

فهرست

- ۱..... افتتاح واحد نانوتکنولوژی دانشگاه عبری
- ۲..... اثر تبخیر حلال بر روی ساماندهی نانوذرات
- ۴..... کاهش رسانش نانولوله‌ها در اثر اختلاط با پلیمرها
- ۵..... امکان دسترسی به عناصر جدید به کمک نانوتکنولوژی
- ۶..... استفاده از مواد آلی در ساخت ترانزیستورها
- ۷..... تغییر خصوصیات فیبر نوری با گرما
- ۸..... شبیه‌سازی خودسامانی نانو ساختارها
- ۹..... از بین بردن تومورها به کمک نانوگلوله‌های طلا
- ۱۱..... تمرکز بر روی هدف
- ۱۲..... مقاله ویژه: نانولوله‌های کربنی در نقش حسگرهای مکانیکی و شیمیایی
- ۱۲..... ۱. مقدمه
- ۱۲..... ۱.۱. حسگر چیست؟
- ۱۳..... ۲.۱. انواع حسگرها
- ۱۳..... ۲. نانولوله‌های کربنی در نقش حسگرهای شیمیایی
- ۱۳..... ۱.۲. کارهای تجربی
- ۱۵..... ۲.۲. کارهای نظری
- ۱۸..... ۳. نانولوله‌های کربنی در نقش حسگرهای مکانیکی
- ۱۸..... ۱.۳. کارهای تجربی: خصوصیات الکترومکانیکی نانولوله‌های تک دیواره
- ۱۸..... ۲.۳. نظریه جفت‌شدگی الکترومکانیکی نانولوله‌ها
- ۱۹..... ۴. کاربردهای آینده

این کمیته آماده دریافت اخبار و مقالات شما می‌باشد.

صندوق پستی: ۴۶۷۱_۱۴۱۵۵ تلفن: ۷_۸۹۵۰۵۱۵

نقل مطالب این خبرنامه با ذکر منبع بلامانع است.

افتتاح واحد نانوتکنولوژی دانشگاه عبری

۹ نوامبر ۲۰۰۳ - اخیراً واحدی بنام واحد تعیین مشخصات نانوسکوپیک در دانشگاه عبری اسرائیل تأسیس شده است. این واحد محلی برای مجموعه‌ای از میکروسکوپ‌های الکترونی^۱ و میکروسکوپ‌های پروب پیمایشگر (SPM) و همچنین ابزارهای تحلیلی جانبی جهت شکل‌دهی نانومواد می‌باشد. واحد فوق به این کشور کمک می‌کند تا در زمینه‌های علمی جهان نقش مهمی ایفا کند. به گفته رئیس این دانشگاه، این مرکز به خوبی نشان می‌دهد که چگونه یادگیری علوم پایه می‌تواند در توسعه کاربردهای مهم و بزرگ تأثیر داشته باشد. واحد تعیین مشخصات نانوسکوپیک (UNC)، فناوری پیشرفته‌ای برای آنالیز مواد و ساختارهای نانومتری فراهم می‌کند. همچنین این مرکز موقعیت دانشگاه عبری را در بین مؤسسات دانشگاهی دیگر که تحقیقات علمی در این زمینه انجام می‌دهند تثبیت می‌کند.

اورا بانین، مدیر این مرکز اظهار کرد: "اولین مأموریت واحد تعیین مشخصات نانوسکوپیک (UNC) و واحدهای طراحی شده بعدی توسعه کاربردهای عملی و محصولات مانند آموزش دانشجویان از طریق برنامه‌های گسترده دانشگاهی می‌باشد."

بنا به گفته وی، در حال حاضر بیش از ۲۰ گروه تحقیقاتی از رشته‌های مختلف از این مرکز استفاده می‌نمایند.

تقریباً ۳ میلیون دلار از هزینه واحد تعیین مشخصات نانوسکوپیک بوسیله انجمن Yes haya Horowitz و باقی‌مانده آن بوسیله دانشگاه و شرکت انتقال فناوری تجاری آن، بنام Yisum فراهم شده است. شرکت Yisum فروش تکنولوژی و نتایج حاصل از مالکیت معنوی تحقیقات انجام شده در واحد فوق را به عهده دارد.

¹ - Sophisticated electron microscope

تسهیلات موجود در این مرکز عبارتند از:

- دو میکروسکوپ الکترونی پیمایشگر (SEM) برای بررسی جامدات و مایعات مانند فلزات، نیمه‌هادی‌ها، عایق‌ها و پلیمرها با درجه وضوح زیر ۱/۵ نانومتر
- یک میکروسکوپ الکترون انتقالی (TEM) برای آنالیز ترکیب و ساختار سطوح، سطوح مشترک و مرزهای مواد با درجه وضوح زیر ۲/۴ آنگستروم
- یک میکروسکوپ پروب پیمایشگر برای اندازه‌گیری توپوگرافی و تعیین خواص مکانیکی، الکتریکی و مغناطیسی مواد در مقیاس نانو
- XRD برای آنالیز پودرها، مایعات و لایه‌های نازک
- XPS به همراه ESCA برای شناسایی عناصر اصلی موجود در مواد با درجه وضوح زیر ۱۰۰ نانومتر

همچنین این مرکز، تسهیلات آزمایشگاهی را برای آماده‌سازی نمونه‌های نانومتری آماده کرده و دستیابی به منابع محاسباتی دانشگاه را فراهم می‌آورد. در سال‌های آینده یک واحد ساخت نانومتری نیز برای مرکز علوم و فناوری نانو در دانشگاه فوق طراحی خواهد شد. محققین می‌توانند از این واحد برای آماده‌نمودن و آزمایش قطعات نانومتری به منظور کاربردهای عملی مخصوصاً در ساخت محصولات با تکنولوژی پیشرفته استفاده نمایند.

منبع: <http://www.israel21c.org>

اثر تبخیر حلال بر روی ساماندهی نانوذرات

۲۴ نوامبر ۲۰۰۳ - محققین دانشگاه‌های تل‌آویو، هاروارد، مؤسسه فناوری ماساچوست

(MIT) و دانشگاه کلمبیا، خودسامانی نانوذرات در محلول‌ها را مدلسازی نمودند. آنها دریافتند

که کنترل تبخیر حلال می‌تواند ساختار نانوذرات را تحت تأثیر قرار دهد.

اران رابانی از دانشگاه تل آویو اظهار داشت: "هرچند می توان جنبه های خاصی از فرآیند خودسامانی را تنها با استفاده از دیدگاه ترمودینامیکی تشریح نمود، اما این فرآیند در واقع یک فرآیند غیرتعادلی است."

وی ادامه داد: "مدل مقیاس میانی^۱ که ما بوجود آورده ایم، ابزاری برای مطالعه خودسامانی غیرتعادلی است. اما این مدل، محدود به دینامیک خودسامانی نانوذرات نبوده و با آن حتی می توان مورفولوژی ساماندهی سیستم های زیستی را نیز مورد مطالعه قرار داد." طبق نظر این محققین این مدل چهار رژیم اصلی را برای ساماندهی نانوذرات به کمک تبخیر حلال ارائه می دهد. این رژیم ها به یکنواختی دینامیک سیال و تحرک مرز نانوذرات در خلال فرآیند تبخیر حلال بستگی دارد.

رابانی اظهار داشت: "هنگامی که حلال بطور یکنواخت تبخیر می شود ساختارهای رشته ای بوجود می آید. در حالیکه در شرایط تبخیر غیریکنواخت، ساختارهای شبکه ای از نانوذرات مشاهده می گردد. به عبارت دیگر، دینامیک تبخیر حلال، تعیین کننده شکل نانوذرات می باشد. بنابراین به کمک حلال می توان فرآیند ساماندهی و شکل ساختارهای بوجود آمده را کنترل نمود."

به عقیده این محققین، مدل آنها می تواند بعنوان راهنمایی برای طراحی ساختارهای خودسامان و دسترسی به نانو ساختارهایی با شکل دلخواه مورد استفاده قرار گیرد. اکنون این محققین قصد دارند اثر عواملی همچون هدایت هیدرودینامیک، زبری زیرلایه، تعاملات غیرموضعی و ضخامت فیلم را بر روی خودسامانی مورد مطالعه قرار دهند. این محققین، نتایج کار خود را در مجله Nature منتشر ساختند.

منبع: <http://www.nanotechweb.org>

^۱ - Mesoscopic

کاهش رسانش نانولوله‌ها در اثر اختلاط با پلیمرها

۱۲ نوامبر ۲۰۰۳- ممکن است نانولوله‌ها به عنوان رساناهای حرارتی بسیار کوچک و عالی برای جلوگیری از گرم شدن بیش از حد ابزارهای محاسباتی نسل بعد و به عنوان ماده پرکننده در افزایش هدایت حرارتی مواد عایق مانند پلاستیک‌های بادوام یا روغن موتور بکاربرده شوند.

اما یک تیم تحقیقاتی در مؤسسه پلی تکنیک رنسلار کشف کرده است که هنگام اختلاط نانولوله‌ها با موادی مانند پلیمرهای سازنده پلاستیک نقش ابررسانائی حرارتی آنها به مقدار زیادی کاهش می‌یابد.

پاول کبلینسکی مدیر تیم تحقیقاتی رنسلار گفت: "نانولوله‌های کربنی رساناهای حرارتی فوق‌العاده‌ای هستند، اما این مواد وقتی با مواد دیگری مخلوط می‌شوند هدایت حرارتی آنها بسیار کاهش می‌یابد." نتایج تحقیقات این گروه در شماره اخیر *Nature Materials* چاپ شده است. یک تیم تحقیقاتی پیش‌بینی کرده بود، چنانچه معادل یک درصد وزنی نانولوله کربنی به اپوکسی^۱ و دیگر مواد آلی اضافه شود هدایت حرارتی مواد کامپوزیت جدید تولیدشده دو تا سه برابر افزایش می‌یابد. اما کبلینسکی معتقد است که با استفاده از برآوردهای متداول مهندسی، هدایت کامپوزیت‌ها باید تا ۵۰ برابر افزایش یابد.

اختلاف بین نتایج تجربی و تئوری بدین علت است که اتم‌های تشکیل‌دهنده نانولوله‌های کربنی خشک در فرکانس‌های بسیار بالاتری نسبت به مواد احاطه‌کننده نوسان می‌کنند. کبلینسکی گفت: "این موضوع مقاومت بین سطحی^۲ بالائی بر سر راه جریان حرارتی میان لوله‌ها و دیگر اجزاء ماده کامپوزیت ایجاد می‌کند."

1- Epoxy

2- Interfacial resistance

وقتی که فرکانس‌های دو عنصر مختلف، یکسان باشد، تبادل انرژی میان آنها آنی و به مقدار فراوانی صورت می‌گیرد. مقاومت میان سطحی نیز وقتی ایجاد می‌شود که فرکانس‌ها متفاوت باشند لذا انتقال انرژی از یک عنصر به عنصر دیگر مدت زمان زیادی طول می‌کشد.

برای امتحان اهمیت این مسئله، کبلینسکی و همکارانش مدل کامپوزیت نانولوله را به کمک کامپیوتر شبیه‌سازی کردند. در ضمن، گروه تحقیقاتی دیگری در دانشگاه ایلینویز واقع در اربانا شامپاین، نانولوله‌های کربنی واقعی را با لیزر گرم کردند.

محققان با استفاده از نرخ سرد شدن در هر دو روش آزمایش فیزیکی و شبیه‌سازی کامپیوتری، مقدار مقاومت میان سطحی را بدست آوردند. آنها متوجه شدند که در هر دو روش مقدار مقاومت آنقدر بالاست که هدایت حرارتی نانولوله‌ها را محدود می‌سازد.

یک راه کاهش مقاومت میان سطحی در این نانوکامپوزیت‌ها آن است، که پیوندهای قوی‌تری میان نانولوله‌ها و مواد دیگر ایجاد نمود تا باعث عبور راحت‌تر حرارت از یک عنصر به عنصر دیگر شود. با این حال، پیوند قوی باعث تغییر ساختار اصلی نانولوله‌ها می‌شود.

کبلینسکی هنوز هم در مورد استفاده از نانولوله‌ها برای بهبود مواد عایق خوشبین است. او گفت: "با اضافه کردن جزء کوچکی از نانولوله‌ها به این گونه مواد، می‌توان هدایت حرارتی آنها را مانند هدایت الکتریکی‌شان افزایش داد. اگرچه تا کنون نتایج زیادی را در این زمینه بدست نیاورده‌ایم، اما نسبت به بهبود کارایی مواد به کمک نانولوله‌ها امیدوار هستیم.

منبع: <http://www.nanoelectronicsplanet.com>

امکان دسترسی به عناصر جدید به کمک نانوتکنولوژی

۸ نوامبر ۲۰۰۳ - یک پژوهشگر آلمانی در زمینه نانوتکنولوژی گفت: "می‌توان

نانومواد ساخت که فضاهای خالی موجود در جدول تناوبی عناصر را پر کنند."

هربرت گلپتر، استاد مؤسسه نانوتکنولوژی در کارلسروهه و یکی از پژوهشگران مؤسسه

ملی لوس آنجلس گفت: "می توان بلورهای مجزای عناصر موجود در جدول تناوبی را طوری ساخت که خصوصیات عناصر مجاور خود در جدول تناوبی را داشته یا نداشته باشند." در جدول تناوبی، عناصر بر اساس عدد اتمی آرایش می یابند و ستونهای تناوبی عناصر دارای خواص مشابه هستند. گلیتر گفت: "اعمال فشار الکتریکی به اتمهای مجاور دو عنصر متفاوت نظیر آهن و نقره، می تواند سبب کاهش الکترون یا افزایش الکترون در بین اتمهای مرزی شده و ماده کامپوزیتی را به وجود آورد که خواصی مابین این دو عنصر داشته باشد." وی گفت: "می توان خواص این مواد را با تنظیم کردن الکترونها تنظیم نمود." حاصل این کار شامل موادی است که می توانند خواص مغناطیسی متغیر داشته، محلول یا غیر محلول باشند و آینه یا شیشه شوند.

مثلاً می توان با تغییر ولتاژ در مواد شیشههای جلوی ماشین، رنگ آنها را در هنگام داخل شدن به یک تونل روشن کرده و بعد از خروج از تونل دوباره تیره نمود. با خارج ساختن بخشی از الکترونهای یک عنصر، این عنصر می تواند به عنوان یک عایق عمل نماید و با وارد کردن آنها به عنصری دیگر، این عنصر می تواند رسانا گردد.

منبع: <http://www.lamonitor.com>

استفاده از مواد آلی در ساخت ترانزیستورها

۱۰ نوامبر ۲۰۰۳ - محققانی که به دنبال ایجاد و توسعه نمایشگرهای صفحه مسطح ارزان هستند، اکنون بدنبال راههایی می گردند که طی آن در ساختمان اینگونه نمایشگرها از دیودهای آلی یا پلاستیکی گسیل دهنده نور^۱ و نیز ترانزیستورهای لایه نازک پلاستیکی^۲ بهره ببرند. مواد آلی، از سیلیکونی که امروزه در نمایشگرهای صفحه مسطح بکار می رود ارزاتر و بسیار

1 Organic light emitting diode

2 - Plastic thin film transistor

انعطاف پذیرترند و بطور بالقوه قابلیت ایجاد نمایشگرهای شفاف را دارند.

محققان دانشگاه توکیو با ساخت مدارى بر روی یک صفحه شیشه‌ای که شامل دیود آلای گسیل دهنده نور و ترانزیستور لایه نازک آلای است، پیشرفت‌هایی در این زمینه داشته‌اند. به گفته این محققان، دیود برای استفاده در نمایشگرها به قدر کافی روشنائی دارد.

مداری که این محققان طراحی کردند با پیش‌نمونه‌های قبلی تفاوت دارد؛ زیرا آنها ترانزیستورشان را از پنتاسن^۱ - که ماده‌ای آلای با ویژگی‌های الکتریکی مخصوص است - ساختند. گام بعدی آنها یافتن راه‌هایی برای کنترل دقیقتر کیفیت و بهره ترانزیستورها است، تا بتوانند دیودهای گسیل دهنده نور مجتمع را به شکل آرایه‌های قابل استفاده‌ای از پیکسل‌ها درآورند.

با توجه به ادعای محققان، مدارهای آلای در طی ۵ تا ۱۰ سال آینده در نمایشگرهای واقعی استفاده خواهند شد. این تحقیق در شماره ۲۰ اکتبر ۲۰۰۳ مجله *Applied Physics Letters* درج شده است.

منبع: <http://www.nanoelectronicsplanet.com>

تغییر خصوصیات فیبر نوری با گرما

۱۲ نوامبر ۲۰۰۳ - محققان دانشگاه صنعتی دانمارک و دانشگاه فنی چالمرز سوئد کریستال مایع و کریستال فوتونیک را با هم ترکیب کردند، تا بتوانند فیبری نوری بسازند که خصوصیات آن با دما تغییر می‌کند.

این ترکیب جدید به محققان اجازه می‌دهد تا خصوصیات نوری داخل فیبر را تغییر دهند. معمولاً برای انتقال نور از فیبر به ابزارهای بیرونی و بازگرداندن آن به داخل فیبر، نیاز به

¹ - Pentacene

سوئیچ کردن، فیلتر کردن و تغییر دادن قطبش نور می‌باشد. از آنجایی که مواد بکاررفته در خطوط انتقال راه دور سیگنالهای نوری باید ارزاتر و سریعتر شوند، لذا با استفاده از این تکنولوژی می‌توان این امر را میسر ساخت. کریستال‌های فوتونیک از میله‌های میکروسکوپی یا مواد جامد حفره‌دار درست می‌شوند. حفره یا میله از عبور طول موج‌های خاصی جلوگیری می‌کند. کریستال‌های مایع نیز از مولکول‌هایی درست می‌شوند که فقط در یک جهت خاص مرتب شده‌اند، در نتیجه باعث ایجاد ماده‌ای می‌شوند که دارای حالتی مابین مایع و جامد است. این محققان یک فیبر نوری - حرارتی ساختند که با پر کردن حفره‌های کریستال فوتونیک بوسیله کریستال مایع می‌تواند سوئیچ کند. تغییر دمای این قسمت فیبر، بلور مایع را دگرگون ساخته و خصوصیات نوری فیبر را عوض می‌کند. با توجه به اظهار نظر محققان، فیبر نوری کریستال مایع/کریستال فوتونیک تا ۵ سال دیگر جنبه عملی پیدا خواهد کرد. نتایج این تحقیق در شماره ۶ اکتبر ۲۰۰۳ مجله *Optics Express* درج شده است.

منبع: <http://www.technologyreview.com>

شبیه‌سازی خودسامانی نانو ساختارها

۱۷ نوامبر ۲۰۰۳ - کلید استفاده از توانایی‌های نانوتکنولوژی، پیدانمودن مسیری برای

هم‌محور نمودن اجزاء میکروسکوپی، ماشین‌ها و مواد، به منظور خودسامانی این اجزاء است.

محققان دانشگاه میشیگان به کمک شبیه‌سازی کامپیوتری نشان دادند که می‌توان

ساختارهایی مانند ورقه‌ها، سیم‌ها و لوله‌ها را بوسیله نانوذراتی که به آنها مولکول‌هایی طویل و

ریسمان^۱ مانند چسبیده است خودسامانی نموده و سپس نانوذرات و ریسمان‌ها را از همدیگر جدا

نمود. به گفته محققین، این شبیه‌سازی نشان می‌دهد که روش ریسمانی می‌تواند منجر به

^۱ - Tether

خودسامانی اغلب ساختارها- همچون کره‌ها، میله‌ها، لوله‌ها و صفحه‌ها- نسبت به روش‌های قبلی شود. این روش را می‌توان برای ساخت مولکول به مولکول مواد میکروسکوپی مانند حسگرهای زیستی و شیمیایی، مواد فوتونیک، الکترونیک و ساختارهایی که انرژی ذخیره می‌کنند بکار برد. این محققین به دنبال روشی هستند تا مولکول‌های ریسمانی را به دقت به نانوذرات بچسبانند. این شبیه‌سازی نشان می‌دهد که نوع ساختارهای خودسامان بستگی زیادی به تعداد و موقعیت‌های ریسمان‌ها دارند.

به گفته محققین، این روش را می‌توان در کاربردهای عملی در ۲ تا ۵ سال آینده بکار برد. گزارش کامل این کار در شماره ۸ اکتبر ۲۰۰۳ نشریه Nano Letters آمده است.

منبع: <http://www.technologyreview.com>

از بین بردن تومورها به کمک نانوگلوله‌های طلا

۳ نوامبر ۲۰۰۳- مطالعات جدید دانشمندان آمریکا نشان می‌دهد که "نانوگلوله"های طلا می‌توانند سرطان غیرقابل جراحی در انسان را جستجو و از بین ببرند. ذرات بسیار کوچک سیلیکا با طلا پوشیده می‌شوند و هنگامی که تحت تابش نور مادون قرمز نزدیک^۲ (NIR) قرار می‌گیرند گرم می‌شوند. این کار منجر به مرگ سلول‌های سرطانی می‌گردد. بنا به گزارش پژوهشگران در Proceedings of the National Academy of Sciences تست‌های انجام‌شده بر روی سرطان سینه در انسان، چه در لوله آزمایش و چه در موش‌های مبتلا به تومور، بسیار موفقیت‌آمیز بوده است.

جنیفر وست مدیر این مطالعه در دانشگاه رایس گفت: "نانوپوسته‌ها به منظور جذب نور مادون قرمز نزدیک و تبدیل آن به حرارت طراحی می‌شوند". چنین چیزی امکان‌پذیر است؛

^۱- Nanobullet

^۲- Near Infrared

چون بافت‌های طبیعی بدن نسبت به نور مادون قرمز نزدیک شفاف هستند.

طبق اظهارات وست، مهمترین مزیت این نوع درمان آن است که برخلاف سایر روش‌های درمان سرطان، نظیر جراحی، تهاجمی به بدن صورت نمی‌گیرد و نور مادون قرمز و نانوپوسته‌ها هر دو کاملاً بی‌ضرر هستند.^۱

این محقق اظهار داشت: "ما معتقدیم که می‌توان متاستازهای^۱ بسیار کوچکی را درمان کرد که هنوز راه درمان آنها کشف نشده است."

اخيراً کار این گروه نشان داده است که گلوله‌های طلا می‌توانند به داخل جریان خون موشها تزریق شده و راه خود را به سوی سلول‌های سرطانی پیدا کنند.

یکی از اعضای مرکز تحقیقات سرطان انگلستان گفت: "این نتایج امیدبخش هستند، به خصوص برای تومورهایی که با جراحی نمی‌توان آنها را درمان کرد."

تیم دانشگاه رایس نانوذرات را از یک هسته غیرسانای سیلیکا به قطر ۱۱۰ نانومتر و یک پوسته فلزی به ضخامت ۱۰ نانومتر ساخت. طلا به این دلیل مورد استفاده قرار گرفت که از نظر زیستی بی‌اثر است.

وست گفت: "هنگامی که نانوپوسته‌ها به سلول‌های سرطان سینه انسانی در لوله آزمایش اضافه شده و سپس تحت تأثیر تابش نور مادون قرمز قرار گرفتند، ۱۰۰ درصد سلول‌های سرطانی کشته شدند و ما هیچ نوع تغییری در حیات سلولی با نانوپوسته‌ها یا با لیزر مشاهده نکردیم."

این تیم همچنین نانوپوسته‌ها را مستقیماً به تومورهای موش‌های زنده تزریق کرده و از نور مادون قرمز نزدیک استفاده نمود. در طی یک روز این تومورها از بین رفتند.

برای کشتن سلول‌های تومور لازم است آنها را تا حدود ۵۵ درجه سانتیگراد گرم کرد زیرا این درجه حرارت نفوذپذیری غشاء سلول را تغییر می‌دهد.

¹ Metastases

وست ابراز داشت: " آنچه موجب مرگ سلول‌ها می‌شود، تراوایی^۱ است. سلول‌ها به صورت طبیعی باید دارای یک حایل کاملاً نفوذناپذیر بین سیال داخل سلول و سیال اطراف آنها باشند. اگر شما بخواهید کار این حایل را مختل کنید باید حفره‌های بزرگی در آن به وجود آورید که اجازه عبور هر چیزی را بدهند، چون تغییر ترکیب سیال درون سلول‌ها به طرز چشمگیری منجر به مسمومیت بالا در آنها می‌گردد".

تمرکز بر روی هدف

این تیم به تازگی نانوپوسته‌هایی را برای هدف‌قراردادن سلول‌های تومور به شکلی خاص طراحی کرده است. در این مطالعه آنها نانوپوسته‌های متصل به نوعی پادتن را که فقط به سلول‌های سرطانی می‌چسبد، به موش‌ها تزریق کردند. در نتیجه تومورها کاملاً نابود شده و تا ۱۵۰ روز بعد موش‌ها بدون تومور به حیات خود ادامه دادند.

این مطالعه با همکاری Nanospectra Biosciences در هوستون انجام شد. اکنون نیز مذاکراتی با اداره کل غذا و دارو آمریکا برای انتقال این روش به انسان به منظور آزمایشات بالینی در طی ۱۲ تا ۱۸ ماه آینده صورت گرفته است.

وست گفت آنها امیدوارند در بلندمدت بتوانند نانوپوسته‌ها را حتی به عنوان یک معیار پیشگیری (از بین بردن سرطان‌ها در زمانی که بسیار کوچک‌تر از آن هستند، که بتوان به وجود آنها پی برد) مورد استفاده قرار دهند. مثلاً اگر دارای ژن‌هایی باشید که شما را مستعد ابتلا به سرطان سینه نماید، می‌توانید به طور متناوب این تست را انجام دهید.

قبلاً از نانوپوسته‌ها برای درمان سرطان استفاده نشده بود، اما در زمینه هدف‌گیری سلول‌های تومور و سپس دارورسانی یک داروی کشنده به آنها قبلاً کارهایی صورت گرفته

^۱ - Leakiness

است. مثلاً تیمی در دانشگاه ناتینگهام انگلستان درصدد توسعه نوعی روش برای انتقال یک دارو با استفاده از باکتری‌های توموردوست می‌باشد. هنگامی که این دارو به وسیله یک مولکول تزریقی فعال می‌شود، تنها سلول‌های تومور کشته می‌شوند.

منبع: <http://www.newscientist.com>

مقاله ویژه:

نانولوله‌های کربنی در نقش حسگرهای مکانیکی و شیمیایی

۱. مقدمه

۱.۱. حسگر چیست؟

حسگرها ابزارهایی هستند که تحت شرایط خاص، از خود واکنشهای پیش‌بینی شده و مورد انتظار نشان می‌دهند. شاید بتوان دماسنج را جزء اولین حسگرهایی که بشر شناخت، به حساب آورد. جالب‌تر از آن بدن انسان است، که یکی از حسگرهای زنده عالم هستی به شمار می‌آید، که در مقابل گرما و سرما از خود واکنش نشان می‌دهد. با پیشرفت علم در دنیا و بوجود آمدن وسایل الکترونیکی و تحولات عظیمی که در چند دهه اخیر و در خلال قرن بیستم به وقوع پیوست، نیاز به ساخت حسگرهای دقیقتر، کوچکتر و با قابلیت‌های بیشتر احساس شد. حسگرهایی که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرند، دارای حساسیت بالایی هستند بطوریکه به مقادیر ناچیزی از گاز، گرما یا تشعشع حساس‌اند. بالابردن درجه حساسیت، بهره و دقت این حسگرها نیاز به کشف مواد و ابزارهای جدید دارد. با آغاز عصر نانوتکنولوژی، حسگرها نیز تغییرات شگرفی خواهند داشت. همانگونه که در این مقاله آمده است، یکی از نامزدهای ساخت حسگرها، نانولوله‌ها خواهند بود. با نانولوله‌ها می‌توان، هم حسگر شیمیایی و هم حسگر مکانیکی ساخت. به خاطر کوچک و نانومتری بودن ابعاد این حسگرها، دقت و واکنش آن‌ها بسیار زیاد

خواهد بود، به گونه‌ای که حتی به چند اتم از یک گاز نیز واکنش خواهند داد.

۱.۲. انواع حسگرها

حسگرها را می‌توان به چند دسته بزرگ حسگرهای شیمیایی، مکانیکی، تشعشی، حرارتی و... تقسیم نمود. امروزه ما حسگرها را در قالب انواع دزدگیرها، سیستم‌های ضدحریق، سیستم‌های ضد تشعشع و... می‌شناسیم. با توجه به رشد روزافزون صنایع و پیشرفت علوم مختلف، نیاز به حسگرها بیش از پیش احساس شد، تا جایی که امروزه شاهد آن هستیم که کارخانه‌ها و صنایع سنگین، بدون دخالت نیروی انسانی و با حسگرها اداره می‌شوند. به عنوان مثال یک کارخانه نوشابه‌سازی در کشور ایتالیا در سرتاسر خط تولید خود فقط از دو کارگر استفاده می‌کند. تمام مراحل تولید تا بسته‌بندی در این کارخانه توسط حسگرها پیگیری می‌شود. در تمامی مخازن حرارتی برای جلوگیری از انفجار و بالارفتن گرما از یک حد مجاز، حسگرهای حرارتی قرار داده می‌شوند، تا نزدیک شدن مخزن به شرایط مرزی را اطلاع دهند. یکی از وظایف حسگرهای گازی شناسایی وجود مولکولهای از گاز، مثلاً وجود دود در کتابخانه‌ها و منازل است، که توسط آن می‌توان از وجود خطر خفگی یا آتش‌سوزی به موقع مطلع شده و جلوگیری کرد.

۲. نانولوله‌های کربنی در نقش حسگرهای شیمیایی

۱.۲. کارهای تجربی

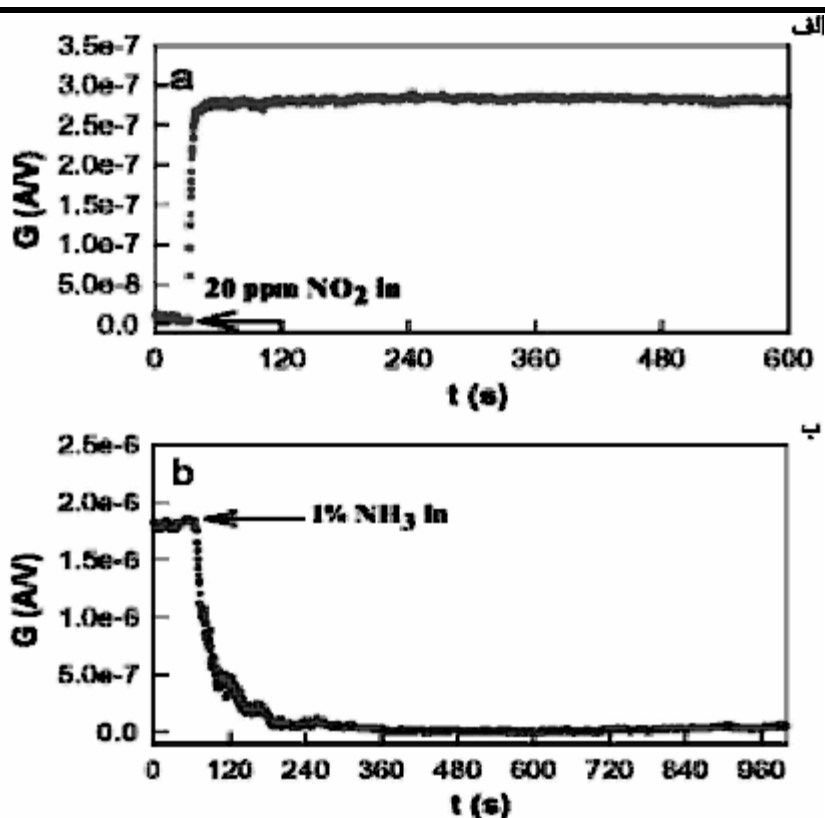
با استفاده از ساختار نشان داده شده در شکل ۱، متوجه می‌شویم که نانولوله‌ها را می‌توان برای ساخت حسگرهای شیمیایی کوچک بکار برد. این حسگرها می‌توانند در دمای اتاق غلظت‌های بسیار کوچکی از مولکول‌های گازی را با حساسیت بسیار بالایی آشکارسازی کنند. حسگرهای شیمیایی مبتنی بر مجموعه‌ای از نانولوله‌های تک‌دیواره هستند و می‌توانند مواد شیمیایی مانند دی‌اکسید نیتروژن (NO_2) و آمونیاک (NH_3) را آشکار کنند. رسانش الکتریکی

یک نانولوله نیمه‌هادی تک‌دیواره که در مجاورت ۲۰۰ppm از NO₂ قرار داده می‌شود، می‌تواند در مدت چند ثانیه تا سه برابر افزایش یابد (شکل ۲a). به عبارت دیگر، به ازای اضافه کردن فقط ۲٪ NH₃ رسانش دو برابر خواهد شد (شکل ۲b).



شکل ۱: شکل شماتیکی از سنسور شیمیائی مبتنی بر نانولوله. خواص رسانائی نانولوله هنگامیکه مواد شیمیائی اطراف نانولوله را دربرمی‌گیرند، تغییر می‌کند. مولکول‌های جذب‌شده به عنوان ماده ناخالصی در نانولوله (dopant) عمل کرده و انرژی‌فرمی نانولوله را جابجا می‌کند. بطور مشابه، باندهای شکل‌گرفته میان مولکولهای شیمیائی و نانولوله ساختار باند لوله را تغییر می‌دهند.

حسگرهای حالت جامد متعارف برای تشخیص NH₃ و NO₂ نوعاً در دماهای بالاتر از ۴۰۰°C عمل می‌کنند و پلیمرهای رسانا نیز فقط برای حساسیت‌های محدودی تهیه می‌شوند. در حالیکه حسگرهای تهیه‌شده از نانولوله‌های تک‌دیواره، دارای حساسیت بالائی هستند و در دمای اتاق نیز زمان واکنش سریعی دارند. این خصوصیات، نتایج مهمی در کاربردهای تشخیصی دارد.



شکل ۲: تغییر رسانش نانولوله وقتی که در معرض الف) NO₂ و ب) NH₃ قرار می‌گیرد.

۲.۲. کارهای نظری

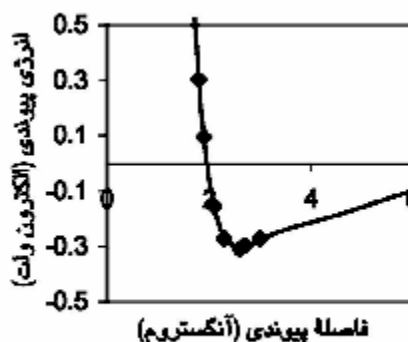
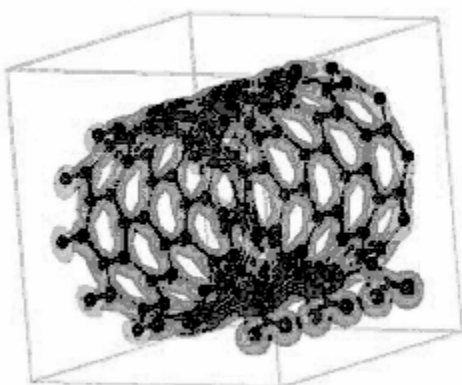
بر روی چندین نمونه از مولکولها (NH₃, NO₂, CO, O₂, H₂O) محاسبات بنیادی اولیه^۱ انجام گرفته و برای نانولوله تک دیواره نیز از تئوری چگالی تابعی^۲ استفاده شده است. شکل ۳ یک آرایش پیوسته از سه واحد مولکول گاز NO₂ روی نانولوله تک دیواره (۱۰،۰) را نشان می‌دهد. مولکولهای گاز NO₂ در این آرایش برای برقراری پیوند با نانولوله تک دیواره نیاز به جذب ۰/۳ eV انرژی است و همچنین این مولکولها دارای انرژی جنبشی نفوذ بر سطح نانولوله هستند. بررسی چگالی الکترونها نشان می‌دهد که تبادل بار که از اتمهای کربن به مولکولهای گاز NO₂ القا می‌شود، منجر به ایجاد ناخالصی از نوع p (حفره) در نانولوله نیمههادی (۰،۱۰) می‌شود. این افزایش حاملهای بار در نانولوله تک دیواره عامل افزایش هدایت است که در شکل

^۱ - First-principle calculations

^۲ - Density functional theory

۲a نشان داده شده است. پس می بینیم که اولاً مولکول‌های گاز NO_2 به نانولوله می چسبند و ثانیاً باعث تغییر رسانایی آن می شوند. بنابراین نانولوله کربنی تک دیواره می تواند به عنوان حسگر برای آشکارسازی NO_2 در محیط عمل کند.

نتایج شبیه سازی برای سیستم CO و نانولوله تک دیواره هیچگونه پیوندی را نشان نمی دهد و لذا یک نانولوله ساده نمی تواند بصورت یک حسگر CO درآید و این موضوع با نتایج تجربی به خوبی تطابق دارد.



شکل ۲: سمت چپ صفحه: شکل چکالی بار کل الکترونهاى ظرفیت را نشان می دهد. سه

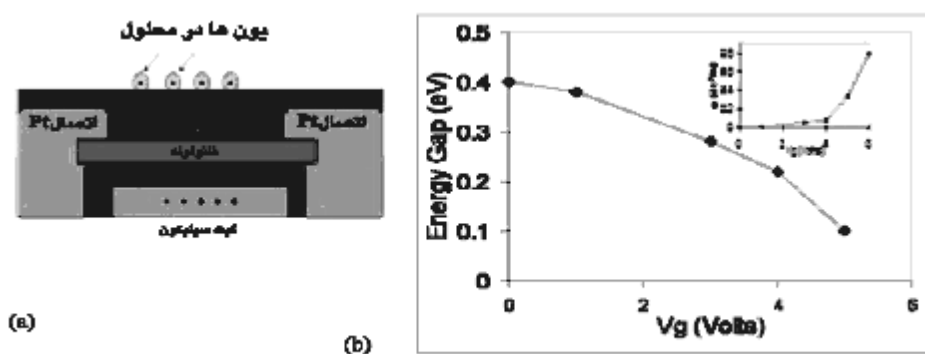
واحد از مولکول NO_2 بر روی این نانولوله قرار گرفته است. سمت راست: منحنی انرژی پیوندی برای برهم کنش $(10,0)$ نانولوله تک دیواره با مولکول NO_2 به شکل تابعی از فاصله NO_2 تا نانولوله رسم شده است

مولکول O_2 نیز به شکل بسیار ضعیفی می تواند با نانولوله $(10,0)$ پیوند برقرار کند. جهت و سمت انتقال الکترون، از نانولوله به سمت مولکول‌های O_2 خواهد بود که این موضوع با مشاهدات تجربی سازگار است.

برای H_2O ، هنگامی که مولکول‌های آب کاملاً روی سطح نانولوله جای می گیرند، هیچ انتقال باری مشاهده نمی شود. این نتیجه با مشاهدات تجربی سازگار بوده و هدایت الکتریکی نانولوله بعد از قرار گرفتن مولکول‌های آب بر روی نانولوله و حتی هنگام غوطه ور شدن آن در آب به طور چشمگیری تغییر نمی کند. این کشف قابلیت مهم استفاده از آنها بصورت حسگرهای

بیوشیمیایی با قابلیت کار کردن در دمای فیزیولوژیکی در آب را نشان می‌دهد.

برای نانولوله‌ها یک خاصیت الکتریکی جدید کشف شده است، که می‌تواند در توسعه مکانیسم‌های دیگر حسگرهای یونی بکار رود. شکل ۴b نشان می‌دهد که اعمال میدان الکتریکی باعث تغییر گاف انرژی نانولوله نیمه‌هادی شده است و همانگونه که در گوشه سمت راست نمودار می‌بینید، کاهش گاف انرژی باعث افزایش چشمگیر هدایت می‌شود.



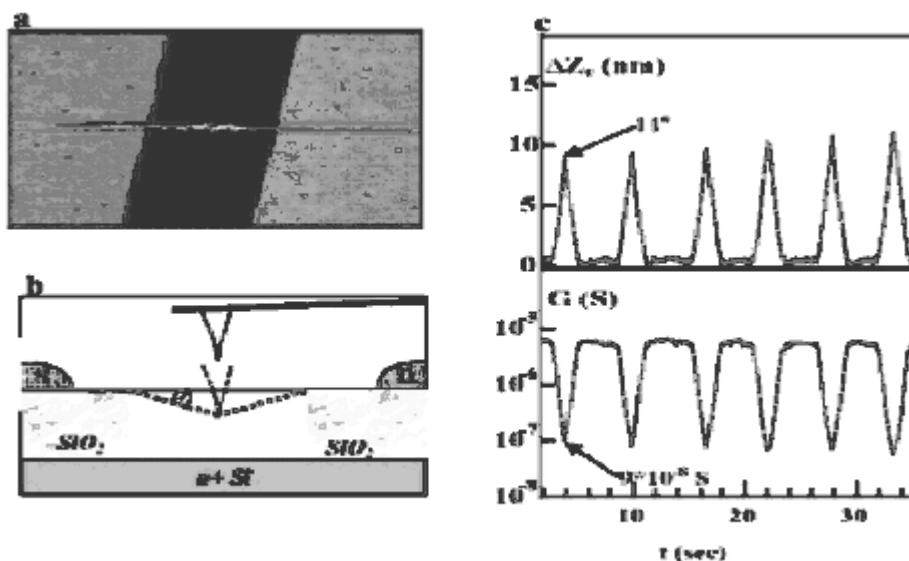
شکل ۴: شکل شماتیکی از حسگر نیمه‌هادی عایق الکترولیتی (EIS)، که مبتنی بر آشکارساز نانولوله‌ای است. ولتاژ گیت، V_g بر زیرلایه نیمه‌هادی اعمال می‌شود و باعث این می‌شود که یون‌های موجود در الکترولیت در سطح اکسیدی گردهم آیند. رسانش نانولوله بوسیله میدان الکتریکی اعمال شده بر پهنای اکسید، مدوله می‌شود. مقاومت میدان الکتریکی برای مشخص کردن چگالی و ابعاد یون‌های موجود در الکترود به کار می‌رود

در شکل ۴a، یک نانولوله کربنی برای اصلاح و بهتر شدن عملکرد حسگر EIS مورد استفاده قرار گرفته شده است. در این طرحواره، یک نانولوله نیمه‌هادی در مرکز دی الکتریک جای داده شده است. هنگامی که یون‌ها به اندازه کافی حضور دارند، میدان الکتریکی بزرگی در سرتاسر عایق ایجاد می‌شود. این میدان، گاف انرژی نانولوله نیمه‌هادی را باریک‌تر می‌کند و باعث افزایش هدایت میان سورس و درین می‌شود. اگر یون‌ها به اندازه کافی در الکترولیت وجود نداشته باشند، شدت میدان الکتریکی ضعیف شده و تغییر گاف انرژی نانولوله کاهش می‌یابد. شکل ۴b، تغییر گاف انرژی را با V_g شرح می‌دهد و این برای حالتی است که تجمع ونی زیاد است.

۳. نانولوله‌های کربنی در نقش حسگرهای مکانیکی

۳.۱. کارهای تجربی: خصوصیات الکترومکانیکی نانولوله‌های تک دیواره

بررسی تجربی خواص الکترومکانیکی نانولوله‌ها می‌تواند بصورتی که در شکل ۵ نشان داده شده است بوسیله نانولوله‌های آویخته شده، انجام گیرد. هدایت نانولوله هنگامی که توسط تیرک AFM به سمت پائین هل داده می‌شود، کم می‌شود و وقتی که نانولوله به حالت مستقیم و صاف درمی‌آید، به هدایتش افزوده می‌شود (شکل ۵c). تغییر مشاهده شده در هدایت الکتریکی، با تغییر شکل مکانیکی نانولوله کاملاً متناسب است. این اندازه‌گیری به وضوح امکان استفاده از نانولوله‌ها را به عنوان حسگرهای مکانیکی نشان می‌دهد.



شکل ۵: تغییرات رسانش بازگشت‌پذیر ایجادشده بوسیله تغییر شکل مکانیکی نانولوله فلزی استفاده شده در نوک AFM. (a) تصویر AFM نانولوله. (b) طرحواره نانولوله معلق و نوک AFM که باعث تغییر شکل نانولوله شده است. (c) جابجائی عمودی (ΔZ_c) و رسانش (G) نانولوله در طول ۶ تغییر شکل برگشت‌پذیر در مدت زمان ۶ ثانیه.

۳.۲. نظریه جفت‌شدگی الکترومکانیکی نانولوله‌ها

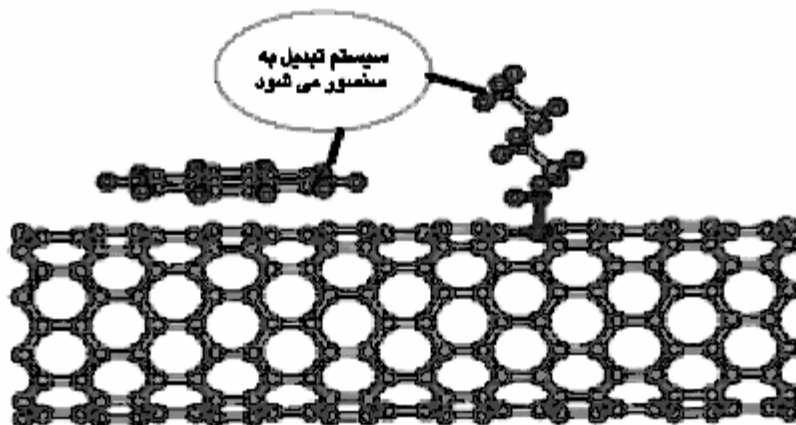
هنگامی که تیرک AFM نانولوله را به سمت پائین فشار می‌دهد، بصورتی که در شکل ۵ نشان داده شده است، چندین تغییر شکل مکانیکی را در یک زمان تجربه می‌کند. افزایش طول

نانولوله منجر به ضعف کششی قسمت آویخته شده نانولوله می شود. با برداشتن تیرک از روی نانولوله، نانولوله به منظور کاهش انرژی کششی، به حالت راست اولیه باز می گردد. این کار را می توان توسط شبیه سازی پیوندهای کربنی و حلقه های نانولوله کربنی مطالعه کرد و بدین طریق می توان با محاسبات کامپیوتری حالت های دقیق کششی و جفت شدگی نانولوله ها را بررسی کرد. با این کار امکان استفاده از نانولوله ها در سازه های که در آنها نیاز به اندازه گیری و آشکار سازی کشش ها و تنشها بسیار حیاتی است، ممکن خواهد شد.

۴. کاربردهای آینده

آزمایشات و نظریه های مورد مطالعه نشان می دهد که نانولوله های کربنی می توانند بصورت حسگرهای شیمیایی و مکانیکی مورد استفاده قرار گیرند. مطالعات نظری و عملی چنین نشان می دهد که خواص الکتریکی نانولوله ها، به نوع گازی که جذب آنها می شود حساس است. همچنین میدان الکتریکی خارجی، قدرت تغییر دادن ساختارهای گروهی از نانولوله ها را دارد. همچنین معلوم شده که نانولوله های کربنی به تغییر شکل مکانیکی از قبیل کشش حساس هستند. گاف انرژی نانولوله های کربنی به طور چشمگیری در پاسخ به این تغییر شکل ها می تواند تغییر کند. می توان با استفاده از مواد واسط، مانند پلیمرها، در فاصله میان نانولوله های کربنی و سیستم، نانولوله های کربنی را برای ساخت زیست حسگرها توسعه داد (شکل ۶). شبیه سازی های دینامیکی نشان می دهد که برخی پلیمرها (مثلاً پلی اتیلن) می توانند بصورت شیمیایی با نانولوله کربنی پیوند یابند. همچنین مولکول پیرن نیز می تواند به وسیله پیوندهای واندروالس روی نانولوله کربنی جذب شود. این یافته ها امکان استفاده از پلیمرهای متصل بهم برای عبور اطلاعات از مولکولهای متنوع سیستم به نانولوله های کربنی را فراهم می سازد.

این تحقیقات کاربردهای بسیار متنوع و وسیع نانولوله‌های کربنی را نشان می‌دهد. تحقیق



شکل ۶: سیستم کامپوزیت پلیمر-نانولوله کربنی برای ایجاد یک زیست‌حسگر. یک مولکول پلی اتیلن به گونه شیمیائی به یک نانولوله کربنی متصل است و مولکول پیرن توسط پیوند واندروالس به سطح نانولوله جسییده است.

در این زمینه هنوز در حال توسعه و پیشرفت است و مطمئناً در آینده‌ای نه چندان دور شاهد بکارگیری آنها در ابزارها و صنایع مختلف خواهیم بود.

مراجع

- [1] S.Peng, J. O'Keeffe, C.Wei, K.Cho, J. Kong, R. Chen, N.Franklin, H .Dai, *Carbon Nanotube Chemical and Mechanical Sensors*, Conference Paper for 3th International Workshop on Structural Health Monitoring, 2001
- [2] J. Basek, D. Mitra, S.Sinha, *Carbon Nanotubes: The Next Generation Sensors*, MAE 284 Term Project, 2002