

ضمیمه

www.popularphysics.ir

Physics

فیزیک
لذت

ویژه نامه نانوفناوری

بهمن ماه ۱۳۹۲

روش های آنالیز در شناسایی نانو مواد

آهنربا و نانوتکنولوژی

معرفی کتاب

رشد نانولوله های سیلیکونی در دانشگاه تهران

پژوهش های نانوفناوری شامل نانوذرات آهن و اکسید آهن

تحصیل در فناوری نانو

بهبود در تصفیه آب با اسفنج نانولوله کربنی

آزمایش نانو

تعیین تغییرات دما در نانوسیم های فلزی توسط فیزیکدانان

سرد ماندن در دنیای نانوالکترونیک توسط داغ شدن



ضمیمه ماهنامه لذت فیزیک

ویژه نامه نانوفناوری

بهمن ماه ۱۳۹۲

صاحب امتیاز، مدیر مسئول و سردبیر: امیر راد
 معاون سردبیر و مدیر اجرایی: مینا سعید حسینی
 دبیر سرویس نانوفناوری: راضیه حسینی اکبرنژاد
 صفحه بندی و اجرا: راضیه حسینی



تلفکس: ۰۲۱- ۸۸۶۷ ۲۷۲۷

آدرس:

تهران، پاسداران، گلستان پنجم، میدان هروی، خیابان
 شهید ضابطی، کوچه سنبل، پلاک ۷

کد پستی: ۱۶۶۷۷۱۵۸۸۱

آدرس الکترونیکی: joyofphysics@yahoo.com

لطفا مقالات خود را به آدرس نشریه پست نموده و یا به
 آدرس الکترونیکی ارسال نمایید تا به نام خودتان چاپ شود.
 نشریه در ویرایش مقالات دریافتی مختار می باشد.

مقالات دریافتی مسترد نخواهند شد.

امروزه روش های مختلفی جهت شناسایی و آنالیز مواد وجود دارد که یکی از معروف ترین آنها، روش های میکروسکوپی می باشد. در این روش ها می توان تصاویر بزرگنمایی شده از نمونه به دست آورد. میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM که از گروه میکروسکوپ های الکترونی است، از معروف ترین روش های میکروسکوپی به شمار می رود که علاوه بر تهیه تصاویر بزرگنمایی شده، در صورتی که به تجهیزات اضافی مجهز شود می تواند برای آنالیز شیمیایی و دیگر بررسی ها نیز به کار گرفته شود. مبنای عملکرد این میکروسکوپ، برهم کنش پرتوی الکترونی با ماده است. پرتوهای ساطع شده از این برهمکنش می تواند جهت بررسی مورد استفاده قرار گیرد.

با استفاده از روش های میکروسکوپی، تصاویر با بزرگنمایی بالا از ماده به دست می آید تا بتوان جزئیات آن را با دقت مطالعه نمود. قدرت تفکیک تصاویر میکروسکوپی با توجه به نوع پرتوی مورد استفاده مشخص می شود. به عنوان مثال، با استفاده از میکروسکوپ های نوری، قدرت تفکیکی در حدود ۱ میکرومتر تا ۲۰۰ نانومتر و در میکروسکوپ های الکترونی، STM, AFM و یونی با وضوح بالا در حدود یک نانومتر تا چند آنگستروم قابل دسترسی است. میکروسکوپ های الکترونی به دلیل محدودیت میکروسکوپ های نوری توسعه پیدا کرده اند. در میکروسکوپ نوری شاید بتوان با تغییر انحنای سطح عدسی ها (میزان تقعر و تحدب) و تعداد آنها بزرگنمایی تصاویر را به هر مقدار زیاد کرد، اما به علت بلند بودن طول موج نور، عملاً تصاویر در بزرگنمایی های بالای ۲۰۰۰ وضوح خود را از دست می دهند. منظور از وضوح یا قدرت تفکیک (resolution) کمترین فاصله بین دو نقطه ای است که بتوان آنها را از هم تفکیک کرد. میکروسکوپ های نوری معمولی، بزرگنمایی ماکزیمم، ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ برابر و قدرت تفکیک ۰/۲ میکرون دارند که این باعث محدودیت استفاده از این دستگاه ها می شود. به عنوان مثال، برای دیدن ساختار سلول های آلی به بزرگنمایی ۱۰۰۰۰ برابر نیاز است که به وسیله میکروسکوپ نوری با طول موج امواج مرئی قابل دستیابی نیست.



در میکروسکوپ های الکترونی بجای نور از پرتوی الکترونی استفاده می شود. از آنجایی که طول موج الکترون می تواند بسیار کوتاه باشد، پس در میکروسکوپ های الکترونی می توان به بزرگنمایی بسیار بالا دست یافت (تا حد یک میلیون برابر در بعضی از میکروسکوپ های الکترونی). در واقع میکروسکوپ های الکترونی براساس قوانین امواج الکترومغناطیس کار می کنند و مانند تمام میکروسکوپ ها از لنزهای شیئی و چشمی تشکیل شده اند، با این تفاوت که در میکروسکوپ های الکترونی، به جای نور از شار الکترون (پرتوهای الکترونی) پراورزی استفاده می گردد. علاوه بر این، لنزها نیز در این میکروسکوپ ها

از نوع لنزهای الکترومغناطیس می باشند که با لنزهای نوری متفاوت هستند. از نگاه تاریخی، اولین نوع از میکروسکوپ های الکترونی ابداع شده، میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM: Transmission Electron Microscope) می باشد که مکانیزم عملکرد آن دقیقاً مانند یک میکروسکوپ عبوری نوری است، با این تفاوت که در آن به جای نور از یک پرتوی الکترونی و به جای لنزهای نوری از لنزهای مغناطیسی استفاده می شود. میکروسکوپ الکترونی روبشی که به آن Scanning Electron Microscope گویند، یکی از انواع بسیار معروف میکروسکوپ های الکترونی است که کاربردهای بسیاری در فناوری نانو پیدا کرده است. نخستین تلاش ها در زمینه توسعه میکروسکوپ های روبشی به سال ۱۹۳۵ باز می گردد که ماکس نول در آلمان پژوهش هایی در زمینه پدیده های الکترونیک نوری انجام داد و تصویری را بر اساس کانتراست کانالی الکترونی از فولاد سیلیسمی به دست آورد. مانفرد وان آردن تحقیقات بیشتری را بر روی اصول فیزیکی SEM و برهمکنش آن با نمونه انجام داد و توانست در سال ۱۹۳۸ با اضافه کردن سیم پیچ های روبشی به یک TEM، میکروسکوپ الکترونی عبوری - روبشی بسازد. با این حال دستگاه او از نظر عملی مورد استقبال قرار نگرفت. استفاده از SEM برای مطالعه نمونه های ضخیم غیرشفاف اولین بار توسط ژورکین و همکاران در سال ۱۹۴۲ در ایالات متحده آمریکا انجام شد. توسعه بیشتر SEM توسط پروفیسور چارلز آتلی و همکارش گری استوارت در دانشگاه کمبریج بریتانیا به انجام رسید و در سال ۱۹۶۵ برای اولین بار به صورت تجاری روانه بازار شد. ساخت SEM سبب شد تا محققان بتوانند نمونه ها را به سادگی و با وضوح بیشتر مطالعه کنند. بمباران نمونه با پرتوی الکترونی سبب می شود تا از نمونه الکترون ها و فوتون هایی خارج و به سمت آشکارسازها رها شوند که در آن قسمت تبدیل به سیگنال می شوند. حرکت پرتو بر روی نمونه مجموعه ای از سیگنال ها را فراهم می کند که بر این اساس میکروسکوپ می تواند تصویر متقابل از سطح نمونه را به صورت لحظه به لحظه بر صفحه نمایش دهد. بنابراین مکانیزم عملکرد SEM با میکروسکوپ های نوری کاملاً متفاوت است.

در ابتدا مزیت اصلی دستگاه SEM، تهیه تصاویر میکروسکوپی به طور مستقیم از نمونه های جامد با وضوح و قدرت تفکیک و تمرکز بهتر در مقایسه با میکروسکوپ های نوری بود. اما بعدها قدرت اجرایی و عملیاتی دستگاه توسعه یافته و به روش های تجزیه و تحلیل، نظیر اشعه ایکس برای تعیین ترکیب شیمیایی و کانال های الکترونی (electron channeling) جهت تشخیص وضعیت بلوری مجهز گردید.

منبع edu.nano.ir

نویسندگان: مهدی مشرف جوادی، محمد هادی مقیم

نام کتاب: آشنایی با نانو ذرات: خواص، روشهای تولید و کاربرد

نویسنده: عبدالرضا سیم چی

انتشارات: دانشگاه صنعتی شریف

سال انتشار/تعداد صفحات: ۱۳۸۷ - ۲۸۰ صفحه

در مقدمه کتاب آمده است: از آنجا که خواص مواد در مقیاس نانو به نحو مطلوبی تغییر می‌کند، نانو فناوری پنجره ای جدید به دنیای مواد باز نموده که محصول آن امکان ساخت مواد و تجهیزاتی با کارایی بیشتر است و نانو ذرات در مرکز توجه بیشتر محققین قرار دارد. هدف این کتاب معرفی نانو ذرات و کاربردهای آنهاست.

این کتاب برای دانشجویان فیزیک، شیمی و علاقه مندان به علم نانو مناسب است. در فصل اول این کتاب تاریخچه ای از نانو فناوری نیز ارائه شده است.



این کتاب ۸ فصل دارد:

دیباچه

آشنایی با مواد نانو ساختار

روشهای شناسایی و آنالیز

خواص نانو ذرات

فرآوری نانو ذرات در مایعات با روشهای شیمیایی

فرآوری نانو ذرات در گازها

فرآوری نانو ذرات به روش مکانیکی

بازار

دانشمندان نانوتکنولوژی در حال انجام پژوهش برای تعیین این هستند که نانوذرات چگونه می‌توانند برای قویتر کردن آهنرباها با به کار گیری مواد کمتر استفاده شوند. این تحقیقات بر روی نئودیم، آهن و بورون که همگی در تولید آهنربا استفاده می‌شوند در حال انجام است.



نئودیم عنصری است که برای قوی ساختن آهنربا مورد استفاده قرار می‌گیرد. پذیرفتاری مغناطیسی نئودیم با توجه به

چینش الکترونها در مدار هر اتم تعیین می‌شود. یک آهنربا توسط به خط شدن اسپین الکترونهای جفت نشده در میدان مغناطیسی تشکیل می‌شود. هر اتم نئودیم، هفت الکترون جفت نشده دارد که می‌توانند برای تبدیل قسمتی از این ماده به آهنربا به خط شوند. زمانیکه نئودیم در یک آلیاژ همراه با آهن و بورون استفاده می‌شود، نتیجه کوچکی نشان می‌دهد. آهنرباهای قوی در تمام ادوات الکترونیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. قابلیت‌های ساخت آهنربا یکی از دلایلی است که ادوات الکترونیکی مثل لپ تاپ‌ها را می‌توان کوچک و با وزن کم ساخت.

نئودیم یک عنصر نادر خاکی است؛ از دیگر عناصر این دسته می‌توان ساماریوم، دیسپروسیوم و پراسئودیمیوم را نام برد. در حالت طبیعی این عناصر به صورت ترکیب با عناصر دیگر یافت می‌شوند. ترکیب بودن با عناصر دیگر به این معنی است که آنها باید استخراج و تخلیص شوند، که فرآیند استخراج خطر آلودگی محیط زیست را به ارمغان می‌آورد. به دلیل این عوارض، نگرانی برای کمبود عرضه از این عناصر وجود دارد که می‌تواند تأثیری جدی در تولید صنعتی ایجاد کند.

پژوهشگران با استفاده از نانوذرات نئودیم در حال ساخت آهن رباهایی هستند که نئودیم کمتری نیاز داشته باشد. این پژوهش در مراحل اولیه است، اما ایده این است که با استفاده از نانوذرات نئودیم و مواد دیگر از قبیل آهن، اتصال بین اتم‌های مختلف قوی‌تر می‌شود، در نتیجه میدان مغناطیسی قوی‌تر همراه با استفاده کمتر مواد حاصل می‌شود.

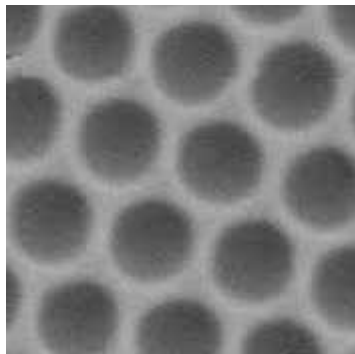


منبع

Nanotechnology For Dummies, 2nd Edition
Earl Boysen, Nancy, C. Muir

مترجم ر. حسینی

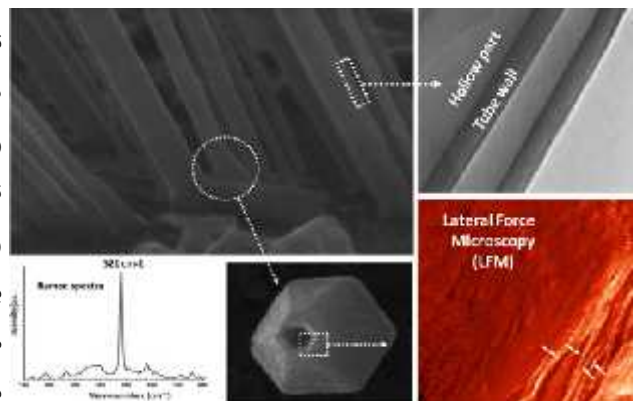
پژوهشگران دانشگاه تهران با استفاده از ترکیب دو ماده طلا و نیکل به عنوان کاتالیست رشد، امکان رشد نانوساختارهای



سوراخدار و توخالی را محقق ساختند. روش استفاده شده به وسیله‌ی این محققان قبلاً برای تولید نانوسیم‌های سیلیکاتی مورد استفاده قرار گرفته بود اما امکان رشد این نانوساختار تاکنون انجام نپذیرفته است. دکتر مهاجرزاده در مورد این تحقیقات گفت: " این مقاله بخشی از کار پایان نامه دوره کارشناسی ارشد دو تن از دانشجویان بنده بوده است و در واقع بخشی از یک کار بزرگتر در راستای ایجاد ترانزیستورهای عمودی اثر میدان با قابلیت گذردهی المان‌های کوچک مانند DNA و حساسیت به مقدار بار آن‌ها دارد. البته گذر ذرات کوچک مانند نانوذرات نیز می‌تواند در مقدار جریان آن‌ها نقش داشته باشد. به هر حال هدف ساخت نانولوله‌های سیلیکاتی است."

هدف اصلی این تحقیقات بر پایه ایجاد نانولوله‌های سیلیکاتی بدون Template و نیز با استفاده از رشد به روش VLS (Vapor-Liquid-Solid) یا SLS (Solid-Liquid-Solid) بوده است. این در حالی است که این روش‌ها قبلاً برای ایجاد نانو سیم‌های سیلیکاتی استفاده شده بودند اما امکان رشد نانوساختارهای سوراخدار و توخالی محقق نشده‌اند. با استفاده از ترکیب دو ماده طلا و نیکل به عنوان کاتالیست رشد؛ این عمل محقق شده است.

در این پروژه نانولوله‌های سیلیکاتی به روش بسیار تکرار پذیر و نسبتاً آسان ایجاد شده‌اند. لازم به ذکر است که نانولوله‌های کربنی سال‌هاست که ایجاد می‌شوند ولی ایجاد نانولوله‌های سیلیکاتی محقق نشده است. از طرف دیگر این ساختارها به دلیل خواص منحصر به فرد سیلیکان از آینده خوبی برخوردار هستند که از آن میان ساخت نسبتاً آسان ترانزیستورهای اثر میدان به وسیله‌ی آن‌ها است. به علاوه این نانولوله‌ها قابلیت باز شدن (Unzip) به وسیله‌ی جریان الکتریکی که در میکروسکوپ الکترونی استفاده می‌گردد را دارند. لذا ساخت نانونوارهای سیلیکاتی نیز آسان است. در مجموع این روش بر اساس استفاده هوشمندانه از دو کاتالیست طلا و نیکل است و هر کدام از این ترکیب می‌تواند نقش خود را در ایجاد لوله و یا انتقال اتم‌های سیلیکان بازی کند. هنوز هم موارد بسیار زیادی ناشناخته هستند که نیاز به زمان بیشتری دارد.



وی با اشاره به مراحل انجام این تحقیقات گفت: " بستر مورد استفاده سیلیکون با جهت بلوری (۱۰۰) است که بعد از تمیز کردن در مراحل مختلف عملیات لایه نشانی انجام می‌گردد. لایه نشانی منظم لایه‌های طلا و نیکل به ضخامت‌هایی در مقیاس چند نانومتری به صورت دو لایه و یا چند لایه از مسائل کلیدی این پروژه بوده است که به وسیله سامانه بخار فیزیکی به کمک اشعه الکترونی محقق شده است. بعد از لایه نشانی لایه دو فلزی نمونه در دستگاه LPCVD که همان لایه نشانی بخار شیمیایی در فشار پایین است قرار داده شده است که با انجام رشد در دمایی در حد ۴۰۰ الی ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد امکان رشد نانولوله‌های سیلیکاتی محقق می‌گردد. لازم به ذکر است که در زمان رشد می‌توان از گاز هیدروژن و سیلان استفاده کرد."

نتایج این تحقیقات به صورت مستقیم در الکترونیک و بیوالکترونیک کاربرد دارد. به گفته مهاجرزاده، در صورتیکه بتوان لوله‌هایی با قطر بسیار کم و نیز طول مناسب ایجاد کرد امکان ساخت ترانزیستورهای اثر میدان با گیت (کنترل کننده) شناور از درون محقق خواهد شد. در اینصورت با عبور هر گونه موجود بسیار کوچک و باردار مانند DNA جریان ترانزیستور تغییر کرده و قابل اندازه‌گیری خواهد بود. با توجه به ابعاد بسیار کوچک این قطعه می‌توان DNA را به صورت همراستا در آورد تا اطلاعات مربوط به Sequencing تکمیل گردد.

مهاجرزاده در پایان سخنان خود با اشاره به ادامه یافتن این تحقیقات و ابراز امیدواری از آینده نتایج آن افزود: " در صورت موفقیت کامل این پروژه می‌تواند پل ورود کشور به عرصه نانوالکترونیک باشد زیرا علاوه بر کاربرد در ادوات الکترونیکی می‌تواند در زمینه بیوالکترونیک کاربرد داشته باشد. البته لازم به ذکر است که بخشی از این تحقیقات در دست انجام است و در مراحل ثبت است و امکان ارائه دقیق مطالب وجود ندارد."

نتایج این کار تحقیقاتی که به دست مهندس محمد تقی نژاد و مهندس حسین تقی نژاد، دکتر محمد عبدالاحد و دکتر مهاجرزاده صورت گرفته است، به عنوان یکی از چند مقاله برتر در ستاد ویژه توسعه فناوری نانو نیز انتخاب شده است. قابل ذکر است که یکی از نتایج اخیر این پژوهش در قالب مقاله ISI در مجله Nano letters (جلد ۱۳، شماره ۳، سال ۲۰۱۳، صفحات ۸۸۹-۸۹۷) منتشر شده است.

منبع

هر ماده‌ای در ابعاد نانو، نانوذره نام دارد. نانوذرات به قدری کوچکند که تنها شامل چند تا چند هزار اتم هستند در مقابل مواد حجمی که می‌توانند شامل میلیاردها اتم باشند. این تفاوت در اندازه سبب می‌شود نانومواد ویژگی‌های منحصر به فردی داشته باشند. آهن عنصری است که به طور روزمره در اتومبیل‌ها و ساختمان‌ها و... کاربرد دارد. همچنین در آب و در خون وجود دارد که به انتقال اکسیژن کمک می‌کند.

آهن یکی از موادی است که به دلیل وضعیت الکترونها در مدار اتم‌هایش برای ساختن آهن‌ربا استفاده می‌شود و همانطور که می‌دانیم هنگامیکه با اکسیژن ترکیب شود اکسید آهن ایجاد شده و زنگ می‌زند. مشخص شده که نانوذرات آهن و اکسید آهن، هر دو بسیار مفیدند.



بهبود تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI) توسط نانوذرات

اگر آهن در باران رها شود، زنگ خواهد زد و زنگ از اکسید آهن تشکیل شده است، مولکولی که شامل سه اتم آهن و چهار اتم اکسیژن است.

اکسید آهن هم مثل آهن، خواص مغناطیسی دارد. آهن چهار الکترون جفت نشده دارد در حالیکه اکسید آهن فقط دو الکترون جفت نشده دارد. به دلیل اینکه الکترون‌های جفت نشده ماده را مغناطیسی می‌کنند، اکسید آهن کمتر از آهن، خاصیت مغناطیسی دارد. اکسید آهن یک ماده پارامغناطیسی است. خاصیت پارامغناطیسی نانوذرات اکسید آهن با حالت حجمی تفاوتی ندارد به جز اینکه این ذرات کوچک می‌توانند به جاهایی بروند که ذرات بزرگ نمی‌توانند.

برای مثال، در تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI) اگر نانوذرات پارامغناطیسی به جسمی که از آن تصویر گرفته می‌شود متصل شوند، تصویر بهتری خواهیم داشت. برای این منظور محققان نانوذرات اکسید آهن را توسط پوشاندن آنها با مولکول‌هایی که جذب سلول‌های سرطانی می‌شوند عامل دار کردند تا تصاویر بهتری تهیه شود.

ساخت نانوذراتی که شامل هسته‌ای از نانوبلورهای اکسید آهن احاطه شده با سیلیکون نانومتخلخل است، نه تنها تصاویر MRI تومورها را بهبود می‌بخشد بلکه به محققان توانایی کنترل برای آزاد سازی داروها را می‌دهد.

تصفیه آب‌های زیر زمینی با نانوذرات آهن

نانوذرات آهن خواص مغناطیسی آهن را دارا هستند. این نانوذرات مغناطیسی میزان سطح زیادی دارند. این خاصیت سبب می‌شود نانوذرات آهن برای تصویربرداری پزشکی و تصفیه آلاینده‌های آب‌های زیرزمینی مفید باشند.

نانوذرات آهن در پاکسازی آلاینده‌های آلی آب‌های زیرزمینی مفید هستند زیرا می‌توانند الکترون‌های خود را به اتم‌های الکترون‌گاتیوتر مثل اتم‌های کلر بدهند که در بسیاری از مولکول‌هایی که آلاینده‌های آلی را می‌سازند، حضور دارد.



بخشیدن این الکترون‌ها می‌تواند سبب شکستن مولکول‌ها به ترکیبات بی‌ضرر شود. به این دلیل که نانوذرات می‌توانند در آب‌های زیرزمینی برای مدت طولانی معلق بمانند و به سراسر سیستم انتقال یابند، برای

محدوده بزرگی از آب‌های زیرزمینی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

محققان در مراحل بعدی استفاده از نانوذرات اکسید آهن در حال بررسی استفاده از نانوذرات آهن برای تصویربرداری و درمان هستند که شامل موارد زیر است:

دارورسانی هدفمند: با استفاده از نانوذرات شامل هسته آهنی، دارو می‌تواند توسط یک میدان مغناطیسی در محدوده‌ای خاص از بدن بیمار، هدایت شود.

بهبود تصویربرداری MRI و درمان: پس از اینکه تصویر MRI نشان داد نانوذرات در محدوده بیماری تجمع کرده‌اند، یک میدان الکترومغناطیسی نوسانی برای به ارتعاش درآوردن نانوذرات استفاده می‌شود، که برای نابود کردن سلول‌های بیمار، ایجاد حرارت می‌کند.



منبع

Nanotechnology For Dummies, 2nd Edition
Earl Boysen, Nancy, C. Muir

مترجم: ر. حسینی





رشته‌ی فناوری نانو رشته‌ای جدا و مستقل از دیگر رشته‌های تحصیلی نیست، بلکه یک حوزه بین‌رشته‌ای است. تحصیل در فناوری نانو یعنی توانمندی در درک رفتار مواد و سیستم‌ها در مقیاس نانو و کنترل و بهره‌گیری از این رفتارها. کسی که می‌خواهد در این زمینه تحصیل کند نیاز است اولاً نسبت به مبانی علمی یکی از حوزه‌های مهندسی، فیزیک، شیمی یا زیست‌شناسی دید داشته باشد و ثانیاً بتواند تعامل علمی خوبی با متخصصان سایر رشته‌ها برقرار کند.

فراگیری مبانی علمی هریک از این رشته‌ها مستلزم گذراندن حداقل دوره‌ی کارشناسی در آنهاست. کسی که دوره‌ی کارشناسی را در یکی از رشته‌های مهندسی یا علوم گذرانده باشد، به حدی از دانش می‌رسد که بتواند ارتباط حوزه‌های مختلف فیزیک، شیمی و زیست را درک کند و در تحقیقات تیمی با افرادی با تخصص‌های مختلف همکاری کند.

بنابراین تحصیل رسمی در فناوری نانو در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری امکان‌پذیر است. از این رو در اغلب کشورها (از جمله ایران) که آموزش رسمی فناوری نانو دارند، این رشته صرفاً در مقاطع تحصیلات تکمیلی ارائه می‌شود.

هم اکنون برخی دانشگاه‌های کشور (از جمله دانشگاه تهران، تربیت مدرس، شریف، پژوهشگاه دانشهای بنیادی، امیرکبیر، صنعتی شاهرود، کاشان، صنعتی سهند، پژوهشگاه مواد و انرژی) در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری فناوری نانو در گرایش‌های مختلف دانشجویان دارند. از رشته‌های مختلفی که در این دانشگاه‌ها ارائه می‌شود می‌توان به نانوشیمی، نانوفیزیک، نانو فیزیک محاسباتی و رشته‌های مهندسی الکترونیک، مهندسی شیمی، مهندسی مواد، مهندسی مکانیک و مهندسی پلیمر با گرایش نانو اشاره کرد. همان‌طور که از عنوان این رشته‌ها مشخص است، دانشجویان اغلب رشته‌های فنی و علوم می‌توانند در فناوری نانو ادامه تحصیل دهند.

بنابراین می‌توان به طور خلاصه نتیجه گرفت که برای تحصیل رسمی در فناوری نانو اولاً نیاز است حداقل مدرک کارشناسی داشته باشید. ثانیاً نیاز نیست که حتماً در رشته‌ی خاصی تحصیل کرده باشید، بلکه انتخاب رشته در سطح کارشناسی باید برحسب علاقه‌ی شخص صورت گیرد. اما دانشجویان و علاقمندان به رشته‌های علوم انسانی می‌توانند بدون اینکه تحصیل رسمی در فناوری نانو داشته باشند، فعالیت پژوهشی خود در سطح کارشناسی ارشد و بالاتر را در حوزه‌های مرتبط با فناوری نانو انجام دهند. زیرا توسعه فناوری نانو در کنار مباحث فنی و تکنیکی نیازمند زیرساخت‌های فکری و مدیریتی است. مطالعات مدیریتی، حقوقی، جامعه‌شناسی و آموزشی از جمله مباحث مهم در توسعه‌ی فناوری‌های نوین همچون فناوری نانو است.

منبع

www.nano.ir

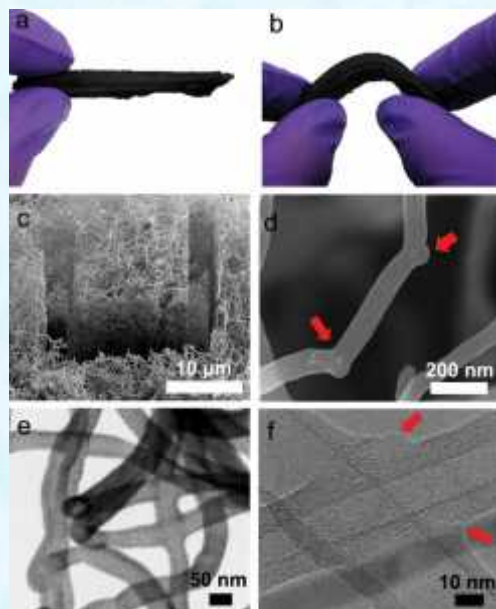
بهبود در تصفیه آب با اسفنج نانولوله کربنی

اخیراً یک اسفنج نانولوله کربنی که بیش از سه برابر تلاش‌های قبلی قادر به غوطه‌ور کردن آلاینده‌های آب مانند آفت کش‌ها، کودهای شیمیایی و مواد دارویی است، معرفی شده است.



اسفنج‌های نانولوله کربنی، به طور منحصر به فردی با گوگرد آلاینده شدند، همچنین ظرفیت بالای آنها

برای جذب نفت پتانسیل بالقوه‌ای برای حوادث صنعتی و پاکسازی نشت نفت ارائه می‌دهد. نانولوله‌های کربنی ساختارهای استوانه‌ای توخالی هستند که از لایه‌های کربنی ساخته شده‌اند. با توجه به ساختار آنها، نانو لوله‌های کربنی دارای خواص حرارتی، شیمیایی و مکانیکی فوق العاده‌ای هستند که به مجموعه‌ای از برنامه‌های کاربردی از محافظت بدن تا پنبه‌های خورشیدی منجر شده است. همچنین این ماده، اگرچه ساختن آن به شکل یک پودر ریز و نهایتاً بازیابی آنها از آب با مشکلاتی مواجه است، به عنوان یک کاندید عالی برای تصفیه پساب‌ها شناخته شده است.



نویسنده این مقاله از دانشگاه رم، می‌گوید: "استفاده از پودر CNT برای از بین بردن نفت ریخته شده در اقیانوس، دشوار است. به کار بردن آنها سخت است و در نهایت می‌توانند از دست بروند یا در اقیانوس پراکنده شوند."

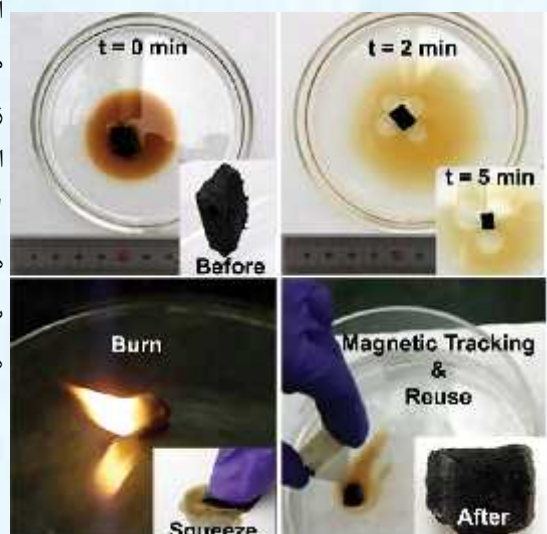
"با این حال، نانو لوله‌های کربنی در مقیاس میلی متری و یا سانتی متر، که ما در این مطالعه ساخته‌ایم، بسیار آسان‌تر استفاده می‌شوند. آنها به دلیل ساختار متخلخل در آب شناور شده و با نفت اشباع می‌شوند و به راحتی برداشته می‌شوند. با فشردن ساده آنها نفت رها می‌شود و سپس می‌توانند دوباره استفاده شوند."

در مطالعه جدید، محققان با افزودن گوگرد در حین فرآیند تولید، نانولوله‌ها را به اندازه لازم حجیم کردند؛ اسفنج نتیجه شده طول حدود ۲۰ میلی متر دارد.

افزودن گوگرد منجر به نقایصی در شکل‌گیری سطح اسفنج‌های CNT می‌شود که فروسنس را که در طول فرآیند تولید برای جانشینی آهن در فضای خالی داخل نانولوله‌های کربنی اضافه شده، فعال می‌کند.

حضور آهن به این معناست که اسفنج‌ها می‌توانند به طور مغناطیسی کنترل شوند و بدون تماس مستقیم به حرکت درآیند که مشکل کنترل CNT های اضافه شده به سطح آب را کاهش می‌دهد.

محققان شرح داده‌اند که چگونه اسفنج CNT، حلال آلی سمی دی کلروبنزن را با موفقیت از آب می‌زداید و جذب ۳/۵ برابر بیشتر از روش‌های قبلی دارد. همچنین مشاهده شده که روغن نباتی را بیشتر از ۱۵۰ برابر وزن اولیه خود و روغن موتور را با ظرفیت کمی بالاتر از گزارش‌های قبلی جذب می‌کنند. "خواص جذب بهبود یافته اسفنج به دلیل ساختار متخلخل و سطح خشن CNT ها است. نفت یا حلال - ها می‌توانند به سادگی در فضای خالی درون CNT ها جذب شوند و سطوح زبر این امر را آسانتر می‌سازند. مرحله بعدی این پژوهش بهبود فرآیند ساخت اسفنج‌ها برای تولید در مقیاس تجاری است. همچنین باید قبل از هرگونه برنامه کاربردی جهانی سمیت این اسفنج‌ها را بررسی کنیم.



منبع

<http://www.sciencedaily.com>

دانشمندان برای ساخت اشیای نانویی از دو روش بهره می‌گیرند: تولید از بالا به پایین و تولید از پایین به بالا. در روش ساخت از بالا به پایین، از شیئی بزرگ استفاده می‌کنند و آن را در قطعات کوچک‌تری می‌برند تا قطعاتی در ابعاد نانو ایجاد کنند. در روش ساخت از پایین به بالا، شیء در ابعاد نانو را اتم به اتم می‌سازند تا به اندازه مورد نظر برسند.

اگر یک سکه به ضخامت تقریبی یک میلی‌متر را به قطعاتی با ضخامت نانو برش بزنیم، و اگر برای تولید هر برش یک ثانیه وقت لازم باشد، ۱۲ روز طول می‌کشد تا کل سکه را در ابعاد نانو برش بزنیم.

حالا تصور کنید که با در کنار هم گذاشتن اتم به اتم طلا می‌خواهید یک ذره طلای کروی با قطر ۱۳ نانو متر ایجاد کنید. اگر برای هر اتم طلا یک ثانیه وقت لازم داشته باشید، برای تولید یک نانو ذره از طلا به یک روز وقت احتیاج دارید.

به دلیل این که دانشمندان برای انجام برخی از آزمایش‌ها به هزاران ذره از این نانو ذرات احتیاج دارند، تقریباً یک سال طول می‌کشد تا ذرات مورد نیاز برای انجام یک واکنش تامین شود. بنابراین به منظور جلوگیری از اتلاف زمان، روش‌هایی را به کار می‌گیرند که همزمان تعداد بسیار زیادی از نانو ذرات تولید شوند.

در برخی از آزمایش‌ها به تعداد کمی از نانو ذرات با شکل، ابعاد و ترکیب مشخص نیاز پیدا می‌کنیم. در این حالت، از روش ساخت پیوسته برای تولید نانو ساختارهای مجزا بهره گرفته می‌شود. این ساختارها، به صورت یکی در یک مرحله، شکل می‌گیرند؛ چیزی شبیه نوشتن با یک خودکار که در هر مرحله یک مقدار جوهر روی کاغذ نقش می‌بندد.

در سایر آزمایش‌ها، به تعداد بسیار زیادی از نانو ذرات با شکل، اندازه و ترکیب یکسان نیاز داریم که در این صورت، کاربرد روش هم زمان مؤثر واقع می‌شود. در این روش تعداد زیادی از نانو ذرات با ابعاد و اشکال مشخص را به طور هم زمان تولید می‌کنند تقریباً چیزی شبیه یک سینی از یخ‌های مکعبی. چاپ نانو گوی‌ها، نانو ذراتی با شکل و ترکیب مطلوب به وجود می‌آورد. در این روش یک لایه از نانو گوی‌ها به عنوان قالب مورد استفاده قرار می‌گیرد. مواد از طریق حفره‌های بین گوی‌های در کنار هم قرار گرفته، بر روی سطح زیرین رسوب می‌کنند و سپس با استفاده از یک حلال، نانو گوی‌ها برداشته می‌شوند و تنها مواد رسوب کرده بر روی سطح باقی می‌مانند. نحوه قرار گرفتن نانو گوی‌ها در کنار هم، آرایش حفره‌های میان گوی‌ها را تعیین می‌کند و متعاقب آن، الگوی نانو ساختار شکل می‌گیرد.

در این فعالیت شما شاهد نمایی از چاپ نانو ذرات هستید. از گوی‌های نایلونی با قطر ۲ سانتی متر برای تهیه لایه ای از نانو گوی‌ها بهره بگیرید و از پودر تالک به عنوان ماده ای استفاده کنید که از حفره‌ها عبور و بر روی سطح زیرین رسوب می‌کند و در نهایت، الگوی ذرات مورد نظر را شکل می‌دهد.

اهداف فعالیت

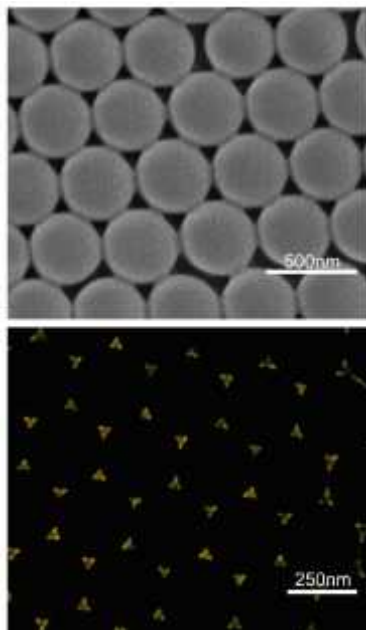
در این فعالیت، پژوهشگر مفاهیم اساسی و کلی روش‌های پیوسته و هم زمان تولید اجسام نانویی را فرا می‌گیرد و مشاهده می‌کند که از چاپ نانو گوی‌ها، برای ساخت الگویی از ذرات نانو استفاده می‌شود. این فرآیند در واقع شبیه سازی همان روش تولید هم زمان نانو اجسام در مقیاس بزرگ است.

وسایل مورد نیاز

- ۴ عدد میله کار دستی
- دو گیره کاغذی
- چسب
- پودر تالک
- کاغذ تمیز چسب دار
- قیچی
- ۱۰ گلوله پلاستیکی یا تیله با قطر ۲ سانتی متر
- نوار و یک برگ کاغذ سیاه رنگ کار دستی
- ۱۰ گلوله پلاستیکی یا تیله با قطر ۸ سانتی متر

مراحل فعالیت

۱- با استفاده از چسب و ۳ میله، یک مثلث متساوی الاضلاع بسازید. اجازه دهید تا چسب خشک شود.



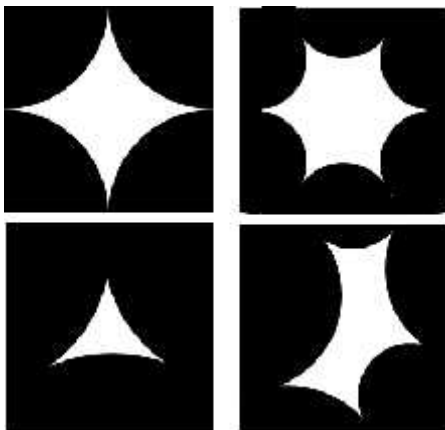
۲- یک قطعه مربعی شکل با ابعاد $5/12 \times 5/12$ سانتی متر از کاغذ چسب دار و کاغذ سیاه برش بزنید. بر چسب را از پشت قطعه چسب دار بردارید و جلوی کاغذ را روی سطح بگذارید؛ به طوری که سطح چسبناک آن به طرف بالا باشد. با نوار چسب، گوشه‌های کاغذ را بر روی سطح محکم کنید.

اکنون قالب تهیه شده از مرحله ی (۱) را روی کاغذ چسب دار قرار دهید.

۳- تا جایی که ممکن است، از گلوله‌های ۲ سانتی متری در قالب مثلثی قرار دهید تا یک سیستم انباشته به وجود آید. اگر در قالب مثلثی، هم چنان فضای خالی باقی مانده است، می‌توانید با استفاده از یک میله دیگر، مساحت قالب مثلثی را کاهش دهید.

۴- با استفاده از نمک پاش، مقداری از پودر تالک را از بالا روی قالب مثلثی بپاشید تا لایه ای نازک از پودر تالک روی قالب پخش شود. مراقب باشید پودر تالک را تنفس نکنید. پاشیدن پودر تالک را به این روش چندین بار تکرار کنید تا طرح واضحی روی تمام سطح چسبناک کاغذ به وجود آید.

۵- قالب و گلوله‌ها را بردارید. مراقب باشید، پودر تالکی که روی سطح فوقانی گلوله‌ها نشسته است، روی سایر قسمت های کاغذ چسب دار نپاشد. سپس کاغذ سیاه رنگ را روی کاغذ چسب دار بگذارید، به طوری که چیزی شبیه به سانویچ مربع شکل به وجود آید. این کار باعث می‌شود تا از طرح به وجود آمده محافظت شود. با استفاده از گلوله های هم اندازه یا متفاوت می‌توانید الگوهای دیگری تهیه کنید و با استفاده از قالب هایی که شکل های گوناگونی دارند، طرح های متفاوتی به وجود آورید. به طرح های زیر توجه کنید.



پرسش

- ۱- رابطه کیفی موجود بین آرایش سیستم انباشته گوی‌ها و طرح‌های ایجاد شده را بیان کنید.
- ۲- با استفاده از روابط هندسی، درصد فضای اشغال شده و اشغال نشده در سیستم انباشته گلوله ها را در قالب مثلثی شکل محاسبه کنید.
- ۳- روش به کار برده شده در این آزمایش، روش هم زمان (موازی) است یا روش پیوسته (سریال)؟
- ۴- زمانی که از دو نوع گوی با اندازه‌های متفاوت برای تهیه یک قالب تک لایه ای از گلوله‌ها، بهره می‌گیرید، چه تغییری را مشاهده می‌کنید؟

اطلاعات بیشتر

- فعالیتی که شرح دادیم یکی از تکنیک‌های فناوری ساخت در ابعاد نانو را شبیه سازی می‌کند اما اندازه‌هایی که ما در این فعالیت با آن ها سرو کار داریم، بسیار بزرگ تر از چندین نانومترند.
- این نکته که فقط یک لایه نازک از پودر تالک را باید بر روی کاغذ چسب دار بپاشید، بسیار تعیین کننده است. به جای پودر تالک می‌توان تخته پاک‌کن های گچی را روی گلوله‌ها تکان داد تا لایه ای نازک از گچ روی کاغذ چسب دار بپاشد.
- هم چنین می‌توانید، با استفاده از قالب‌های گوناگون، لایه‌های چند تایی از گوی‌های روی هم، و گوی‌هایی با اندازه‌های متفاوت در کنار هم، الگوهای گوناگونی تهیه کنید.
- برای اینکه آزمایش مشابهی ترتیب دهید می‌توانید، به جای پودر تالک و کاغذ چسب دار، از منبع نور ماوراء بنفش و کاغذ های حساس به نور استفاده کنید. نور ماوراء بنفش از حفره‌های بین گلوله‌ها می‌گذرد و روی کاغذ حساس به نور، الگویی را از ساختارهای مشابه طراحی می‌کند.
- در سال‌های اخیر، دانشمندان روش‌های متفاوتی برای ایجاد نانو ساختارها پیدا کرده اند، اما این روش‌ها در حال حاضر در مرحله آزمون کارایی و توانمندی اند. فوتولیتوگرافی، فناوری جدیدی که امروزه برای ساخت پردازنده‌های رایانه و تمام مدارهای مجتمع به کار گرفته می‌شود، مشابه همین روشی است که شما آن را تجربه کردید.

پاسخ پرسش‌ها

- ۱- وقتی گوی‌ها به هم نزدیک می‌شوند و سیستم انباشته را به وجود می‌آورند، در هر مکانی که سه گوی به یکدیگر نزدیک شده اند، یک حفره سه گانه به وجود می‌آید. زمانی که پودر تالک روی گوی‌ها پاشیده می‌شود، پودر تالک تنها از طریق این حفره ها به سطح کاغذ می‌رسد و بر اساس آرایش گوی‌ها در کنار یکدیگر، الگویی از یک ساختار پدید می‌آورد.
- ۲- ابتدا مساحت قالب مثلثی (طول $\times$ ارتفاع $\times \frac{1}{2}$)، و سپس مساحت اشغال شده توسط گوی ها را محاسبه کنید (تعداد گلوله ها $\times \pi \times$ مجذور شعاع کره). زمانی که گوی‌ها به صورت مستقیم انباشته در می‌آیند، $\frac{92}{8}$ درصد از مساحت قالب مثلثی توسط گوی ها اشغال می‌شود و $\frac{7}{2}$ درصد از مساحت زیرین گلوله ها نمایان است.
- ۳- روش به کار برده شده، همان فرایند هم زمان است. پاشیدن پودر روی گوی‌ها، هم زمان شکل‌های مشخصی را نمایان می‌کند. این اتفاق سریع‌تر از شکل‌های منفردی است که هر کدام در یک مرحله و مجزا به وجود می‌آیند. (فرایند پیوسته یا سریال)
- ۴- با استفاده از گوی‌هایی با اندازه‌های متفاوت، آرایش منظم سیستم انباشته دست‌خوش تغییر می‌شود. با وجود این بی‌نظمی، می‌توان الگوهای جدیدی را از این طریق تهیه کرد.

منبع:

آزمایش های ساده نانو، نوشته علیرضا منسوب بصیری

تعیین تغییرات دما در نانوسیم‌های فلزی توسط فیزیکدانان

با استفاده از برهم‌کنش بین نور و افت و خیز بار در نانوساختارهای فلزی که پلاسمون نام دارد، فیزیکدانان قابلیت اندازه‌گیری تغییرات دما در ناحیه سه بعدی بسیار کوچک فضا را نشان می‌دهند. پلاسمون را می‌توان به عنوان یک موج الکترونی در سطح فلز در نظر گرفت.

این پژوهش در مقاله‌ای با عنوان "Thermoplasmonics: Quantifying Plasmonic Heating in Single Nanowires" ژورنال *Nano Letters* به چاپ رسیده است.

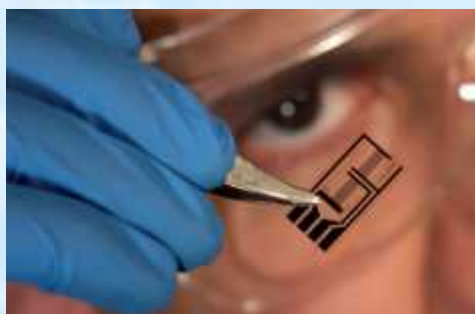
در این آزمایش توسط لیتوگرافی باریکه الکترونی و تمرکز دقیق یک لیزر بر نانوسیم‌های طلا، یک نانوساختار پلاسمونی ساخته شد. این کار تغییر در مقاومت الکتریکی یک نانوسیم طلا را هنگامیکه نوردهی می‌شود، اندازه می‌گیرد. تغییر در مقاومت به تغییر دمای نانوسیم مربوط می‌شود. توانایی اندازه‌گیری تغییرات دما در حجم نانویی مشکل است، و تعیین اینکه چه بخشی از تغییرات دما ناشی از پلاسمون هاست می‌تواند بیشتر به چالش کشیده شود.

توسط تغییر پلاریزاسیون نور فرودی بر نانوساختارها، سهم پلاسمونی گرمایش اپتیکی تعیین شده و با مدلسازی محاسباتی تأیید می‌گردد. این مقاله در زمینه تخصصی و به سرعت در حال رشد ترموپلاسمونیک است که زیر شاخه پلاسمونیک می‌باشد که اثرات گرمای ناشی از پلاسمون‌ها را مطالعه کرده و از درمان سرطان تا انرژی خورشیدی کاربرد دارد.

پژوهشگر این پروژه تحقیق خود را با تخصص خود در زمینه نانو اپتیک ترکیب کرده که مطالعه نانومقیاس روی نور است. او می‌گوید: "نانو اپتیک و پلاسمونیک به شما اجازه می‌دهند نور را در محدوده‌های کوچکتر متمرکز کنید که زیر محدوده پراش نور هستند. یک نانوساختار پلاسمونی شبیه آنتن اپتیکی است. برهم‌کنش نور- پلاسمون، پلاسمونیک را جذاب می‌سازد."

منبع

<http://www.sciencedaily.com>



سرد ماندن در دنیای نانوالکترونیک توسط داغ شدن

همینطور که گوشی‌های هوشمند، تبلت‌ها و وسایل دیگر کوچکتر و پیشرفته‌تر می‌شوند، گرمای تولید شده در زمان استفاده افزایش می‌یابد. این یک مشکل در حال رشد است زیرا می‌تواند باعث شود مدارهای الکترونیکی داخلی آسیب ببینند.

دانش متعارف نشان می‌دهد راه حل، سرد نگاه داشتن درون وسایل الکترونیکی است. اما مقاله‌ای تحقیقاتی در دانشگاه بوفالو نکته‌ای در خلاف این راه نشان می‌دهد: سنگین‌تر و گرم‌تر ساختن لپ تاپ‌ها و دیگر وسایل الکترونیکی قابل حمل، می‌تواند پاسخ مسئله باشد. استاد مهندسی الکترونیک این دانشگاه، جان اتان برد، می‌گوید: "ما متوجه شدیم که محافظت وسایل نانوالکترونیکی از گرمایی که تولید می‌کنند از طریق عملکرد این دستگاه‌ها را حفظ کند، ممکن است. این به طور امیدوار کننده به ما اجازه می‌دهد که توسعه وسایل الکترونیکی قویتر را بدون فروپاشی ناشی از گرم شدن ادامه دهیم. در وسایل الکترونیکی، گرما توسط حرکت الکترون‌ها در ترانزیستورها، مقاومت‌ها و بقیه اجزای شبکه الکتریکی ایجاد می‌شود. بسته به شبکه، راه‌های متنوعی مانند فن‌های سرد کننده و سینک گرما برای محافظت مدار از گرم شدن بی‌اندازه وجود دارد.

اما با اضافه شدن مدارها و ترانزیستورهای بیشتر برای افزایش قدرت محاسباتی، سرد نگه داشتن بسیار دشوارتر شده است. بسیاری از مراکز تحقیقاتی در حال توسعه مواد پیشرفته‌ای هستند که قادر به تحمل محیط داخل تلفن‌های هوشمند، لپ تاپ‌ها و وسایل دیگر باشند.

در حالیکه مواد پیشرفته پتانسیل فوق العاده‌ای نشان می‌دهند، این پژوهش پیشنهاد می‌کند هنوز امکان توسعه در نمونه‌های موجود وسایل الکترونیکی برای ادامه گسترش کامپیوترهای قویتر وجود دارد.

برای دستیابی به یافته آنها، محققان ادوات نیمه رسانای در ابعاد نانو از جنس گالیوم آرسناید ساختند. سپس این تراشه را در معرض یک ولتاژ بزرگ قرار دادند که یک جریان الکتریکی در رسانای نانویی ایجاد می‌کند. این به نوبه خود مقدار حرارت به گردش درآمده در نانوترانزیستورهای تراشه را افزایش می‌دهد.

اما به جای منحط کردن وسیله، نانوترانزیستور خودبه خود تبدیل به حالت کوانتومی شد که از اثرات حرارت محافظت می‌شد و یک کانال قوی برای جریان الکتریکی فراهم می‌کرد. برای توضیح، برد یک مقایسه با آبشار نیاگارا ارائه می‌دهد: آب، یا انرژی، از یک منبع می‌آیند؛ در این مورد دریاچه‌های بزرگ. آب به سوی نقطه باریکی (رودخانه نیاگارا) هدایت شده و نهایتاً از آبشار نیاگارا جاری می‌شود. در پایین آبشار، انرژی تلف می‌شود. اما برخلاف آبشار، این انرژی تلف شده دوباره در میان چپ جریان می‌یابد و چگونگی اثر گذاشتن حرارت، یا در این مورد اثر نگذاشتن حرارت، روی عمل شبکه را تغییر می‌دهد.

در حالیکه این رفتار ممکن است غیر معمول به نظر آید، به خصوص گرفتن ایده از جریان آب از بالای آبشار، نتیجه مستقیم طبیعت کوانتوم مکانیکی الکترونیک است زمانی که در مقیاس نانو به آن نگرسته می‌شود. این جریان از الکترون‌هایی که خودبه خود برای شکل دادن یک فیلامان رسانای نازک میان رسانای نانویی سازماندهی شده‌اند، ساخته شده است. این فیلامان است که در مقابل اثرات حرارتی مقاومت می‌کند.

این محققان اظهار داشتند: ما در حقیقت گرما را از بین نبردیم، اما موفق شدیم اثر آن را بر شبکه الکتریکی متوقف کنیم. از یک نظر این بهینه سازی الگوی فعلی است. همچنین آنها مدل‌های تئوری که این یافته را توضیح می‌دهد ارائه کرده‌اند.

منبع

<http://www.sciencedaily.com>



ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
برگزار می‌کند:

آغاز ثبت نام مسابقه
پایان ثبت نام اسفندماه ۱۳۹۲
تاریخ مسابقه اردیبهشت ماه ۱۳۹۳

فناوری ملی چهارمین

4th National
Nanotechnology
Competition 2014



جوایز:

۱. میلیون ها تومان جوایز نقدی
۲. اعطای گواهی تدریس در دوره های آموزشی فناوری نانو به دارندگان حد نصاب علمی
۳. اعطای لوح تقدیر ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
۴. اعتبار مالی برای دریافت خدمات آنلاین از آزمایشگاه های عضو شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو
۵. تخفیف ثبت نام در دوره های توانمندسازی سرمایه های انسانی فناوری نانو

برای ثبت نام در مسابقه ملی نانوفناوری
(با ۵۰٪ تخفیف)

با لذت فیزیک تماس بگیرید

۰۲۱-۸۸۶۷۲۷۲۷

www.popularphysics.ir

سرفصل ها:

نانو ساختارها
روش های ساخت و سنتز نانو ساختارها
روش های شناسایی و آنالیز نانو ساختارها
کاربردهای فناوری نانو
تجاری سازی فناوری نانو

اطلاعات بیشتر www.nano.ir/competition

عینع پیشنهادی مسابقه و برگزاری آزمون های آزمایشی edu.nano.ir

تلفن تماس ۰۹۱۹ ۰۴۲۴۲۰۵ - ۰۲۱ ۸۸۸۶۲۲۷۹ پست الکترونیک competition@nano.ir