

فهرست

- ۱.....قانونی شدن لایحه تحقیق و توسعه نانو تکنولوژی در آمریکا
- ۳.....ساخت اولین الیف های نانولوله ای خالص در دانشگاه رایس
- ۵.....کنترل نانوبلورهای فلزی با نانولوله های پیتیدی
- ۷.....چالش های توسعه علمی در کشورهای در حال توسعه
- ۷.....الف) مشکلات مشترک با کشورهای پیشرفته
- ۷.....ب) مشکلات مختص کشورهای در حال توسعه
- ۸.....شبکه نانو تکنولوژی آسیا
- ۹.....خلاصه ای از نتایج کنفرانس آسیایی نانو تکنولوژی و آینده
- ۱۳.....برگزاری سمینار نانو تکنولوژی در دانشگاه تهران
- ۱۷.....مقاله ویژه: نگاهی به الکترونیک مولکولی (۱)
- ۱۷.....مقدمه
- ۱۸.....تقابل دو فناوری
- ۱۹.....مراحل پیشبرد الکترونیک مولکولی
- ۲۱.....امکانات بالقوه
- ۲۲.....نانولوله ها

این کمیته آماده دریافت اخبار و مقالات شما می باشد.

صندوق پستی: ۴۶۷۱_۱۴۱۵۵ تلفن: ۸۰۲۷۱۳۵

نقل مطالب این خبرنامه با ذکر منبع بلامانع است.

قانونی شدن لایحه تحقیق و توسعه نانوتکنولوژی در آمریکا

در خبرنامه شماره ۵۲، خبری با عنوان "امضای قانون جدید تحقیق و توسعه نانوتکنولوژی توسط رئیس جمهور آمریکا" درج شد. خبر ذیل حاوی اطلاعات بیشتری در این مورد است.

۳ دسامبر ۲۰۰۳ - رئیس جمهور آمریکا لایحه قانونی شدن تحقیق و توسعه نانوتکنولوژی در قرن ۲۱ را که پس از ماهها بحث و مذاکره به تصویب کنگره رسیده بوده امضاء کرد.

اعتبار اختصاص یافته (۳/۷ میلیارد دلار) در بین هشت سازمان دولتی تقسیم خواهد شد که این سازمانها عبارتند از:

بنیاد ملی علوم (NSF)، وزارت انرژی (DOE)، سازمان ملی هوافضا (NASA)، مؤسسه ملی استاندارد و فناوری (NIST)، سازمان حفاظت از محیط زیست (EPA)، وزارت دادگستری (DOJ)، وزارت راه و ترابری (DOT) و وزارت کشاورزی (DOA).

بنابه اظهارات میکی هوندا، نماینده کالیفرنیا در مجلس، بازار جهانی محصولات و خدمات نانوتکنولوژی می تواند تا سال ۲۰۱۵ به ۱ تریلیون دلار برسد.

هوندا در پیش نویس اصلی لایحه نانوتکنولوژی ۲۰۰۳، ۲/۳۶ میلیارد دلار برای سه سال یعنی به طور متوسط سالیانه ۷۸۷ میلیون دلار را پیشنهاد کرده است. در حالی که قانون تحقیق و توسعه نانوتکنولوژی در قرن ۲۱، ۳/۷ میلیارد دلار در طی چهار سال یا سالیانه ۹۲۵ میلیون دلار را مجاز می داند، این رقم به طور متوسط ۱۳۸ میلیون دلار در سال نسبت به پیشنهاد هوندا افزایش نشان می دهد.

ویکی نورتون، از دست اندرکاران شرکت حقوقی Pillsbury Winthrop LLP (در لوس آنجلس) گفت: "این مبلغ کمی بیشتر از مبلغ قبلی است - اکنون اعتباراتی که ما به این کار اختصاص داده ایم در اندازه اروپاییها و آسیاییها است، اما آنچه اهمیت دارد این است که این

کار تلاش ماندگاری را به وجود خواهد آورد و حمایت ویژه‌ای جهت تجاری‌سازی است.^۱ این لایحه به رئیس‌جمهور اجازه ایجاد برنامه ملی تحقیقات نانوتکنولوژی (NNPR) بصورت دائمی و جایگزینی آن با برنامه پیشگامی ملی نانوتکنولوژی (NNI) که در حال اتمام است را می‌دهد. بر طبق این لایحه NNPR یک برنامه میان‌سازمانی^۱ هماهنگ شده است که از تحقیق و توسعه بلندمدت نانوتکنولوژی در زمینه‌های ذیل حمایت می‌کند:

مواد و ساخت، نانو الکترونیک، بهداشت و مراقبت پزشکی، محیط زیست، انرژی، صنایع شیمیایی، بیوتکنولوژی، کشاورزی، فناوری اطلاعات و امنیت ملی.

برنامه تحقیق و توسعه نانوتکنولوژی در قرن ۲۱، در کنار اهدافی نظیر پیشگامی راهبردی آمریکا در دنیا، به شکل ویژه‌ای به توسعه بیشتر تسهیلات شبکه‌ای که منجر به ادغام برنامه‌های دانشگاه‌ها، آزمایشگاه‌های ملی و صنعتی می‌شود کمک می‌کند. حمایت ویژه از مراکز ششگانه علوم و مهندسی نانو برای اولین بار از سوی بنیاد ملی علوم در سال ۲۰۰۱ با ۶۵ میلیون دلار آغاز شد. این مراکز در دانشگاه کلمبیا واقع در شهر نیویورک، دانشگاه کرنل در ایتا کا واقع در شمال ایالت نیویورک، مؤسسه پلی‌تکنیک رنسلار در شهر تروی واقع در ایالت نیویورک، دانشگاه هاروارد در کمبریج ماساچوست، دانشگاه نورث‌وسترن در ایوانستون ایلینوی و دانشگاه رایس در هوستون تگزاس واقع هستند.

تام توماس از اعضای دیگر شرکت Pillsbury Winthrop گفت: "شما هماهنگی بهتری را در بین این مراکز شاهد خواهید بود، زیرا ساختارهای بیشتری در آنها گنجانده شده است." قانون تحقیق و توسعه نانوتکنولوژی در قرن ۲۱ گروه‌های آمریکایی را با وعده کمک‌های مالی به بسیاری از گروه‌های تحقیقاتی کوچک به میزان کمتر از ۱ میلیون دلار و کمک‌هایی به ارزش ۳ تا ۵ میلیون دلار به مراکز علوم و مهندسی نانو، به مشارکت ترغیب می‌نماید.

¹ -Inter-agency program

همچنین این قانون لیستی از "چالش‌های اصلی" در طراحی مواد مستحکم‌تر، سبک‌تر، سخت‌تر، ایمن‌تر و خودتعمیر در زمینه نانوالکترونیک، الکترونیک نوری و مغناطیس را فراهم می‌آورد. کاربردهای پزشکی، فرآیندهای نانومقیاس، راه‌حل‌های زیست‌محیطی، مدیریت انرژی و بقای انرژی به شکل خاصی مورد توجه قرار گرفته‌اند.

این قانون، چالش‌های مهم توسعه نانوقطعات زیستی برای کشف و بهبود روش‌های معالجه را مورد توجه قرار داده و همچنین تأییدی بر امنیت ملی به شمار می‌رود.

ضمن تلاش برای هماهنگی تمام این اهداف و برنامه‌های مختلف، رئیس‌جمهور نیز به کمک قانون تحقیق و توسعه نانوتکنولوژی در قرن ۲۱ به سمت تأسیس اداره ملی هماهنگی نانوتکنولوژی هدایت می‌شود.

منبع: <http://www.eetimes.com>

ساخت اولین الیاف‌های نانولوله‌ای خالص در دانشگاه رایس

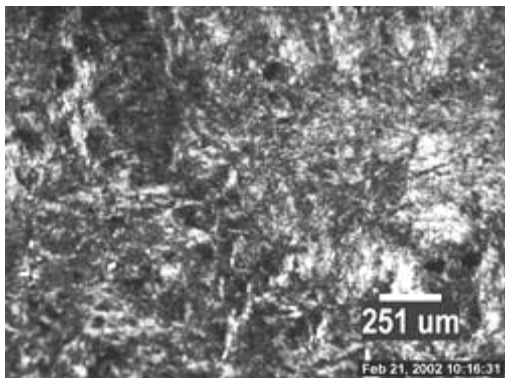
۹ دسامبر ۲۰۰۳- پژوهشگران دانشگاه رایس پی برده‌اند که چگونه الیاف‌های پیوسته را از نانولوله‌های کربنی تک‌دیواره بسازند. این فرآیند که مشابه با فرآیند مورد استفاده در ساخت کولار^۱ (نام تجاری الیاف مصنوعی بسیار محکم و سبکی است که در ساخت جلیقه ضدگلوله، بدنه قایق و هواپیما بکار می‌رود) در مقیاس صنعتی است، امکان ساخت رشته‌نخ‌ها، کابل‌ها و ورقه‌هایی از نانولوله‌های کربنی خالص (SWNTs) را به وجود می‌آورد.

دانشمندان تخمین می‌زنند که نانولوله‌ها حدود ۱۰۰ مرتبه مستحکم‌تر از فولاد (و دارای یک‌ششم وزن آن) باشند. برای مقایسه، کولار حدود پنج مرتبه مستحکم‌تر از فولاد (در وزن مساوی) است. تا به حال به خاطر کمبود روش‌های فرآوری در مقیاس صنعتی هیچ محصول

¹ - Kevlar

خاصی در مقیاس بزرگ از نانولوله‌های خالص ساخته نشده است.

تیم تحقیقاتی دانشگاه رایس معتقد است که آنها بر مانع اصلی تولید صنعتی اشیاء ساخته شده



این تصویر محلول بلور مایع اسیدسولفوریک و نانولوله‌های کربنی خالص را نشان می‌دهد. این محلول تقریباً حاوی ۵/۵ درصد حجمی نانولوله‌های کربنی خالص است؛ اسید پراکنده شده باعث افزایش قابل ملاحظه‌ای در غلظت نسبت به تمام روش‌های قبلی شده است.

از نانولوله‌های کربنی خالص در مقیاس بزرگ غلبه کرده‌اند. آنها راهی را برای نگهداری مقادیر زیادی از نانولوله‌ها به شکل مایع کشف نموده‌اند. تیمی از شیمی‌دانان و مهندسان شیمی با انحلال نانولوله‌ها در اسید سولفوریک قوی قادر به تهیه محلولی حاوی ۱۰ درصد وزنی از نانولوله‌های کربنی خالص شده‌اند که حدود ۱۰ برابر بیشتر از بالاترین غلظت‌های بدست آمده قبلی است. در این روش فرآوری جدید از هیچ نوع افزودنی یا پاک‌کننده

پلیمری که در روش‌های فرآوری قبلی بکار می‌رفت استفاده نشده است؛ زیرا این مواد، مانع تغییر مقیاس تجاری و خلوص محصول نهایی شناخته می‌شوند.

ماتئو پاسکوالی استادیار مهندسی شیمی گفت: "با افزایش غلظت، نانولوله‌ها ابتدا خود را به صورت رشته‌هایی مانند ماکارونی درمی‌آورند و سپس بلورهای مایع سفتی را تشکیل می‌دهند که می‌توانند به الیاف‌های خالص تبدیل شوند."

نانولوله‌ها استوانه‌های توخالی از کربن خالص با ضخامت تنها یک اتم هستند. این مواد می‌توانند به خواص فلزات یا نیمه‌هادی‌ها دست یابند، این بدان معنی است که می‌توان آنها را برای ساخت موادی که هم "هوشمند" و هم فوق‌العاده مستحکم هستند مورد استفاده قرار داد. مثلاً ناسا در حال بررسی نحوه استفاده از نانولوله‌ها در هواپیماها و فضاپیماها است.

از نظر شیمیایی کار با نانولوله‌های کربنی مشکل است. آنها به شدت به یکدیگر می‌چسبند و به صورت کلافه‌های مو درمی‌آیند. دانشمندان راه‌هایی را برای ازهم جدانمودن نانولوله‌ها توسعه داده‌اند، اما نگهداری آنها بعد از فرآوری مشکل است. تا به حال محیط انتخابی، محلول‌های متشکل از ماده پاک‌کننده و آب بوده است که حاوی کمتر از ۱ درصد حجمی نانولوله‌های پراکنده بوده و بوسیله محلول‌های پلیمری فرآوری شده‌اند.

چنین غلظت‌هایی برای استفاده در فرآیندهای صنعتی به منظور ساخت الیاف‌های نانولوله‌ای بزرگ، بسیار پایین هستند. علاوه بر این دانشمندان هیچ راهی برای زدودن تمامی صابون و پلیمر و تبدیل نانولوله‌ها به شکل خالصشان پیدا نکرده‌اند.

پاسکوئالی گفت: "برای تولید مواد ماکرومقیاس از نانولوله‌ها، در فرآیندهای شیمیایی باید از مایعی استفاده کنند که بتواند محلولی با غلظت بالا از نانولوله‌ها بوجود آورد. ما بر پایه یافته‌های خود معتقدیم که سوپراسیدها می‌توانند در ساخت الیاف‌ها و ورقه‌های نانولوله‌ای ماکرومقیاس با استفاده از روش‌های کاملاً مشابه با روش‌هایی که در صنایع شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرند به کار گرفته شوند."

این تحقیق بصورت مقاله‌ای تحت عنوان "رفتار فازی و رئولوژی نانولوله‌های کربنی خالص (SWNTs) در سوپراسیدها" در مجله *Macromolecules* به چاپ رسیده است.

منبع: <http://www.eurekalert.org>

کنترل نانوبلورهای فلزی با نانولوله‌های پیتیدی

۹ دسامبر ۲۰۰۳- پژوهشگران دانشگاه نیویورک از نانولوله‌های پیتیدی به عنوان الگویی برای رشد نانوبلورهای مس استفاده کرده‌اند. دانشمندان با تنظیم pH محلول قادر به کنترل ساختار پیتید و تعیین قطر نانوبلورها بین ۱۰ تا ۳۰ نانومتر بودند.

هیروشی ماتسوئی از این گروه پژوهشی گفت: "روش زیستی ما طی یک فرآیند ساده اجازه تنظیم خواص الکترونیکی نانولوله‌ها را می‌دهد. از آنجا که طبیعت همواره در سیستم‌های زنده، نانوبلورهای دارای مورفولوژی کنترل‌شده با دقت و قابلیت تکثیر بالا تولید می‌کند، این روش زیستی دارای مزیتی افزون بر روش‌های سنتزی است."

ماتسوئی و همکارانش از پتیده‌های غنی از هیستیدین (HG12) به عنوان الگوی رسوب‌دهی مس استفاده کردند. آنها پتیده‌های HG12 را به گروه‌های آمیدی نانولوله‌های خودآرایش‌یافته از منومرهای پتید بولا آمفی‌فیل متصل کردند. اضافه کردن محلول کلرید مس سبب شد تا پتیده‌های HG12 یون‌های مس را کئوردینانس نمایند (ایجاد جایگاه‌های هسته‌زایی برای رشد نانوبلورهای مس). در این مرحله از فرآیند، دانشمندان pH را بین ۴ تا ۱۰ تنظیم کردند. در نهایت این تیم برای تولید نانوبلورهای مس یون‌های مس را با محلولی از هیدرید بور سدیم احیاء کردند.

نانوبلورهای مس رشدیافته در pH مساوی با ۶ دارای قطر متوسط ۱۰ نانومتر بودند. در عوض بلورهایی که در pH بین ۷ تا ۱۰ رشد یافته بودند، دارای قطر متوسط ۳۰ نانومتر بودند. این دانشمندان معتقدند که بسته به شرایط pH، توالی پتیدی در نقاط مختلف، یون‌های مس را کئوردینانس کرده و به ساختارهای فضایی متفاوتی تبدیل می‌کند - این امر اندازه نانوبلورهای مس را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این احتمال نیز وجود دارد که اتصال پتیده‌های HG12 به نانولوله‌های الگو، به تنظیم اندازه نانوبلورها کمک نماید.

با توجه به اظهارات ماتسوئی، نانولوله‌های زیستی کاربردهایی در الکترونیک، حسگرها و ابزارهای نوری خواهند داشت. وی گفت: "این روش را می‌توان برای هر روکش نانوبلوری که رشته‌های پتیدی آنها برای استخراج زیستی^۱ یون‌های خاصی شناخته شده هستند بکار برد. مثلاً نانوبلورهای مغناطیسی می‌توانند بر روی نانولوله‌های پتیدی که در محیط‌های ضبط مغناطیسی،

¹ -Biomineeralize

اسپینترونیک، جداسازی و کاتالیزورها قابل استفاده خواهند بود، روکش شوند." این پژوهشگران که کارشان در Proceedings of the National Academy of Sciences به چاپ رسیده است، در حال حاضر سرگرم کار بر روی روکش‌های کنترل‌شده‌ای از نانوبلورهای نیمه‌هادی، مغناطیسی و نانوبلورهای ژئولیت بر روی نانولوله‌های پیتیدی هستند.

منبع: <http://nanotechweb.org>

چالش‌های توسعه علمی در کشورهای در حال توسعه

سایت Nano forum.org در مطالعه‌ای روی وضعیت نانوفناوری در کشورهای آماده عضویت در اتحادیه اروپا، چالش‌های توسعه علمی آنها به خصوص در زمینه نانوفناوری را بررسی کرده است، که شامل موارد زیر می‌شود:

الف) مشکلات مشترک با کشورهای پیشرفته

- بیزاری از ریسک
- تحت توسعه بودن
- همکاری محدود تحقیقات و صنعت

ب) مشکلات مختص کشورهای در حال توسعه

- نظام اقتصادی مبتنی بر تمرکزگرایی
- فقدان سیاست‌های ترویج‌دهنده نوآوری
- فقدان هماهنگی بین سیاست‌های مرتبط با فناوری
- محدودیت منابع انسانی و مالی
- ظرفیت پائین کسب و کارها برای جذب نوآوری

در گزارش مزبور لیستی از دانشگاهها، موسسات تحقیقاتی، شرکتهای و برنامههای ملی مرتبط

با نانو فناوری به تفصیل آمده است که چکیده ای از آن در جدول ذیل ارائه می گردد:

ردیف	نام کشور	دانشگاهها	مؤسسات تحقیقاتی	شرکتها	برنامهها یا پروژههای ملی
۱	بلغارستان	۴	۳	۱	--
۲	جمهوری چک	۶	۹	۸	--
۳	استونی	۲	--	۴	۲
۴	مجارستان	--	۸	۲	--
۵	لتونی	۳	--	--	۱
۶	لیتوانی	۵	۷	۱	۲
۷	مالت	۲	--	--	--
۸	لهستان	۴	۷	۱	--
۹	رومانی	۴	۱۹	۲	۱
۱۰	اسلواکی	۷	۸	--	--
۱۱	اسلونی	۲	۴	۱	--
۱۲	ترکیه	۶	۲	--	--

منبع: www.nano forum.org

شبکه نانوتکنولوژی آسیا

مارس ۲۰۰۳- با رشد خیلی سریع اقتصاد کشورهای آسیایی، این کشورها تمایل زیادی به

رشد نانوتکنولوژی و تجارت در آن نشان داده اند. انتظار می رود بودجه ای که دولتهای آسیایی از

جمله ژاپن در این زمینه سرمایه گذاری نموده اند بالغ بر ۱/۵ میلیارد دلار باشد. (برای اطلاعات

بیشتر می توانید وبسایت <http://www.secretariat.ne.jp/nanotech/indexe.html> را ببینید)

بطور کلی در حال حاضر هر کشور آسیایی زمینه هایی را برای تحقیق و توسعه در

نانوتکنولوژی دارا بوده و عموم کشورهای آسیایی سیاست گذاری هایی را برای توسعه بخشیدن و

سرعت بخشیدن به رشد تجاری نانوتکنولوژی برای خود تدوین نموده اند. آنها می دانند که

نانوتکنولوژی می تواند برای آنها در حال و آینده مفید واقع شود. کشورهای آسیایی نه تنها پتانسیل

بسیار عظیم نانوتکنولوژی در تجارت را تشخیص داده‌اند، بلکه به اهمیت منابع انسانی و آماده‌سازی آنها برای دنیای آینده نانو نیز پی برده‌اند. نانوتکنولوژی با توجه به خصوصیاتش یک فناوری منطقه‌ای می‌باشد، بدین معنی که توسعه این فناوری نیازمند همکاری بین کشورهای منطقه می‌باشد. همکاری کشورهای آسیایی با یکدیگر می‌تواند آنها را برای رسیدن به آینده‌ای بهتر کمک کند. کشورهای آسیایی می‌توانند تکمیل‌کننده منابع یکدیگر در توسعه و تجارت نانوتکنولوژی باشند. توسعه نانوتکنولوژی در آسیا زمانی بطور کامل نمایان می‌شود که کشورهای آسیایی سعی به همکاری‌های مشترک داشته باشند و در آن صورت است که می‌توانند آینده نانوتکنولوژی آسیا را رقم برنند. نانوتکنولوژی می‌تواند آینده اقتصادی کشورهای آسیایی و استقرار صلح در آسیا را تحت تأثیر قرار داده و آینده را به نفع این کشورها تغییر دهد.

ژاپن این مهم، یعنی مشارکت بین کشورهای آسیایی را در توسعه نانوتکنولوژی به خوبی تشخیص داده است. همچنین ژاپن سیاست‌هایی را در علوم و فناوری نانو، تحقیق و توسعه نانو و تجارت نانو برای خود تدوین و مشخص نموده است. ژاپن از دیگر کشورهای آسیایی در این زمینه پیشی گرفته است. توسعه بیشتر نانوتکنولوژی در بین کشورهای آسیایی نیازمند همکاری‌های بیشتر این کشورها و همچنین تشکیل یک شبکه آسیایی نانوتکنولوژی می‌باشد.

خلاصه‌ای از نتایج کنفرانس آسیایی نانوتکنولوژی و آینده

در طول کنفرانس آسیایی نانوتکنولوژی و آینده که در سال ۲۰۰۳ برگزار شد، کمیته‌ای متشکل از تعدادی از دانشمندان نانوتکنولوژی و متخصصین سیاست‌گذاری‌های نانو تشکیل شده که نتیجه بحث و میزگردهای این کمیته از زبان تعدادی از شرکت‌کنندگان به شرح زیر می‌باشد.

آقای دکتر کازونوبو تاناکا مدیر مؤسسه ملی فناوری و علوم صنایع پیشرفته ژاپن (AISI)،

بزرگترین آزمایشگاه ملی ژاپن) به موضوعات زیر اشاره داشت:

۱- توجه به برنامه ریزی در همکاری های داخلی بین کشورهای آسیایی

۲- بررسی نقاط قدرت و ضعف بخش تحقیق و توسعه نانو تکنولوژی و کاربردهای صنعتی آن در

کشورهای آسیایی

۳- اهمیت تدوین یک خط مشی کلی در زمینه نانو تکنولوژی برای کشورهای آسیایی

۴- اهمیت مبادله اطلاعات نانو تکنولوژی بین کشورهای آسیایی

۵- تبادل اطلاعات دانشمندان و اشخاص مختلف در خصوص نانو تکنولوژی

آقای دکتر مائو کوئن از کشور تایوان، و مدیر مؤسسه فیزیک آکادمی سینی کا و مدیر اجرایی برنامه ملی نانو تکنولوژی این کشور گفت: "برای ایجاد و توسعه شبکه نانو تکنولوژی آسیا یک الگو و مدل کاری مشخص مورد نیاز است که پایه ریزی شده و در آن به تشکیل جلسات و همکاری بین گروه های نانو تکنولوژی آسیایی توجه کافی شود. همچنین تشکیل این شبکه در اسرع وقت بسیار مهم می باشد."

دکتر مائو روی تعلیم و تربیت افراد در علوم نانو تأکید داشته و بیان نمود که این یک ضرورت است که افراد مختلف جامعه از جمله دانش آموزان و دانشجویان جوان که در یکی دو دهه آینده، دولت مردان و آینده سازان کشور می باشند در خصوص علوم نانو آموزش داده شوند تا بتوانند در آینده محور توسعه و پیشرفت کشور باشند.

در تربیت و بازآموزی علوم نانو ضروریست تا آموزش های این علوم در دنیا همسو باشند و همگام با کل دنیا این آموزش ها در کشورهای آسیایی نیز ادامه یابد.

دکتر لی جیانگ قائم مقام مرکز تحقیقات نانو تکنولوژی آکادمی علوم چین (CAS) به این نکته اشاره دارد که CAS قصد دارد همکاری بین بیشتر کشورهای آسیایی شامل ژاپن، تایوان،

سنگاپور، کره و... را افزایش دهد. وی بر این عقیده است که گردهمایی‌ها و نشست‌های علمی، تحقیقاتی و مطالعاتی بین کشورهای آسیایی زیربنای بسیار مناسبی برای تشکیل یک شبکه نانوتکنولوژی و همکاری بیشتر بین این کشورها می‌باشد. او ۷ سال از تحقیقاتش را در کشور ژاپن گذرانده و معتقد است که این گونه همکاری‌ها می‌تواند در توسعه نانوتکنولوژی در آسیا اقدام بسیار مفیدی باشد.

دکتر پیراش تاجاشایاپونگ از کشور تایلند و رئیس آژانس ملی توسعه فناوری و علوم این کشور بیان نمود که تایلند محلی را برای توسعه و پیشبرد نانوتکنولوژی ملی در نظر گرفته و یک مرکز ملی نانوتکنولوژی را تأسیس نموده است. به نظر او همکاری بین کشورهای آسیایی عامل بسیار مهمی در توسعه این فناوری در آسیا در قرن جدید می‌باشد. تایلند فعالیت‌هایی را برای تأمین یک شبکه نانوتکنولوژی و همکاری بیشتر کشورهای آسیایی شروع کرده است.

مؤسسه علوم و فناوری ملی کشور هند نیز تمهیدات بسیار مهم و قابل توجهی را برای همکاری تحقیقاتی بین هند و ژاپن در نظر گرفته است. مؤسسه ملی علوم و فناوری هند معتقد است که دیگر کشورهای آسیایی نیز می‌توانند برنامه‌های مشابهی را برای همکاری با یکدیگر داشته باشند.

دکتر هالیماتون هم‌دان، استاد دانشگاه علوم و فناوری کشور مالزی نیز موافق همکاری داخلی و نزدیک بین کشورهای آسیایی می‌باشد و معتقد است که این همکاری در پیشرفت نانوتکنولوژی منطقه‌ای بسیار مهم و مفید است. کشور مالزی تمایل زیادی دارد که به عنوان یکی از اعضای فعال شبکه نانوتکنولوژی آسیا معرفی شده و در توسعه این شبکه نقش داشته باشد.

دکتر جونگ کیو پارک از مؤسسه علوم و فناوری اطلاعات کشور کره (KISTI) به این نکته اشاره داشت که کشور کره توجه اساسی به تربیت نیروی انسانی و متخصص در زمینه

نانوتکنولوژی داشته و در صدد بوجود آوردن یک منبع قوی و کارآمد از نیروی انسانی متخصص نانوتکنولوژی بوده و همچنین این کشور، توجه زیادی به ارائه آموزش‌های تخصصی نانوتکنولوژی به متخصصین دارد. کشور کره معتقد است که این کشور می‌تواند با تکیه بر منابع عظیم انسانی متخصص نانوتکنولوژی در توسعه فناوری آسیا نقش مهمی داشته باشد.

برپایی همایش‌ها و سمینارهای مرتبط با نانوتکنولوژی در آسیا یک راه معمول و مؤثر برای برقراری ارتباط و تشکیل یک شبکه نانوتکنولوژی فعال می‌باشد. یکی از راه‌های مهم در افزایش همکاری‌های نانوتکنولوژی در بین کشورهای آسیایی، ارتباط شبکه‌ای و اینترنتی افراد جوان از طریق شبکه‌های اینترنتی نانوتکنولوژی می‌باشد.

در میزگرد و پانل پرسش و پاسخ کنفرانس آسیایی نانوتکنولوژی و آینده ۲۰۰۳، سؤالات و

چالش‌هایی مطرح گردید که در ذیل به چند مورد از آنها اشاره می‌شود:

۱- اطلاعات و دستاوردهای نانوتکنولوژی کشورهای آسیایی به زبان انگلیسی بسیار اندک است.

۲- چگونه کشورهای آسیایی می‌توانند بر مشکلات موجود پیروز شوند و قدم‌هایی را در زمینه

نانوتکنولوژی بردارند؟

۳- سرعت پیشرفت و پیشبرد فضایی برای تبادل اطلاعات و شبکه نانوتکنولوژی آسیا چگونه

است؟

در جدول زیر خلاصه‌ای از جمع‌بندی وضعیت شبکه نانوتکنولوژی آسیا و وضعیت

کشورهای عضو به اختصار آورده شده است:

کشورها								عناوین فعالیت	
چین	هند	کره	ژاپن	مالزی	سنگاپور	تایوان	تایلند		
فعال	فعال	فعال	شروع کرده است	شروع کرده است	شروع کرده است	فعال	شروع کرده است		همکاری بین کشورهای آسیایی
شروع نکرده است	شروع نکرده است	شروع نکرده است	شروع نکرده است	شروع نکرده است	شروع نکرده است	فعالانه شروع کرده است	شروع نکرده است		اجرای برنامه‌های دانشگاهی نانوتکنولوژی
کم است	کم است	کم است	کم است	کم است	خوب است	کم است	کم است		اطلاعات دستاوردهای نانوتکنولوژی به زبان انگلیسی
شبکه نانوتکنولوژی آسیا نیازمند تماس‌های رودررو و توسعه فعالیت‌های داخلی بین این کشورها است.			کشور ژاپن علاقمند است تا رهبری شبکه نانوتکنولوژی آسیا را بعهده گیرد.			یک شبکه آموزشی، تحصیلی و تحقیق و توسعه نانوتکنولوژی آسیایی را تشکیل داده است.	تشکیل یک مرکز نانوتکنولوژی بسیار قوی در بین کشورهای آسیایی کمک زیادی به همکاری این کشورها می‌کند.	نظرات و پیشنهادات مطرح شده از طرف کشورهای آسیایی	

منبع: <http://www.nanoworld.jp>

برگزاری سمینار نانوتکنولوژی در دانشگاه تهران

سمیناری در روز ۱۵ آذرماه سال جاری در دانشکده علوم دانشگاه تهران برگزار شد که در

آن، آقای رضا فریدی مجیدی دانشجوی دوره دکتری شیمی آلی دانشگاه تهران به بررسی ابعاد

مختلف در زمینه‌های مرتبط با نانوتکنولوژی پرداخت. وی پس از اشاره به پیشرفت نانوتکنولوژی

در کشورهای مختلف در مورد تقسیم‌بندی نانومواد توضیحاتی به شرح ذیل ارائه داد:

✓ نانومواد در یک بعد نانو شامل:

- نانورس‌ها

✓ نانومواد در دو بعد نانو شامل:

۱. نانوالیاف

۲. نانولوله‌ها

✓ نانومواد در سه بعد نانو شامل:

- نانوذرات (مانند نانوبلورها، کلوئیدها، خوشه‌ها و...)

انواع نانوالیاف:

* نانوالیاف پلیمری

* نانوالیاف کربنی

* نانوالیاف آلومینا

* نانوالیاف سیلیکا

روش‌های تهیه نانوالیاف پلیمری:

۱- تکنیک طراحی فرآیند: مشابه با ریسندگی خشک در صنعت الیاف است که با این روش

می‌توان نانوالیاف خیلی طویل تهیه کرد ولی این روش زمان‌بر است.

۲- تکنیک سنتزی قالب: بیشترین اهمیت این روش در آینده ممکن است در ساخت نانولوله‌ها و

لیفچه‌های^۱ مواد متنوع مثل پلیمرهای با هدایت الکترونی، فلزات، نیمه‌هادی‌ها و... باشد. از طرف

دیگر این روش نمی‌تواند نانوالیاف پیوسته یک به یک (نانوالیاف مجزا^۲) بسازد.

۳- تکنیک جدایی فاز: که شامل حلالیت، ژلاتینی کردن، استخراج با بکاربردن یک حلال

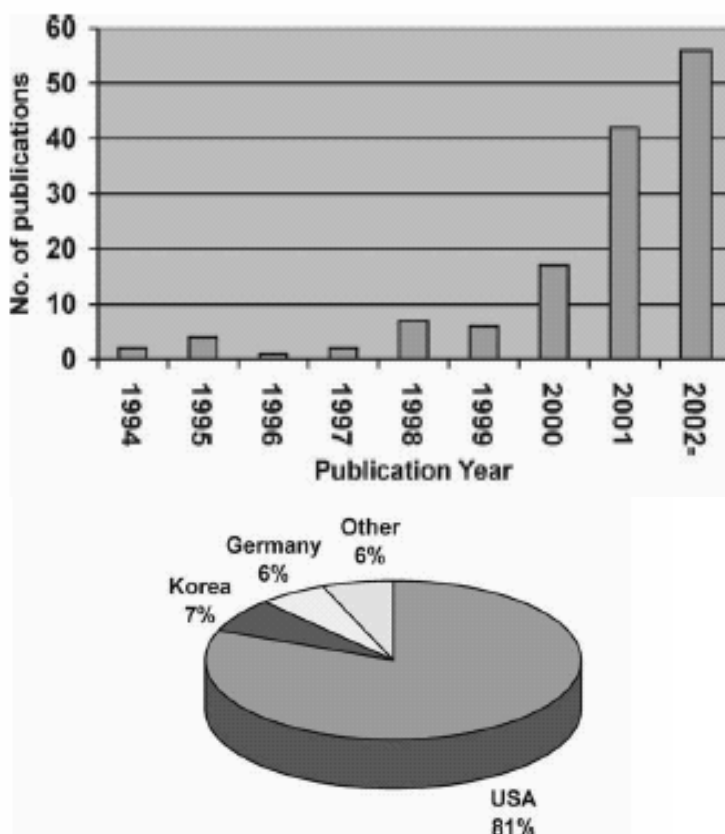
متفاوت، منجمد کردن و خشک کردن در داخل یک فوم با منافذ در مقیاس نانو می‌باشد.

¹ -Fibril

² الیاف‌های که به صورت رشته‌های جداگانه می‌باشند

۴- تکنیک خودتجمعی: مشابه با جدایی فاز که فرآیندی زمان‌بر و پرهزینه است.

۵- الکتروریسندگی مذاب یا محلول پلیمر: تنها روشی است که می‌تواند برای تولید نانوالیاف پیوسته یک به یک (نانوالیاف مجزا) در پلیمرهای متفاوت به کار برده شود.



مقایسه میزان مقالات روش الکتروریسندگی مذاب پلیمرها

اهدافی که در تهیه نانوالیاف پلیمری به روش الکتروریسندگی مدنظر می‌باشد عبارت است از:

۱- قطر الیاف ثابت و قابل کنترل می‌باشد.

۱- سطح الیاف عاری از نقص یا دارای نقص قابل کنترل می‌باشد.

۲- نانوالیاف پیوسته یک یک قابل جمع آوری می‌باشند.

بررسی برخی خصوصیات نانوالیاف پلیمری و کاربرد آنها:

★ نسبت به میکروالیاف دارای نسبت سطح به حجم خیلی بزرگ می‌باشند.

★ قابلیت انعطاف پذیری عالی در نانوالیاف دارای گروه‌های عاملی.

★ عملکرد مکانیکی عالی (شامل سختی و قدرت کشسانی)

کاربردهای نانوالیاف پلیمری عبارتند از:

فیلترکردن، کامپوزیت‌ها، بیوپزشکی، لباس‌های محافظت‌کننده، پوشاندن زخم، کاربردهای

نوری و الکتریکی.

ایشان در دومین جلسه سمینار که در روز دوشنبه ۱۷ آذر برگزار شد، به بررسی نانوذرات به

طور کلی و نانوکربنات کلسیم به طور خاص به شرح ذیل پرداخت:

- کنترل رئولوژی در پوشش دهنده‌ها

- کنترل رئولوژی در درزگیرها و چسب‌های بر پایه پلی سولفید

- کنترل رئولوژی در پلاستیک‌ها به عنوان یک فیلتر عامل دار

...

وی برخی خصوصیات ویژه کربنات کلسیم در ماتریس‌های پلیمری را به صورت زیر عنوان

نمود:

- عامل هسته‌ساز

- مدول^۱ نانو کامپوزیت حاصل ۸۵٪ بهبود پیدا می‌کند

- مقاومت به ضربه PP را تا ۳۰۰٪ می‌توان افزایش داد

- امکان بررسی شفافیت (مانند Clearing reagent عمل می‌کند)

- ضد ضربه کردن و رفع نیاز به آلیاژهای اکریلات‌ها و پلی اتیلن کلره شده در PVC

- در ماتریس PMMA با افزایش تنها ۳٪ وزنی پرکننده ۵۰٪ افزایش در مدول فشاری حاصل

می‌شود

¹ -Modulus

در ادامه انواع روش‌های تهیه نانوذرات به صورت زیر معرفی شد:

- ★ قوس الکتریکی: پرهزینه و پرتجهیزات می‌باشد.
 - ★ فرآیند مکانیکی و شیمیایی: امکانات و تجهيزات زیاد می‌خواهد.
 - ★ چگالش شیمیایی فاز بخار (CVC): TiO_2 , Co , Fe
 - ★ احتراق: ThO_2
 - ★ تبخیر: پودرهای مولیدات فلزات Ca , Co , Cu , Zn
 - ★ رسوب‌دهی کنترل‌شده: ZnO , CaCO_3 , SiO_2
 - ★ تشعشع: سولفیدهایی مثل ZnS , CdS
- وی بیان کرد با توجه به مطالعات انجام‌شده بهترین و عملی‌ترین روش در حال حاضر برای تهیه نانوکربنات کلسیم روش رسوب‌دهی شیمیایی می‌باشد.
- وی در بخش پایانی سمینار خود به بررسی برخی خواص نانواکسید تیتانیوم و نانوسیلیکا و بررسی اثرات آن در ماتریس پلی‌پروپیلن (PP) پرداخت.

مقاله ویژه:

نگاهی به الکترونیک مولکولی (۱)

مقدمه

بسیاری از فناوری‌های جدید در خلال قرن بیستم ظهور یافته‌اند. اگر فردی تصمیم بگیرد یکی از فناوری‌های جدیدی را که بیشترین تأثیر روی بشر داشته انتخاب کند، حتماً صنعت میکروالکترونیک یکی از انتخابهای اصلی او خواهد بود. اجزاء تشکیل‌دهنده میکروالکترونیک مثل میکروپردازنده‌ها و حافظه، کاربردهایی در رایانه، اجزاء صوتی و تصویری، خودروها

(کوچکترین خودرو دایملر-بنز دارای ۶۰ میکروپرسور است)، سیستم‌های ارتباطات، تلفن‌ها، گوشی‌های موبایل، بانکداری، کارتهای اعتباری، اجاقهای خوراک‌پزی، کنترل‌کننده‌های حرارتی، برشته‌کننده‌ها و پردازش‌کننده‌های غذا دارند.

صنعت میکروالکترونیک در حدود ۵۰ سال است که بوجود آمده است. از آن تاریخ تاکنون صنعت میکروالکترونیک، برطبق تحلیلی که گوردون مور، بنیان‌گذار اینتل، در سال ۱۹۶۵ ارائه داد، با آهنگی نمایی رشد می‌کند. مور نشان داد که ابعاد گیت‌های ترانزیستور هر ۱۸ ماه نصف می‌شود، این قاعده به قانون مور موسوم شده است. این نصف‌شدن ابعاد اقتصادی است. هر چه گیت کوچکتر باشد، ترانزیستور می‌تواند سریع‌تر سوئیچ کند، در نتیجه انرژی کمتری مصرف می‌شود و تعداد بیشتری ترانزیستور در یک تراشه سیلیکون جای می‌گیرد. افزایش تعداد ترانزیستورها و بازدهی آنها هزینه ترانزیستور را کاهش می‌دهد. بنابراین مقرون به‌صرفه‌تر این است که اندازه هر ترانزیستور تا حد امکان کوچکتر شود. این کوچک‌سازی‌ها بالاخره در نقطه‌ای متوقف خواهد شد. بنابراین برای ادامه رشد صنعت الکترونیک، باید به دنبال فناوری‌های جایگزین بود. وقتی شما ابزارهای الکترونیکی را تا حد نانو کوچک می‌سازید، مستقیماً با مولکول‌ها و لایه‌های تک‌اتمی و چنداتمی سروکار خواهید داشت. در این مقیاس مستقیماً با مولکول‌ها سروکار داشته و مسائل جدیدی مطرح می‌شوند که به آن الکترونیک مولکولی گویند.

تقابل دو فناوری

صنعت الکترونیک امروزی مبتنی بر فناوری سیلیکونی بوده و پیشرفت‌های زیادی داشته است. سن این صنعت به حدود ۵۰ سال می‌رسد و اکنون به مرحله‌ای رسیده است که از لحاظ تکنولوژیکی، صنعتی و تجاری به بلوغ کامل رسیده است. در مقابل این فناوری، الکترونیک مولکولی قرار دارد که در مراحل کاملاً ابتدائی است. قرار است این فناوری به عنوان آینده و نسل

بعدی صنعت الکترونیک سیلیکونی مطرح شود. بنابراین اگر الکترونیک مولکولی را که فقط در حالت کاملاً آزمایشگاهی قرار داشته و هنوز به تولید انبوه نرسیده است، در مقابل صنعت سیلیکونی مطرح کنیم، لازم است راهکارهای استراتژیکی را برای تحقق بخشیدن این امر بدانیم.

مراحل پیشبرد الکترونیک مولکولی

برای پیشبرد این فناوری و به نتیجه رساندن آن باید چهار مرحله راهبردی ذیل را پیاده کنیم. با پیاده کردن این چهار مرحله می توان از الکترونیک سیلیکونی جلوزده و نسل جدیدی از ادوات الکترونیکی را وارد بازار ساخت.

۱) در گامهای اولیه کاربردهایی که برای الکترونیک مولکولی در نظر می گیریم باید کاربردهای ساده، ارزان و غیر پیچیده ای باشند. شاید تعجب کنید که چرا لازم است برای چنین فناوری در گام اول کاربردهای ساده ای در نظر بگیریم، اما برای شروع، این موضوع بسیار مهم است زیرا اولاً در گامهای اولیه اطمینانی نسبی به الکترونیک مولکولی ایجاد می شود و سرمایه گذاری ها به سمت آن هدایت می شوند و ثانیاً ثابت می شود که این فناوری کارا است. یک مثال جالب برای این موضوع اتصالات غیر فعال است، اگر شما بخواهید دو قسمت الکترونیکی یک وسیله را به هم وصل کنید، به کمک یک سیم معمولی هم می توانید این کار را انجام دهید، ولی داخل پردازنده رایانه به خاطر کوچکی ابزار، از سیم های نازک طلا استفاده می شود. نکته ای که در اینجا باید به آن اشاره کرد این است که در ۳۰ سال اخیر فناوری سیم های طلای داخل پردازنده هیچگونه تغییر خاصی نداشته و همان فناوری که در سی سال پیش استفاده می شده اکنون نیز مورد استفاده قرار می گیرد. در نتیجه اگر بتوانیم نشان دهیم که الکترونیک مولکولی می تواند بجای آن سیم های طلا به کار گرفته شود، اولاً کاربرد بسیار ساده ای را برای الکترونیک مولکولی انتخاب کرده ایم و ثانیاً کارائی آن را در ایجاد انقلابی در فناوری که در سی ساله اخیر هیچگونه پیشرفتی

نداشته است به اثبات رسانیده ایم.

۲) تولیدهای اولیه الکترونیک مولکولی باید **مکملی برای فناوری سیلیکون** باشند. اینگونه نیست که ما انقلابی را از همان اول شروع کنیم و این ادوات مولکولی را تافته جدابافته ای بدانیم که هیچ ربطی به سیلیکون ندارند؛ زیرا فناوری سیلیکونی یک صنعت جاافتاده است. پس اگر الکترونیک مولکولی را بتوان به عنوان مکملی برای فناوری سیلیکونی (حداقل برای مراحل اولیه) بکار برد، آنگاه می توان پیشرفت قابل ملاحظه ای حتی در همان مراحل اولیه داشت. الزامی نیست که زمان پاسخ این ابزارهای اولیه خیلی سریع تر از ابزارهای کنونی باشد. امروزه ما می شنویم که الکترونیک مولکولی می تواند سرعت رایانه ها را ۱۰۰۰ مرتبه بالاتر برده و حافظه ها را افزایش دهد. با وجود آنکه امیدواریم این موضوع اتفاق بیفتد اما لزومی ندارد که زمان پاسخ ابزارهای مولکولی خیلی سریع باشد. اگر ما ابزارهایی مولکولی بسازیم که دارای زمان پاسخی از مرتبه ثانیه باشند، آنگاه می توان گفت که این ابزارهای مولکولی کارا هستند. زیرا زمان پاسخ در حد ثانیه یک چیز کاملاً قابل دسترسی است و برای ابزارهایی مثل حسگر که نیازمند پاسخ به حتی یک مولکول است این ابزارها به خوبی جواب می دهد و نیازمند زمان پاسخ گویی سریعی مثلاً از مرتبه پیکوثانیه نیستند.

۳) بعد از مراحل اولیه باید به سمت **ادوات فعال** حرکت کرد. اینها ابزارهایی هستند که می توانند تغییراتی مثلاً در پاسخ جریان بر حسب ولتاژ بوجود آورند. به عنوان مثال **دیود** به صورت فعال می تواند یک قسمت از سیگنال را حذف کرده و به یک قسمت از آن اجازه عبور دهد، یعنی فعال عمل می کند و این بر خلاف سیم ساده ای است که هر سیگنالی که به آن اعمال شود بدون کم و کاست آن را به نقطه دیگری از سیم انتقال می دهد. اما ادوات فعال می توانند تصمیم گیری کنند که کدام قسمت از سیگنال را عبور دهند و کدام قسمت را حذف کنند. بنابراین لازم است

ابتدا یک مقدار اطمینان ایجاد شده و سرمایه جذب شود تا اینکه در مرحله بعدی وارد حیطه ادوات فعال شد.

(۴) گام بعدی، مبحث کاملاً جدیدی است که اصلاً در دسترس فناوری سیلیکون نبوده و الکترونیک مولکولی می تواند بعد از برداشتن گامهایی که در بالا به آن اشاره شد، به آن پردازد. یک مثال ساده و روشن این موضوع نمایشگرها هستند. نمایشگرهای متداول، کاملاً سفت و غیر قابل انعطاف هستند. ولی با استفاده از الکترونیک مولکولی و مولکول‌هایی که در صفحه نمایش استفاده می شود، امکان خم شدن و انعطاف پذیری این صفحات بوجود می آید. چیزی مانند لباس که روی آن صفحه نمایشی وجود داشته باشد. بنابراین کاربردهایی وجود دارد که از دسترس فناوری سیلیکون به خاطر جامد و کریستالی بودن ذاتی اش دور بوده و برای الکترونیک مولکولی قابل دستیابی است. وقتی که این صنعت جا افتاد و وارد بازار الکترونیک شد، آنگاه می توان نسل جدیدی از محصولات را بدست آورد که شامل پردازنده‌هایی ۱۰۰۰ مرتبه سریع تر از نوع امروزی و یا حافظه‌هایی با ظرفیتی بسیار بیشتر از انواع امروزی باشند. اگر این مراحل با موفقیت طی شود، حدوداً یک دهه طول خواهد کشید تا نسل جدید محصولات الکترونیکی مبتنی بر الکترونیک مولکولی یا الکترونیک در ابعاد نانومتر ظهور یابد.

امکانات بالقوه

برای ساخت ابزارهای مولکولی، باید ببینیم که از چه چیزهایی می توانیم استفاده کنیم. وسائلی

که در اختیار داریم و تاکنون پیشنهاد شده است، به قرار زیر است:

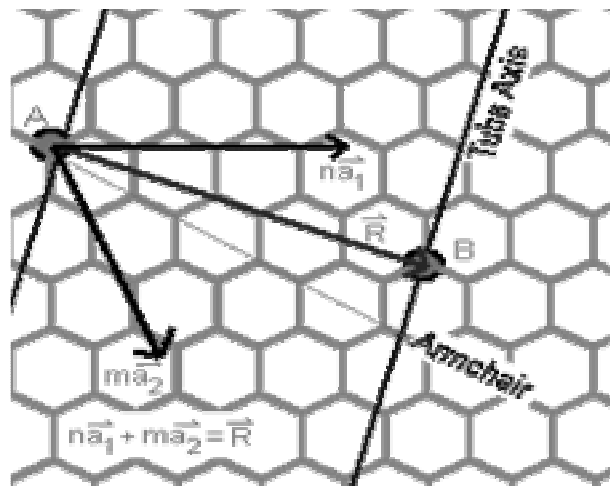
- نانولوله‌ها
- حلقه‌های بنزنی
- پلیمرها

• DNA

تحقیق در مورد امکانات الکترونیکی این وسایل در مراحل ابتدائی و اولیه قرار دارد. تحقیقات در مورد این وسایل به هر دو شکل تجربی و نظری شروع شده و طبق نمونه‌هایی که در ادامه به آنها اشاره خواهد شد، به قابلیت‌های اولیه منحصر بفرد آنها پی خواهیم برد.

نانولوله‌ها

یک صفحه تخت گرافیت را در نظر بگیرید، اگر آن را به شکل نواری در نظر گرفته و لوله کنیم به یک نانولوله می‌رسیم که ساختار آن همان ساختار گرافیت بوده و یک هگزاگونال است. این مواد در سال ۱۹۹۱ در ژاپن کشف شده و به علت خصوصیات جالب آن مورد توجه قرار گرفته است. یک خاصیت جالب این مواد آن است که بر حسب اینکه در چه جهتی این صفحه را خم کنیم دارای خاصیت نیمه‌هادی و یا فلزی می‌شود.

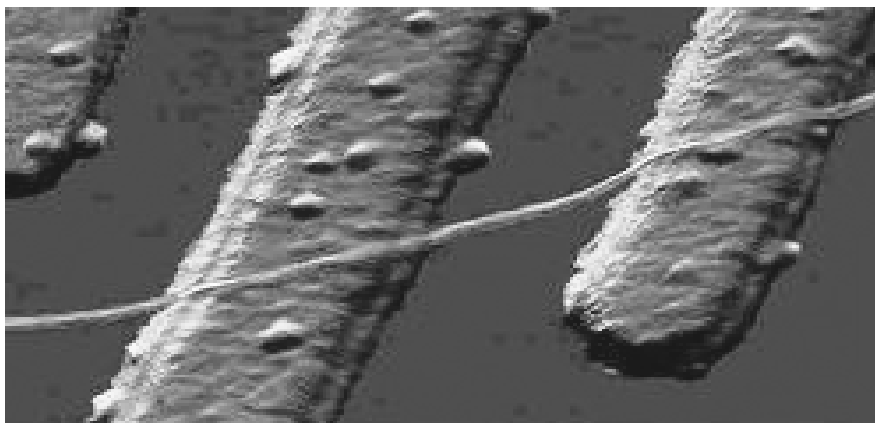


شکل ۱- ساختار گرافیت با بردارهای پایه

ما می‌توانیم برحسب بردارهای پایه گرافیت \hat{a}_1, \hat{a}_2 بردارهای دیگری مثل $\vec{W} = n\hat{a}_1 + m\hat{a}_2$ تعریف کنیم. به این بردار، **بردار پیچش** می‌گویند و هنگامی که دو سر این بردار به هم وصل شود، صفحه گرافیت از حالت تخت به حالت استوانه یا همان لوله تبدیل می‌شود. بنابراین اعداد (n, m) مشخص کننده لوله خاصی می‌باشند. طول و جهت این بردار می‌تواند تغییر کند، و هر حالت

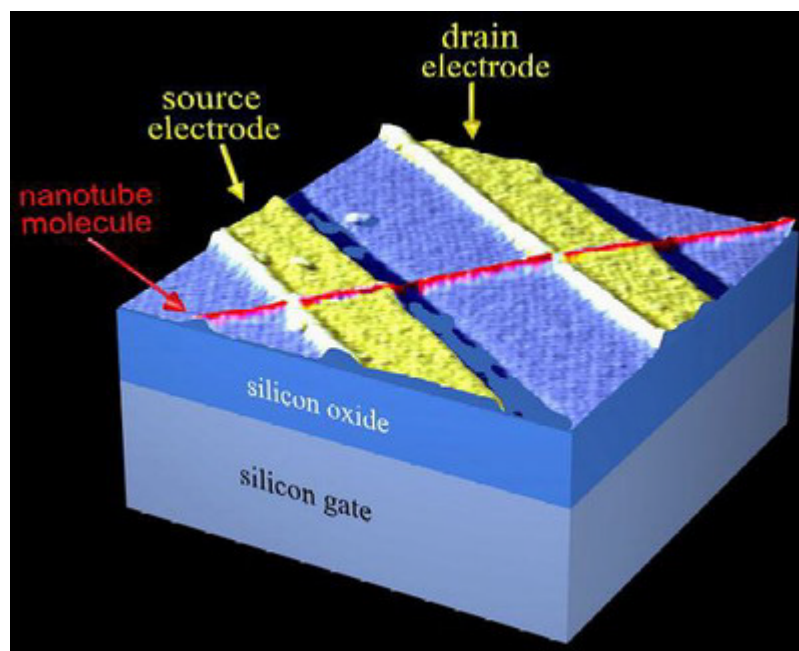
خاصی نانولوله خاصی را به نمایش درمی آورد. از خواص جالب این بردار پیش آن است که اگر $n-m$ مضربی از ۳ باشد، $(n-m=3K)$ ، لوله خاصیت فلزی دارد. این خاصیت رسانش نه فقط در طول بلکه در عرض نانولوله نیز وجود دارد. برای حالت سیمهای مولکولی غیرفعال، بهتر است که نانولوله دارای خاصیت رسانش باشد. اگر $(n-m \neq 3K)$ باشد، نانولوله دارای گاف انرژی خواهد بود که شبیه نیمههادی خواهد شد. این ادعا را هم از لحاظ نظری و هم از لحاظ عملی می توان اثبات نمود. اگر نانولوله کربنی را روی سطحی قرار دهیم و نوک STM را به سطح آن نزدیک کنیم، چنانچه ولتاژی را بین بستری که نانولوله روی آن قرار دارد و نوک STM اعمال کنیم، جریانی عبور خواهد کرد. بر حسب مقدار جریانی که عبور می کند، می توان تشخیص داد که گاف انرژی چقدر است. با STM می توان تصویر این نانولوله ها را گرفت. از روی این عکس ها می توان n و m نانولوله را تشخیص داد.

شکل (۲) یک نانولوله کربنی است که روی دو الکتروود طلا قرار گرفته است. این کار از نتایج آزمایشگاهی به رهبری آقای دیگر در هلند است. زیر این الکتروودها، اکسید سیلیکون وجود دارد. قطر این نانولوله کمتر از ۲ نانومتر است. این را می توان به عنوان یک سیم کوانتومی یا یک سیم غیر فعال در نظر گرفت. این نانولوله می تواند به عنوان یک سیم انتقال هنگام اعمال اختلاف پتانسیل از یک الکتروود به الکتروود دیگر عمل کند. این موضوع مثالی از اتصالات غیر فعال می باشد، که خیلی ساده و قابل ساخت است.



شکل ۲- نانولوله کربنی روی دو الکتروود طلا

مثال دیگر یک نانوترانزیستور است که باز هم گروه آقای دیگر آنرا ساخته‌اند و شامل دو الکتروود است که به عنوان سورس^۱ و درین^۲ عمل می‌کند و یک گیت سیلیکون در زیر آنها قرار گرفته است.



ترانزیستور نانولوله‌ای

نقش این گیت سیلیکون آن است که وقتی اختلاف پتانسیلی به آن اعمال شود ولتاژ قسمت وسط را می‌توان تغییر داد و کلاً ساختار نواری و ترازهای انرژی قسمت وسط را می‌توان کنترل کرد. برای این وسیله نانوالکترونیکی می‌توان نمودارهای ولتاژ بر حسب جریان و دیگر نمودارهای معمولی ترانزیستورها را رسم کرد.

"ادامه این مقاله در خبرنامه بعد خواهد آمد"

¹ - Source
² - Drain