌برداری توسط کارشناسان این شرکت برگزار شده است. به علت گستره وسیع کاربرد این تجهیزات، این بخش از شرکت با کلیه صنایع بزرگ کشور در ارتباط است.

بخش پژوهش شرکت از سال ۱۳۸۰ با هدف آموزش و پژوهش با همکاری شرکت DME آغاز به کار نمود. در ابتدا کار با میکروسکوپ پروبی روبشی (SPM) ساخت این شرکت آغاز شد و هم‌اکنون شرکت مهارفن ابزار نمایندگی انحصاری این شرکت در ایران و کشورهای منطقه را بر عهده دارد. در شرکت، مشاوره فنی، نصب، راه‌اندازی، آموزش و ارتقای تجهیزات نیز توسط کارشناسان و متخصصان مجرب شرکت انجام می‌شود. تاکنون نیز همکاری‌های بسیار خوبی در این بخش با شرکت‌ها و سازمان‌های مختلف صورت گرفته است. در راستای احاطه یافتن بر دانش کار، آزمایشگاه





برگزاری دوره آموزشی SPM برای کارشناسان آزمایشگاه‌های عضو شبکه آزمایشگاهی ستاد ویژه توسعه فناوری نانو طی چهار روز در سال ۱۳۸۵ توسط کارشناسان شرکت مهارفن ابزار اشاره نمود.

گاهی اوقات اولویت به واردات و گاهی به ساخت دستگاه داده می‌شود، در حالی که از امکانات و تجهیزات ساده و پیشرفته موجود به خوبی استفاده نمی‌شود. به نظر بنده تلاش برای ساخت داخلی تجهیزات خوب است ولی تنها هدف نیست. باید با توجه به امکانات و زمینه‌های تولید و مصرف، ساخت تجهیزات خاصی مورد نظر قرار گیرد. علاوه بر این، استفاده صحیح و کامل از تجهیزات ساخته و خریداری شده دارای

**فضای نانو** در حوزه فناوری نانو، وضعیت تجهیزات و آزمایشگاه‌های کشورمان را چگونه ارزیابی می‌کنید؟

به نظر من تجهیزات داخلی در هر وضعیتی که هستند، برای فراهم آوردن آنها هزینه زیادی شده است در حالی که از آنها بهره‌برداری کامل نمی‌شود. اگر دانشگاه‌های کشورهای خارجی را هم بررسی کنیم خواهیم دید که همه تجهیزات درجه یک نیستند، در ضمن همه توانشان برای تهیه برترین تجهیزات نیست؛ بلکه در اغلب موارد به روش‌های مختلف به دنبال بالا بردن کارایی و بهره‌وری تجهیزات هستند.

اهمیت فراوان و نیازمند تلاش پیگیر و تبادل اطلاعات بین کاربران و پژوهشگران است که البته سرمایه‌گذاری مالی و زمانی زیادی را می‌طلبد. در این بین نمایندگی‌های شرکت‌های سازنده می‌توانند نقش به‌سزایی در انتخاب صحیح تجهیزات، آموزش کافی جهت استفاده مداوم و درست از تجهیزات، دستیابی به تخصص مورد نیاز و نیز ارائه خدمات پس از فروش مناسب ایفا کنند. برای مثال میکروسکوپ SPM قابلیت‌های فراوانی دارد و می‌توان بهره‌برداری از آن را در آزمایشگاه‌های داخل به میزان قابل توجهی افزایش داد. در این مورد و موارد مشابه، آشنایی هر چه بیشتر با اصول کاری و امکانات این تجهیزات و بالا بردن بازدهی آنها، بر ساخت و تولید اولویت دارد و مهم‌تر از هر مسئله دیگری است. البته ما هم معتقد به ساخت تجهیزات در داخل کشور هستیم و حتی موفق به گرفتن توافق ساخت تحت لیسانس برخی از این تجهیزات شده و به دنبال اجرای آنها هستیم، اما اولویت‌هایمان نباید فراموش شود.

در کشور ما یا با کاربرد و نحوه کار تجهیزات آشنا نیستیم و آموزش خاصی برای آنها نداریم؛ یا اجازه استفاده از آن به پژوهشگر داده نمی‌شود. در هر دو صورت بازدهی تجهیزات تا حد قابل توجهی کاهش می‌یابد که خود این عامل باعث عدم پیشرفت می‌شود. گاهی اوقات مشاهده می‌شود که هزینه زیادی برای خرید و راه‌اندازی تجهیزات آزمایشگاهی می‌شود، در حالی که کاربرد و روش کار آن اصلاً مدنظر قرار نمی‌گیرد.

**فضای نانو** به عنوان سوال آخر رفع مشکلاتی که در بالا به آنها اشاره شد چه پیشنهادی دارید؟

باید منابع موجود را به خوبی مدنظر داشته باشیم و به جای پرداختن به حواشی، به این فکر باشیم که چگونه می‌توان در جهت افزایش بازدهی این امکانات اقدام کرد. به این ترتیب هم می‌توان از هزینه‌های اضافی کاست و هم رشد بیشتری در کارها داشت. خوشبختانه در حوزه فناوری نانو این مشکل با سیاست‌های ستاد ویژه توسعه فناوری نانو تا حدودی برطرف شده و ستاد توانسته است با مدیریت منابع موجود، موانع موجود را تا حد قابل توجهی برطرف کند. امید است با ادامه این روند و رفع سایر مشکلات، شاهد رشد پژوهش در این شاخه جذاب علمی باشیم.

**فضای نانو** آیا در جهت بالا بردن بازدهی تجهیزات آزمایشگاهی حوزه فناوری نانو، اقداماتی در کشور صورت گرفته است؟

البته. مسئله آموزش اپراتورهای متخصص برای کار با میکروسکوپ‌ها و تجهیزات حوزه فناوری نانو، به همت ستاد ویژه توسعه فناوری نانو مدنظر قرار گرفته و تاکنون نیز اقداماتی به انجام رسیده است؛ از آن جمله می‌توان به

## نگاهی به مقیاس نانومتر

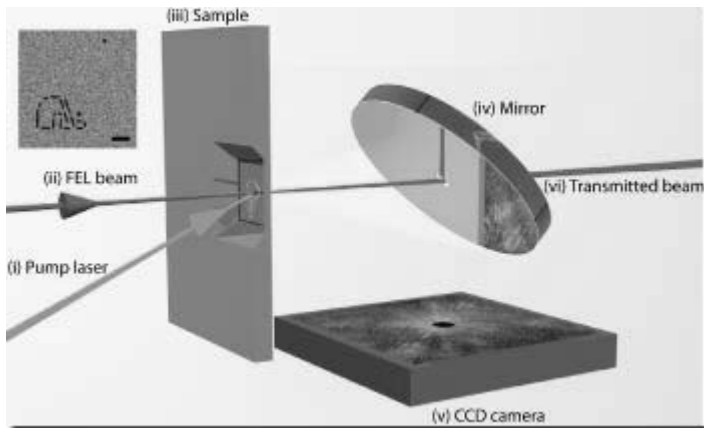
مترجم: یعقوب قلی‌پور، دانشجوی کارشناسی رشته فیزیک، دانشگاه تبریز  
منبع: [www.physorg.com](http://www.physorg.com)

محققان از فرایند رشد یک جامد، مجموعه تصاویری با مقیاس زمانی بسیار سریع تهیه نمودند. محققان با استفاده از پالس‌های لیزر الکترون آزاد اشعه ایکس فمتوثانیه‌ای (FEL) هم‌اکنون قادر به مشاهده دینامیک فاز چگال مانند تشکیل ترک، جداسازی فاز و نوسانات سریع در فاز مایع و محیط‌های زیستی هستند.

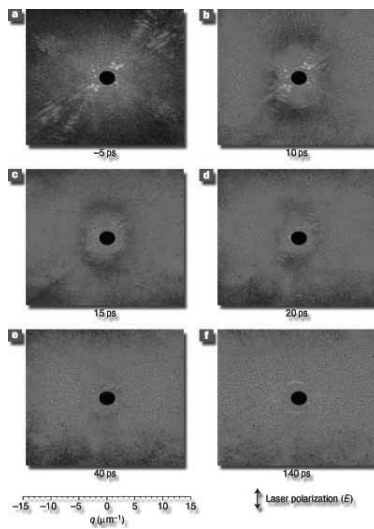
هنگامی که لیزر فمتوثانیه به نمونه برخورد می‌کند، نمونه نابود می‌شود. اما دانشمندان پیش از نابودی نمونه، تصاویری با دقت فضایی ۵۰ نانومتر و سرعت شاتر (دهانه) ۱۰ فمتوثانیه تهیه نمودند. یکی از محققان این گروه می‌گوید: «این روش را می‌توان برای تهیه تصاویری با دقت فضایی چند نانومتر و دقت زمانی ده‌ها فمتوثانیه گسترش داد. این برای اولین بار است که از پالس‌های نوری برای تصویربرداری با دقت فضایی نانومتری استفاده شده است.»

در اندازه‌گیری‌ها، سرعت شاتر (دهانه) با استفاده از مدت زمان یک پالس لیزر الکترون آزاد اشعه ایکس معین می‌شود. این موضوع این امکان را فراهم می‌آورد تا تصاویری با دقت نانومتری از فرایندهای تخریبی که در هنگام تخریب نمونه رخ می‌دهد، تهیه نمود. اما هنوز نیازمند روشی نو هستیم تا دینامیک بسیار سریع مواد غیرکریستالی را در مقیاس طولی نانومتر مطالعه نماییم.

همچنین این روش امکان تصویربرداری از فرایندهای دینامیکی فاز جامد از قبیل جوانه‌زنی و رشد فاز، نوسانات فاز و شکل‌های گوناگون تفکیک الکتریکی و مغناطیسی را برای محققان فراهم نموده است.



نور لیزر مرئی (i) به نمونه (iii) تابیده شده و به عنوان پالس محرک عمل می‌کند. سپس یک پالس اشعه ایکس نرم (ii) به همان محل تابیده می‌شود. اشعه ایکس از محل نمونه پراکنده شده و اطلاعاتی را در مورد ساختار در حال انتقال نمونه به شکل نقش پراش همدوس به ابزاری با سلول‌های حساس به نور که برای عکس برداری استفاده می‌شود (CCD) (v) منتقل می‌کند. یک آئینه (iv) نور مستقیم لیزر (vi) را از نور پراشیده تفکیک می‌کند. به این ترتیب پرتو مستقیم لیزر از حفره روی آئینه عبور کرده و در تصویر CCD آشکار نمی‌شود.

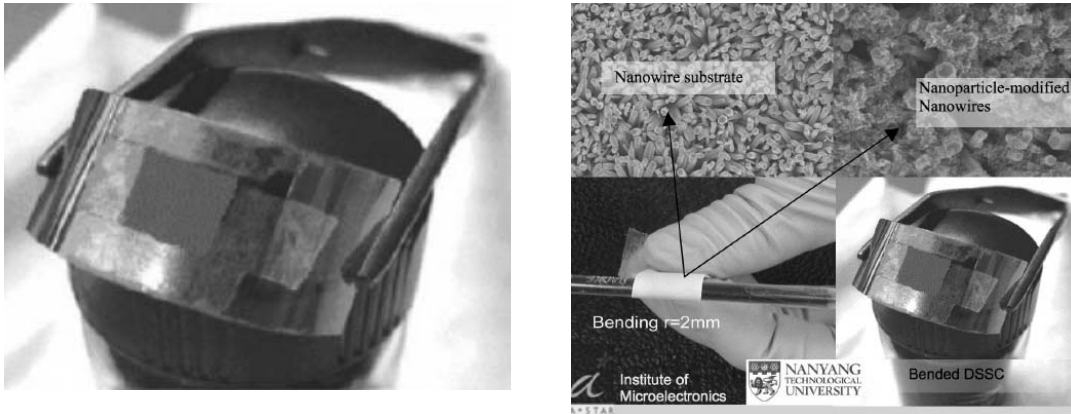


نحوه تحول نمونه که با استفاده از اشعه ایکس همدوس به دست آمده است. نقش پراش اشعه ایکس (a) ۲۵ پیکوثانیه قبل از برخورد اشعه با نمونه (b) ۱۰ (c) ۱۵ (d) ۲۰ (e) ۴۰ و (f) ۱۴۰ پیکوثانیه بعد از برخورد اشعه با نمونه.

## تولید پیل‌های خورشیدی قابل انعطاف به کمک نانوسیم‌ها

مترجم: پریسا امانی، دانشجوی کارشناسی رشته شیمی، دانشگاه صنعتی شریف  
منبع: [www.nanotechweb.org](http://www.nanotechweb.org)

محققان سنگاپوری موفق به تولید نوعی پیل خورشیدی شدند که منعطف بوده و به رنگ حساس است. این پیل خورشیدی با استفاده از نانوسیم‌های اکسید روی بر پایه پلاستیک ساخته شده است. این پیل خورشیدی حتی در



شرایطی که خمیده است قادر است خواص فوتوالکتریکی خود را بدون تغییر داشته باشد. از این رو برای استفاده در وسایل قابل حمل مانند شارژر موبایل بسیار مناسب است.

آند در پیل‌های خورشیدی حساس به رنگ<sup>۳</sup> عموماً از لایه‌هایی با تخلخل نانومتری متشکل از نانوکریستال‌های دی‌اکسیدتیتانیوم یا اکسید روی تهیه می‌شوند. اما این لایه‌های نسبتاً ضخیم با ابعاد میکرونی، تُرد هستند و با خم شدن لایه می‌شکنند. این لایه‌ها برای عملکرد مناسب، باید تحت فرایندهای حرارتی در دماهای بالا قرار بگیرند که متأسفانه این فرایندهای گرمایی به زیرلایه پلاستیکی آسیب وارد می‌کنند.

این گروه از محققان موفق به ایجاد آرایه‌هایی از نانوسیم‌های اکسید روی بر روی زیرلایه رسانا با استفاده از روش دما پایین هیدروترمال<sup>۴</sup> شده‌اند. آنها پی بردند نانوسیم‌ها در مقابل شکستن، بسیار مقاوم هستند، زیرا به‌طور مؤثری فشار را پخش می‌کنند که این خاصیت را مدیون نواحی خالی میان نانوسیم‌ها هستند. زیرلایه نانوسیم‌ها می‌تواند بدون این‌که بشکند تا شعاع دو میلی‌متر خم شود.

این محققان، نانوسیم‌های اکسید روی را از طریق نشست هیدروترمال اکسید روی در یک محلول آبی در دمای ۸۰-۹۰ درجه سانتی‌گراد، روی یک زیرلایه پلاستیکی شفاف از جنس ITO<sup>۵</sup> رشد دادند. در نهایت برای تهیه الکترودها این لایه اکسید روی را در محلولی از رنگدانه‌های روتنیوم<sup>۶</sup> وارد کردند. محققان الکترودها را با نشان دادن یک لایه ۵۰ نانومتری روی یک زیرلایه پلاستیکی تولید نمودند. برای تکمیل این پیل، محققان این دو الکترودها را به هم متصل نمودند به گونه‌ای که یک شکاف ۵۰ میکرومتری بین آنها وجود داشته باشد. بنابراین الکترولیت مایع می‌تواند به داخل این ابزار جاری شود. هنگامی که نور خورشید به پیل برخورد می‌کند رنگدانه‌ها نور را جذب نموده و سبب تحریک الکترون‌ها می‌شود. این الکترون‌ها از طریق اکسید روی به الکترودها ITO منتقل می‌شوند و پس از عبور از مدار خارجی به الکترودها دوم رسیده و وارد الکترولیت می‌شوند.

## نانوذرات فعالیت تلومریز<sup>۷</sup> را آشکارسازی می‌کنند

مترجم: عبدالحسین موحدی، کارشناس رشته فیزیک، دانشگاه تبریز

منبع: [www.physorg.com](http://www.physorg.com)

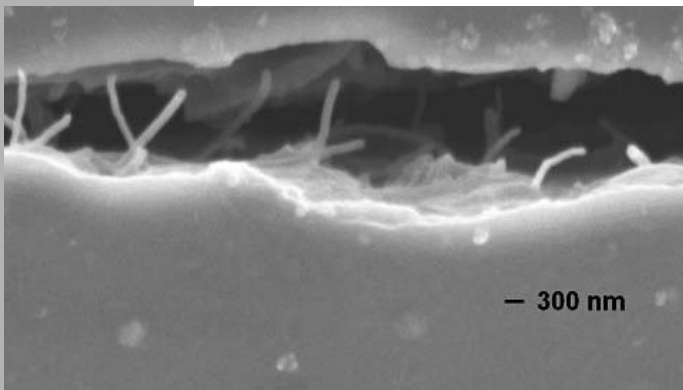
تلومریز، آنزیمی است که از کوتاه‌شدن کروموزم‌ها جلوگیری می‌کند و نقشی اساسی در تشکیل سلول‌های سرطانی

دارد. تاکنون روش‌های متفاوتی برای اندازه‌گیری میزان فعالیت این آنزیم ارائه شده‌است؛ اما هیچ‌یک از آنها مناسب آزمایش‌های تشخیص سرطان و یا تولید داروهایی که از فعالیت این آنزیم جلوگیری کنند، نیستند. اخیراً دانشمندان روشی مبتنی بر نانوذرات یافته‌اند که به اندازه کافی حساس و دقیق برای استفاده در آزمایش‌های بالینی است. این سیستم تشخیص شامل نانوذرات طلاست که با قطعات کوچکی از DNA که نقش زیرلایه برای تلموریز را دارند؛ پوشش داده شده‌است. هنگامی که نمونه شامل این آنزیم با این نانوذرات ترکیب می‌شود، تلموریز به توالی DNA متصل شده و سپس به صورت پی در پی، شش نوکلئوزید<sup>۸</sup> به انتهای این DNA اضافه می‌شوند. سپس میکروذرات مغناطیسی که با قطعه‌ای از الیگونوکلئوتید<sup>۹</sup> (زنجیره‌ای کوتاه از ۲۰ نوکلئوتید) پوشش داده شده بود را به نمونه اضافه کردند. الیگونوکلئوتید مکمل زنجیره‌ای است که در مرحله قبل توسط تلموریز اضافه شده‌است. این میکروذرات مغناطیسی پوشش داده شده به DNAهای طولانی، متصل می‌شوند و به این ترتیب محققان قادرند با استفاده از یک میدان مغناطیسی، این ترکیب را از نانوذرات طلای اولیه جدا نمایند. سپس این توالی DNA آشکارسازی شده و مورد بررسی قرار می‌گیرد.

با استفاده از این روش تشخیص، محققان قادرند فعالیت تلموریز را حتی در تعداد بسیار کم از سلول‌ها (۱۰ تا ۱۰۰۰ سلول) در محیط کشت، آشکارسازی نمایند. این محققان توانستند تغییر در فعالیت تلموریز را پس از افزودن یک عامل بازدارنده نشان دهند. به عبارتی از این روش می‌توان به‌عنوان یک عامل ضدسرطان در جلوگیری از فعالیت تلموریز استفاده نمود.

## ترمیم ترک‌ها توسط نانولوله‌های کربنی

مترجم: ایمان فرح‌بخش، دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی دریا - هیدرودینامیک، دانشگاه صنعتی مالک اشتر  
منبع: [www.nanotechweb.org](http://www.nanotechweb.org)



تصویر SEM از یک ترک ناشی از خستگی که توسط الیاف نانولوله‌های کربنی ترمیم شده‌است.

متخصصان هوا و فضا در ایالات متحده، دیدگاه ویژه‌ای نسبت به قابلیت نانولوله‌های کربنی چنددیواره برای متوقف کردن ترک‌های ناشی از خستگی در کامپوزیت‌های اپوکسی<sup>۱۰</sup> دارند. آزمایش‌های انجام‌شده توسط محققان نشان داد که افزودن نانولوله‌های کربنی چنددیواره، می‌تواند منجر به کاهش ۲۰ برابری پیشروی ترک‌ها نسبت به حالت عادی گردد.

محققان، نانولوله‌هایی با قطرهای (۵-۸، ۱۰-۲۰، ۲۰-۳۰ و ۵۰-۷۰ نانومتر) و طول‌های مختلف (۱۰-۲۰، ۱-۲ میکرومتر) را بررسی نمودند. علاوه بر این، گروه برای پراکنده شدن راحت‌تر ماده، نمونه‌های نانولوله‌های کربنی را توسط لایه بسیار نازکی از PMMA<sup>۱۱</sup> (۲-۳ نانومتر) پوشش داد. به گفته یکی از محققان، با

پوشش‌دهی نانولوله‌ها توسط پلیمری با سطح انرژی پایین قادر خواهیم بود تا میزان خوشه‌ای شدن<sup>۱۲</sup> را محدود نموده و نسبت سطح به حجم را به‌طور قابل توجهی افزایش دهیم. هرچه نسبت سطح به حجم بیشتر باشد، نانولوله‌ها باید میکروالیاف بزرگتری تشکیل دهند تا به‌عنوان عاملی برای اتصال ترک‌ها به‌کار آیند. این امر مستلزم این است که

نانولوله‌های کربنی چنددیواره در سرتاسر شبکه اپوکسی به خوبی پراکنده شوند.

آزمایش خستگی طبق استاندارد ASTM E6۴۷-۰۵ نشان داد که نانولوله‌های کربنی چنددیواره با بالاترین نسبت طول به قطر بهترین نتایج را نشان می‌دهند. به گفته محققان با اضافه نمودن تنها ۰/۵ درصد وزنی از نانولوله‌های کربنی، نرخ کاهش ترک ۱۰ برابر کمتر می‌شود. گروه تحقیقاتی با استفاده از نانولوله‌های پوشش داده شده توسط PMMA، موفق شدند تا نتایج را یک گام به پیش برده و با نانولوله‌ها به میزان ۰/۲۵ درصد وزنی، کاهش ۲۰ برابری را در نرخ رشد ترک ایجاد کنند.

## مبدل‌های انرژی نانویی

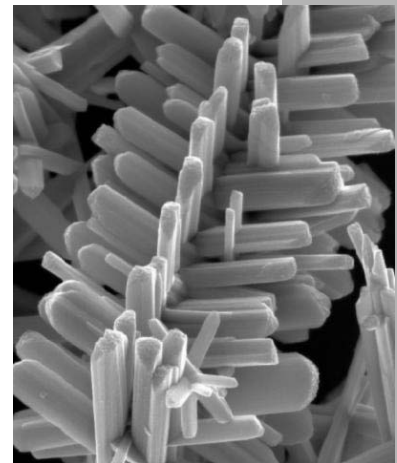
مترجم: عبدالحسین موحدی، کارشناس رشته فیزیک، دانشگاه تبریز  
منبع: [www.physorg.com](http://www.physorg.com)

دانشمندان روشی را برای رشد نانومیله‌های تک‌کریستال و کنترل شکل آنها با استفاده از مولکول‌های زیستی گسترش داده‌اند که می‌تواند به ساخت پمپ‌های گرمایی کوچک‌تر و قدرتمندتر و نیز ابزارهایی برای تبدیل گرما به الکتریسته منجر شود.

دانشمندان چگونگی کنترل مسیر رشد نانومیله‌های ساخته شده از دو تک‌کریستال، توسط سورفکتانت‌های مولکولی زیستی را کشف کردند. این محققان قادرند ساختارهای شاخه‌داری بسازند که این عمل با کنترل دقیق دما، زمان و میزان سورفکتانت در حین رشد، امکان‌پذیر شده‌است.

هر یک از این نانومیله‌ها شامل دو ماده است. یک هسته تک‌کریستال از جنس تلوراید بیسموت<sup>۱۳</sup> که در یک پوسته استوانه‌ای تک‌کریستال از جنس سولفید بیسموت<sup>۱۴</sup> قرار گرفته‌است. تهیه ساختارهای هسته – پوسته و شاخه‌دار کردن آنها دو فرایندی است که قبلاً به صورت مجزا انجام می‌شدند اما در این روش برای اولین بار این دو فرایند به صورت هم زمان با استفاده از یک سورفکتانت مولکولی زیستی<sup>۱۵</sup> انجام شده‌است.

این اتصالات پوسته – هسته، رسانای گرما هستند؛ لذا می‌توان از آنها برای دفع گرما از نانوسیم‌ها در ابزارهای آینده استفاده نمود. دانشمندان دریافتند تولید این نانوساختارها در دمای بالا و یا با مقدار کم سورفکتانت منجر به شکل‌گیری نانوساختارهای شاخه‌دار به صورت بسیار منظم می‌شود. در مقابل تولید این مواد در دمای کم و یا با مقدار زیاد سورفکتانت منجر به شکل‌گیری نانومیله‌های راست و بدون شاخه می‌شود.



دانشمندان روشی جدید برای ساخت نانومیله‌های شاخه‌دار ابداع کرده‌اند که نمونه‌ای از آنها در این تصویر میکروسکوپ الکترونی مشاهده می‌شود. این ساختارها ممکن است روزی در ساخت ابزارهای ترموالکتریک برای تولید توان و یا ساخت پمپ‌های گرما به منظور دفع گرما از نقاط داغ در ابزارهای نانوالکترونیک، استفاده شود.

## نانولوله‌ها و امیدهای تازه در زمینه پیوند استخوان

مترجم: سید رضا اسداله‌پور، دانشجوی کارشناسی رشته مهندسی نفت – مخازن نفت، دانشکده نفت اهواز  
منبع: [www.nanotechweb.org](http://www.nanotechweb.org)

طبق تحقیقات انجام شده توسط محققان آمریکایی، نانولوله‌های کربنی چنددیواره (MWCNTs)<sup>۱۶</sup> که در حفره‌های روی



تصویر SEM از نانولوله‌های کربنی چنددیواره رشد یافته روی سطح تیتانیوم

سطح تیتانیوم رشد داده شده‌اند، ابزاری مناسب برای تشخیص چگونگی رشد استخوان هستند.

عمده‌ترین مشکل در جایگزین کردن استخوان کفل، برقراری پیوند ضعیف با استخوان‌های مجاور است. در حال حاضر تشخیص نحوه رشد استخوان جدید، با توجه به محدودیت‌ها و نواقص روش‌های عکس‌برداری موجود، با مشکلاتی همراه است. محققان حسگری اختراع کرده‌اند که به رفع این مشکل کمک می‌کند. طرز کار این حسگر به این صورت است که وضعیت غشاهای مجاور را از طریق فرکانس‌های رادیویی به یک دستگاه کوچک ارسال می‌کند. در واقع سازندگان این دستگاه حتی قدم را فراتر نهاده‌اند و این حسگر را با یک لایه پلیمری حاوی دارو پوشش داده‌اند. این پلیمر در صورت لزوم تجزیه شده و عوامل استخوان‌ساز را آزاد می‌کند.

حسگر زیستی Ti-MWCNT با اندازه‌گیری رسانایی غشایی که روی عضو پیوندی شکل می‌گیرد، عمل می‌کند. به این ترتیب که دانشمندان می‌توانند تشخیص دهند ماده تولید شده، استخوان، زخم یا عفونت است. تشکیل استخوان جدید همواره با ته‌نشین شدن مقداری کلسیم و در نتیجه با افزایش رسانش سطح حسگر همراه است، ولی برخلاف آن، زخم و عفونت رفتاری مانند مقاومت از خود نشان داده و رسانش را کاهش می‌دهند.

محققان برای آماده کردن حسگر، کار خود را با پوشاندن سطحی از تیتانیوم، به‌عنوان آند، به‌اندازه  $1 \times 1$  سانتی متر مربع شروع می‌کنند. این عمل باعث ایجاد یک سری نانومفذهای یکنواخت، به‌عنوان محل‌های رشد برای یک شبکه متراکم و درهم پیچیده از نانولوله‌های کربنی چنددیواره می‌شود. مشخص شده‌است که MWCNTها نقش دوگانه از خود هم به‌عنوان حسگر و هم به‌عنوان عاملی برای افزایش رشد استخوان جدید در محل پیوند نشان می‌دهند.

در مراحل بعدی، محققان قصد انجام مطالعاتی را بر روی حیوانات دارند. چرا که نتیجه‌بخش بودن به‌کارگیری حسگرها در بدن حیوانات، جهش بزرگ و مهمی خواهد بود. همچنین این گروه تحقیقاتی قصد دارد در آینده نزدیک به تجزیه و تحلیل رشد و کنترل استخوان‌های جدید در بدن موش‌ها بپردازد.

## افزایش حجم ذخیره‌سازی اطلاعات با استفاده از حافظه‌های مبتنی بر نانوسیم‌ها

مترجم: امیر صابری، دانشجوی کارشناسی رشته مهندسی برق، دانشگاه تبریز

منبع: [www.physorg.com](http://www.physorg.com)

محققان دانشگاه پنسیلوانیا برای ذخیره‌سازی اطلاعات دستگاهی را ساخته‌اند که اطلاعات را بر اساس سه مقدار صفر، یک و دو ذخیره می‌کند، در حالی که حافظه‌های دو مقداری امروزی تنها قادر به ذخیره‌سازی اطلاعات بر اساس صفر و یک هستند.

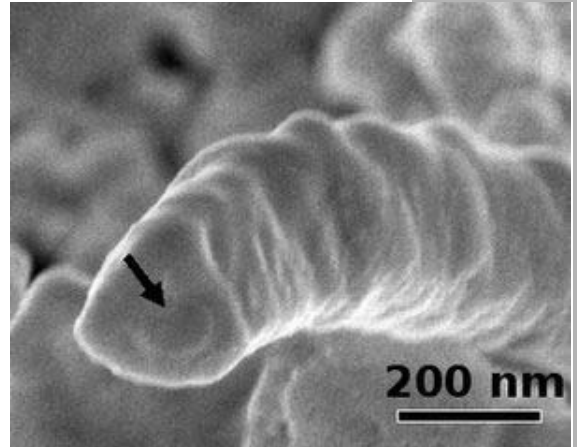
یکی از محققان این گروه می‌گوید: «استفاده از یک حافظه نانوسیمی به شکل غیردودویی، چگالی حافظه را بسیار افزایش می‌دهد؛ به‌علاوه با استفاده از این نوع حافظه، برای ساخت ابزارهای ذخیره اطلاعات به تعداد کمتری نانوسیم

احتیاج داریم. بنابراین می‌توان ابزارهای الکترونیکی را فشرده‌تر از قبل ساخت. همچنین استفاده از این روش، فرایند ساخت را نیز ساده‌تر می‌کند.»

نانوسیم استفاده شده توسط این گروه دارای یک ساختار پوسته - هسته همانند کابل هم‌محور است. مواد تشکیل‌دهنده این نانوسیم‌ها می‌تواند در دو فاز قابل تبدیل به هم، وجود داشته باشد. هسته از ترکیب ژرمانیوم، آنتیموان و تلوریم ( $\text{Ge}_3\text{Sb}_4\text{Te}_6$ ) و پوسته از تلوراید ژرمانیوم ( $\text{GeTe}$ ) ساخته شده است.

این تغییرات فاز از طریق اعمال یک میدان الکتریکی پالسی ایجاد می‌شود. این فرایند موجب گرم شدن نانوسیم و تغییر ساختار هسته - پوسته از شکل کریستالی (منظم) به بی‌شکل (نامنظم) می‌شود. مقاومت الکتریکی این نانوسیم در این دو حالت متفاوت است. هنگامی که پوسته و هسته هر دو کریستالی هستند مقاومت آن کم و موقعی که هر دو در حالت بی‌شکل هستند، مقاومت آن زیاد است. در حقیقت این مقاومت‌ها نشان‌دهنده دو حالت از سه مقدار ممکن هستند. حالت سوم هنگامی ایجاد می‌شود که هسته کریستالی و پوسته، بی‌شکل باشد (و یا

برعکس) که در این حالت یک مقاومت متوسط ایجاد می‌شود. این گروه در نظر دارد در آینده نحوه تأثیر شکل و ترکیب شیمیایی نانوسیم‌ها بر خواص الکتریکی آنها را مورد بررسی قرار دهد.



تصویر میکروسکوپ الکترونی از سطح مقطع نانوسیم  $\text{GeTe}/\text{Ge}_3\text{Sb}_4\text{Te}_6$ .

پیکان، هسته را نشان می‌دهد.

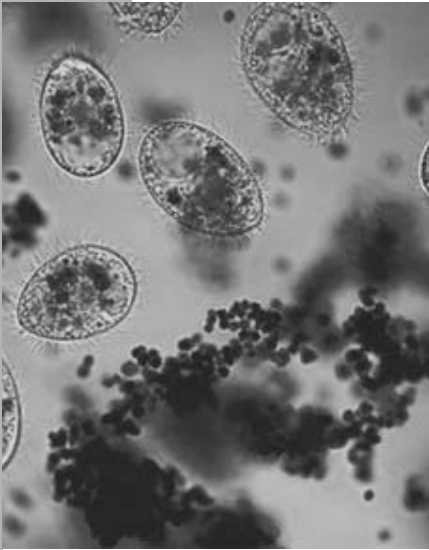
## نانولوله‌های کربنی فعالیت پروتوزان‌ها<sup>۱۷</sup> را به خطر می‌اندازند

مترجم: صادق باباپور، دانشجوی کارشناسی رشته مهندسی نفت - حفاری و استخراج، دانشکده نفت اهواز  
منبع: [www.physorg.com](http://www.physorg.com)

مطالعات جدید نشان می‌دهد که نانولوله‌های کربنی می‌توانند برای میکروارگانیسم‌ها، سمی باشند. هنگامی که کشت‌هایی از پروتوزون‌های مشخص - یک ارگانیسم تک‌سلولی - در معرض نانولوله‌های کربنی قرار گرفتند، توانایی آنها برای فرو بردن و هضم کردن باکتری‌ها به طور محسوسی کاهش یافت.

پروتوزونی که روی آن مطالعه شد، تتراهایمن ترموفیل، از لحاظ بوم‌شناسی مهم است زیرا در اکولوژی آب در سطوح مختلف فعال است. تتراهایمن ترموفیل<sup>۱۸</sup> با فرو بردن و گوارش باکتری‌ها به تنظیم جمعیت‌های میکروبی کمک می‌کند. همچنین ارگانیسم مهمی در تصفیه پساب‌ها و نشانگر کیفیت تصفیه آنهاست و به همین دلیل اغلب توسط دانشمندان سم‌شناس مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

هنگامی که محققان تتراهایمن ترموفیل را در معرض نانولوله‌های کربنی تک‌دیواره SWNTs قرار دادند، پی بردند که پروتوزون‌ها به صورت غیرطبیعی به یکدیگر چسبیدند و SWNTها و باکتری‌ها را بطور یکسان فرو بردند. یکی از تأثیرات نامطلوب این عمل در طبیعت این است که موجب می‌شود نانولوله‌ها وارد چرخه غذایی شوند. از آنجا که پروتوزون‌ها دیگر نمی‌توانند به اندازه سابق (حالتی که نانولوله‌ها حضور ندارند) باکتری‌ها را طعمه خود قرار دهند، جمعیت انواعی از باکتری‌ها افزایش می‌یابد که می‌تواند تأثیرات بوم‌شناسی غیرعادی و نامشخص به همراه داشته باشد.



محیط کشت تتراهایمن ترموفیل در معرض نانولوله‌های کربنی تک‌دیواره با غلظت‌های متعادل. تصویر نانولوله‌ها را (رنگ تیره) هم در بیرون و هم داخل پروتوزون‌ها نشان می‌دهد.

یکی از دلایل عدم تحقیق در زمینه تأثیرات نانولوله‌های کربنی بر روی میکروارگانیسم‌ها این است که عموم دانشمندان به‌طور عموم بر این باورند که نانولوله‌ها در آب انحلال ناپذیر هستند. در حالیکه مطالعات اخیر این مسئله را زیر سؤال می‌برد.

محققان، کشت‌های تتراهایمن ترموفیل را در غلظت‌های متفاوت در محلول نانولوله‌ها قرار داده و به مدت سه روز توسط ویدئو- میکروسکوپی تغییرات آنها را ثبت کردند. علاوه بر این که پروتوزون‌ها آشکارا نانولوله‌ها را فرو می‌بردند، فیلم‌ها آشکار کردند که کشت‌های مراقبت‌شده سالم مانده‌اند. این در حالی است که کشت‌های در معرض نانولوله‌ها بسته به غلظت این لوله‌ها پاسخ‌های منفی مختلفی نشان دادند، به گونه‌ای که در برخی کشت‌ها جنبش و تحرک سلول‌ها کاهش یافت و یا حتی در برخی دیگر از کشت‌ها منجر به مرگ سلول‌ها شد. در تمامی حالت‌ها رایج‌ترین تأثیر، به هم چسبیدن سلول‌ها بود.

## تولید انبوه مدارهای از جنس نانولوله کربن

مترجم: اشرف ملکی، دانشجوی کارشناسی رشته تکنولوژی آموزشی، دانشگاه تبریز

منبع: [www.physorg.com](http://www.physorg.com)

مهندسان دانشگاه استنفورد، برای ساخت تراشه‌های مدارهای مجتمع با استفاده از اجزای پیچیده نانولوله‌های کربنی روشی را ابداع کرده‌اند که برای استفاده در صنعت نیمه‌رسانا مقرون به‌صرفه خواهد بود.

در این روش، لیتوگرافی و رشد نانولوله‌ها بر روی ویفر کوارتز انجام می‌شود. همچنین این محققان برای اولین بار طرحی را به اجرا درآورده‌اند که عملیات پیچیده منطقی را حتی هنگامی که نانولوله‌ها در هم پیچیده و خمیده هستند (به جای اینکه به صورت مستقیم قرار گرفته باشند) و یا حتی در مکان اشتباه قرار گرفته‌اند، به درستی انجام می‌دهد. محققان این روش را در سال گذشته شبیه‌سازی کرده بودند، و اکنون موفق شده‌اند در یک فرایند واقعی آن را اجرا نمایند.

در فرایند ابداعی، ابتدا نانولوله‌ها روی ویفر کوارتز - صفحه‌ای به قطر ۴ اینچ - رشد یافته و سپس مثل قطعه‌ای از اسفنج روی یک ویفر سیلیکون که با الکترودهای فلزی الگوسازی شده، منتقل می‌شود. این نانولوله‌ها می‌توانند الکترودها را به هم وصل کرده و ترانزیستور و گیت‌های منطقی تشکیل بدهند. فناوری انتقال از کوارتز به سیلیکون قبلاً برای قطعه‌های کوچک زیرلایه ایجاد شده بود، اما آنچه اغلب محققان را ناکام گذاشته بود یافتن راهی برای رشد نانولوله‌ها روی چنین تکه‌های بزرگی از کوارتز بود. کوارتز، رشد نانولوله‌ها را تسهیل می‌کند اما به حرارت مورد نیاز برای فرایند رشد حساس است.

مهندسان دانشگاه استنفورد زمانی بر این مشکل فائق آمدند که متوجه شدند ویفر کوارتز مانند شیشه در اثر نزدیک شدن دمای آن به دمای بحرانی خاصی (تقریباً ۱۱۰۰ درجه فارنهایت) سریع از هم می‌پاشد. محققان با کاهش دادن سرعت فرایند حرارت‌دهی، ویفرها را سالم نگه‌داشتند. سپس نانولوله‌ها را روی ویفر سیلیکون منتقل کردند تا روی الکترودها را ببوشاند. الگوی الکترودها به گونه‌ای طراحی شده بود که نانولوله‌ها به هر صورتی که قرار گرفتند، گیت‌های منطقی ایجاد شده به درستی عمل کنند.

در کل این گروه، حدود ۱۹۷ تراشه روی ویفری به قطر ۴ اینچ به وجود آورده‌اند. هر تراشه حدود ۱۰۰۰ ترانزیستور دارد. آزمایش تصادفی ۱۸ ترانزیستور از هر تراشه نشان داد که ۹۹ درصد ترانزیستورها به درستی عمل می‌کنند. تراشه‌های کاملاً تجاری به میلیون‌ها ترانزیستور در هر تراشه و اتصالاتی پیچیده مابین آنها نیازمند هستند. نیاز به افزایش چگالی نانولوله‌ها از مشکلات این روش است که برای حل آن می‌توان نانولوله‌ها را از چندین ویفر کوارتز به یک ویفر سیلیکون انتقال داد. برای دستیابی به این هدف، شرایط رشد نانولوله‌ها نیز باید بهینه‌سازی شود. همچنین محققان باید راهی را برای حذف نانولوله‌های فلزی مزاحم پیدا کنند، چرا که این نانولوله‌ها باعث ایجاد اتصال کوتاه در ترانزیستورها می‌شوند.

## افزایش بازده جوشاندن آب با استفاده از فناوری نانو

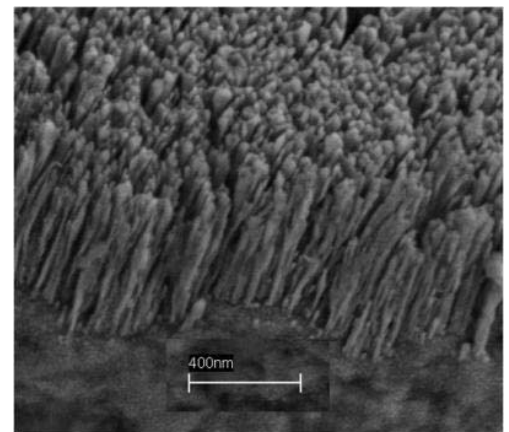
مترجم: فاروق زرگانی، دانشجوی کارشناسی رشته مهندسی نفت - بهره‌برداری، دانشکده نفت اهواز

منبع: [www.physorg.com](http://www.physorg.com)

مطالعات جدید نشان می‌دهد که با افزودن لایه‌ای غیرقابل رؤیت از نانومواد به کف ظرف فلزی، می‌توان میزان مصرف انرژی برای جوشاندن آب را تا ۳۰ برابر کاهش داد. این افزایش در بازده می‌تواند نقش به‌سزایی در کاهش قیمت خنک‌کننده‌های کامپیوتری، سیستم‌های انتقال حرارت و سیستم‌های جوشاننده صنعتی داشته باشد.

به جوش آمدن آب و تغییر فاز مربوط به جوشیدن که آب را از حالت مایع به بخار تبدیل می‌کند نیاز به تماس آب و هوا دارد. مثلاً در ظرف آب، مولکول‌های آب و هوا در دو محل با هم تماس دارند: یکی در سطح ظرف و دیگری در کف ظرف، جایی که بسته‌های کوچک هوا در بین پستی و بلندی‌های میکرومتری کف ظرف محبوس شده‌است. اگرچه بیشتر آب درون ظرف به دمای جوش  $100^{\circ}\text{C}$  می‌رسد، اما همه آب درون ظرف تبخیر نمی‌شود، زیرا اکثر مولکول‌های آب با سایر مولکول‌های آب محاصره شده‌اند و هیچ‌گونه تماسی بین آنها و هوا برای سهولت بخشیدن به فرایند تبخیر وجود ندارد. معمولاً حباب‌ها وقتی تشکیل می‌شوند که هوا درون میکروحفره‌های سطح ظرف محبوس شده باشد و فشار بخار، هوا را به سطح ظرف براند. وقتی حباب شکل گرفت، آب به سرعت جایگزین هوای درون حفره می‌شود و از تشکیل مجدد حباب جلوگیری می‌کند.

محققان دریافتند که پوشاندن سطح ظرف با لایه‌ای از نانومیله‌های مسی سبب می‌شود که هوای به‌دام افتاده در بین نانوحفره‌های سطح ظرف به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد که در جلوگیری کردن از جایگزینی آب در میکروحفره‌های ظرف تأثیر بسزایی دارد. فرایند یادشده باعث ایجاد حباب‌های ریز بسیاری در ظرف شده، ایجاد جوششی پایدار و آسان را ممکن می‌سازد. نانومیله‌های مسی و میکروحفره‌های کف ظرف هر یک به تنهایی قادر به تسهیل فرایند جوشیدن نیستند، زیرا نانومیله‌های مسی بسیار کوچک بوده و میکروحفره‌های کف ظرف به سرعت با آب پر می‌شوند و یک‌بار مصرف هستند. اما این دو در ترکیب با یکدیگر فرایند جوشیدن را به‌طور شایانی بهبود می‌بخشد و میزان چگالی تولید حباب‌ها در هر مساحت معین از سطح ظرف ۳۰ برابر می‌شود. بنابراین می‌توان با استفاده از این روش ۳۰ برابر در مصرف انرژی برای به جوش آوردن آب صرفه‌جویی نمود.



این تصویر که به وسیله میکروسکوپ الکترونی گرفته شده‌است، نانومیله‌های تجمع یافته بر روی یک نمونه مسی را نشان می‌دهد. هوای به دام افتاده در بین توده‌های انبوه از نانومیله‌ها به‌طور فوق‌العاده‌ای باعث ایجاد حباب‌های هوا می‌شود و در نتیجه جوشاندن را تقویت می‌کند. این روش، دستیابی به راه‌های جدیدی برای کاهش هزینه‌ها در سیستم‌های گرم‌کننده صنعتی را مهیا خواهد کرد.

## مطالعه نانومواد با استفاده از نانوپروب اشعه ایکس سخت

مترجم: محمدرضا جعفرزاده، کارشناس رشته مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی اصفهان  
منبع: [www.physorg.com](http://www.physorg.com)

محققان موفق به ساخت قدرتمندترین و با دقت‌ترین میکروسکوپ اشعه ایکس سخت<sup>۱۹</sup> در جهان شدند. برهم‌کنش ضعیف اشعه ایکس سخت با ماده برای محققان، این امکان را فراهم آورده‌است تا به داخل ماده نفوذ، فرایندهای گازی را مشاهده و پدیده‌هایی که زیر سطح رخ می‌دهند را مطالعه کنند. اما دشواری متمرکز کردن این اشعه، استفاده مؤثر از آن را سخت نموده‌است.

محققان آزمایشگاه آرگون با استفاده از یک سیستم اپتیکی پیشرفته به نام صفحات منطقه فرزنل<sup>۲۰</sup> همراه با یک سیستم تعیین موقعیت با دقت در ابعاد نانومتر توانستند نانوپروب اشعه ایکس سخت بسازند و بدین وسیله اشعه ایکس را در کوچک‌ترین نقطه متمرکز کنند. به این ترتیب توانستند هم ترکیبات پیچیده را به صورت سه بعدی به تصویر بکشند و هم آنالیزهای کمی حساس از ترکیب عناصر، حالت‌های شیمیایی و حالت‌های کریستالی ماده را ارائه نمایند.

این نانوپروب از اشعه ایکسی که انرژی فوتون‌های آن بین ۳ تا ۳۰ کیلو الکترون‌ولت است، استفاده کرده و تصاویری با دقت ۳۰ نانومتر را تهیه می‌کند.

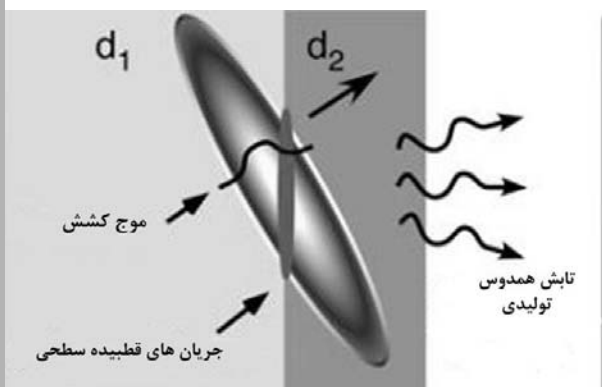
## مشاهده امواج صوتی در مقیاس اتمی در نانوساختارها

مترجم: هادی فتاح‌زاده، دانشجوی کارشناسی رشته فیزیک، دانشگاه تبریز  
منبع: [www.physorg.com](http://www.physorg.com)

دانشمندان پدیده فیزیکی جدیدی را کشف کرده‌اند که آنها را قادر به مشاهده امواج با بسامد بالا نموده‌است. این دانشمندان با ترکیب شبیه‌سازی دینامیک مولکولی، امواج ضربه‌ای<sup>۲۱</sup> و یک آزمایش عملی؛ موفق به مشاهده امواجی با فرکانس تراهرتز شده‌اند. چنین امواجی به صورت خودبه‌خود در جلوی امواج ضربه‌ای و یا از طریق لیزرهایی با طول پالس زیر نانوثانیه تشکیل می‌شوند.

آنها کشف کردند که تحت شرایطی خاص، وقتی چنین موجی از سطح مشترک بین دو ماده عبور می‌کند، جریان الکتریکی ناچیزی در این سطح ایجاد می‌شود. این جریان‌ها سبب تابش امواج الکترومغناطیسی با بسامدی از مرتبه تراهرتز می‌شود که در چند میلیمتری سطح مشترک قابل آشکارسازی است.

این روش می‌تواند برای بدست آوردن اطلاعات از موادی که تحت ضربه قرار گرفته‌اند، استفاده شود. مانند کریستال‌هایی که با آهنگ



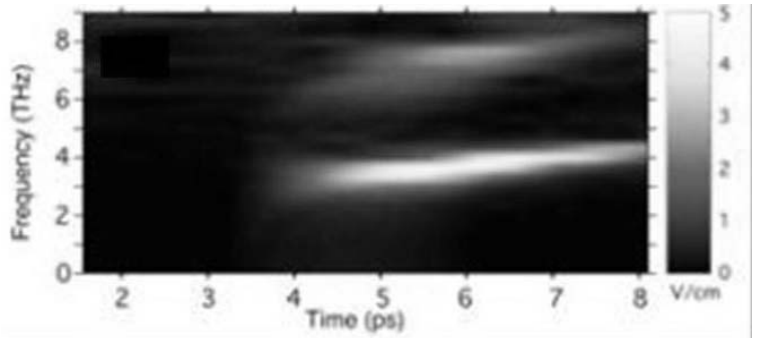
هنگامی که یک موج صوتی از سطح مشترک دو ماده پیزوالکتریک عبور می‌کند، جریان‌های الکتریکی تولید می‌کند که سبب تابش امواج الکترومغناطیسی می‌شود. این تابش به بیرون از ماده پراکنده شده و می‌توان آن را آشکارسازی نمود و از آن برای تعیین شکل موج صوتی با دقت اتمی استفاده کرد.

بسیار زیاد تحت کشش قرار گرفته‌اند.

این گروه با استفاده از شبیه‌سازی دینامیک مولکولی نشان دادند که می‌توان نحوه رفتار این موج در طول زمان را از طریق اندازه‌گیری این میدان الکترومغناطیسی با دقت زمانی و فضایی کمتر از نانوثانیه بدست آورد.

گروه مذکور این اثر را در مورد سطح مشترک دو لایه نازک که در دیوهای نورافشان نانو ساختار استفاده می‌شوند، مطالعه و بررسی نمودند. این لایه‌ها از مواد پیزوالکتریک ساخته شده‌اند. از مواد پیزوالکتریک در چند دهه گذشته به‌عنوان وسیله‌ای برای تعیین زمان ورود امواج ضربه‌ای استفاده شده‌است، اما این روش به علت استفاده

از ابزارهای الکترونیکی که تنها قادر به آشکارسازی بسامدهای کمتر از ۱۰ گیگاهرتز هستند، محدود شده‌است. روش جدید که با فرکانس‌های تراهرتز کار می‌کند، سبب بهبود عملکرد روش‌های قبلی می‌شود. همچنین از این روش می‌توان برای تعیین ساختار لایه‌های نازک مانند ترانزیستورهای اثر - میدان و یا تصویربرداری از نقاط کوانتومی استفاده نمود.



فرکانس به صورت تابعی از زمان برای یک تابش الکترومغناطیسی

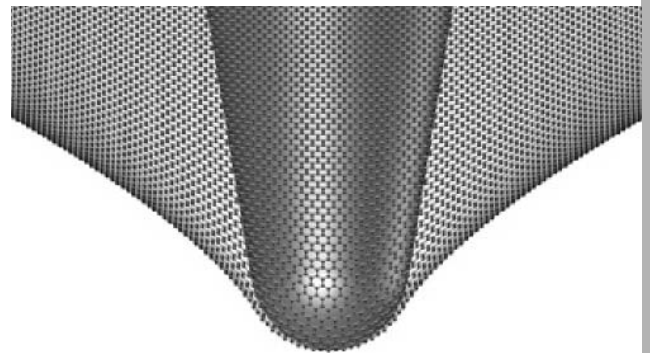
## گرافن رکورد استحکام را شکست

مترجم: محمدرضا جعفری زاده، کارشناس رشته مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی اصفهان  
منبع: [www.nanotechweb.org](http://www.nanotechweb.org)

برطبق جدیدترین آزمایش‌های محققان، گرافن مقاوم‌ترین ماده جهان است. راز استحکام فوق‌العاده گرافن، پیوند بسیار قوی کووالانسی کربن - کربن و ساختار بدون عیب آن است.

محققان مقاومت طبیعی - بیشینه تنش که یک ماده بدون عیب می‌تواند در برابر آن مقاومت کند، اندکی قبل از اینکه اتم‌های آن از هم بپاشند. این ماده را اندازه گرفته‌اند. برای این کار محققان ابتدا با لایه لایه کردن گرافیت، گرافن تولید کردند. سپس تکه‌های کوچک گرافن را روی یک سری سوراخ روی یک ویفر سلیکون قرار دادند. پهنای هر سوراخ ۱ تا ۱/۵ میکرومتر بود. هر گرافن شبیه یک طبل کوچک است با این تفاوت که پوسته آن به اندازه یک لایه اتم ضخامت دارد. سپس با استفاده از نوک میکروسکوپ نیروی اتمی، یک تورفتگی در گرافن ایجاد کردند. نوک این میکروسکوپ از جنس الماس و شعاع آن ۲۰ نانومتر بود. نوک میکروسکوپ باید از جنس الماس باشد چراکه نوک‌های سلیکونی معمول، قبل از این که گرافن بشکنند، شکسته می‌شوند.

با اندازه‌گیری میزان نیروی وارده و میزان جابه‌جایی صفحات گرافن، خواص الاستیک آن را می‌توان اندازه‌گیری نمود. لایه در یک نیروی



ایجاد تورفتگی در یک لایه گرافن با استفاده از نوک میکروسکوپ الکترونی از جنس الماس

خاصی می‌شکند، بررسی آماری این نیروهای شکست به آنها اجازه می‌دهد تا مقاومت طبیعی گرافن را محاسبه کنند. از آنجا که این صفحات در اندازه‌های کوچک تهیه شده‌اند، بدون عیب هستند. مقاومت گرافن را چنین می‌توان تصور کرد: اگر صفحه‌ای به ضخامت ۱۰۰ میکرومتر مقاومتی مانند گرافن داشته باشد؛ برای سوراخ کردن آن با یک مداد به نیرویی در حد ۲۰۰۰۰ نیوتن احتیاج داریم. چنین نیرویی را می‌توان با استفاده از جسمی به جرم ۲۰۰۰ کیلوگرم یا یک ماشین بزرگ تأمین نمود.

## نانوذرات مغناطیسی در تشخیص انسدادهای شرایین

مترجم: امین نعمیمی، دانشجوی کارشناسی ارشد رشته زبان انگلیسی، دانشگاه یزد  
منبع: [www.nanotechweb.org](http://www.nanotechweb.org)

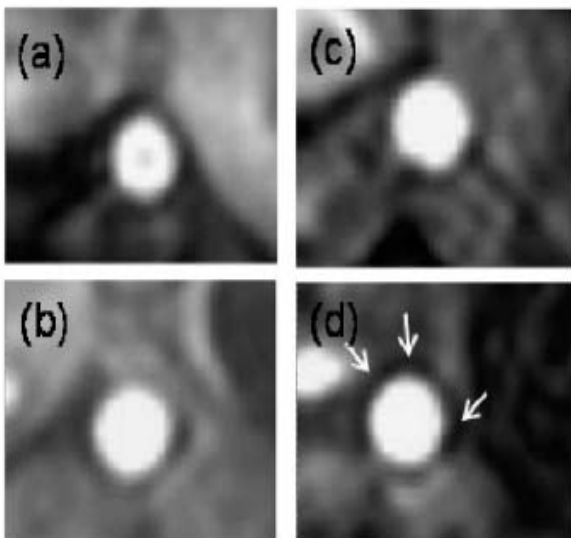
محققان در تایوان موفق شده‌اند از نانوذرات مغناطیسی برای تشخیص انسدادهای شرایین در خرگوش‌ها استفاده نمایند. آنها امیدوارند این شیوه در کنار تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI) بر روی انسان نیز انجام گیرد. انسدادهای شرایین به دلیل افزایش میزان کلسترول، وجود سلول‌های متورم و بافت‌های الیافی در داخل سرخرگ‌ها رخ می‌دهد. نوعی از این انسدادها به نام انسداد شریانی آسیبی (VAPs) به راحتی منجر به ایجاد لخته‌های خونی شده، جریان خون منتهی به مغز یا قلب را مسدود می‌نماید و بدین طریق باعث سکته قلبی یا مغزی می‌شود. امروزه برخی شیوه‌های تصویربرداری برای تشخیص این انسدادها مورد استفاده قرار می‌گیرند که از جمله می‌توان

به آنژیوگرافی، تصویربرداری فراصوتی سیاه‌رنگی، آنژیوسکوپی و پرتونگاری نوری همدوس<sup>۲۴</sup> اشاره نمود. با این حال در موارد مربوط به تشخیص انسدادهای خطرناک شرایین اکلیلی، این روش‌ها با محدودیت‌هایی مواجه هستند.

اخیراً محققان روش جدیدی ارائه داده‌اند که در آن از نانوذرات اکسید آهن پوشیده شده توسط دکستران<sup>۲۵</sup> با عرض ۴۵ نانومتر که با ضد VCAM-1<sup>۲۶</sup> شاخه‌دار شده‌اند، استفاده می‌شود. این مولکول‌ها (ضد VCAM-1) توسط جداره‌های شریانی مستعد تشکیل VAP، جذب می‌شوند و به‌عنوان نشانگر انسداد، عمل می‌کنند.

محققان این روش را با تزریق به خرگوش‌های مبتلا به هایپرکلیستریمیا<sup>۲۷</sup> آزمایش کردند. این خرگوش‌ها در واقع انسدادهای نرم (ظاهراً پر از مولکول‌های VCAM-1) در جداره‌های مجاری شریانی داشتند. بعد از گذشت یک روز، آزمایش‌های MRI روی خرگوش‌ها انجام شد که نشانگر سیاه شدن جداره آنورت بود. خرگوش‌ها سپس کشته شدند و جداره آنورت آنها با استفاده از رنگدانه‌ها بررسی شد.

یکی از این محققان اظهار داشت: «مناطق لکه‌دار، نشان‌دهنده سیاه شدگی آنورت هستند که در اسکن‌های MRI مشاهده می‌شود. این امر نشان‌دهنده



تصویر MRI از سطح مقطع شاهرگ (a) خرگوش نرمال؛ (b) خرگوش مبتلا به بیماری هایپرکلیستریمیا قبل از تزریق نانوذرات مغناطیسی؛ (c) یک روز بعد از تزریق نانوذرات به خرگوش نرمال و (d) یک روز بعد از تزریق نانوذرات به خرگوش مبتلا به بیماری هایپرکلیستریمیا.

این است که نانوذرات مغناطیسی، با شاخه‌های ضد VCAM-1 به مولکول‌های VCAM-1 متصل شده‌اند و به‌عنوان نشانگر مقدار اضافی مولکول‌های VCAM-1 در جداره‌های آئورت قرار گرفته‌اند.» وی افزود: «ما امیدواریم علاوه بر امکان پذیر بودن تشخیص انسداد شریانی بافت زنده با استفاده از این روش، بتوانیم از آن برای تشخیص بیماری‌های دیگر در حیوانات و حتی انسان‌ها بهره ببریم.»

## صرفه‌جویی در مصرف انرژی با استفاده از نانوذرات

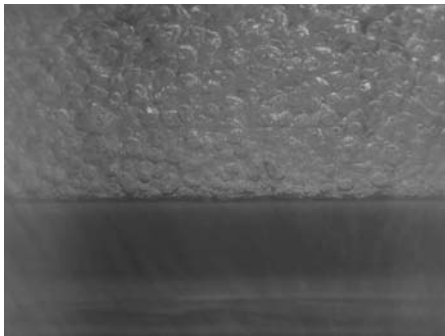
مترجم: عبدالحسین موحدی، کارشناس رشته فیزیک، دانشگاه تبریز

منبع: [www.physorg.com](http://www.physorg.com)

تحقیقات نشان می‌دهد افزودن نانوذرات به روانکارها و سردکننده‌ها باعث کاهش مصرف انرژی در سیستم‌های بزرگ سردکننده که در کارخانه‌ها، بیمارستان‌ها و ... مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌شود.

امروزه در حدود ۱۳ درصد از توان الکتریکی مصرفی در ساختمان‌ها صرف سیستم‌های سردکننده می‌شود. محققان نشان داده‌اند با افزودن مقدار کافی از ذرات اکسید مس با قطر ۳۰ نانومتر به روانکارهای پلی‌استر معمولی و ترکیب آن با مواد سردکننده مانند a ۱۳۴ می‌توان انتقال حرارت را بین ۵۰ تا ۲۷۵ درصد افزایش داد.

نتایج اولیه بدست آمده نشان می‌دهد نانوذرات ترکیب را سریع‌تر به جوش آورده و باعث انتقال بهتر گرما می‌شوند. این ذرات ریز، تشکیل حباب‌ها را تسریع می‌کنند. این حباب‌ها گرما را از سطح دور کرده و کارایی سردکننده را افزایش می‌دهند.

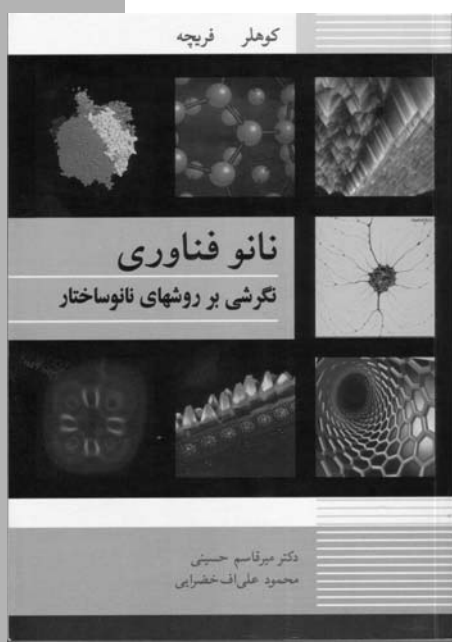


افزودن نانوذرات به روانکارها و ترکیب آن با سردکننده‌های مورد استفاده در چیلرها، موجب تشکیل بیشتر حباب‌های نانو به روی حباب‌ها می‌شود. این اثر افزایش تولید حباب، انتقال گرما از طریق جوشیدن را بیشتر کرده و موجب صرفه‌جویی انرژی در چیلرهای صنعتی می‌شود.

### پانویس

1. femtosecond X-ray free electron laser
2. Charge Coupled Device
3. Dye-sensitized solar cells (DSCCs)
4. Hydrothermal
5. Indium Tin Oxide
6. Ruthenium
7. Telomerase
8. Nucleotides
9. Oligonucleotide
10. Epoxy
11. Poly Methyl Methacrylate
12. Clustering
13. Bismuth telluride
14. Bismuth sulfide
15. Biomolecular surfactant
16. Multiwalled carbon nanotubes
17. Protozoan
18. Tetrahymena thermophila
19. Hard x-ray
20. Fresnel zone plates
۲۱. موجی مترامک با دامنه بلند که در اثر یک انفجار تولید شده و با سرعت ما فوق صوت حرکت می‌کند
22. Magnetic resonance imaging (MRI)
23. Vascular Atherosclerotic plaques
24. Optical coherence tomography
25. Dextran
26. Vascular Adhesion Cell Molecule-1
27. Hypercholesteremia

## نگرشی بر روش‌های نانوساختار



- کتاب نانوفناوری نگرشی بر روش‌های نانوساختار توسط مایکل کوهرل و ولفگانگ فریچه تألیف و در سال ۲۰۰۷ به چاپ رسیده‌است. این کتاب توسط دکتر میر قاسم حسینی استادیار دانشکده شیمی دانشگاه تبریز و محمود علی‌اف خضرایی دانشجوی دکتری مهندسی مواد دانشگاه تربیت مدرس ترجمه شده و انتشارات نوپردازان آن را در تابستان ۱۳۸۷ به چاپ رسانده‌است. کتاب مذکور شامل ۸ فصل است و مطالب ذیل را مورد بررسی قرار می‌دهد:
- مقدمه؛
  - مبانی مولکولی؛
  - بنیادهای میکروتکنولوژیکی؛
  - تهیه نانوساختارها؛
  - ساختارهای نانو تکنیکی؛
  - مشخصه ساختارهای نانو؛
  - نانوترانسدیوسرها؛
  - نانوسیستم‌های تکنیکی.
- هدف از گردآوری این کتاب، دسترسی دانشجویان علوم مختلف شیمی، مهندسی شیمی، فیزیک، علم مواد به مرجعی با تکیه بر اصول و بنیادهای فناوری نانو است. لازم به ذکر است این کتاب برای کسانی مفید خواهد بود که اطلاعات ابتدایی راجع به فناوری نانو دارند و درصددند که کارهای تحقیقاتی خود را در این زمینه انجام دهند.

## معرفی محصول

### پوشش محافظ فولاد زنگ‌نزن



تهیه‌کننده:

محمدرضا صاحبی

فولاد زنگ نزن (Stainless Steel) فلزی است که در محیط‌هایی که امکان خوردگی وجود دارد به‌کار می‌رود. اما این فلز در مناطق ساحلی، مستعد تغییر رنگ به قهوه‌ای یا به اصطلاح Tea Staining است. البته این نوع خوردگی ویژه مناطق ساحلی، بر ساختار ماده و دوام آن اثر نمی‌گذارد اما سبب نازیبایی سازه می‌شود. شرکت استرالیایی Nanovations برای رفع این مشکل با استفاده از فناوری نانو محصولی ارائه کرده‌است که افزون بر پاک کردن آثار این نوع خوردگی از سطح فلز، پوشش محافظی روی سطح ایجاد می‌کند و در نتیجه از خوردگی مجدد آن جلوگیری می‌نماید. ماده نانومتری موجود در این محصول پوششی بادوام و بسیار نازک روی فلز پدید می‌آورد که موجب آسان تمیز شدن آن نیز می‌شود. همچنین این محصول را می‌توان بر روی سایر فلزات بدون پوشش مانند آلومینیم نیز به‌کار برد.

کارشناس رشته مهندسی مکانیک – طراحی جامدات،  
دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران  
مرکز [mrsahebi@gmail.com](mailto:mrsahebi@gmail.com)

## معرفی پایان نامه

### سنترز و بررسی خصوصیات اپتیکی و الکتریکی نانوساختارهای نیمه رسانای سولفید کادمیوم آلاینده با آهن $Cd_{1-x}SFe_x$ به روش شیمیایی مرطوب

پژوهشگر

سید محمد طاهری

مقطع

کارشناسی رشته فیزیک

استاد راهنما

دکتر محمدحسن یوسفی

استاد مشاور

دکتر علی اعظم خسروی

دانشگاه

صنعتی مالک اشتر - شاهین

شهر اصفهان مجتمع دانشگاهی

علوم کاربردی گروه فیزیک،

گروه تحقیقاتی نانو فناوری

تهیه کننده:

سید محمد طاهری

کارشناس رشته فیزیک، دانشگاه  
صنعتی مالک اشتر-شاهین  
شهر، [Mhyphd1@gmail.com](mailto:Mhyphd1@gmail.com)

نقاط کوانتومی (QDs)، نانوبلورهای از جنس مواد نیمه رسانا هستند که بین رژیم مولکولی و رژیم حالت جامد قرار می گیرند و اگر با یک منبع نور مانند لیزر تحریک شوند می درخشند یا نور فلئورسانت از خود ساطع می کنند. نانوذراتی که اندازه آنها با شعاع بوهر اکسایتون همان ماده در حالت توده ای قابل مقایسه باشد، خواصی کاملاً متفاوت از ماده حجیم شان نشان می دهند که ناشی از حبس کوانتومی حامل های بار (الکترون و حفره) در سه بعد است. نانوذرات نیمه رسانا نقشی اساسی در ایجاد حوزه جدیدی از کاربردهای فناوری نانو در حیطه لیزرها، صفحات نمایشگر نورگسیل (LED، OLED) و دیگر وسایل اپتوالکترونیکی و پزشکی دارند. چرا که QDs طیف وسیعی از پرتو نور از ماورای بنفش تا قرمز را ساطع می کنند که این طیف به وسیله اندازه یا ترکیب این مواد قابل تنظیم است. در این پژوهش از روش رسوب دهی کنترل شده با عامل پوششی مرکپتواتانول، برای تولید سولفید کادمیوم خالص و

آلاییده با آهن استفاده گردیده است. عامل محدودکننده رشد (M.E)، از کلوخه شدن ذرات جلوگیری می‌کند. بنابراین از نمک نیترات کادمیوم و آهن و سولفید سدیم به عنوان مواد واکنش دهنده استفاده شد.

دلایل استفاده از این روش، صرفه اقتصادی، در دسترس بودن مواد و تجهیزات، سنتز در دمای اتاق و نیز توزیع یکنواخت ذرات (High monodispersity) و بدست آوردن نتایج مطلوب از تولیدات است. آنالیزهای جذب نوری با استفاده از UV-Visible برای بدست آوردن گاف انرژی و اندازه تقریبی نانوذرات، پراش اشعه ایکس XRD برای تعیین ساختار فازی نانوبلورها، طیف تشعشع فوتولومینسانس برای مشخص شدن طول موج بهینه گسیل و جذب، تصاویر میکروسکوپ الکترون عبوری (TEM) برای تعیین میانگین اندازه ذرات و مورفولوژی نانوبلورها و بالاخره آنالیز AAS برای تعیین درصد دقیق آلایش و میزان ناخالصی استفاده شد.

نتایج این آنالیزها به طور خلاصه در زیر بیان شده است:

- ۱- انتقال ۱۶ نانومتری طول موج جذب به سمت طول موج آبی با افزایش درصد آلایش یون های آهن؛
- ۲- وجود تنها، ساختار فازی هگزاگونال به عنوان فاز غالب نانوذرات؛
- ۳- گسیل نوری در طول موج ۵۳۲ نانومتر و کاهش شدت نوردهی با افزایش درصد آلایش؛
- ۴- شکل کروی نانوذرات و اندازه ۲ نانومتری با استفاده از TEM.

از این پروژه ۴ مقاله داخلی، ۱ مقاله بین المللی و ۱ مقاله ISI در حال تدوین، استخراج شد که مقاله مربوط به کنفرانس فناوری نانو در مشهد در سال ۸۶ به عنوان مقاله برگزیده انتخاب شد.

## معرفی پتنت:

# روشی برای رشد افقی نانولوله‌های کربنی و سایر تکنیک‌های مشابه

نام پدیدآورندگان: Jeong; Soo-hwan, Park; Wan-jun, Yoo; In-kyeong, Ko; Ju-hye

October/3/2006

این اختراع به چگونگی تولید نانولوله‌های کربنی به صورت افقی می‌پردازد و هدف اصلی آن کنترل قطر نانولوله‌های کربنی است. خواص مکانیکی و الکترونیکی نانولوله‌های کربنی موجب شده تا مطالعات وسیعی روی آنها صورت گیرد و روش‌های مختلفی برای رشد افقی و عمودی آنها ارائه شود. نانولوله‌های حاصل از رشد عمودی در نمایشگر استفاده می‌شوند در حالی که نانولوله‌های به دست آمده از رشد افقی به عنوان رابط در سامانه‌های الکترونیکی و حسگرها به کار می‌روند. در برخی روش‌های رشد افقی نانولوله‌های کربنی با وارد کردن کاتالیست و اعمال میدان الکتریکی بین دو الکترود، رشد آنها آغاز می‌شود. اما در این روش‌ها کنترل دقیق بر مقدار کاتالیست ممکن نیست و به این دلیل نتیجه مطلوب حاصل نمی‌شود، همچنین نانولوله‌های تولید شده با این روش قطر برابر ندارند و بازده تولید در این روش بسیار پایین است. در اختراع معرفی شده برای رشد افقی نانولوله‌ها از یک قالب آلومینیومی ساده که حفره‌هایی بر روی آن قرار دارد استفاده می‌شود. چارچوب قالب آلومینیومی از روش اسپاترینگ به دست می‌آید، در روش اسپاترینگ با یون‌های سریع به گونه‌ای یک جسم را بمباران کرده که ذرات خارج شده از آن بر سطحی دیگر رسوب می‌کند. حفره‌های روی آن نیز از طریق فرایند اکسیداسیون آندی ایجاد می‌شود. برای رشد نانولوله‌های کربنی روی این حفره‌ها از روش رسوب شیمیایی فاز بخار با کمک گرما استفاده می‌شود. در این حالت گاز حاوی کربن را درون حفره‌ها تزریق می‌کنند و تحت دمای ۵۰۰ تا ۹۰۰ درجه سانتیگراد کربن‌ها روی سایت‌های کاتالیستی رشد کرده و نانولوله شکل می‌گیرند. نانولوله‌های افقی تولید شده با این روش دارای قطر تقریباً یکسان و بازدهی تقریباً بالایی هستند.

مشترک گرامی، از اینکه نشریه علمی خبری تحلیلی " فضای نانو" مورد انتخاب شما قرار گرفته است ، صمیمانه سپاس گزاریم. خواهشمند است جهت بهبود در روند کیفی نشریه ، نظرات و پیشنهادات سازنده خود را از طریق پست الکترونیکی برای نشریه ارسال نمایید.

راهنمای اشتراک:

- حق اشتراک یکساله را به حساب ۲۳۱۷۵۵۸۰۲ بانک تجارت ، شعبه دانشگاه تربیت مدرس، به نام آقای میثم نوری (قابل پرداخت در کلیه شعب بانک تجارت) واریز نموده و فیش بانکی را به همراه فرم تکمیل شده ، از طریق فکس ، پست و یا پست الکترونیکی به دفتر نشریه ارسال نمایید.
- ارسال کپی کارت دانشجویی یا گواهی معتبر برای اساتید و دانشجویان جهت بهرمندی از تخفیف ویژه الزامی است.

حق اشتراک یک ساله	۱۲۰۰۰ تومان
اساتید	۲۵٪ تخفیف
دانشجویان	۵۰٪ تخفیف

- نشریات به وسیله ی پست سفارشی ارسال خواهد شد.
- آدرس به صورت کامل و خوانا نوشته شود و حتما کد پستی ده رقمی قید شود.
- در صورت تغییر نشانی ، امور مشترکین را مطلع نمایید.
- جهت تهیه آرشیو دوماهنامه (مجموعه سالانه) با دفتر نشریه تماس حاصل نمایید.

نشانی: تهران - بزرگراه جلال آل احمد - ابتدای پل نصر - دانشگاه تربیت مدرس - دانشکده فنی - دفتر نشریه فضای نانو - صندوق پستی ۳۹۱-۱۴۱۱۵  
تلفکس: ۸۲۸۸۴۳۵۴ - ۰۲۱  
پست الکترونیکی: [faza.nano@gmail.com](mailto:faza.nano@gmail.com)

فرم درخواست اشتراک دوماهنامه فضای نانو

فضای نانو

نشریه علمی ، خبری ، تحلیلی

متقاضی اشتراک جدید  تمدید اشتراک  (شماره اشتراک قبلی: )

نام سازمان  نام سازمان : .....  
نام و نام خانوادگی : ..... شغل : ..... فرد  متقاضی اشتراک  
تحصیلات : ..... رشته تحصیلی : .....

تعداد نسخه های درخواستی از هر شماره: .....

نشانی کامل گیرنده : .....

کد پستی ده رقمی

تلفن تماس (به همراه پیش شماره) : ..... پست الکترونیکی : .....

امضا متقاضی:

تاریخ واریز هزینه اشتراک و تکمیل فرم : ...../...../۱۳.....