

مقدمه

نانوتکنولوژی یا به عبارتی فناوری مادون ریز در دو دهه اخیر پیشرفتهایی را در تکنولوژی وسایل و مواد با ابعاد بسیار کوچک به دست آورده است و به سوی تحولی فوق العاده که تمدن بشری را تا پایان این قرن دگرگون خواهد کرد، پیش می رود.

برای احساس اندازه های مادون ریز، قطر موی سر انسان را که یک دهم میلی متر است در نظر بگیرید، یک نانو متر ۱۰۰ هزار برابر کوچک تر است. تکنولوژی و مهندسی در قرن جدید با وسایل اندازه گیری و تولیداتی سر و کار خواهند داشت که چنین ابعاد مادون ریزی دارند.

در حال حاضر پروسه هایی در ابعاد چند مولکولی قابل طراحی و کنترل است. همچنین خواص مکانیکی، شیمیایی، الکتریکی، مغناطیسی، نوری و ... مواد در لایه ها در حدود ابعاد نانو متر قابل درک و تحلیل و سنجش است.

این تکنولوژی در قرن حاضر مسیری را طی می کند که در آن مواد مادون ریز را باید ترکیب کرد تا دانه های بزرگ تر و کارآمد به وجود آورد. درست همان روشی که در طبیعت برای تولید کردن حاکم است. مجموعه های طبیعی، ترکیبی از دانه های مادون ریز قابل تشخیص با خواص مشابه و یا متفاوت با اندازه های در حدود نانو است.

اکثر تحقیقات در فناوری های مادون ریز هم اکنون در درمان بیماری ها و یا دست یافتن به مواد جدید به ظهور رسیده است و موارد بسیاری در مرحله تحقیقات کاربردی و آزمایشی است. اکنون ساخت رایانه های بسیار کوچک تر و میلیون ها بار سریع تر در دستور کار شرکت های تحقیقاتی قرار دارد.



در بیانی کوتاه نانو تکنولوژی یک فرآیند تولید مولکولی است. همان طور که طبیعت مجموعه ها را به طور خودکار مولکول به مولکول ساخته و روی هم مونتاژ کرده است. ما هم باید برای تولید محصولات جدید با این اعتقاد که هر چه در طبیعت تولید شده، قابل تولید در آزمایشگاه نیز هست، نظیر طبیعت راهی پیدا کنیم. البته منظور این نیست که چند هسته از مواد را تولید کنیم و با رساندن انرژی و خوراک پس از چند سال یک نیروگاه از آن بسازیم که شهری را برق دهد. بلکه برای ترکیب و تکامل خودکار تولیدات مادون ریز که به نحوی در مجموعه های بزرگ تر مصرف دارد راهی بیابیم. در اندازه های مادون ریز روشها و ابزار آلات متعارف فیزیکی جوابگو نیستند. برای ساختن ماشینهای مولکولی باید روش پروسه های طبیعی را دنبال کرد که بحث های مفصل و کارشناسانه ای را در پی دارد.

نانو تکنولوژی یک فناوری عام و فراگیر می باشد که در بسیاری از فناوری های دیگر کاربرد داشته و در بعضی از آنها ایجاد تحول می کند. برخی از تأثیرات نانو تکنولوژی به اختصار در زیر آمده است:

- تأثیر زیاد نانو تکنولوژی در تولید خلاقیت و کارآفرینی

- تأثیر زیاد نانو تکنولوژی در رفاه و زندگی مردم

- تأثیر زیاد نانوتکنولوژی بر امنیت و دفاع ملی

- تأثیر نانوتکنولوژی در حفظ محیط زیست

- نانوتکنولوژی تمام دستاوردهای گذشته بشر را که در ماده تحقق یافته است ، متحول می سازد .

- نانوتکنولوژی باعث همگرایی رشته های علمی و تخصص های مختلف می شود .

- نانوتکنولوژی رقیب سایر فناوریها نیست بلکه مکمل آنهاست .

کاربردهای نانوتکنولوژی همه جا همراه با هزینه کمتر ، دوام و عمر بیشتر ، مصرف انرژی

کمتر ، هزینه نگهداری کمتر و خواص بهتر است .

نانوتکنولوژی مولکولی ، علمی است که ما را قادر به ساختن مواد اتمی ها می سازد و در این

صورت ما توانایی آرایش دوباره مواد را با دقت اتمی خواهیم داشت .

نانوتکنولوژی ، توانمندی تولید مواد ، ابزارها و سیستمهای جدید با در دست گرفتن کنترل در

سطوح مولکولی واقعی و استفاده از خواصی است که در آن سطوح ظاهر می شود .

انقلابی که توسط نانوتکنولوژی در دهه های آینده به وجود خواهد آمد ، پیشرفتهای غیرمنتظره ای

را در عرصه های مختلف وعده می دهد . تحولات اقتصادی ، صنعتی و روشهای مناسب حفظ سلامتی و

ایجاد محیطی دلپذیر از پیامدهای این تکنولوژی است .

به کمک نانوتکنولوژی در آینده ای نه چندان دور !!!

- خانه هایی ساخته خواهد شد که آجرهای آن در صورت بروز هرگونه ترک خوردگی ،

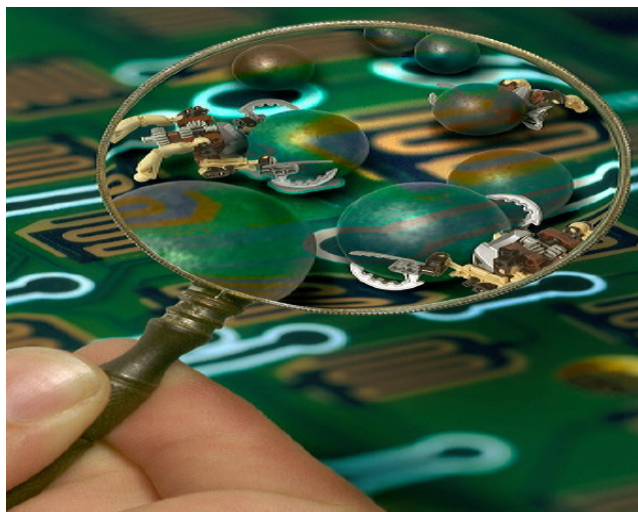
خودشان را ترمیم و بازسازی می کنند .

- اتومبیل ها با لایه ای نازک اما به استحکام الماس پوشانده می شود که در مقابل هرگونه خراش

و ضربه محافظت می شوند .

- پزشکان صدها نوع بیماری را تنها با قرار دادن یک قطره خون در یک دستگاه تشخیص داده و پس از چند ثانیه نتیجه را دریافت می کنند .
- لباس هایی تولید می شود که در سرما و گرما دمای بدن را همواره در حالت تعادل نگه داشته و در تمام فصول قابل استفاده می باشند و به دلیل کیفیت بافت مولکولی کشیف نشده و نیازی به شستشو ندارند .
- ظروف غذاخوری و لوازمی تولید می شود که برای تمیز کردن آنها نیاز به هیچ گونه ماده شوینده ای نیست و تنها با آب پاک می شوند .
- کفش هایی تولید می شوند که با وجود صاف بودن کف آن هرگز بر روی یخ و برف نمی لغزند .
- با استفاده از نانو تکنولوژی قادر خواهیم بود یک گلوله کالیبر ۴۵ را با یک سطح نازک و سبک مثل ورق کاغذ متوقف کنیم .
- آسانسور فضایی از دیگر دستاوردهای نانو تکنولوژی است که انسان را از زمین به فضا می برد و از نظر تئوری می توان این آسانسور را با استفاده از CNT ساخت (CNT لوله های استوانه ای با ضخامت یک اتم هستند که دارای خاصیت فلزی یا نیمه فلزی هستند)
- به کمک نانو تکنولوژی می توان حدود ۲۵۰ میلیون حرف نانومتری را که معادل ۳۰۰ کتاب ۳۰۰ صفحه ای است . بر روی سطح مقطع یک موی انسان نوشت .
- نانو تکنولوژی می تواند تغییرات اساسی در زمینه تولید ، سلامتی بشر ، ذخایر انرژی ، پزشکی ، دارویی ، حمل و نقل ، کشاورزی ، ارتش و ... ایجاد کند . بسیار مهم است که مردم برای پیشرفتی غیرمنتظره و تکنولوژیکی آماده شوند این موج به آرامی در راه است .

دانشمندان نیز به تازگی بر این باورند که دوره کشف علوم جدید به پایان رسیده است. شاید موقع آن فرا رسیده، تا از زاویه ای دیگر به علوم مختلف نگاه کنیم. آنها معتقدند ما می توانیم با تغییر در خواص مولکولی مواد کارایشان را بهبود دهیم. به همین دلیل از نانو بعنوان یک تکنولوژی و یا یک فن آوری نوین نام برده می شود، نه علمی که تازه بشر آنرا کشف کرده است. نانو تکنولوژی با نگاهی مجدد به وسایل، سیستم ها و موادی که تاکنون ساخته شده اند، سعی در برطرف کردن عیوب آنها دارد.



با توجه به مطالب بالا می توان گفت که نانو تکنولوژی مهمترین دغدغه بشر در قرن بیست و یکم خواهد بود. نانو تکنولوژی نگاهی تازه به علوم از زوایای مرموز طبیعت می باشد. این نگاه تازه به جهان هستی، تمدن بشر را متحول خواهد ساخت به طوریکه شاید بتوان "راه هزار ساله را یک شبه پیمود".

فصل اول : نانو تکنولوژی

۱-۱- تعریف فناوری نانو از منابع مختلف

یک نانومتر یک هزارم میکرون است و اگر بخواهیم احساس فیزیکی نسبت به آن داشته باشیم می توان گفت که یک نانومتر $1/80000$ قطر موی انسان می باشد اما این تعریف مقیاس نانو، نمیتواند مقایسه درستی باشد چرا که ضخامت موی انسان با توجه خصوصیات فردی هر انسان از چند ده میکرو متر تا چند صد میکرومتر متغیر می باشد.

بنابراین نیاز به یک استاندارد برای بیان مفهوم مقیاس نانو وجود دارد. با ایجاد ارتباط میان اندازه اتم ها و مقیاس نانو می توان یک نانومتر را راحت تر تصور کرد. یک نانومتر برابر قطر 10 اتم هیدروژن و یا 5 اتم سیلیسیم می باشد. درک این موضوع برای افراد معمولی نیز راحت تر می باشد. علی رغم اینکه درک اندازه یک اتم برای افراد غیر علمی ساده نمی باشد، با اینحال اندازه دقیق اتم برای فهماندن این مقیاس زیاد اهمیت ندارد. چیزی که با این تشابه مشخص می شود، این است که نانوفناوری

عبارت است از:

دستکاری کوچکترین اجزاء ماده یا اتم ها

[Merriam-Webster's Collegiate Dictionary](#) definition:

nano•tech•nol•o•gy

Pronunciation: "na-nO-tek-'nä-l&-jE

Function: noun

Date: 1987

: the art of manipulating materials on an atomic or molecular scale especially to build microscopic devices (as robots).

فناوری نانو عبارت است از هنر دستکاری مواد در مقیاس اتمی یا مولکولی و به خصوص ساخت

قطعات و لوازم میکروسکوپی (مانند روبات‌های میکروسکوپی)

Engines of Creation Glossary:

Nanotechnology - technology based on the manipulation of individual atoms and molecules to build structures to complex, atomic specifications.

فناوری نانو فناوری است که بر پایه دستکاری تک‌تک اتم‌ها و مولکول‌ها استوار است بدین منظور

که بتوان ساختاری پیچیده را با خصوصیات اتمی تولید کرد.

The About.com definition at the physics portal:

Nanotechnology Definition: The development and use of devices that have a size of only a few nanometres. Research has been carried out into very small components, which depend on electronic effects and may involve movement of a countable number of electrons in their action. Such devices would act faster than larger components. Considerable interest has been shown in the production of structures on a molecular level by suitable sequences of chemical reactions. It is also possible to manipulate individual atoms on surfaces using a variant of the atomic force microscope.

تعریف فناوری نانو: توسعه و استفاده از ادوات و قطعاتی که اندازه آنها تنها چند نانومتر است.

تحقیق بر روی قطعات و ادوات بسیار کوچک که خواصشان به خواص الکترونیکی این قطعات وابسته

است و خواص الکتریکی آنها احتمالاً متأثر از حرکت تعداد معدودی الکترون در طی عملکرد قطعه

می‌باشد. این ادوات، سریع‌تر از ادوات بزرگ‌تر عمل می‌کنند. مسأله قابل توجه این است که می‌توان چنین

ساختارهای در ابعاد مولکولی را به کمک انتخاب مناسب مراحل واکنش‌های شیمیایی تولید کرد. همچنین می‌توان چنین ساختارهایی را از طریق دستکاری اتم‌ها روی سطح به وسیله میکروسکوپ‌های نیروی اتمی بدست آورد.

[Webopedia's definition of nanotechnology](#) A field of science whose goal is to control individual atoms and molecules to create computer chips and other devices that are thousands of times smaller than current technologies permit. Current manufacturing processes use lithography to imprint circuits on semiconductor materials. While lithography has improved dramatically over the last two decades -- to the point where some manufacturing plants can produce circuits smaller than one micron (1,000 nanometers) -- it still deals with aggregates of millions of atoms. It is widely believed that lithography is quickly approaching its physical limits. To continue reducing the size of semiconductors, new technologies that juggle individual atoms will be necessary. This is the realm of nanotechnology. Although research in this field dates back to Richard P. Feynman's classic talk in 1959, the term nanotechnology was first coined by K. Eric Drexler in 1986 in the book *Engines of Creation*. In the popular press, the term nanotechnology is sometimes used to refer to any sub-micron process, including lithography. Because of this, many scientists are beginning to use the term molecular nanotechnology when talking about true nanotechnology at the molecular level.

شاخه‌ای از علوم که هدف نهایی آن کنترل بر روی تک‌تک اتم‌ها و مولکول‌ها می‌باشد تا بتوان به کمک آن تراشه‌های کامپیوتری و سایر ادواتی تولید کرد که هزاران بار کوچکتر از ادوات فعلی باشند که فناوری امروز امکان ساخت آنها را برای ما فراهم آورده است. در فناوری فعلی تولید مدارات نیمه هادی از روش لیتوگرافی برای ایجاد طرح مدار بر روی مواد نیمه هادی استفاده می‌شود. پیشرفت شگرفی که در لیتوگرافی طی ۲ دهه اخیر رخ داده است به ما این امکان را می‌دهد که با بهره‌گیری از دستگاه‌های

جدید بتوانیم مداراتی کوچکتر از ۱ میکرون (۱۰۰۰ نانومتر) را تولید کنیم. البته باید توجه داشت که این مدارات هنوز از میلیون‌ها اتم تشکیل شده‌اند. بیشتر دانشمندان بر این باور هستند که لیتوگرافی به مرزهای محدودکننده فیزیکی خود نزدیک شده است. بنابراین برای کوچکتر کردن اندازه نیمه‌هادی‌ها می‌بایست از فناوری‌های جدیدی که می‌توانند تک‌تک اتم‌ها را سازماندهی کنند، استفاده کرد و طبعاً چنین فناوری جزء محدوده فناوری نانو محسوب می‌شود. اگر چه تحقیق در زمینه فناوری نانو به زمانی باز می‌گردد که ریچارد پی فاینمن طی سخنرانی کلاسیک خود در سال ۱۹۵۹ به این فناوری اشاره کرد اما عبارت فناوری نانو اولین بار توسط کی‌اریک در کسلر در سال ۱۹۸۶ در کتابی از وی با عنوان موتورهای آفرینش بسط داده شد. در مقالات و نوشته‌های عمومی واژه فناوری نانو گاهی به هر فرآیند کوچکتر از اندازه‌های میکرون اطلاق می‌گردد که می‌تواند فرآیند لیتوگرافی را نیز شامل شود. به خاطر همین بسیاری از دانشمندان هنگامی که می‌خواهند درباره فناوری نانو به معنی واقعی و علمی کلمه صحبت کنند از آن به عنوان فناوری نانومولکولی یاد می‌کنند که به معنی فناوری نانو در ابعاد مولکولی می‌باشد.

Whatisit.com definition: Nanotechnology, or, as it is sometimes called, molecular manufacturing, is a branch of engineering that deals with the design and manufacture of extremely small electronic circuits and mechanical devices built at the molecular level of matter. The Institute of Nanotechnology in the U.K. expresses it as "science and technology where dimensions and tolerances in the range of 0.1 nanometer (nm) to 100 nm play a critical role." Nanotechnology is often discussed together with micro-electromechanical systems (MEMS), a subject that usually includes nanotechnology but may also include technologies higher than the molecular level. (click the link for entire definition)

فناوری نانو که گاه به آن فناوری ساخت مولکولی نیز گفته می‌شود، شاخه‌ای از مهندسی است که با طراحی و ساخت مدارات الکترونیکی و اداوات مکانیکی بسیار کوچک (در ابعاد مولکولی) سروکار دارد. پژوهشگاه فناوری نانو انگلستان تعریف فناوری نانو را بدین گونه بیان می‌کند: قلمروی از علم و فناوری که به ابعاد و تلورانس‌های ۰/۱ تا ۱۰۰ نانو متری پردازد در جایی که این ابعاد و یا تلورانس‌ها بتواند نقش مهمی در خواص قطعه ایفاء کند.

بحث فناوری نانو اغلب مشابه بحث سیستم‌های میکرو مکانیکی -الکترونیکی می‌باشد (MEMS) در واقع فناوری نانو زیر مجموعه MEMS است و MEMS به فناوری‌های بزرگتر از ابعاد مولکولی (ابعاد نانو) نیز می‌پردازد .

[NNI definition](#)

National Nanotechnology Initiative (nano.gov)

What is Nanotechnology?

While many definitions for nanotechnology exist, the NNI calls it "nanotechnology" only if it involves all of the following:

1. Research and technology development at the atomic, molecular or macromolecular levels, in the length scale of approximately 1 - 100 nanometer range.
2. Creating and using structures, devices and systems that have novel properties and functions because of their small and/or intermediate size.
3. Ability to control or manipulate on the atomic scale.

نانوتکنولوژی چیست ؟

در حالی که تعاریف زیادی برای فناوری نانو وجود دارد ، NNI تعریفی را برای فناوری نانو ارائه میدهد

که در برگیرنده هر سه تعریف ذیل باشد.

(۱) توسعه فناوری و تحقیقات در سطوح اتمی، مولکولی و یا ماکرومولکولی در مقیاس اندازه ای ۱ تا ۱۰۰ نانومتر.

(۲) خلق و استفاده از ساختارها و ابزار و سیستمهایی که به خاطر اندازه کوچک یا حد میانه آنها، خواص عملکرد نوینی دارند.

(۳) توانایی کنترل یا دستکاری در سطوح اتمی.

۱-۲- تاریخچه فناوری نانو

در طول تاریخ بشر از زمان یونان باستان، مردم و به خصوص دانشمندان آن دوره بر این باور بودند که مواد را می توان آنقدر به اجزاء کوچک تقسیم کرد تا به ذراتی رسید که خردناشدنی هستند و این ذرات بنیان مواد را تشکیل می دهند، شاید بتوان دموکریتوس فیلسوف یونانی را پدر فناوری و علوم نانو دانست چرا که در حدود ۴۰۰ سال قبل از میلاد مسیح او اولین کسی بود که واژه اتم را که به معنی تقسیم نشدنی در زبان یونانی است برای توصیف ذرات سازنده مواد به کار برد.

با تحقیقات و آزمایش های بسیار، دانشمندان تاکنون ۱۰۸ نوع اتم و تعداد زیادی ایزوتوپ کشف کرده اند. آنها همچنین پی برده اند که اتم ها از ذرات کوچکتری مانند کوارک ها و لپتون ها تشکیل شده اند. با این حال این کشف ها در تاریخ پیدایش این فناوری پیچیده زیاد مهم نیست.

نقطه شروع و توسعه اولیه فناوری نانو به طور دقیق مشخص نیست. شاید بتوان گفت که اولین نانو تکنولوژیست ها شیشه گران قرون وسطایی بوده اند که از قالب های قدیمی (Medieval forges) برای شکل دادن شیشه هایشان استفاده می کرده اند. البته این شیشه گران نمی دانستند که چرا با اضافه کردن طلا به شیشه رنگ آن تغییر می کند. در آن زمان برای ساخت شیشه های کلیساهای قرون وسطایی از ذرات

نانومتری طلا استفاده می شده است و با این کار شیشه‌های رنگی بسیار جذابی بدست می آمده است. این قبیل شیشه‌ها هم اکنون در بین شیشه‌های بسیار قدیمی یافت می شوند. رنگ به وجود آمده در این شیشه‌ها برپایه این حقیقت استوار است که مواد با ابعاد نانو دارای همان خواص مواد با ابعاد میکرو نمی باشد.

در واقع یافتن مثالهایی برای استفاده از نانو ذرات فلزی چندان سخت نیست. رنگدانه‌های تزئینی

جام مشهور لیکرگوس در روم باستان (قرن چهارم بعد از میلاد) نمونه‌ای از آنهاست. این جام هنوز در موزه بریتانیا قرار دارد و بسته به جهت نور تابیده به آن رنگهای متفاوتی دارد. نور انعکاس یافته از آن سبز است ولی اگر نوری از درون آن بتابد، به رنگ قرمز دیده می شود. آنالیز این شیشه حکایت از وجود مقادیر بسیار اندکی از بلورهای فلزی ریز ۷۰۰ (nm) دارد، که حاوی نقره و طلا با نسبت مولی تقریباً ۱۴ به ۱ است حضور این نانوبلورها باعث رنگ ویژه جام لیکرگوس گشته است.

شاید تاریخچه نانو به سال ۱۹۵۹ برمی گردد. زمانی که ریچارد فاینمن استاد دانشگاه کلتک با

محاسباتش نشان داد که تمام اطلاعات دایره المعارف بریتانیا را می توان روی نوک یک سوزن جا داد

وی در همان سال جایزه‌ای هزار دلاری برای کسی که بتواند یک صفحه دایره المعارف را در

حجمی به اندازه نوک سوزن جا دهد، تعیین کرد و این نقطه شروع نانو تکنولوژی بود؛ البته اولین کسی

که نام نانو را به کار برد، اریک درکسلر بود که در تز دکترای خود در سال ۱۹۹۱ روی خواص مواد

، هنگامی که مقیاس کوچک می شود کار کرد.

به فناوری استفاده از ساختارهای نانو متری ساخت ادوات مکانیکی اپتیکی و الکترونیکی

نانو تکنولوژی می گویند. مواد در ابعادی به کوچکی نانو متر خواص جدیدی از خود نشان می دهند.

مثلاً می توان شیشه‌ای ساخت که رسانا هم باشد؛ البته نانو تکنولوژی لزوماً ساخت قطعات فوق ریز نیست

، بلکه می توان از این فناوری برای ساخت قطعات بزرگتر (در حد میکرومتر) هم استفاده کرد.

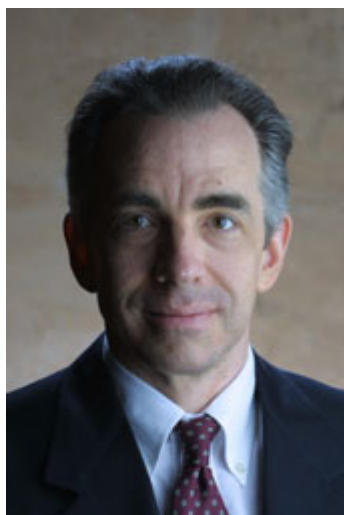
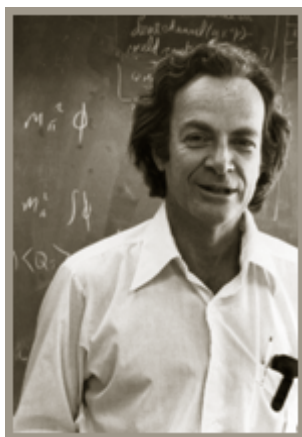
مثلاً در این روش برای ساخت یک قطعه آهنی، از فلز آهن استفاده نمی‌کنیم بلکه دانه دانه اتم‌های آهن را کنار هم می‌چینیم.

۶۴ سال پیش «Jon von neumann» حدس زد که روزی ساختن ماشینهایی که بتوانند خودشان را کپی کنند، ممکن خواهد شد. در سال ۱۹۹۱ دکتر «Eric Drexler» اولین دکتر در رشته نانوتکنولوژی را از دانشگاه «Mit» دریافت داشت و در سال ۱۹۹۶ مؤسسه «Foresight» که در حال حاضر یکی از مؤسسات به نام تحقیقات نانوتکنولوژی است، را پایه گذاری کرد.

هر چند آزمایش‌ها و تحقیقات پیرامون نانوتکنولوژی از ابتدای دهه ۸۰ قرن بیستم بطور جدی پیگیری شد، اما اثرات تحول آفرین، معجزه آسا و باورنکردنی نانوتکنولوژی در روند تحقیق و توسعه باعث گردید که نظر تمامی کشورهای بزرگ به این موضوع جلب گردد و فناوری نانو را به عنوان یکی از مهمترین اولویتهای تحقیقاتی خویش طی دهه اول قرن بیست و یکم محسوب نمایند.

بعد از دهه نود که فن آوری اطلاعات هیاهوی بسیاری در جهان پیا نمود، در آغاز قرن بیست و یکم دانشمندان تمرکز خود را بر روی فن آوری نوینی معطوف کرده اند که به عقیده عده ای نه تنها قسمتی از آینده بشری می باشد، بلکه این فن آوری تمامی آینده بشر را متحول خواهد ساخت. نانوتکنولوژی دارای سابقه زیادی نمی باشد. این موضوع برای اولین بار حدود ۴۰ سال پیش مطرح شد.

در سال ۱۹۵۹ Richard Feynman دانشمند کوانتوم نظری و دارنده جایزه نوبل مطرح نمود که اگر دانشمندان ترانزیستورها را ساخته اند، ما با علم اتمی می توانیم همین ترانزیستورها را با مقیاس بسیار کوچک بسازیم. او قصد داشت تا با قرار دادن اتم‌ها در کنار یکدیگر کوچکترین مصنوعات بشری را بسازد.



Drexler که علاقه زیادی به نظریه‌های Feynman (ساخت سیستم‌ها در ابعاد نانو) داشت، سعی در شکوفایی این فرضیات نمود. وی بعد از اخذ درجه استادی علوم کامپیوتر، با جمع‌آوری جوانان جویا

و کوشا، نظریه نانو تکنولوژی را بنا نهاد. اولین مقاله وی در زمینه نانو تکنولوژی در سال ۱۹۸۱ و با موضوع نانو تکنولوژی مولکولی به چاپ رسید. Drexler اولین کس بود که در سال ۱۹۹۱ از دانشگاه MIT مدرک دکتری نانو تکنولوژی را دریافت نمود. وی هم اکنون رئیس انیستیتو Foresight و Research Fellow می باشد.

بعدها کشورهای توسعه یافته، برنامه ریزی های گسترده ای را برای فعالیت های تحقیقاتی و صنعتی در زمینه نانو تکنولوژی تدوین نموده اند. به روشنی می توان دید که آینده بشر در اختیار نانو تکنولوژی می باشد

۱-۱- برخی از رویدادهای مهم تاریخی در شکل‌گیری فناوری و علوم نانو

تاریخ	رویدادهای مهم در زمینه فناوری نانو
۱۸۵۷	مایکل فارادی محلول کلوئیدی طلا را کشف کرد
۱۹۰۵	تشریح رفتار محلول‌های کلوئیدی توسط آلبرت انیشتین
۱۹۳۲	ایجاد لایه‌های اتمی به ضخامت یک مولکول توسط لنگمویر (Langmuir)
۱۹۵۹	فاینمن ایده "فضای زیاد در سطوح پایین" را برای کار با مواد در مقیاس نانو مطرح کرد
۱۹۷۴	برای اولین بار واژه فناوری نانو توسط نوریو تانیگوچی بر زبانها جاری شد
۱۹۸۱	IBM دستگاهی اختراع کرد که به کمک آن می‌توان اتم‌ها را تک تک جابه‌جا کرد.
۱۹۸۵	کشف ساختار جدیدی از کربن C60
۱۹۹۰	شرکت IBM توانایی کنترل نحوه قرارگیری اتم‌ها را نمایش گذاشت
۱۹۹۱	کشف نانو لوله‌های کربنی
۱۹۹۳	تولید اولین نقاط کوانتومی با کیفیت بالا
۱۹۹۷	ساخت اولین نانو ترانزیستور
۲۰۰۰	ساخت اولین موتور DNA
۲۰۰۱	ساخت یک مدل آزمایشگاهی سلول سوخت با استفاده از نانو لوله
۲۰۰۲	شلوارهای ضدلک به بازار آمد
۲۰۰۳	تولید نمونه‌های آزمایشگاهی نانوسلول‌های خورشیدی
۲۰۰۴	تحقیق و توسعه برای پیشرفت در عرصه فناوری نانو ادامه دارد

۱-۳- تقسیم بندی نانو تکنولوژی

۱-۳-۱- نانو تکنولوژی مرطوب

این شاخه به مطالعه سیستمهای زیست محیطهای آبی پیرامون وجود دارند میپردازد و چگونگی مقیاس نانو متری ساختمان مواد ژنتیکی غشاها و سایر ترکیبات سلولی را مورد مطالعه قرار میدهد. موفقیت این رشته بوسیله ساختمانهای حیاتی فراوانی که تشکیل شدهاند و نحوه عملکرد ساختمانشان در مقیاس نانویی نظارت میشود به اثبات رسیده است.

۱-۳-۲- نانو تکنولوژی خشک

از علوم پایه شیمی و فیزیک مشتق میشود و به تمرکز روی تشکیل ساختمانهای کربنی سیلیکون و دیگر مواد غیرآلی می پردازد. قابل تأمل است که فناوری خشک-مرطوب استفاده از مواد نیمه هادیها را نیز میپذیرد. الکترونهای آزاد و انتقال دهنده در این مواد آنها را برای محیط مرطوب سودمند می سازد. اما همین الکترونها خصوصیات فیزیکی فراهم میکنند که ساختارهای خشک از آنها در الکترونیک، مغناطیس و ابزارهای نوری استفاده میکنند. اثر دیگر که باعث پیشرفت ساختارهای خشک میشود این است که قسمت های خود تکثیر مشابه ساختارهای مرطوب را دارا هستند.

۱-۳-۳- نانو تکنولوژی تخمینی (محاسبه ای)

به مطالعه مدل سازی و ساختن ظاهر ساختمانهای پیچیده در مقیاس نانویی توجه دارد. توانایی پیش بینی و تجزیه و تحلیل محاسبهای در موفقیت نانو تکنولوژی بحرانی است زیرا طبیعت میلیونها سال وقت لازم دارد که نانو تکنولوژی مرطوب را بصورت کاربردی درآورد.

شناختی که به وسیله محاسبه بدست می آید به ما اجازه میدهد که زمان پیشرفت نانو تکنولوژی خشک را به چند دهه کاهش دهیم که این تاثیر مهمی در نانو تکنولوژی مرطوب نیز دارد. نانو تکنولوژی تخمینی، پلی است برای ارتباط بین علوم مهندسی، محاسباتی، کامپیوتر و فناوری جدید. با توجه به ساختارهای عنوان شده برای نانو تکنولوژی، تاثیر متقابل آنها بر یکدیگر و لزوم مشارکت هر سه ساختار برای خلق و توسعه اکثر محصولات نانویی، واضح است که فناوری برتر آینده نقطه تلاقی تفکر و عمل تمامی دانشمندان و محققان علوم مختلف است.

فصل دوم: نانو الکترونیک

۲-۱- الکترونیک و کامپیوتر

هر ماه یک بار یا چیزی در این حدود، اندازه سیمها و ترانزیستورها نصف می شود. در حالی که سرعت چپها دو برابر می شود. سیمها در حال حاضر ضخامتی در حدود کسری از میکرون دارند. با توجه به اینکه پیچیدگیهای مدارات مجتمع هنگامی افزایش می یابد که بخواهیم به وسیله فشرده و کوچک کردن اندازهها قدرت و سرعت را حفظ نماییم، انتظار میرود در سال ۲۰۰۲ به ابعاد بسیار کوچک (50mm) نیازمند باشیم.

تا چه زمانی میشود اندازه اجزا را نصف کرد و انتظار داشت که درست عمل کنند؟ به زودی سیمها آنقدر نازک شده و تا حدی به هم محکم پیچیده می شوند که اثر مکانیک کوانتومی در مورد آنها

ظاهر خواهد شد (این اتفاق تونل زدن (tonneling) نامیده می شود). به این معنی که الکترونها به سمت دیوارهای عایقی تونل می زنند به این معنی که الکترونها دیوارهای عایقی تونل می زنند که بسیار نازکتر از آن هستند که به الکترونها اجازه انتشار بدهند. اگر کسی یک chip با سیمهای بسیار نازک و عایقهای خیلی باریک بسازد، الکترونها یکجا شروع به تونل زدن یا اتصال کوتاه می کنند و دستگاه را به صورت کاملاً غیر قابل استفاده ای در می آورند. بزودی طراحان چیپها مجبور می شوند که مسیر خود را به سوی مفهوم ماشین حساب مکانیکی قدیمی تعویض کنند.

اگر زمانی بتوان هر یک از این اجزاء مکانیکی را به اندازه یک اتم ساخت، آنها هزاران بار کوچکتر و میلیونها بار سریعتر از ترانزیستورهای فعلی خواهند شد. مسابقه بر سر ساختن چیپهای سریعتر یک رقابت جاه طلبانه و شبیه یک شرطبندی وسیع و سودمند است. یا مثل قطارباری که با سرعت زیاد در یک سرازیری حرکت می کند و نمی تواند متوقف شود و مقصد این قطار نانو تکنولوژی است. با استفاده مهندسان از نانو کامپیوترها در کوچک کردن اندازه و تسریع عملیات و کاهش قیمت کامپیوترها می توان یک پیشرفت مهم و عظیم در این قسمت فراهم کرد.

با فن آوری عظیم امروز، مهندسان الگوهای جدیدی در چیپهای سیلیکونی (silicon chip) به وسیله بمباران اتمی و فوتونی بر روی آنها به دست می آورند، اما الگوها مسطح باقی می مانند و همچنان ضعف مقیاس مولکولی آن اجتناب ناپذیر است. با این وجود مهندسان مدارهای الکتریکی را در سه بعد و با دقت اتمی می سازند. اما محدودیت اصلی فن آوری الکترونی امروز کماکان باقی می ماند زیرا رفتار کوانتمی الکترونها در شبکه های پیچیده نمایان می شود.

در دهه ۱۹۸۰ یک مهندس محقق پیشنهاد کرد که نانو کامپیوترها می توانند مکانیکی هم باشند. به این صورت که از میله های سرنده به جای میله های الکترونیهای متحرک در آنها استفاده شود. این

کامپیوترهای مکانیکی و مولکولی از نظر طرح و ساختار خیلی ساده تر از کامپیوترهای الکترونیکی بودند. از آنجایی که سیگنالهای مکانیکی ۱۰۰۰۰۰ بار کندتر از سیگنالهای الکترونیکی حرکت می کنند کاملاً آشکار بود که کامپیوترهای مکانیکی از نظر سرعت بسیار ضعیف تر از کامپیوترهای الکترونیکی بود. وقتی نانو تکنولوژی مطرح شد مردم در ساخت بهتر کامپیوتر ممکن مسابقه دادند. در این مسابقه الکترونیسته مولوکولی برنده شد. هنوز هم نانو کامپیوترهای مربوط به دهه ۱۹۹۰ از میکرو الکترونیها استفاده میکردند.

این وسایل با حرکت جریان در مسیرهای مختلف کنترل می شدند. بوسیله نانو تکنولوژی کامپیوترها از الکترونیکهای مولوکولی ساخته میشوند. مثل کامپیوترهای دهه ۱۹۹۰ از علائم الکترونیکی برای تشکیل الگوهای از منطق ارقام استفاده می کنند. با وجود ساخته شدن آنها از اجزای مولوکولی، هم اندازه آنها نسبت به کامپیوترهای ۱۹۹۰ کوچکتر است و هم سرعت و توانایی آنها بیشتر می باشد. یک انگیزه برای توسعه یافته ها در سالهای گذشته رشد و حالات فیزیکی لایه های نازک ساختارهای نانویی بودهاست.

وسایل جدید باید اندازه های کوچک و ارزان و هوشمند ساخته شوند. در حال حاضر وسایل تا حدود زیادی کوچک هستند (زیر ۱ میکرون) با ایجاد و تولید IC ها، تولید وسایل تا آخر سال ۱۹۹۸ بر اساس ۰٫۲۵ میکرون می باشد. در سالهای اخیر پیش بینی شده است که افزایش پیچیدگی IC موجب خواهد شد که ابعاد و اندازه ها تا حدود کمتر از طول موج نور کاهش ابعاد به همبستگی ادامه داشته باشد، باید در طراحی و ساخت وسایل و تغییرات عمدهای صورت پذیرد.

ولی اول باید به محدودیتهای موجود در ساخت مدارات الکترونیکی توجه شود. به وسیله تجزیه و تحلیل انجام شده، محدودیتهای موجود به وسیله ثابتهای فیزیکی و ترمودینامیکی ایجاد می شود.

ساختار نانویی پیشنهاد می کند که برای افزایش ذخیره اطلاعات، مرتب کردن و دسته بندی و کوتاه کردن اطلاعات برای انتقال آنها لازم است.

به منظور استفاده صحیح از ساختارهای نانویی باید اطلاعاتی از اندازه، حالت و چگونگی این ساختارها جمع آوری شود و همراه با سلسله مراتب کار و پیچیدگی آن مورد توجه قرار گیرد. عامل مهم دیگر در تولید این وسایل و اقتصادی کردن آنها نمایش دادن و هزینه کردن وسایل می باشد.

برخی از کاربردها

(۱) استفاده از رشته های کریستالی نانویی در OLED ها برای کاهش جریان آستانه و

بهبود در شرایط خروجی.

(۲) استفاده از ساختارهای نانویی در FET برای ساختن حافظه های نیمه ثابت.

(۳) استفاده از ساختارهای نانویی برای ساختن SET ها.

۲-۲- نانو الکترونیک

در سال ۱۹۵۶ گوردون مور بنیان گذار اینتل تحلیلی ارائه کرد که بر طبق آن هر ۱۸ ماه تعداد

ترانزیستورهای بکار رفته در ریزپردازهای اینتل دو برابر می شود که نصف شدن ابعاد گیت ترانزیستورها

با شرط ثابت بودن اندازه تراشه سیلیکونی در آن می تواند نتیجه این قوانین باشد.

این قاعده به قانون مور موسوم شد. این نصف شدن در واقع پیام آور ابعاد اقتصادی بود یعنی هر چه

گیت کوچکتر می شد ترانزیستور می توانست سریعتر سوئیچ کند و در نتیجه انرژی کمتری مصرف می شد

و تعداد بیشتری ترانزیستور در یک تراشه سیلیکون جای می‌گرفت. افزایش تعداد ترانزیستورها و بازدهی آنها، هزینه را کاهش می‌دهد بنابراین مقرون به صرفه‌تر این بود که هر ترانزیستور تا حد امکان کوچکتر شود، این کوچک‌سازی بالاخره در نقطه‌ای متوقف می‌شد بنابراین برای ادامه رشد صنعت الکترونیک باید به فکر فناوریهای جایگزین بود، فناوری که مشکلات گذشته را حل کرده و توجیه اقتصادی داشته باشد و اینبار نانو تکنولوژی بود که توانست به کمک الکترونیک بیاید و فناوری الکترونیک مولکولی یا همان نانوالکترونیک بنا نهاده شد.

نانو تکنولوژی یک رشته وابسته به ابزار است ابزارهایی که به مرور در حال بهتر شدن است نانو تکنولوژی و شاخه‌های کاربردی آن مانند نانوالکترونیک در واقع تولید کارآمد دستگاهها و سیستم‌ها با کنترل ماده در مقیاس طولی نانو است و بهره‌برداری از خواص و پدیده‌های نوظهوری است که در این مقیاس توسعه یافته است.

صنعت الکترونیک امروزی مبتنی بر سیلیکون است سن این صنعت به حدود ۵۰ سال می‌رسد و اکنون به مرحله‌ای رسیده است که از لحاظ تکنولوژیکی، صنعتی و تجاری به بلوغ رسیده است. در مقابل این فناوری، الکترونیک مولکولی قرار دارد که در مراحل کاملاً ابتدایی است و قرار است این فناوری به عنوان آینده و نسل بعدی صنعت الکترونیک سیلیکونی مطرح شود. الکترونیک مولکولی دانشی است که مبتنی بر فناوری نانو بوده و کاربردهای وسیعی در صنعت الکترونیک دارد. با توجه به کاربردهای وسیع الکترونیک در محصولات تجاری بازار می‌توان با سرمایه‌گذاری و تامل بیشتر در فناوری نانو الکترونیک در آینده‌ای نه چندان دور شاهد سوددهی کلان محصولاتی بود که جایگزین فناوری الکترونیک سیلیکونی شده‌اند. میل، اشتیاق و علاقه مصرف‌کنندگان و نیاز بازار به محصولات جدید با قابلیت‌های بالا سازندگان و صنعتگران را بر آن می‌دارد که با سرمایه‌گذاری در این فناوری شاهد رشد و شکوفایی

اقتصادی هر چه بیشتر باشند، ولیکن با توجه به اهمیت نانو تکنولوژی و نیز نانو الکترونیک که به عنوان یک شاخه کاربردی از نانو تکنولوژی مطرح است لزوم سرمایه گذاری کلان در درازمدت و ریسک پذیری و تشکیل مراکز D&R توسط دولتمردان پیش از پیش احساس می شود. برای پیشبرد فناوری نانو الکترونیک و نتیجه رساندن آن سه مرحله راهبردی پیشنهاد می شود که با پیاده سازی این سه مرحله می توان نانو الکترونیک را جایگزین فناوری الکترونیک سیلیکونی کرد و نسل جدیدی از محصولات الکترونیکی را وارد بازار ساخت.

مرحله اول:

مولکولی در نظر گرفته می شود باید کاربردهایی ساده ارزان و غیر پیچیده ای باشند تا اطمینان نسبی به الکترونیک مولکولی ایجاد شده و سرمایه گذاری ها به سمت آن هدایت شود و از طرفی کارایی این فناوری ثابت شود. به بیان ساده و شفاف و مقایسه نسل جدید محصولات که بر پایه این فناوری جایگزین شده اند، توجه کاربرد این محصولات و ایجاد اطمینان در مصرف کنندگان می تواند به عنوان بهترین حامی اقتصادی در این مرحله باشد

مرحله دوم:

تولیدات اولیه الکترونیک مولکولی (نانو الکترونیک) باید مکملی برای فناوری سیلیکون باشند اینگونه نباشد که انقلابی را از همان آغاز و ابتدا شروع کرده و این ادوات و فناوریهای جدید تافته جدا بافته باشد و هیچ ربطی به فناوری سیلیکونی نداشته باشد زیرا فناوری سیلیکونی یک صنعت جا افتاده است. پس اگر نانو الکترونیک را بتوان مکملی برای فناوری سیلیکونی بکار برد شاهد پیشرفت قابل ملاحظه ای در این فناوری نوپا بوده و جایگزین مناسبی برای نسل آینده محصولات الکترونیکی در نظر گرفته شده است.

مرحله سوم:

مرحله سوم مبحث کاملاً جدیدی است که اصلاً در دسترس فناوری سیلیکون نبوده و نانوالکترونیک می‌تواند بعد از طی مراحل اول و دوم به آن پردازد، یک مثال ساده و روشن این موضوع، نمایشگرها هستند، نمایشگرهای متداول کاملاً سخت و غیرقابل انعطاف هستند ولی با استفاده از الکترونیک مولکولی و مولکول‌هایی که در صفحه نمایش استفاده داشته باشد بنابر این کاربردهایی وجود دارد که از دسترس فناوری سیلیکون، آن هم بخاطر جامد و کریستالی بودن ذاتی‌اش دور بوده و برای الکترونیک مولکولی قابل دستیابی است. وقتی که نانو الکترونیک جا افتاد و وارد بازار محصولات الکترونیک شد آنگاه می‌توان نسل جدیدی از محصولات را به دست آورد که شامل پردازنده‌هایی ۱۰۰۰ مرتبه سریعتر از نوع امروزی باشند. اگر این مرحله با موفقیت طی شود حدوداً یک دهه طول خواهد کشید تا نسل جدید محصولات الکترونیکی مبتنی بر الکترونیک مولکولی یا الکترونیک در ابعاد نانومتر (نانو الکترونیک) ظهور یابد.

۲-۱-۲- بررسی امکانات موجود

برای ساخت ابزارهای مولکولی باید دید از چه چیزهایی می‌توان استفاده کرد، وسایلی که در اختیار است و تاکنون مدنظر بوده است به شرح ذیل هستند:

نانو لوله‌ها

حلقه‌های بنزنی

پلیمرها

DNA

۲-۱-۱- نانو لوله‌ها

اگر یک صفحه تخت گرافیکی مدنظر باشد و به شکلی بتوان آن را به صورت نواری در نظر گرفت و لوله کرد یک نانو لوله مفروض به دست می آید که ساختار آن همان ساختار گرافیت بوده و یک هگزاگونال است. این ماده در سال ۱۹۹۱ در ژاپن کشف شده و به علت خصوصیات جالب آن مورد توجه قرار گرفت. یک خاصیت جالب این مواد آن است که بر حسب اینکه در چه جهتی خم شود دارای خاصیت نیمه‌هادی و یا فلزی می‌شود. قطر یک نانو لوله کمتر از ۲ نانومتر است و از این نانو لوله می‌توان به عنوان یک سیم کوانتومی یا یک سیم غیرفعال استفاده کرد به عنوان مثال این لوله می‌تواند به عنوان یک سیم انتقال هنگام اعمال اختلاف پتانسیل از یک الکتروود به الکتروود دیگر عمل کند که این موضوع مثالی از اتصالات غیرفعال می‌تواند باشد

نانو لوله دارای خاصیت فلزی است این خاصیت رسانش نه فقط در طول بلکه در عرض نانو لوله نیز وجود دارد برای حالت سیمهای مولکولی غیرفعال، بهتر است که نانو لوله دارای خاصیت رسانش باشد، اگر باشد، نانو لوله دارای گاف انرژی خواهد بود که شبیه نیمه هادی خواهد شد. اگر نانو لوله کربنی روی سطحی قرار داده شود و نوک STM (مولکول نانو لوله‌های کربنی) رابه سطح آن نزدیک شود، چنانچه ولتاژی را بین بستری که نانو لوله روی آن قرار دارد و نوک STM اعمال شود جریانی عبور خواهد کرد، بر حسب مقدار جریانی که عبور می‌کند، می‌توان تشخیص داد که گاف انرژی چقدر است.

۲-۱-۲-۲- حلقه بنزنی

حلقه‌های بنزنی به خاطر چگالی حالت بالا که بر روی حلقه‌های خود دارند جانشینی برای سیمهای کوانتومی در نظر گرفته می‌شود.

۲-۱-۲-۳- پلیمرها

از نمونه‌هایی که به عنوان سیمهای مولکولی فعال یا غیرفعال می‌توان نام برد پلی‌تیوفن (PT) یا پلی‌انیلین است که داخل یک سیکلود کسترین ۱ (CD) قرار گرفته باشد این دو ماده در اصل پلیمرهایی هستند که به عنوان قسمتهای هادی سیم بکار می‌روند این پلیمرها شبیه حلقه بنزنی است که به همدیگر چسبیده‌اند و دو سر آن به دو الکتروود طلا وصل شده است. اتصالات سیمهای مولکولی به الکترودهایش توسط اتم‌های گوگرد برقرار می‌شود سطحی که این پلیمر بر روی آن قرار می‌گیرد ممکن است قسمتی از جریان را بکشد یعنی اینکه یک جریان اتلافی داشته باشد برای اینکه مانع از این جریان اتلافی شد باید این سیم را داخل یک حفاظ مولکولی قرار داد این حفاظ نیز شبیه نانو لوله کربنی است اما دارای قطر بسیار بزرگتر و ساختار پیچیده‌تری است لذا این لوله مولکولی مانع عبور جریان اتلافی از دیواره‌های سیم و انتقال آن به سطح تماس می‌شود.

DNA-۴-۱-۲-۲

DNA نمونه‌ای از سیم‌های فعال است. ساختمان DNA کاملاً شناخته شده است و به طور خودکار این ساختمان ایجاد می‌شود، برای تولید آن مانند پلیمرها مشکلی وجود ندارد فقط باید خواص آن مورد بررسی قرار گیرد تا متوجه چگونگی تغییرات آن شد برای این منظور به ذکر مثالی پرداخته می‌شود: به منظور استفاده از DNA برای محاسبه جریان بر حسب ولتاژ، یک فاصله ۸ نانومتری بین دو الکتروود پلاتین مفروض می‌شود، پس با اعمال یک ولتاژ می‌توان جریان را محاسبه کرد. نکته‌ای که از شکل بالا برداشت می‌شود این است که نمودار جریان بر حسب ولتاژ نموداری نامتقارن است، یعنی اینکه جریان برای ولتاژی مثلاً بین ۱- و ۲ ولت اجازه عبور ندارد در حالی که برای ۲- و ۱- جریان می‌تواند عبور کند و این یعنی اینکه DNA می‌تواند عمل یکسوسازی را انجام دهد. در مورد هدایت از داخل DNA سه نظریه مد نظر است، یکی اینکه DNA یک نیمه هادی با گاف خیلی بزرگ

است. دیگر اینکه DNA یک نیمه هادی با گاف کوچک و نیز اینکه DNA دارای خاصیت فلزی است. موضوع در اصل این است که DNA ماده بسیار پیچیده‌ای است که شرایط محیطی به شکل بسیار زیادی می‌تواند بر روی خواص آن تاثیر بگذارد یکی از این شرایط محیطی موثر حضور آب است، DNA یی که در محیط خشک باشد با DNA یی که در محیط مرطوب باشد بسیار متفاوت است. لذا با توجه به شرایط محلی حاکم بر DNA نمی‌توان یک نتیجه قطعی در مورد اینکه DNA فلز است یا نیمه فلز بیان کرد اما آنچه که مسلم است این است که DNA یک نیمه هادی با گاف بزرگ است. در حالت عادی یونهایی وجود دارد که با دستکاری آنها می‌توان خواص هدایتی DNA را تغییر داد یعنی می‌توان امید داشت که با افزودن یونهایی بتوان حتی آن را به فلز تبدیل کرد یک نکته جالب دیگر این است که می‌توان از DNA به عنوان قالب استفاده کرد و در مکانهای مشخصی روی DNA یکسری فلزات را قرار داد تا یک سیم فلزی دور DNA ایجاد شود. در این حالت DNA به عنوان قالبی برای پایدار نگه داشتن سیم مورد نظر استفاده قرار گیرد. بررسی پایداری DNA با توجه به شرایط محلی حاکم بر سیستم نیز امکان پذیر است. هدایت DNA در دو مسیر مشخص صورت می‌گیرد. وقتی DNA را به عنوان هدایت کننده جریان در نظر گرفته شده یک بار می‌تواند در جهت موازی محورش جریان را عبور دهد و یک بار نیز می‌تواند عمود بر محورش جریان را عبور دهد، حال برای هدایت در جهت عمود بر محور می‌توان اینگونه فرض کرد که وقتی نوک STM (مولکول نانو لوله‌های کربنی) در بالای DNA قرار می‌گیرد جریان به شکل عمود از جفت‌های بازی که وجود دارد وارد نوک STM می‌شود این کار می‌تواند هم به عنوان آزمایشی برای دیدن تصویر DNA و هم برای اندازه‌گیری عبور جریان جفت‌های بازی به کار رود و می‌توان بدین شکل رسانش AT و CG (جفت‌های بازهایی که در مارپیچ DNA وجود دارند) را محاسبه کرد.

DNA می‌تواند یک ابزار در تولید محصولات نانو الکترونیک کاربردهای فراوانی داشته باشد، با توجه به اینکه DNA به طور طبیعی در طبیعت و سلولهای موجودات زنده وجود دارد می‌توان از آن در تولید دیگر محصولات نانو تکنولوژی همانند نانوموتورها سود جست. کنترل و پایداری DNA نیز با توجه به خواص ذاتی و محلی آن امکان‌پذیر بوده و جای تامل و بحث دارد.

۲-۲-۲- نتیجه گیری

۱- آنچه که مسلم است، الکترونیک مولکولی دارای آینده‌ای درخشان است و با آهنگ بسیار سریعی در حال رشد و تکامل است. از این رو توجه خاصی را می‌طلبد.
۲- نتایج عملی رشد و توسعه شاخه‌های نانو تکنولوژی مانند نانو الکترونیک سبب ساخت تجهیزاتی خواهد شد که در مقایسه با گذشته اختلاف فاحش داشته و نسل کاملاً جدیدی با قابلیت‌های منحصر به فرد خواهد بود.

۳- نانو لوله‌ها و DNA به عنوان دو ابزار کارآمد در تولید محصولات نانو الکترونیک از اهمیت خاصی برخوردارند، ولیکن در این میان DNA به دلیل داشتن خواص محلی و وجود آن در بدن موجودات زنده از اهمیت بیشتری برخوردار است.

۴- با توجه به دو شاخص تعداد مقالات علمی و اختراعات ثبت شده، در نانو تکنولوژی می‌توان نتیجه گرفت که این شاخصها می‌توانند اطلاعاتی مفید در مورد تکامل این فناوری را نشان دهند و برای طرح برنامه‌ها و استراتژیها مناسب باشند.

۵- نانو تکنولوژی و شاخه‌های کاربردی آن در علوم مختلف مانند نانو الکترونیک به عنوان پدیده‌هایی نوظهور هنوز قبل از تجاری سازی محصولاتشان، احتیاج به پیشرفت در هر دو زمینه علمی و تکنولوژیکی

را دارد. با توجه به اینکه هم‌اکنون برخی از محصولات این فناوری در بازار وجود دارد پیش‌بینی اینکه کدامیک از محصولات آینده بهتری دارند (از نظر رقابتی) نیاز به بررسی بیشتر شاخصهای این فناوری در بخشهای صنعت و زیرمجموعه‌های این فناوری دارد.

۶- با توجه به اهمیت فناوری نانو و کاربردهای روزافزون آن در دنیا باید تحقیقات دانشگاهی و دولتی توأمأ صورت گیرد و به علت اینکه اهداف تحقیقاتی این فناوری پایه‌ای و درازمدت است بخش صنعت توان سرمایه‌گذاری بر روی تحقیقات درازمدت و مخاطره‌آمیز را نداشته، از این رو حمایت دولتمردان به عنوان پشتوانه‌ای مهم در این فناوری خواهد بود علاوه بر این ایجاد ساختارهای جدید در دانشگاهها و آزمایشگاههای ملی برای توسعه این فناوری لازم است نیازمندیها و انتظارات فناوری نانو و شاخه‌های کاربردی آن در علوم مختلف مانند نانو الکترونیک فراتر از تمامی چیزهایی است که مقررات سنتی دانشگاهی، آزمایشگاهی ملی و یا حتی تمام صنعت می‌تواند فراهم کند و به خاطر همین مشکلات است که یک حرکت و اندیشه ملی پایه‌ریزی و با حمایت دولتی در زمینه این فناوری حیاتی به نظر می‌رسد. با توجه به پتانسیل‌های موجود ایران در زمینه مهندسی الکترونیک، لزوم یک مرکز D&R دولتی که به حمایت محصولات تولیدی الکترونیکی صنایع پرداخته و بتواند در آینده بازار تجاری محصولات نانو الکترونیک را به دست بگیرد به شدت حس می‌شود و اگر تدبیری اندیشیده نشود متأسفانه باید گفت که همانند گذشته باید مصرف‌کننده خوبی بوده و شاهد سودهای کلان تجاری دیگر کشورها و سرمایه‌گذاران بود.

۲-۳- شمای من و تکنولوژی نوین نانو الکترونیک و کامپیوتر

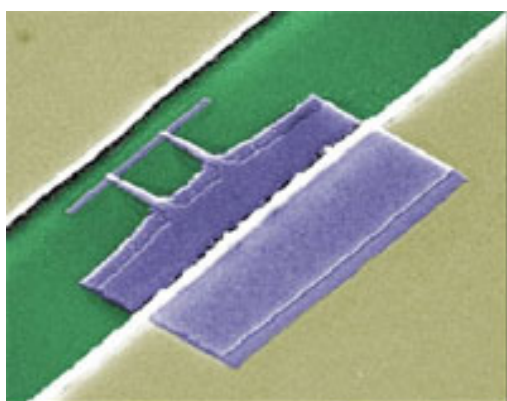
۲-۳-۱- کشف ماده تک اتمی جدید؛ چشم اندازی نو در صنعت الکترونیک

گروهی از دانشمندان انگلیسی به ماده جدیدی دست یافته اند که استفاده از آن تحولات عظیمی را در صنایع الکترونیک به وجود می آورد.

به گزارش آژانس خبرنگاران تکنولوژی ایران _ اینکا این ماده جدید دوبعدی که از گرافیت به دست می آید امکان ساخت ترانزیستورهای با سرعت بالا را فراهم می آورد. پژوهشگران دانشگاه منچستر انگلیس پس از سالها تحقیق توانسته اند این ماده جدید تک اتمی را کشف کنند. پروفیسور اندره جیم از مرکز پژوهش های نانومتری دانشگاه منچستر می گوید: ما توانستیم گرافیت را بشکافیم و اتم خاصی را که تنها دارای دو بعد است از آن جدا سازیم. این اتم به ما امکان می دهد ترانزیستورهایی با سرعت بسیار بالا بسازیم. وی همچنین افزود: معمولا مواد دارای بعد طول و عرض و ارتفاع اند اما این ماده جدید ارتفاع ندارد و همین امکانات الکتریکی و مکانیکی و شیمیایی جدیدی را در اختیار ما قرار می دهد. کشف سیلیکون و کاربرد آن در صنعت الکترونیک به ساخت دستگاه های پیشرفته الکترونیکی کمک شایانی رسانده است اما کشف ماده جدید که تحمل سه هزار درجه حرارت را دارد شاید تحول جدیدی در ساخت رایانه باشد. انتظار می رود ظرف پنج تا ده سال آینده محصولات الکترونیکی حاصل از این تحقیقات وارد بازار شود

۲-۳-۲- ساخت تراشه رایانه ای کوانتومی مقایس پذیر

این تراشه اولین بار توسط محققان دانشگاه میشیگان؛ کریستوفر مونرو و همکارانش ساخته شد. آنها امیدوارند بتوانند از این تراشه و با کمک فناوری‌های کنونی تولید نیمه‌رسانا، رایانه‌های کوانتومی بسازند. رایانه‌های کوانتومی با بهره‌گیری از قوانین عجیب دنیای اتمی، قادرند تا سری‌ترین کدها را رمزگشایی کرده و بسیار سریع‌تر از رایانه‌های امروزی عمل کنند. واحدهای سازنده این رایانه‌ها را کیوبیت‌ها (یا بیت‌های کوانتومی) تشکیل می‌دهند، که از اتم یا فوتون ساخته شده است. با متصل کردن چند کیوبیت به هم از طریق برهم‌کنش الکتروستاتیک یا دیگر برهم‌کنش‌های مناسب می‌توان یک رایانه کوانتومی ساخت. این کار شبیه ساخت کامپیوترهای امروزی است که از متصل کردن ترانزیستورها به هم به وجود می‌آید.



البته برخلاف بیت‌های رایانه‌ای قطعی

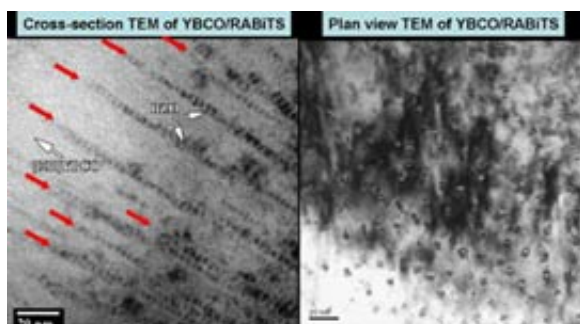
که تصاویر صفر و یک به خود می‌گیرند، یک کیوبیت می‌تواند هم زمان، صفر و یک شود و در واقع مشابه نوری که در یک لحظه هم خاموش و هم روشن باشد. محققان دانشگاه میشیگان، یک تک‌یون کادمیم را به

عنوان کیوبیت خود انتخاب نمودند، که توسط تعدادی الکترون داخل تراشه نیمه‌رسانای گالیم آرسنید به ابعاد یک تمبر پستی در فضای آزاد نگه داشته شده بود. اعمال میدان الکتریکی اضافی باعث می‌شود تا بتوان در موقعیت این یون دستکاری کرده و با استفاده از یک پرتو لیزر ارزش داخل کیوبیت (صفر و یک بودن آن) را کنترل نمود.

این کیوبیت یونی به دلیل آسانی جداسازی آن و محافظت آن در برابر عوامل خارجی مانند نویزها که می‌توانند باعث اختلال در عملکرد آن شوند، بر کیوبیت‌های دیگر از قبیل نقاط الکترونی یا فوتونی مزیت دارد. یک تراشه نیمه‌رسانای مجتمع، محیطی کاملاً متفاوت برای این کیوبیت‌های یونی است. البته محققان هنوز نتوانسته‌اند رایانه‌ای کوانتومی با این طرح بسازند زیرا این فقط یک تک کیوبیت است و ساخت رایانه کوانتومی نیاز به تولید تعدادی بیشتر از این کیوبیت‌ها دارد، به طوری که الکترودهای کافی برای نگهداری همزمان یون‌ها وجود داشته باشد.

کارهای زیادی از این محققان و دیگران در این زمینه در مجلات Physical ، Nature Physics و Review به چاپ رسیده است.

۲-۳-۳- تقویت خاصیت ابررسانایی با ایجاد نقایص ساختاری نانومقیاس



از زمان کشف ابررساناهای دما بالا در دو دهه گذشته، کارشناسان به دور نمای استفاده از این مواد در خطوط انتقال با اتلاف کم، قطارهای معلق و موتورهای بسیار کارآمد فکر می‌کردند. اما

این کاربردها در عمل بسیار کند صورت می‌گیرند. در حال حاضر Goyal Amit و همکارانش در آزمایشگاه ملی oak Ridge در آمریکا نقیص نانومقیاس را برای ایجاد سیم‌های کوتاه در ابررسانای Cuprate ایجاد کرده‌اند که می‌توانند جریان‌های بالا را عبور داده و در میدان‌های مغناطیسی قوی کار کنند.

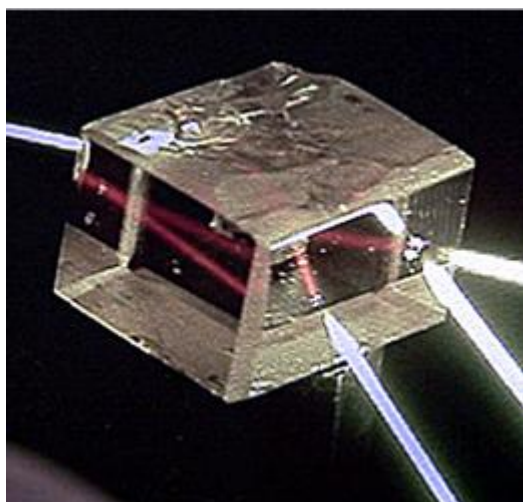
در صورتی که محققان بتواند طول این سیم‌ها را تا چند کیلومتر افزایش دهند، انقلاب بزرگی در کاربردهای ابررساناهای دمی بالا فراهم خواهند کرد.

ابررساناها، موادی هستند که اگر تا کمتر از حد معینی سرد شوند، مقاومت الکتریکی خود را از دست می‌دهند. بیشتر ابررساناهای دارای دمای انتقال در حد چند کلوین هستند، اما در سال ۱۹۸۶ گروه جدیدی از ابررساناهای دما بالا با دمای انتقال بالاتر از ۱۰۰ کلوین کشف شدند.

این ابررساناها شامل لایه‌هایی از اکسید مس هستند که به وسیله اتم‌های فلزی نظیر ایتیریم و باریم از هم جدا شده‌اند و به نظر می‌رسد که جریان بالا از میان لایه‌های اکسید مس عبور می‌کنند. با وجود این، تبدیل این مواد به سیم‌هایی با قابلیت کاربرد تجاری بسیار مشکل است. به عنوان مثال ساخت سیم‌هایی با ضخامت کافی برای عبور جریان کافی کار سختی است و رفتار ابررسانایی این سیم‌ها هنگامی که در معرض میدان مغناطیسی خیلی قوی ناشی از موتورها و کابل‌های انتقال قدرت قرار می‌گیرند، از بین می‌رود. Goyal و همکارانش توانستند با استفاده از فریند تبخیر پالسی لیزری و رسوب دادن لایه‌ای از اکسید ایتیریم باریم مس (YBCO) با ضخامت ۳ میکرون بر روی یک لایه انعطاف‌پذیر فلزی در رفع هر دو مشکل مذکور به پیشرفت‌هایی برسند. این پژوهشگران با افزودن نانوپودرهای زیرکونات باریم (BZO) به ماده اولیه YBCO به روشی برای ساخت سیم‌های مصون در برابر میدان مغناطیسی دست یافتند. در حین فرآیند رشد سیم‌ها، پودرهای BZO خودبه‌خود به صورت ستون‌های نقطه‌ای در درون ابررسانا مرتب می‌شوند. این ستون‌های نقطه‌ای به عنوان نقص‌های متعدد عمل کرده و به طور مؤثری شار مغناطیسی ورودی به سیم را گیر می‌اندازند و اجازه می‌دهند جریان‌های بالا حتی هنگامی که میدان مغناطیسی قوی اعمال می‌شود از ابررسانا عبور کنند.

Goyal می‌گوید: مطالعات ما نشان می‌دهد که در حقیقت امکان ساخت سیم‌هایی با سطح

عملکرد مورد نیاز در کاربردهای مقیاس بالا وجود دارد. اگر بتوانیم نمونه‌های طویل از این سیم‌ها را با نقایص ساختاری نانومقیاس بسازیم، تحول عظیمی در صنعت برق ایجاد خواهد شد. این سیم‌ها همچنین می‌توانند در صنایع پزشکی و حمل و نقل فوق‌العاده سریع کاربرد داشته باشند. اعضای این گروه تحقیقاتی امیدوارند بتوانند چنین نقص‌هایی را در سیم‌های ضخیم‌تر برای دستیابی به کارآیی بهتر ایجاد کنند.



۲-۳-۴- ساخت رایانه‌های کوانتومی با

به دام انداختن پالس نوری در بلورها

Matt Sellars فیزیکدان راهی برای

کاهش سرعت نور و کند کردن حرکت پالس لیزری

پر سرعت و به دام انداختن آن درون یک بلور یافته

است.

وی و گروه تحقیقاتی‌اش در مرکز فیزیک لیزر دانشگاه ملی استرالیا در کانبرا توانسته‌اند

سرعت پرتو لیزر را قبل از توقف شدن از ۶۷۰ میلیون مایل در ساعت به ۶۷۰ مایل در ساعت که در حد

سرعت گلوله شلیک شده از یک تفنگ است برسانند. آنها می‌گویند این سرعت کمی بیش از سرعت

مجاز یک ماشین است و ما این توانایی را یافته‌ایم که برای چند ثانیه و بیشتر این پرتو را در چنین وضعیتی

نگه‌داریم. این زمان از مدت زمان‌های مشابه قبلی طولانی‌تر می‌باشد و برای استفاده در رایانه‌های

کوانتومی کفایت میکند.

استفاده از پالس‌های نوری به جای بیت‌های جریان الکتریکی، برای انتقال و ذخیره اطلاعات به صورت بیت‌های کوانتومی ابررایانه‌های امروزی را هم، همانند رایانه‌های دیروز از رده خارج می‌سازد. به گفته محققان، توان پردازش با این روش به صورت نمایی رشد می‌کند که بسیار سریع‌تر از رایانه‌های کلاسیکی دارای بیت می‌باشد. لذا برای داشتن ابزاری بسیار قدرتمند دیگر به استفاده از آن همه بیت در رایانه نیاز نمی‌باشد.

بالاخره روزی رایانه‌های کوانتومی با استفاده از مکانیک کوانتوم خواهند توانست عملیات‌های بسیار پیچیده ریاضی را با سرعت بالا انجام دهند. و اگر محققان بتوانند راهی برای ذخیره پالس‌های نوری برای مدت طولانی بیابند، می‌توانند حافظه‌هایی بسازند که در مقیاس کوانتومی کار کند. دو پرتو لیزر به بلور سیلیکات حاوی اتم‌های Praseodymium که از عناصر کمیاب می‌باشد و می‌توان این پرتوها را جذب کند تابانده شد.

قبل از این دانشمندان فقط توانسته بودند نور را در آزمایشگاه در بخار و نه در جامد بدام انداخته و ثابت نگه دارند. مزیت استفاده از بلور ثابت بودن اتم‌ها و عدم جابه‌جاشدن آنها است. در حالی که در بخار، اتم‌ها به طور تصادفی به اطراف حرکت می‌کنند. در این آزمایش‌ها تلاش دانشمندان بر آن است که بتوانند اطلاعاتی را که با حرکت اتم‌ها از بین می‌رود در ماده ذخیره کنند.

معمولاً پرتو لیزر تابیده شده به ماده توسط این اتم‌ها جذب شده و لذا از بلور عبور نمی‌کند. اما هنگامی که پرتو لیزر دومی به آن تابیده شود، ماده شفاف شده و پرتو اول اجازه عبور می‌یابد. وقتی که پرتو دوم خاموش شود اتم‌ها نور پرتو اول را به دام می‌اندازند، که برای رهاسازی این پالس به دام افتاده لازم است پرتو لیزر دیگری به آن دوباره تابانده شود.

Sellars در این باره می گوید: "آنچه ما انجام می دهیم در واقع ذخیره اطلاعات کوانتومی نور تابیده به اتم ها است. البته این سیستم اتمی تنها این نوع اطلاعات را می تواند برای مدت طولانی نگه دارد. اتم های ذخیره کننده اطلاعات هم با محیط پیرامون خود برهمکنش داشته و پس از آن اطلاعات ذخیره شده به تدریج از بین می رود. لذا اگر این اطلاعات را برای مدت طولانی ذخیره کرده و سعی کنیم پالس به دام افتاده در اتم ها را بیرون بیاوریم، این پالس نویز زیادی داشته و طبعاً بسیار ضعیف می شود زیرا ما اطلاعات لازم برای بازیافت پالس را از دست داده ایم .

راهکارهایی که دانشمندان برای انتقال اطلاعات اتم به پرتوهای نوری یافته اند استفاده از اسپین هسته فوتون های موجود در پرتو لیزر است. اسپین جهت چرخش ذرات است که می تواند پائین، بالا و یا به هر دو حالت باشد. بنابر قوانین مکانیک کوانتوم، گاهی اوقات ذراتی مانند فوتون می توانند در یک لحظه هر دو اسپین بالا و پائین را همزمان داشته باشند تا مورد مشاهده یا اندازه گیری قرار گیرند. به این خاصیت **ابرمکانی** می گویند و می توان از آن جهت ایجاد یک واحد اطلاعاتی به نام کیوبیت یا همان بیت کوانتومی استفاده نمود.

بیت کوانتومی بسیار بیشتر از بیت های دیجیتال فعلی که تنها دو حالت صفر و یک دارند، می توانند اطلاعات را در خود نگه دارند. دانشمندان سعی می کنند با استفاده از این خاصیت رایانه های پر قدرت بسازند. توان پردازش حیرت آور یک سیستم کوانتومی نتیجه مستقیم حالت ابرمکانی است. هم اکنون این محققان در حال بررسی چگونگی امکان نگهداری چند پالس نوری به طور همزمان می باشند. این کار گام دیگری در راه ساخت رایانه های کوانتومی است. البته به نظر آنها ساخت رایانه کوانتومی که واقعاً کار کند ده سال و یا بیشتر طول می کشد و این به معنای آن است که ما هنوز به کار

بیشتری در زمینه متوقف کردن نور داریم.

گزارش کار این گروه در مجله Physical Review Letters به چاپ رسیده است.

۲-۳-۵- عدم استفاده میکروتراشه‌های جدید از ترانزیستورها

محققان برای اولین بار توانستند نمونه‌ای از یک تراشه کاملاً جدید تولید نمایند که بر خلاف ترانزیستورهای الکتریکی، مبتنی بر ترانزیستورهای مغناطیسی می‌باشد. در حالی که میکروتراشه‌های مبتنی بر ترانزیستور به مرزهای محدودکننده قانون مور رسیده‌اند، گروهی از مهندسان برق در دانشگاه Notre Dame تراشه‌ای ساخته‌اند که برای نمایش دادن یک و صفر در کدهای باینری از جزیره‌های نانومقیاس مغناطیسی استفاده می‌کند.

Wolfgang Porod و همکارانش جهت تولید یک تراشه جدید، که از آرایه‌ای از محدوده‌های مغناطیسی جدا از هم بهره می‌برد، به فرآیند الگودهی مغناطیسی روی آورده‌اند. هر جزیره میدان مغناطیسی خود را حفظ می‌کند.

چون این تراشه هیچ سیمی ندارد، در نهایت می‌توان به ابزارهایی دست یافت که دانسیته و قدرت فرآیند بسیار بالاتری نسبت به تراشه‌های ترانزیستوری امروزی دارند. چون مصرف انرژی این ابزارها پایین خواهد بود، پس گرمای کمتری تولید کرده و منجر به تولید سخت‌افزارهای قابل حملی همچون لپ‌تاپ‌ها خواهند شد که خنک‌تر می‌باشند.

رایانه‌هایی که از تراشه‌های مغناطیسی استفاده می‌کنند، تقریباً بلافاصله روشن می‌شوند. حافظه‌های مبتنی بر این تراشه‌ها پایدار بوده و نسبت به نوسانات یا قطع جریان برق حساس نیستند و زمانی که برق قطع شود، داده‌های خود را حفظ می‌کنند.

معماری مغناطیسی این تراشه به نحوی است که می‌تواند برنامه‌ریزی شوند و این قابلیت می‌تواند برای سازندگان ابزارهای محاسباتی با هدف خاص، همچون بازی‌های رایانه‌ای یا ابزارهای تشخیص پزشکی، بسیار مفید باشد.

Porod استاد مهندسی برق دانشگاه Notre Dame می‌گوید: «اهمیت الگودهی مغناطیسی در ابزارهای ذخیره اطلاعات، همانند درایوهای سخت، از مدتها پیش شناخته شده است. چیزی که در این کار منحصر به فرد است این است که ما توانستیم از این الگودهی برای انجام واقعی محاسبات استفاده کنیم».

نانومغناطیس‌های این تراشه با عرض حدود ۱۱۰ نانومتر می‌توانند به صورت آرایه‌هایی کنار هم جمع شده و علاوه بر امکان ذخیره اطلاعات، نقش **دروازه‌های منطقی** ترانزیستورها را ایفا نمایند. این دروازه‌های منطقی واحدهای ساختمانی فناوری رایانه را تشکیل داده و به میکروتراشه‌ها امکان پردازش انبوهی از کدهای باینری را می‌دهند.

به عنوان مثال دروازه منطقی NAND دو ورودی را گرفته و آنها را به یک خروجی تبدیل می‌کند. اگر هر دو ورودی یک باشند، خروجی به دست آمده صفر است. اگر یکی از ورودی‌ها یا هر دوی آنها صفر باشد، خروجی حاصل، یک است.

Porod و همکارانش تراشه جدید خود را با یک دروازه منطقی جهانی (ترکیبی از دروازه‌های NAND و NOR) مجهز نمودند. این دو دروازه در کنار هم، تمامی اعمال اساسی ریاضی را که در تمامی رایانه‌ها وجود دارد، انجام می‌دهند.

ابزارهای جالب پردازش بدون ترانزیستور، که به نام «ماشین‌های سلولی کوانتومی مغناطیسی» شناخته می‌شوند، در ابتدا از الکترونهای مجزایی با عنوان نقاط کوانتومی که در زمینه‌ای از سلول‌ها قرار گرفته و

اعمال منطقی را انجام می‌دادند، بهره می‌بردند. اما مغناطیس‌های نانومقیاس نشان داده‌اند که جایگزین‌های بسیار بهتری هستند، چرا که در این مغناطیس‌ها انحراف بار الکتریکی روی نداده و ساخت آنها نیز آسان‌تر است.

Porod می‌گوید: «این مغناطیس‌ها از آلیاژ فرومغناطیس نیکل/آهن ساخته شده‌اند. ما لایه نازکی از این آلیاژ را از طریق فاز بخار بر روی بستری از سیلیکون نشانده و سپس توسط لیتوگرافی اشعه الکترونی بر روی آن الگویی از جزیره‌ها را به وجود آوردیم».

اعمال منطقی درون پردازشگر با اعمال یک میدان مغناطیسی پالسی بر روی مغناطیس ورودی آغاز می‌شود، که این میدان مغناطیسی پالسی جهت‌گیری میدان مغناطیسی ورودی را تغییر می‌دهد. این امر باعث ایجاد یک اثر آبخاری در طول آرایه شده و جاذبه و دافعه مغناطیسی باعث می‌شود که میدان‌های مغناطیسی مجاور تغییر کنند.

Porod می‌گوید: «برای خواندن اطلاعات خروجی از یک پروب پیمایشگر استفاده نمودیم تا بتواند نوع مغناطیس خروجی را تشخیص دهد. حالت ایده‌آل در آینده این است که بتوانیم با یک جریان الکتریکی ورودی و خروجی را به دست آوریم».

با وجودی که فناوری‌های موجود از میدان‌های مغناطیس برای ذخیره اطلاعات روی تراشه‌هایی با عنوان MRAM استفاده می‌کنند، برای اولین بار است که تراشه‌ای ساخته شده است که علاوه بر ذخیره داده‌های دیجیتالی، می‌تواند آنها را پردازش نماید».

توانایی تراشه‌هایی که با مغناطیس‌های نانومقیاس کار می‌کنند، اولین بار ۵ سال پیش در کالج سلطنتی انگلستان مورد توجه قرار گرفت. Russel Cowborn استاد فناوری نانو و همکارانش مشاهده نمودند که مغناطیس‌ها می‌توانند از طریق برهمکنش میدان‌هایشان با همدیگر، داده‌ها را مبادله نمایند.

پیشرفت‌های تکنولوژیکی که در دانشگاه Notre Dame روی داد، موجب دلگرم شدن Cowborn گردید. او می‌گوید: «مطلب واقعاً جالب این است که شما می‌توانید تمام توابع Boolean را بدون استفاده از حتی یک ترانزیستور انجام دهید».

این تراشه‌ها همچنین خصوصیات جالبی دارند که آنها را برای استفاده در سخت‌افزارهای فضایی ایده‌آل می‌سازند. Cowborn می‌گوید: «شما نمی‌توانید از DRAM در فضا استفاده کنید، چرا که محیط اطراف را تحمل نمی‌کند. فناوری مغناطیسی در مقابل تشعشع مقاوم است و پیشرفت قابل توجهی در زمینه سخت‌افزارهای فضایی ایجاد خواهد کرد».

۲-۳-۶- گامی دیگر در رسیدن به کامپیوترهای کوانتومی



نزدیک کردن و جدا کردن دو چیز همیشه کار ساده‌ای نیست و اگر این اتفاق بخواهد برای دو جزء کوانتومی اتفاق بیفتد به مراتب کار سخت‌تری است. در اینجا این دو جزء بیت‌های کوانتومی هستند که هر یک حاوی اطلاعات مخصوص به خود می‌باشند.

کنترل بیت‌های کوانتومی در حالت ارتباط با بیت‌های دیگر یا جفت شدن با آنها، جزء اساسی‌ترین مسائل در توسعه کامپیوترهای کوانتومی می‌باشد. آقای Franco Nori استاد دانشکده فیزیک دانشگاه میشیگان در ژاپن معتقد است که عدم توانایی در کنترل و مدیریت بیت‌ها و برهم کنش بین آنها و همچنین فعال و غیرفعال سازی انتخابی بیت، باعث می‌شود نتوانیم از بیت‌های کوانتومی برای پردازش

داده‌های کامپیوتری استفاده کنیم.

محاسبات کوانتومی چشم انداز روشنی در راه رسیدن به کامپیوترهای پیشرفته ترسیم کرده است، این کامپیوترها قادرند اطلاعات را هزاران برابر سریع تر از کامپیوترهای معمولی پردازش کنند. با این حال محققان این رشته هنوز راه درازی تا رسیدن به این مهم پیش رو دارند. تیم تحقیقاتی Nori Franco یک روش جدید برای کنترل جفت کردن و جدا کردن بیت‌ها از طریق تنظیم فرکانس بیت‌ها ارائه داده است. استفاده از فرکانس مشترک بین دو بیت بهترین راه برای جفت کردن آنها است، در این حالت بیت‌های با فرکانس غیر مشترک از هم جدا می‌شوند، در واقع در این جا نوعی تماس رادیویی میکرومقیاس وجود دارد.

به اعتقاد آقای Nori این روش تنظیم فرکانس با کمک مدارات فوق هادی کوانتومی موجب سهولت در پردازش اطلاعات کامپیوتری می‌شود. با استفاده از تعداد فراوانی بیت با فرکانس مشترک می‌توان یک خط را به صورت مدار الکتریکی ایجاد کرد که مناسب انتقال اطلاعات می‌باشد. همان طور که در هنگام استفاده از رادیو می‌توان با تنظیم موج رادیو، ایستگاههای مختلفی را دریافت نمود در اینجا نیز با تغییر فرکانس می‌توان بیت‌های مختلفی را جفت نمود و مدارات مختلفی را به دست آورد. این محققان نتایج کار خود را در مقاله ای تحت عنوان:

Controllable Coupling between Flux Qubits

در مجله Physical Review Letters به چاپ رساندند

۲-۳-۷- منابع انرژی کوچک شده

ترانزیستورها که ظهورشان به سال ۱۹۴۷ برمی گردد، اکنون بسیار کوچک تر شده، از وسایلی بد ترکیب به ارتفاع نیم اینچ، مبدل به تجهیزاتی شده اند که قطعات آنها ابعاد حیرت آوری به اندازه چند صد اتم دارند. از طرف دیگر، باتری ها نیز میزان تولید انرژی خود را آن هم در یک پنجاهم این فضا، افزایش داده اند.

شرکت آزمایشگاه های بل (Bell Laboratories) که روزی سازنده اولین نسل از ترانزیستورها بود، در حال حاضر در تلاش برای ابداع مجدد نسل جدیدی از باتری هاست. هدف این شرکت آن است که در تولید انبوه باتری هایی که می توان آنها را به همراه شبکه ای از مدارهای الکتریکی دیگر بر روی یک تراشه قرارداد، از روش های ساخت ترانزیستورها بهره گیرد. این وسیله که نانوباتری نامیده می شود، ویژگی های الکترودها را در مقیاسی نانومتری، کوچک و متمرکز خواهد کرد. طراحی نانوباتری بگونه ای است که آن را حداقل به مدت ۱۵ سال در خفا نگه داشته، شاید در این مدت فقط از آن به عنوان منبع انرژی حسگرهایی که تشعشعات رادیواکتیویته را پایش کرده یا مواد شیمیایی سمی را ردیابی می کنند، استفاده شود. بعد از گذشت این مدت، این باتری ها ظاهر شده و به سرعت مبدل به یک منبع بزرگ انرژی خواهند شد. این ایده به تولید اولین باتری هایی منجر می شود که قادرند با خنثی نمودن مخلوط مواد شیمیایی سمی داخل خود، خود را تمیز نمایند.

۲-۳-۷-۱- رشد نانوسبزه ها

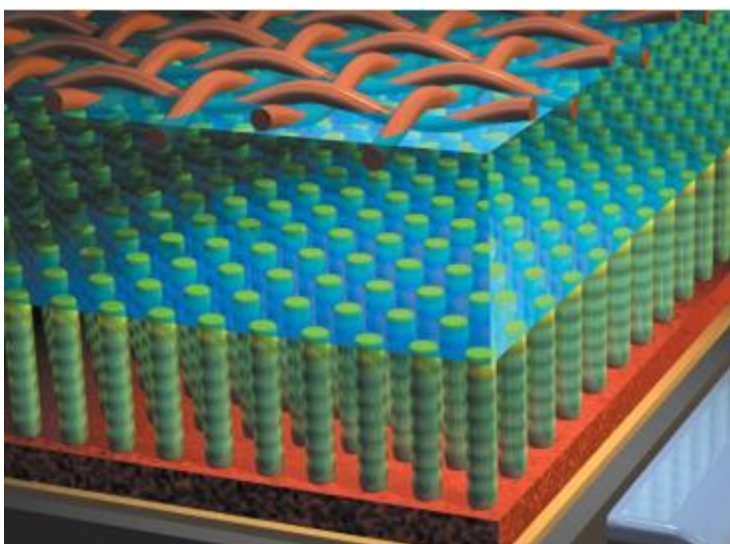
منشأ پیدایش نانوباتری ها به اقبال جدی آزمایشگاه های بل به فناوری نانو در چند سال اخیر برمی گردد. در پاییز ۲۰۰۴ لوسنت (Lucent)، شرکت مادر آزمایشگاه های بل، با همکاری دولت محلی و مؤسسه فناوری ایالت نیوجرسی به دنبال فراهم نمودن مقدمات تأسیس کنسرسیوم فناوری نانو در این ایالت بود.

ایده لوسنت این بود که خدمات پژوهش، توسعه و مدل‌سازی اولیه این شرکت، از طریق این کنسرسیوم در اختیار متخصصان فناوری نانو در صنایع، دانشگاه‌ها و سازمان‌های دولتی قرار گیرد. دیوید بیشاپ Bishop David معاون پژوهش‌های فناوری نانو در آزمایشگاه‌های بل، برگزاری همایش‌هایی را برای متخصصان این شرکت آغاز کرد تا آنها بدین وسیله ایده‌های خود را در مورد اینکه چگونه پژوهش‌هایشان می‌تواند کاربردهای جدیدی را برای اعضای کنسرسیوم یاد شده به وجود آورد با هم درمیان‌گذارند.

تام کروپنکین (Tom Krupenkin) که یکی از ارائه‌کنندگان این همایش‌ها بود، فعالیت‌هایی در مورد ریز عدسی‌های مایع که هم‌اکنون در تلفن‌های دوربین‌دار کاربرد دارند، انجام داده بود. این عدسی‌ها متشکل از قطرات ریزی هستند که قادرند شکل و خواص کانونی خود را در پاسخ به اعمال ولتاژ الکتریکی بر سطحی که با آن در تماسند، تغییر دهند. این سطوح که سطوح ترشونده الکتریکی نامیده می‌شوند، در پاسخ به اعمال ولتاژ الکتریکی، از سطوحی بسیار آب‌گریز (Superhydrophobic) به سطوحی آب‌دوست (Hydrophilic) تبدیل می‌شوند.

آب‌گریزی شدید همان خاصیتی است که لغزیدن قطرات باران از پرهای مرغابی و برگ‌های نیلوفر آبی را سبب شده و در نتیجه مانع از خیس شدن این سطوح می‌شود. قطرات مایع به دلیل وجود کشش سطحی، تمایل به گلوله‌شدن دارند اما با اعمال نیروی جاذبه از سطحی که بر روی آن قرار دارند، به سرعت پخش می‌شوند. آب بر روی چنین سطوح آب‌دوستی مانند شیشه پخش می‌شود، اما بر روی سطوح آب‌گریز کاملاً به شکل گلوله درآمده و به هیچ وجه تعاملی با این سطوح ندارد. کروپنکین بر اساس رفتار قطرات کوچک مایع بر روی سطوح آب‌گریز، چنین استدلال کرد که ترشدگی الکتریکی (الکترووِتینگ) را می‌توان برای کنترل واکنش‌های شیمیایی به خدمت گرفت. او

طرحی را شامل چند ردیف از ستون‌های بسیار آب‌گریز با قطر نانومتری که خاصیت ترشدگی الکتریکی (الکتروویننگ) هم داشتند، ترسیم نمود. این ستون‌ها در زیر میکروسکوپ به منطقه‌ای از نانوسبزه‌های یکنواخت بریده شده، شباهت داشتند. این نانوسبزه‌ها را می‌توان بوسیله روش‌های معمول در صنایع میکروالکترونیک به وجود آورد. دانشمندان با اعمال ولتاژ بر روی مایع قرار گرفته بر روی این ستون‌ها، قادرند واکنشی را به وجود آورند که آب‌گریز شدن آنها را به دنبال داشته باشد. در نتیجه این تغییر وضعیت، قطرات مایع در حد فاصل بین نانوستون‌ها به سمت پایین نفوذ خواهند کرد. بنابراین این مایع قادر خواهد بود که با هر



نانوسبزه ای متشکل از ستون‌هایی با قطر ۳۰۰ نانومتر. ایده ای کاملاً جدید در مورد باتری‌ها. این ساختارها تا موقع راه اندازی و استفاده از باتری، مایع الکترولیت را بالای نانوسبزه نگاه می‌دارد.

ترکیبی که در انتهای ستون‌ها قرار می‌گیرد، وارد واکنش شود. کروپنکین از این موضوع نتیجه گرفت که این مایع را می‌توان برای تولید انرژی در نانوباتری‌ها به خدمت گرفت.

باتری‌ها اساساً رآکتورهای شیمیایی هستند. یک باتری یکبارمصرف از دو الکترود غوطه‌ور در مایع

الکترولیت، یکی آند و دیگری کاتد تشکیل شده است. ترکیبات موجود در هر دو الکتروود از طریق الکترولیت با هم واکنش می دهند تا الکترون و جریان الکتریکی تولید کنند. اما مشکل اینجاست که این واکنش ها زمانی که باتری به وسیله ای وصل نیست و بلااستفاده است، نیز رخ می دهند. یک باتری متوسط در هر سال ۷ تا ۱۰ درصد انرژی خود را زمانی که از آن استفاده نمی شود، از دست می دهد . در باتری های موسوم به باتری های ذخیره، برای جدانمودن الکترولیت از الکتروودها در زمان غیرفعال بودن آنها، از موانعی فیزیکی استفاده می شود. این کار از انجام واکنش های شدید الکتروشیمیایی که منجر به آزاد شدن انرژی زیاد می شود، جلوگیری می کند. مشکل مکانیکی این جداسازی، بزرگ و زمخت شدن باتری هاست؛ در نتیجه از آنها عمدتاً در موقعیت های اضطراری نظیر واحدهای مراقبت ویژه یا اتاق عمل بیمارستان ها یا مصارف نظامی نظیر دوربین های دید در شب یا روشن سازی لیزری، می توان استفاده کرد. به کارگیری نانوسبزه ها، کوچک تر کردن باتری های ذخیره را نیز بسیار آسان تر می کند. بر اساس توضیحات کروپنکین، دانشمندان قادرند باتری هایی را طراحی کنند که در آنها به جای اینکه کلیه مواد شیمیایی در آن واحد واکنش کنند، فقط بخشی از میدان نانوسبزه ها فعال شده و در واکنش شرکت نمایند.

آزمایشگاه های بل، بازاریابی و فروش ایده نانوسبزه را آغاز کرده است. بیشاپ می گوید لوسنت گرچه یک شرکت تولید باتری نیست اما می خواهد که آن را متحول کند. در همایشی که در اواخر سال ۲۰۰۳ برگزار شد، مسئولین شرکت ام فاز (mPhase) مطلبی که لوسنت در مورد باتری های مبتنی بر فناوری نانو ارائه داد را شنیدند. استیو سیمون (Steve Simon) معاون اجرایی مدیریت مهندسی، پژوهش و توسعه این شرکت از آن روز چنین یاد می کند: ”ما اتاق را ترک کردیم و گفتیم خدای بزرگ!، ایده تکان دهنده ای بود.“ در آن زمان ام فاز یک شرکت تولید کننده تجهیزات خطوط مشترک دیجیتال (DSL)

ویدئویی) و باند عریض خانگی بود.

گسترش سریع بازار سخت‌افزارهای مخابراتی، ران دوراندو (Ron Durando)، رئیس هیئت مدیره ام‌فاز، را بر آن داشت که این شرکت را به یک تأمین‌کننده فناوری نانو مبدل کند. او به ویژه تولید وسیله‌ای را مدنظر داشت که توسعه آن مدت زیادی طول نکشد، کاربردهای پزشکی نداشته باشد تا برای تکمیل آن منتظر جواب آزمایش‌های بالینی نماند و در نهایت در خدمت بازاری نظامی باشد که تامین هزینه‌های زیاد تجهیزات فناوری نانو را در مراحل اولیه تولید، تقبل کند. به عقیده سیمون نانوباتری‌ها هر سه ویژگی فوق را دارا هستند.

۲-۳-۷-۲- طرح یک نانوباتری

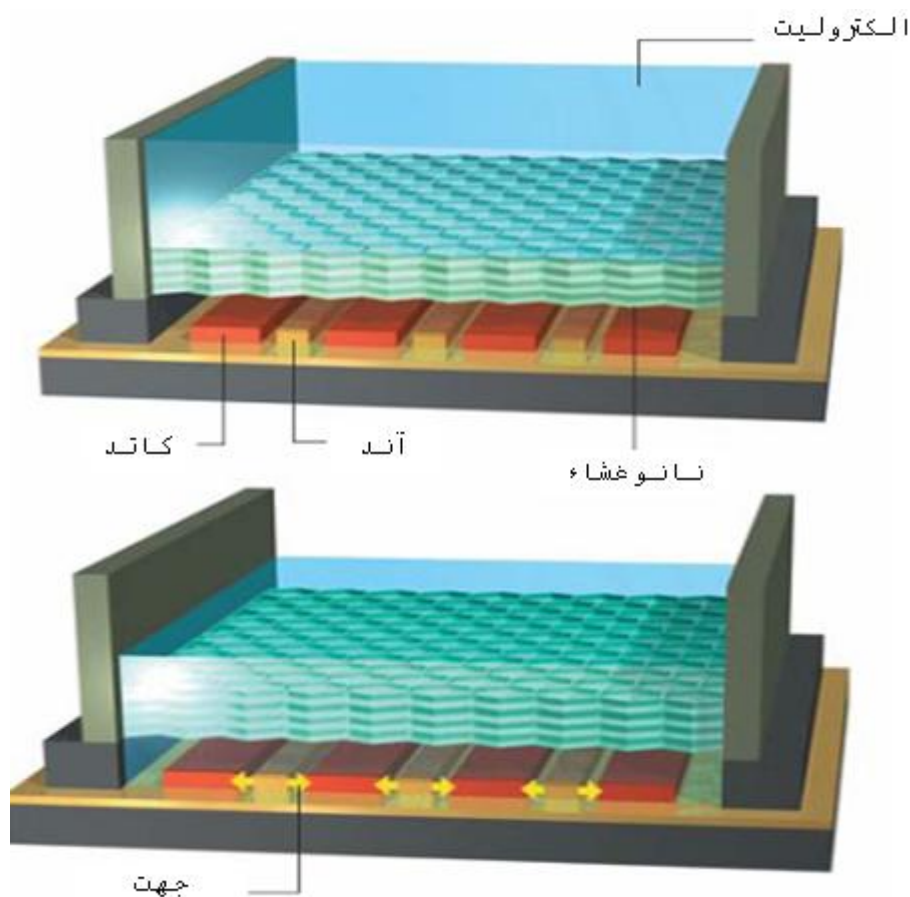
نانوغشای آزمایشی ساخته شده شرکت ام‌فاز و آزمایشگاه‌های بل، الکترولیت را از الکترودهای مثبت و منفی (آند و کاتد) جدا می‌کند. این کار افزایش عمر باتری را به دنبال دارد. وقتی که از باتری استفاده نمی‌شود آند روی و کاتد دی‌اکسید منگنز به صورت قطعه‌های مجزا از هم در کف باتری قرار دارند. در بالای آنها یک غشای لانه زنبوری حفره دار از جنس سیلیکون قرار دارد که با لایه‌ای از دی‌اکسید سیلیکون و پلیمر فلئوئورکربن پوشیده شده و بالای این غشاء محلول الکترولیت کلرید روی قرار گرفته است. در هنگام استفاده از باتری الکترولیت از غشای لانه زنبوری نفوذ کرده و قطعه‌های آند و کاتد را در برمی‌گیرد، به محض برقرار شدن ارتباط بین آن‌ها و کاتدها به وسیله مایع الکترولیت، واکنش‌های بین آنها برای تولید الکتریسیته آغاز می‌شوند.

در مارس ۲۰۰۴، ام‌فاز توافق‌نامه توسعه مشترکی را برای تولید تجاری نانوباتری‌ها با لوسنت به امضا رسانید. در حالی که این شرکت به دنبال تحقیق در این مورد بود که مشتریان بالقوه این باتری‌ها، برای تولید وسایل و تجهیزات سودآور چه انتظاراتی دارند، شرکت لوسنت این فناوری را در عوض دریافت

حق امتیاز، اجازه استفاده از یک اتاق تمیز به ارزش ۴۵۰ میلیون دلار (اتاق تمیز محیطی عاری از هرگونه باکتری و گرد غبار است که از آن در تولید تجهیزات دقیق و حساس الکترونیکی و هوا فضا استفاده می‌شود. م) و دسترسی به دانشمندی با سالها تجربه در زمینه ساخت و تولید سیلیکون، به ام فاز واگذار نمود.

۲-۳-۷-۳- شروع به کار

تا سپتامبر ۲۰۰۴، دانشمندان برای تولید جریان الکتریسته در آزمایشگاه‌هایشان تنها یک الگوی عملیاتی در اختیار داشتند. این گروه برای دستیابی به نمونه اولیه این الگو، مجبور بودند ستون‌های سیلیکونی با قطر تقریبی ۳۰۰ نانومتر و فواصلی به اندازه دو میکرون، به وجود آورند. آنان برای تولید



الکتریسیته، همان ترکیباتی را به کار گرفتند که در باتری‌های قلیایی معمولی وجود دارند، یعنی فلز روی به عنوان آند و دی اکسید منگنز به عنوان کاتد. بستر سیلیکونی که این ستون‌ها روی آن قرار می‌گرفتند با فلز روی و خود ستون‌ها نیز با دی اکسید سیلیکون پوشیده شده بودند. این کار به پژوهشگران مکان می‌داد که ولتاژ باتری را کنترل نمایند. سرِ نانوستون‌ها نیز با لایه‌ای از مواد فلئوئورکربن شبیه تفلون پوشیده شده بود. این کار باعث می‌شد که این ستون‌ها از خود رفتار ترشدگی الکتریکی (الکترووتینگ) نشان دهند.

کروپنکین تأکید می‌کند که انجام چنین کارهایی که ساده به نظر می‌رسند، در عمل مشکل است. نشاندن فلز روی فقط در قسمت کف باتری، اشکالات بزرگی را یکی پس از دیگری سبب می‌شد. دانشمندان معمولاً برای نشاندن این فلز در این مکان‌های به خصوص از فرایند آبکاری الکتریکی (Electroplating) استفاده می‌کنند. اما این فرایند در مورد اکسیدهایی مانند دی اکسید سیلیکون موجود در تجهیزات مبتنی بر نانوسبزه، کارایی ندارد. بنابراین باید روشی ابداع نمود که بستر سیلیکونی را عاری از دی اکسید سیلیکون کرده، امکان نشاندن فلز روی را بر آن فراهم کند و در عین حال سیلیکون موجود در پوشش ستون‌ها، دست نخورده باقی بماند. راه حل عبارت بود از پوشاندن بستر سیلیکونی و ستون‌ها با این اکسید به طوری که لایه پوشش بستر، نازک‌ترین حالت ممکن را داشته باشد. این اکسید با استفاده از گاز یونیزه شده طوری از تمامی قسمت‌های باتری زدوده می‌شد که ستون‌های حاوی این اکسید و کف باتری عاری از آن باشد.

چون هنوز هم نمی‌شد آبکاری الکتریکی را روی سطوح سیلیکونی انجام داد، پژوهشگران با استفاده از روش‌های شیمیایی تر (wet-chemistry)، کف باتری را با لایه‌ای از فلزات نیکل و تیتانیوم به عنوان لایه بذری (Seed Layer) پوشش دادند. وجود این فلزات باعث می‌شود که فلز روی در حین

آبکاری الکتریکی بر روی این سطح بچسبد. نشاندن فلز روی به طور یکنواخت انجام شد به طوری که حتی برجستگی‌های کوچک این فلز نیز در هیچ مکانی از کف باتری به وجود نیامد و انجام سعی و خطاهای پرزحمت برای تغییر درجه حرارت، شدت جریان الکتریکی و غلظت مواد شیمیایی تا رسیدن به وضعیت مطلوب، لازم نباشد. سیمون خاطرنشان می‌کند: "وقتی برمی‌گردم و به گذشته نگاه می‌کنم شگفت زده می‌شوم، انجام این کار فقط یکسال طول کشید".

بعد از اینکه دانشمندان به نمونه اولیه‌ای از نانوباتری‌ها که به درستی عمل می‌کرد دست یافتند، به گفت‌وگو با مشتریان بالقوه آن پرداختند. این بحث‌ها رشد سریع این باتری‌ها را به دنبال داشت. طرح اولیه شبیه به یک ساندویچ بود؛ به طوری که کاتد در بالا، محلول الکترولیت کلرید روی در وسط، نانوسبزه‌ها در زیر الکترولیت و آند در کف باتری قرار داشتند. مقامات رسمی آزمایشگاه پژوهشی ارتش آمریکا در آدلفی مریلند در مورد اینکه شاید تماس مستقیم بین الکترولیت و هریک از الکترودها به بروز واکنش‌های شیمیایی ناخواسته منجر شود، ابراز نگرانی کردند. بعد از بازنگری طرح اولیه، الکترولیت در بالا، کاتد و آند به صورت قطعه‌های جدای از هم در کف، و یک غشای نانوسیلیکونی در وسط باتری قرار داده شد. در این صورت وقتی باتری به کار می‌افتد، الکترولیت از این غشا نفوذ کرده و الکترودها را در برگیرد.

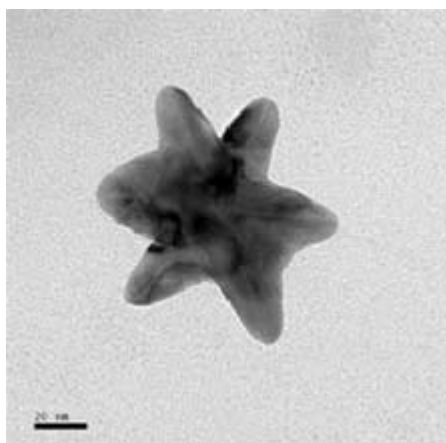
گروه دانشمندان، در ابتدا برای جدا کردن الکترولیت از آند، از نانوستون‌ها استفاده کردند، چون در این صورت ستون‌ها حداقل فضای ممکن را اشغال کرده، فضای کافی بیشتری برای انجام واکنش بین الکترودها به وجود می‌آمد. اما مشکل بودن طراحی و ساخت باتری‌های نانوستونی، آنان را بر آن داشت که به جای این کار، از غشای لانه زنبوری استفاده کنند. ساخت غشای ترشونده الکتریکی با حفره‌های ۲۰ میکرونی و دیواره‌های نازک و شکننده‌ای با پهنای ۶۰۰ نانومتر هم مشکل بزرگی بود. در ابتدا

دانشمندان برای زدودن پوشش دی اکسید سیلیکون از ساختار ظریف لانه زنبوری، از نوعی پلازما استفاده کردند. سپس دی اکسید سیلیکون را در کوره‌هایی مملو از اکسیژن و دمای تا ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد، بر روی دیواره‌های لُخت و بدون پوشش حفره‌های غشا نشانده، سرانجام کل غشای لانه زنبوری را با فلورکربن پوشش دادند.

پژوهشگران نمونه‌های اولیه این طرح بازنگاری شده را در اکتبر ۲۰۰۵ تولید کردند. یکی از بزرگ‌ترین مزایای این نمونه آن بود که آنها را هر زمان که نیاز به آزمایش ترکیب جدیدی از کاتد و آند احساس می‌شد از انجام کار پر زحمت یافتن شرایط دقیق لازم برای نشان دادن یک لایه آندی بکنواخت در وسط جنگل نانوستون‌ها، بی‌نیاز می‌کرد. در عوض آنها می‌توانستند به سادگی تکه‌های الکتروود را بر روی هر نوع سطحی قرار دهند. به گفته سیمون در همان زمان، تجارب کسب شده از آبخاری الکترونیکی به آنها کمک کرد که کار ساخت تکه‌های موردنظر را راحت‌تر انجام دهند. آزمایشگاه‌های بل و ام‌فاز هم اکنون در حال همکاری با دانشگاه روتگرز در زمینه بررسی ویژگی‌های شیمیایی نوعی باتری لیتیومی هستند که در دوربین‌های دیجیتالی و دستگاه‌های تلفن همراه کاربرد دارد. نانوباتری‌ها شاید به پیدایش منابع انرژی‌ای که به محیط زیست آسیب کمتری می‌رساند منجر شوند؛ به این دلیل که این منابع، حاوی ترکیباتی با ویژگی محبوس سازی الکترولیت هستند. به گفته کروپنکین در صورت استفاده از این باتری‌ها، از نفوذ الکترولیت به زمین، یا نشت آن به روی سربازان وقتی که مورد اصابت گلوله قرار می‌گیرند، جلوگیری خواهد شد. سیمون می‌افزاید به جای سیلیکون از نانو ساختارهای پلاستیکی هم می‌توان استفاده و راه را برای ظهور نانوباتری‌های انعطاف پذیر هموار کرد. به عقیده کروپنکین، دانشمندان به دنبال جایگزین نمودن باتری‌های یکبار مصرف معمولی با نانوباتری‌ها نیستند؛ زیرا تولید باتری‌های معمولی بسیار کم هزینه است؛ در عوض دانشمندان به دنبال کاربردهای

مخصوصاً نانوباتری‌ها هستند؛ مثلاً حسگرهایی که از هواپیماهای نظامی پرتاب می‌شوند و شاید در طول عمر خود فقط یک یا دو بار از فرستنده‌های رادیویی خود برای اعلام حضور مواد مزاحم مثل مواد سمی و تشعشعات، استفاده کنند. کروپنکین توضیح می‌دهد که این حسگرها اگر چیزی جالبی پیدا نکنند طبعاً چیزی برای مخابره کردن نخواهند داشت ولی اگر چیزی را حس کنند، برای مخابره و اعلام خطر آن به انرژی زیادی نیاز خواهند داشت. در عوض، این انرژی اضافی را می‌توان برای مخابره اطلاعات در مسافت‌های بیشتر توسط تجهیزاتی که تغییرات محیطی را پایش می‌کنند، به کار گرفت، در نتیجه تعداد حسگرهای مورد نیاز را کاهش داد. از باتری‌های ذخیره اضطراری می‌توان در اعضای پیوندی، دستگاه‌های تلفن همراه، و قلاده‌های مخابره امواج رادیویی مخصوص حیوانات اهلی نیز استفاده کرد. پژوهشگران، ساخت مدل قابل شارژی از این نانوباتری‌ها را نیز مدنظر قرار داده‌اند. یک پالس جریان الکتریکی می‌تواند در سرتاسر یک نانوباتری تخلیه شده حرکت کرده و موجب گرم شدن سطحی که الکترولیت روی آن قرار گرفته، شود. در نتیجه لایه نازکی از این مایع بخار شده و قطراتی از آن به نانو ساختار برمی‌گردد. کروپنکین معتقد است که حصول به این هدف به طور نظری ممکن ولی در عمل دور از دسترس است. شرکت انتظار دارد که ظرف دو یا سه سال آینده نمونه‌هایی از این نانوباتری‌های قابل شارژ را برای اولین نوع وفق دهنده‌ها (آداپتورها)، تولید کند. نانوباتری‌ها سرانجام نشان خواهند داد که چگونه منابع انرژی پا به پای انقلاب کوچک سازی که چند دهه است دیگر صنایع الکترونیکی را به دنبال خود می‌کشد، حرکت می‌کنند.

۲-۳-۸- نانوستاره‌ها؛ حسگرهای بسیار حساس



تحقیقات نوری جدید آزمایشگاه نانوفوتونیک (LANP)

دانشگاه ریس نشان می‌دهد که ذرات بسیار ریز طلا موسوم به نانوستاره‌ها می‌توانند مانند حسگرهای بسیار قوی عمل کنند.

نانوفوتونیک یکی از زمینه‌های مطالعاتی است که به سرعت در حال رشد است و به بررسی روش‌های تولید و دستکاری نور با استفاده از ساختارهای طراحی شده بسیار کوچک می‌پردازد. نانوستاره‌ها که به دلیل سطح تیز و گوشه دار خود به این نام مشهورند از ذراتی هستند که توجه به آنها در حال رشد است و به طور فزاینده‌ای توجه کارشناسان در LANP و سایر آزمایشگاه‌های فوتونیک را به خود جلب کرده‌اند.

Jason Hafner سرگروه تیم تحقیقاتی LANP و استادیار فیزیک، نجوم و شیمی دانشگاه Rice در این باره می‌گوید: هر چند در گذشته توجه عموم پژوهشگران فقط بر روی اندازه ذرات بود چرا که تغییر اندازه تنها راه مستقیم تغییر طول موج نوری بود که با یک ذره برهمکنش می‌کرد. اما امروز محققان شدیداً به مطالعه اشکال پیچیده و روش‌های ویژه‌ای علاقه‌مند شده‌اند، که این اشکال بر برهمکنش نور یا یک ذره تأثیر می‌گذارند.

بیشتر تحقیقات نانوفوتونیک در LANP شامل مطالعه پلاسمون‌ها- موج‌های الکترونی که شبیه یک سیال اطراف سطوح فلزی جریان می‌یابند- می‌شوند. نور می‌تواند برای تقویت موج‌های پلاسمون بر روی نانوذرات فلزی مورد استفاده قرار گیرد. پلاسمون‌های روی ذرات به طور چشمگیری به وسیله طول موج‌های نوری که با آهنگ موج‌های الکترونی متناسب باشد تقویت می‌شوند. مطالعه پلاسمونیک نیز

یکی از زمینه‌های در حال رشد در فوتونیک است که می‌تواند در بسیاری از کاربردها در حسگرهای زیستی، میکروالکترونیک، شناسایی شیمیایی، فناوری پزشکی و ... مفید باشد. نانوستاره‌ها پاره‌ای از بهترین خواص ذرات فوتونیک مطالعه شده نظیر نانومیله‌ها و نقاط کوانتومی را به همراه دارند. برای مثال آنها پیک‌های طیفی قوی ایجاد می‌کنند که به آسانی با آشکارسازهای نسبتاً ارزان قابل شناسایی هستند. با وجود این، محققان LANP خواص بی‌نظیری را نیز کشف کرده‌اند. در نتیجه یک آنالیز مشکل روشن شد که هر زائده روی نانوستاره‌ها اثر طیفی یا امضای مخصوصی دارد. آزمایش‌های مقدماتی نشان می‌دهند که این امضاها می‌توانند برای تشخیص جهت‌گیری سه بعدی یک نانوستاره استفاده شوند و احتمالات جدیدی برای حسگرهای مولکولی سه بعدی به وجود آورند. Hafner می‌گوید: نانوستاره‌ها احتمالات هیجان‌آوری را ارائه می‌کنند. حساسیت فوق‌العاده زیاد آنها نسبت به یک محیط دی‌الکتریک موضعی، یک کیفیت بسیار جالب برای حسگرهای مولکولی است. این محققان نتایج کار خود را در مجله NanoLetters به چاپ رساندند.

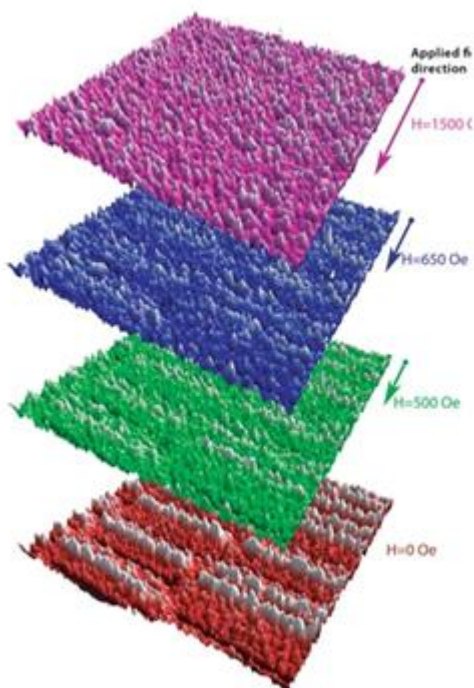
۲-۳-۹- پیل‌های خورشیدی سیلیکونی داری فیلتر برش ۳۵۰ نانومتری

حساس‌سازی جامدات نیمه‌هادی در پیل‌های الکتروشیمیایی می‌تواند در ساخت وسایل مؤثر برای انتقال انرژی خورشیدی بکار گرفته شود. فرآیند حساس‌سازی از طریق تزریق بار به نیمه‌هادی از حالت برانگیخته حساس‌کننده انجام می‌شود. حساس‌کننده‌ها شامل کمپلکس‌های فلزات واسطه، کلوئیدهای معدنی و یا حتی آلی می‌باشند. .

یک پیل خورشیدی شامل یک بدنه سیلیکونی است که بر روی سطح آن اتصالات فوتولتائیک

می‌باشد. یک روکش شفاف ضدانعکاس برای جلوگیری از بازتاب نور بر روی سطح کشیده می‌شود. یک فیلتر نیز به سطح زیرین روکش چسبانده می‌شود تا امواج و نور ماوراء بنفش ناحیه ۳۵۰ نانومتر و زیر آن را بازتابش دهد. علاوه بر اینها یک لایه جاذب نور بر روی لایه محافظ کشیده می‌شود تا تمام نوری عبوری از لایه ضدانعکاس فوقانی (زیر ۳۵۰ نانومتر) را جذب می‌کند. در این اختراع از یک روکش رنگی آلی برای حساس کردن لایه جاذب استفاده می‌شود. روکش آلی از طریق ۲ یا چند عامل اتصال دهنده به سطح نیمه‌هادی متصل می‌شود.

نیمه‌هادی ترجیحاً از جنس اکسید تیتانیوم و اتصالات پیوندی از اسیدهای کربوکسیلیک انتخاب می‌شوند تا از طریق زنجیره‌های آلکیلی به روکش متصل شوند. **مزایا:** در این اختراع یک پیل خورشیدی ساخته شده است که نورهای زیر ماوراء بنفش را جذب کرده و به زاویه تابش نور خورشید حساس هستند.



۳-۱۰- متغیر مدول میدان با

کاربردهای مغناطیسی در AFM

شرکت Asylum Research از

پیشگامان تولید میکروسکوپ‌های نیروی اتمی

از AFM دسترسی به متغیر مدول میدان (VFM)

جدید برای استفاده در سیستم AFP-3DTM

AFM خبر داد.

این VFM میدان مغناطیسی درون صفحه‌ای به اندازه بیش از ۲۰۰۰ ارستد و تفکیک کمتر از یک ارستد را به نمونه اعمال می‌کند. VFM برای استفاده در میکروسکوپ MFM، رسانایی و دیگر کاربردها که در آنها اعمال میدان به نمونه مهم است، مفید می‌باشد. VFM نوک‌های قطبی قابل تنظیمی دارد که اجازه کاهش یا افزایش حداکثر مقدار از میدان اعمال شده را فراهم می‌کند. این مدول از طرحی منحصر به فرد برخوردار است و در آن از آهن‌رباهایی از جنس عناصر خاکی کمیاب برای ایجاد میدان مغناطیسی استفاده شده است. لذا تغییر میدان در آنها هیچ گرما و یا جابه‌جایی ایجاد نمی‌کند. شدت میدان هم به آسانی از طریق فصل مشترک نرم قابل کنترل است.

۲-۳-۱۱- نانوسیم‌ها به عنوان نانوژنراتور

محققان موسسه فناوری جورجیا در آمریکا رشته‌هایی از نانوسیم‌های اکسید روی را برای تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی بکار برده‌اند. این روش در نهایت می‌تواند کاربردهایی در نانو حسگرهای درون بدن که خود نیروی لازم برای حرکت را بدست می‌آورند (خود-ران) داشته باشد. زونگ لینگ وانگ از موسسه جورجیا می‌گوید: "در حالی که نیاز به نانو حسگرها برای کاربردهای زیستی و دفاعی رو به افزایش است، تاکنون منابع نیروی نانومقیاس به بازار عرضه نشدند. بنابراین نوعی نوآوری در نانوفناوری برای تبدیل انرژی مکانیکی (مانند حرکت بدن و یا کشیده شدن ماهیچه‌ها و یا انرژی لرزشی و انرژی هیدرولیکی حاصل از حرکت مایعات بدن و جریان خون) به انرژی الکتریکی که برای نانو ابزارهای بدون باتری استفاده می‌شوند ضروری است." وانگ عقیده دارد نانوسیم‌ها می‌توانند اثر زیادی در کوچک کردن نانوسیستم‌های مجتمع با

کاهش اندازه مولدهای نیرو و بهبود کارآمدی و دانسیته نیرو داشته باشند. وانگ و همکارانش برای ایجاد یک نانومولد، با استفاده از فرایند بخار-مایع-جامد و با حضور ذرات کاتالیستی طلا، آرایه‌ای از نانوسیم‌های منظم اکسید روی را بر روی زیرلایه‌ای از جنس $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ایجاد کردند. نانوسیم‌ها ۲۰۰-۵۰۰ نانومتر طول داشتند و یک فیلم نازک ZnO بروی زیر لایه رشد یافت. سپس محققان از یک نوک میکروسکوپ نیروی اتمی برای خم کردن نانوسیم‌ها استفاده کردند. هنگامی که سیم‌ها از حالت خمیده خارج شده و دوباره صاف می‌شوند، تخلیه بار پیزوالکتریک در آنها موجب تولید ولتاژ می‌شود. بازده مولدها ۱۷-۳۰ درصد می‌باشد. وانگ می‌گوید: " این اولین نمونه‌ای است که نشان می‌دهد استفاده همزمان از خواص نیمه‌هادی و پیزوالکتریکی، کلیدی برای فرآیند تخلیه پیزوالکتریکی است." .

براساس گفته‌های وانگ این فناوری همچنین می‌تواند برای ساخت حسگرهای بی‌سیم و خود-ران با دریافت انرژی از محیط یا تولید برق از بدن استفاده شود. تصور کنید با قرار دادن این مولدها در کفش افراد با راه رفتن آنها برق تولید شده و نیاز آنها به باتری‌ها برای تامین برق ادوات الکترونیکی مرتفع شود. اکنون این تیم امیدوار است فناوری خود را به ساخت ادوات و سیستم‌های نانومتری خودران در سیستم‌های زیستی و ساخت مولدهای الکترونیکی با خروجی بالا برای مصارف پزشکی بسط دهد. محققان نتایج کار خود را در مجله Science گزارش دادند.

۲-۳-۱۲- ساخت نخستین سویچ الکترونیک نانو کربنی

یک گروه از فیزیک دانان دانشگاه کالیفرنیا واقع در سن دیه گو موفق به تهیه اولین سویچ الکترونیک شده‌اند که تمام آن از لوله‌های نانو از جنس کربن ساخته شده است. به نوشته نشریه علمی "نیچر" ویژه خواص مواد، "پرابهاکر بندورا" و همکارانش دریافتند جریانی که در دو مسیر یک سیم سه شاخه به شکل وای (Y) جریان می‌یابد با استفاده از ولتاژی که در شاخه سوم برقرار می‌شود قابل کنترل است و می‌توان آن را خاموش و روشن کرد. هرچند محققان هنوز بطور دقیق از نحوه انجام فرایند خاموش و روشن شدن و انتقال و عدم انتقال جریان آگاه نیستند، اما معتقدند می‌توان از این گونه سیمهای سه شاخه نانو کربنی به صورت مدارهای الکترونیک موسوم به "دروازه‌های منفی کننده" (NOTgates) استفاده به عمل آورد. این گونه دروازه‌ها جریان ورودی را معکوس می‌کنند. به اعتقاد این پژوهشگران امکان ساخت بقیه اجزای مداری و دروازه‌های منطقی دیگر نیز با این روش وجود دارد.

۲-۳-۱۳- حسگرهای مبتنی بر فناوری نانو؛ قابلیت‌ها، واقعیت‌ها، و کاربردها

نانوحسگرها و حسگرهای توانمند شده با فناوری نانو کاربردهای مختلفی در صنایع گوناگون مانند حمل و نقل، ارتباطات، ساخت و ساز و تسهیلات رفاهی، پزشکی، سلامتی، و دفاعی دارند. از میان این حسگرها می‌توان به حسگرهای نانوسیمی که مواد شیمیایی و زیستی را تشخیص می‌دهند، نانوحسگرهایی که در سلول‌های خونی قرار داده شده و بسیار سریع آسیب‌های ناشی از تشعشع را در فضاوردان تشخیص

می‌دهند و نانوپوسته‌هایی که تومورها را تشخیص داده و از بین می‌برند، اشاره کرد. اگر شما از حسگرها استفاده کرده یا آنها را تولید می‌کنید، احتمالاً کسب و کار شما اثر پیشرفت‌های فعلی و آینده فناوری نانو را احساس خواهد کرد. فناوری نانو ما را قادر می‌سازد تا از طریق کنترل مواد در مقیاس اتمی و مولکولی، مواد، ابزارها، و سیستم‌های مفیدی را تولید نموده، از ویژگی‌ها و پدیده‌های جدیدی بهره‌مند شویم. با توجه به وابستگی بیشتر حسگرهای شیمیایی، زیستی و فیزیکی، به برهمکنشی که در این سطح اتفاق می‌افتد، تأثیر فناوری نانو بر حسگرها روشن است. تمایل به مقیاس‌های کوچک‌تر با کوچک‌سازی روش‌های ماکرو و آغاز، و منجر به فناوری میکرو گردید که در حال حاضر کاملاً متداول شده است. فناوری‌های میکروالکترونیکی، نوری، و مکانیکی، همگی از مزایای حسگرهای کوچک‌تر، هوشمندتر و ارزان‌تری که نتیجه کار بر روی IC، فیبرهای نوری، ابزارهای نوری میکرووی دیگر و MEMS (سیستم‌های میکروالکترومکانیکی) بودند، بهره‌مند شدند. با پیشرفت کار به وسیله این واحدهای ساختمانی بسیار کوچک، میان فناوری نانو، فناوری زیستی و فناوری اطلاعات همگرایی به وجود آمده و از پیشرفت‌های هم بهره‌مند می‌شوند. اندازه کوچک‌تر منجر به وزن کمتر، مصرف انرژی پایین‌تر، حساسیت بیشتر و اختصاصی شدن می‌گردد و اینها تنها برخی از تأثیرات فناوری نانو بر حسگرها هستند.

نانوحسگرها و حسگرهای توانمند شده با فناوری نانو کاربردهای مختلفی در صنایع گوناگون مانند حمل و نقل، ارتباطات، ساخت و ساز و تسهیلات رفاهی، پزشکی، سلامتی، و ایمنی ملی (که شامل دفاع ملی و عملیات نظامی است) دارند. از میان این حسگرها می‌توان به حسگرهای نانوسیمی که مواد شیمیایی و زیستی را تشخیص می‌دهند، نانوحسگرهایی که در سلول‌های خونی قرار داده شده و بسیار سریع آسیب‌های ناشی از تشعشع را در فضانوردان تشخیص می‌دهند و نانوپوسته‌هایی که تومورها را تشخیص

داده و از بین می‌برند، اشاره کرد. بسیاری از شرکت‌های نوپا قبلاً در این زمینه شروع به فعالیت نموده و سعی دارند در این عرصه پیشتاز باشند. سرمایه‌گذاری در زمینه فناوری نانو بین سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۳ به میزان ۵ برابر افزایش یافت و این روند رو به رشد همچنان ادامه دارد. بنابراین اکنون زمان مناسبی است تا قابلیت‌ها و محدودیت‌های این دنیای کوچک را ارزیابی نماییم.

۲-۳-۱-۱۳-۱- قابلیت‌ها

علاقه‌مندی جهانی به فناوری نانو نتیجه پیشرفت‌های ایجاد شده در اواخر قرن بیستم است. از مهم‌ترین این پیشرفت‌ها می‌توان به توانایی دستکاری اتم‌های منفرد به شکلی کنترل شده (نوعی ساختمان‌سازی با اتم‌ها) توسط روش‌هایی مانند میکروسکوپ روبشی پیمایشگر اشاره کرد. مانند موفقیت اولیه در تولید مقادیر قابل توجهی از نانوذرات نقره و طلا و کشف خواص مفید و جدید مواد و ابزارها در مقیاس اتمی و مولکولی (که بخشی از این امر به دلیل اثرات سطحی و کوانتومی است) به این امر کمک کرد. عامل دیگر، تولید نانولوله‌های کربنی (CNTs) بود که استوانه‌هایی بسیار نازک و توخالی از اتم‌های کربن می‌باشند. هر دو نوع نانولوله‌های تک دیواره و چند دیواره می‌توانند در انتهای خود عامل دار شده و به عنوان حسگر زیستی برای تشخیص DNA یا پروتئین به کار می‌روند. نانولوله‌های تک دیواره می‌توانند ساختارهای هندسی مختلفی داشته باشند. یک نانولوله کربنی بسته به جهت گیری دقیق اتم‌های کربن می‌تواند هادی (فلزی) یا نیمه‌هادی باشد. این ویژگی همراه با قابلیت رشد دادن نانولوله‌ها در موقعیت‌های مشخص و سپس دستکاری آنها این احتمال را ایجاد می‌کنند که بتوان از این نانولوله‌ها در ابزارهای الکترونیکی و حسگرها استفاده کرد. به عنوان مثال می‌توان از آنها به شکل منفرد یا آرایه‌ای در ساخت ترانزیستورهای اثر میدان نانومقیاس برای الکترونیک، یا به عنوان روبشگرهای منطقی برای حسگرها استفاده کرد.

فناوری‌های یکپارچه روبه‌رشد: فناوری‌های مرتبط با مواد، ابزارها و سیستم‌ها که زمانی نسبتاً جدا از هم بودند، در حال حاضر به صورت یکپارچه درآمده‌اند. ابتدا ترانزیستورها به شکل IC درآمدند. سپس ابزارهای میکرونوری با میکرومکانیک باهم مجتمع شده و PCBها را به وجود آوردند. استفاده از تراشه‌های flip (زمانی که تراشه یک بسته است)، و قرار دادن اجزای تابع درون PCBها باعث شده است که مرزهای مابین ابزارها و سیستم‌ها در حال کمرنگ شدن باشد. سطح بالای یکپارچگی ایجاد شده توسط فناوری نانو موجب تبدیل اساسی مواد بسیار هوشمند، ابزار و احتمالاً سیستم‌ها شده است. لاری باک مدیر اجرایی شرکت نانوسیس (Nanosys) اخیراً اظهار کرده است که فناوری نانو پیچیدگی‌ها را از سیستم‌ها بیرون آورده و به درون مواد منتقل کرده است.

حال ما می‌توانیم به طور جدی در مورد حس کردن برهمکنش مابین تعداد کمی از مولکول‌ها، پردازش و انتقال داده‌ها توسط تعداد کمی از الکترون‌ها و ذخیره‌سازی اطلاعات در ساختارهای نانومقیاس بیاندیشیم. فلورسانس و دیگر ابزارهای تشخیص مولکول‌های منفرد توسعه یافته‌اند. IBM و شرکت‌های دیگر بر روی نوعی سیستم‌های ذخیره‌سازی اطلاعاتی کار می‌کنند که از روبشگرهای نزدیک به مبدأ برای ایجاد و خواندن برجستگی‌های نانومقیاس روی پلیمرها استفاده کند. این سیستم‌ها می‌توانند اطلاعات را با دانسیته حدود 1×10^{12} بیت بر اینچ مربع نوشته و بخوانند؛ این دانسیته از حافظه‌های مغناطیسی موجود بسیار بیشتر است. با وجودی که یکپارچه‌سازی فناوری‌های نانومقیاس چالش‌های اساسی به وجود می‌آورد، اما می‌تواند منجر به تولید حسگرهای کوچک، کم مصرف و هوشمندی شود که با قیمت ارزان و به تعداد زیاد قابل تولید هستند. این حسگرها می‌توانند در زمینه حسگری مواد ساختاری به شکل درجا (in situ)، فراوانی حسگرها در سیستم‌ها و ساختارهایی همچون ماهواره‌ها و ایستگاه‌های فضایی که با محدودیت اندازه و وزن مواجه هستند، کاربرد داشته باشد.

نانومواد و نانو ساختارها زمینه‌های کاربردی دیگر می‌باشند. برای بسیاری از حسگرها، مخصوصاً آنهایی که برای شناسایی ترکیبات شیمیایی و مواد زیستی استفاده می‌شوند، دو عملکرد جدا از هم وجود دارد: اول، شناسایی مولکول یا هر چیز مورد نظر دیگر؛ و دوم، تبدیل این شناسایی به سیگنال مفید. فناوری نانو ما را قادر می‌سازد حسگرهایی طراحی نماییم که بسیار کوچک‌تر، کم مصرف‌تر و حساس‌تر از میکرو یا ماکرو حسگرهای موجود می‌باشند. بنابراین به کارگیری این نوع از حسگرها بسیار مفیدتر از MEMS یا میکرو حسگرهای دیگر خواهد بود.

پیشرفت‌های تولید: پیشرفت‌های اخیر در زمینه فرایندهای تولید بالا به پایین موجب تسریع رشد فناوری‌های میکرو و نانو شده است. سازندگان ICهای پیشرفته، از لیتوگرافی، حکاکی و لایه‌نشانی برای ایجاد ساختارهای دلخواه بر روی ماده‌ای همچون سیلیکون استفاده می‌کنند. میکروالکترونیک‌های معمولی در حال رسیدن به مقیاس نانو هستند. عرض خطوط بر روی تراشه‌ها که نزدیک ۱۰۰ نانومتر بوده، در حال کم شدن است. ابزارهای MEMS با فرایندهای بالا به پایین مشابهی ساخته می‌شوند. با کوچک شدن ابعاد، این فرآیندها می‌توانند برای تولید اجزای نانومقیاس مختلفی به کار روند. در عرصه نانو، از روش‌های پایین به بالای مختلفی برای ایجاد ساختارهای مفید از اتم‌ها و مولکول‌ها استفاده می‌شود. در شرایط مناسب، اتم‌ها، مولکول‌ها و ساختارهای بزرگ‌تر می‌توانند خود را آرایش دهند. در غیر این صورت، آرایش مستقیم به کار می‌رود.

ترکیبی از فرآیندهای بالا به پایین و پایین به بالای نانومقیاس، ابزارهای مختلفی را در اختیار طراحان مواد و ابزارها قرار می‌دهد. همچنین طراحان می‌توانند برای توسعه سیستم‌های حسگری جدید، فناوری‌های نانو و میکرو را با هم ادغام نمایند.

طراحی محاسباتی: ابزارهای جدیدی همانند سینکروترون اشعه ایکس و رزونانس مغناطیسی هسته، که

اخيراً توسعه یافته‌اند، ساختارهای اتمی بسیاری از ترکیبات پیچیده را روشن نموده‌اند. اما این دانش کافی نیست؛ ما نیاز داریم که برهمکنش‌های بین اتم‌ها و مولکول‌ها، و برخی مواقع مراحل تبدیل به سیگنال در حسگرها را درک کنیم. وجود رایانه‌ها و الگوریتم‌های قدرتمند برای شبیه‌سازی برهمکنش‌های نانومقیاس به این معنی است که می‌توانیم نانوحسگرها را نه فقط به صورت تجربی، بلکه به صورت محاسباتی طراحی نماییم. این کار با استفاده از کدهای دینامیک مولکولی و محاسباتی که به ابزارهای اساسی تبدیل شده‌اند، صورت می‌گیرد.

۲-۳-۱۳-۲- واقعیت‌ها

با وجودی که فناوری نانو و کاربردهای احتمالی آن در آینده به خوبی شناخته شده‌اند، توسعه و یکپارچه‌سازی نانوحسگرها باید جزء واقعیت‌هایی به حساب آید که فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی، مهندسی، و تجارت به ایجاد آن کمک کرده‌اند. به عنوان مثال، با هماهنگ شدن فناوری‌های نانو با سیستم‌های ماکرومقیاس، باید جریان ماده، انرژی و اطلاعات بین مقیاس‌های نانو و ماکرو ایجاد و کنترل شود.

مشکلات معمول طراحی:

بسیاری از مسائلی که در طراحی نانوحسگرها باید مورد توجه قرار گیرند (مانند مسائل مربوط به سطوح تماس، پخش گرما و حل مشکلات مربوط به پارازیت‌های الکتریکی و مکانیکی)، مشابه مسائل میکرو حسگرها می‌باشند. هر سطح تماسی در یک میکروسیستم به مفهوم انتقال ناخواسته الکتریکی، مکانیکی، دمایی و احتمالاً شیمیایی، صوتی و نوری است. برای حل مشکلات مربوط به مولکول‌ها و سیگنال‌های ناخواسته در سیستم‌های بسیار کوچک، همچنین برای کاهش پارازیت دمایی پایین نیاز به

تجهیزات فرعی می‌باشد. در حسگرهای شیمیایی و زیستی که گاز یا مایع وارد سیستم و سپس از آن خارج می‌شود، کنترل میزان جریان، بسیار حیاتی است. به علاوه، سطوح حساس و مناسب این حسگرها مستعد تجزیه توسط مواد خارجی، گرما و سرما می‌باشند. اما امکان نصب تعداد بسیار زیادی از این حسگرها در یک فضای کوچک موجب می‌شود که بتوانیم از عملکرد نامناسب برخی از این حسگرها صرف نظر کرده و سیستم را دارای عمر طولانی بدانیم.

خطرات و مسائل اقتصادی:

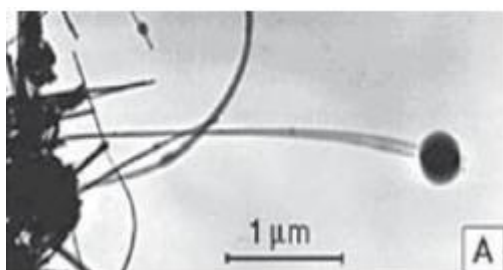
طی مسیر از تحقیقات به مهندسی، تولید محصول، درآمد، سود و عملکرد اقتصادی پایا، که برای فناوری‌ها در هر مقیاسی مشکل است، برای فناوری نانو به شکل ویژه‌ای چالش‌زاست. یکی از عوامل اصلی این کار، نداشتن تمایل سیستم‌های پر ارزش به استفاده از فناوری‌های جدید است. مشکل دیگر این است که در حال حاضر تولید بسیاری از مواد نانومقیاس در سطح انبوه مشکل بوده، در نتیجه قیمت واحد هر محصول افزایش یافته و بازار آن محدود می‌شود. هزینه‌ها در طول زمان کاهش خواهد یافت، اما برای شرکت‌های کوچک بسیار سخت است که تا قبل از برخوردن به مشکل، به سود برسند.

۲-۳-۱۳-۳- کاربردها

حسگرهایی که صرفاً مبتنی بر علم نانو باشند بسیار کم می‌باشند و توسعه حسگرهایی که با نانو توانمند می‌شوند، در مراحل اولیه خود می‌باشد؛ اما می‌توان برخی ابزارها و کاربردها را از قبل پیش‌بینی کرد. در برخی تلاش‌های اولیه، تمرکز بر روی توسعه حسگرهای مربوط به خصوصیات فیزیکی بوده است، اما کاربرد اصلی فناوری نانو، در حسگرهای شیمیایی و زیستی و برای مسائل مربوط به سلامتی،

پزشکی و اهداف دیگر است. اخیراً Cullum، Vo-Dinh، و Stokes مطالعه‌ای در زمینه نانوحسگرها و تراشه‌های زیستی برای تشخیص مولکول‌های زیستی انجام داده‌اند.

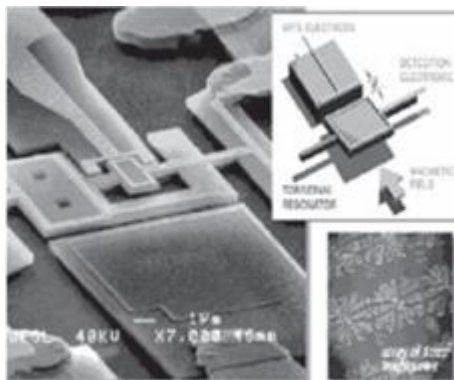
حسگرهای فیزیکی: گروهی از محققان مؤسسه فناوری جورجیا به رهبری Walter De Heer با استفاده از ویژگی‌های منحصر به فرد الکتریکی و مکانیکی نانولوله‌ها، موفق به ساخت کوچک‌ترین ترازوی دنیا شده‌اند (شکل ۱). آنها یک ذره کوچک را به انتهای یک نانولوله کربنی سوار و به سر دیگر آن، یک بار الکتریکی اعمال نمودند. نانولوله کربنی شبیه یک فنر قوی و انعطاف‌پذیر عمل نموده و بدون شکستن شروع به نوسان کرد. جرم ذره از تغییرات ایجاد شده در فرکانس ارتعاشی نانولوله، همراه و بدون ذره، محاسبه گردید. ممکن است بتوان از این روش برای اندازه‌گیری جرم تک‌مولکول‌های زیستی استفاده کرد.



شکل ۱- جرم کره کربنی، فرکانس ارتعاش نانولوله‌ای را که به آن متصل است، تغییر می‌دهد.

الکترومترها: محققان مؤسسه فناوری کالیفرنیا گزارش نموده‌اند که توانسته‌اند یک الکترومتر مکانیکی زیرمیکرونی بسازند و خصوصیات آن را تغییر دهند.

این ابزار (شکل ۲) نسبت به بار کمتر از یک الکترون در واحد پهنای باند (حدود 0.1 الکترون بر هرتز در 2.61 مگاهرتز) حساس می‌باشد که بهتر از مقدار مشابه آن برای جدیدترین ابزارهای نیمه‌هادی است.



شکل ۲- یک الکترومتر نانومقیاس از یک ارتعاش کننده مکانیکی پیچشی، یک الکتروود شناساگر و یک الکتروود ورودی برای اتصال بار به عنصر مکانیکی تشکیل شده است. یک نمای شماتیک و میکروگراف از یک عنصر واحد، و همچنین آرایه‌ای از عناصر نشان داده شده است

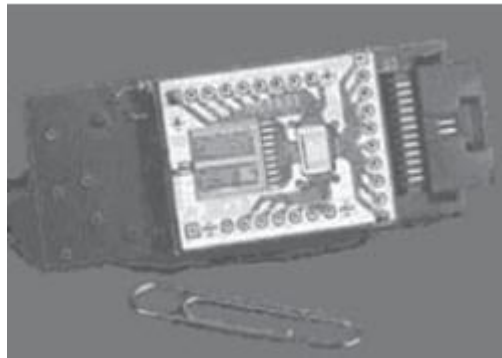
حسگرهای شیمیایی: در چند سال گذشته چندین حسگر گاز مبتنی بر نانولوله‌ها گزارش شده‌اند. Modi و همکارانش یک حسگر گاز یونیزه مبتنی بر نانولوله کربنی را توسعه داده‌اند. از این حسگر می‌توان در کروماتوگرافی گازی بهره برد. حسگرهای هیدروژن مبتنی بر نانولوله تیتانیوم در شبکه‌ای از حسگرهای بی سیم مورد استفاده قرار گرفته است تا غلظت هیدروژن را در جو اندازه بگیرند. کنگ و همکارانش یک حسگر شیمیایی برای مولکول‌های گازی مانند NO_2 و NH_3 را توسعه داده‌اند که مبتنی بر سیم‌های مولکولی نانولوله‌ای است.

Datskos و Thundat از یک روش اشعه یونی برای تولید نانولرزانک‌ها استفاده نموده‌اند (شکل ۳) و از یک روش تبدیل الکترونی برای اندازه‌گیری حرکات لرزانک استفاده نموده‌اند. حساسیت این روش می‌تواند تا اندازه‌ای باشد که بتوان مولکول‌های شیمیایی و زیستی را با آن تشخیص داد. همچنین می‌توان از نانوسمه‌های ZnO که ساختار آنها تغییر یافته است، در حسگرهای نانولرزانک استفاده کرد.

حسگرهای زیستی: فناوری نانو همچنین امکان شناسایی بسیار انتخابی و حساس محدوده وسیعی از مولکول‌های زیستی را فراهم می‌آورد. از طریق احیای متناوب الکتروشیمیایی یون‌های فلزی بر روی یک بستر آلومینا می‌توان میله‌هایی استوانه‌ای ساخت که طول آنها از ۵۰ نانومتر تا ۵ میکرومتر متغیر است. این ذرات را که نام تجاری آنها نانوبارکد می‌باشد، می‌توان با مولکول‌های مختلفی همچون آنتی‌بادی‌ها پوشاند تا برای تشخیص انتخابی مولکول‌های پیچیده مورد استفاده قرار گیرند. تشخیص DNA نیز با این ذرات کددار نانومقیاس انجام پذیرفته است. (شکل ۴)

محققان مرکز تحقیقات Ames در ناسا مسیر متفاوتی را طی کرده‌اند. آنها سطح یک تراشه را با میلیون‌ها نانولوله کربنی به قطر ۳۰ تا ۵۰ نانومتر که به صورت عمودی قرار گرفته‌اند، می‌پوشانند (شکل ۵). زمانی که مولکول‌های DNA متصل شده به انتهای این نانولوله‌ها در مایعی حاوی DNA خاص قرار می‌گیرند، DNA قرار گرفته روی تراشه به مولکول هدف متصل شده و هدایت الکتریکی آن افزایش می‌یابد. این روش که حساسیت آن با حساسیت روش‌های مبتنی بر فلورسانس قابل مقایسه می‌باشد، می‌تواند در حسگرهای قابل حمل مورد استفاده قرار بگیرد.

نانوحسگرهای قابل گسترش: SnifferSTAR که یک سیستم شناساگر سبک و قابل حمل می‌باشد، مثال خوبی از توانایی فناوری نانو در کاربردهای میدانی است. این سیستم منحصر به فرد از یک نانوماده (برای جمع‌آوری و تغلیظ نمونه) به همراه یک شناساگر آزمایشگاه روی تراشه مبتنی بر MEMS تشکیل شده است. SnifferSTAR احتمالاً در زمینه امنیت ملی و دفاعی کاربرد خواهد داشت. این سیستم یک مورد ایده‌آل برای استفاده در سیستم‌های بدون سرنشینی مانند میکروسیستم‌های پرنده بی‌سرنشین می‌باشد.



شکل ۳- در این نانو آرایه از لرزانکها و قطعات الکترونیکی که دارای خروجی های خازنی می باشند، برای تحلیل سیگنال استفاده شده است .

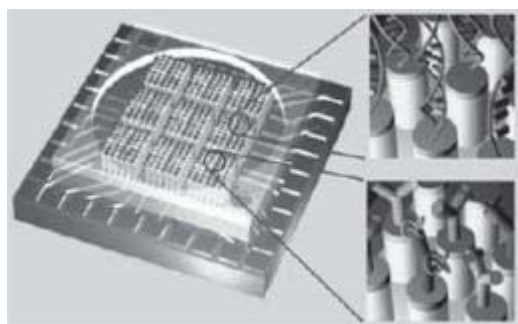


شکل ۴- می توان DNA و دیگر مواد زیستی را با استفاده از آنتی بادی های کددار ذرات نانوبارکد تشخیص داد .

مطالب تکمیلی

انتظار می رود حسگرهای فناوری نانو در زمینه های دیگری همچون حمل و نقل (زمینی، دریایی، هوایی، و فضایی)، ارتباطات (باسیم و بی سیم، نوری و RF)، ساخت و ساز و تسهیلات رفاهی (منازل، دفاتر، و کارخانجات)، زمینه های مربوط به سلامتی (سلامتی و تصویربرداری پزشکی) و انواع ربات ها کاربرد

داشته باشند. همچنین شاهد خواهیم بود که حسگرهای توانمند شده با فناوری نانو به طور فزاینده‌ای در محصولات تجاری و نظامی وارد خواهند شد. کارخانه‌های جدید زیادی مواد نانو و تعدادی کارخانه نیز بر مبنای این مواد حسگرها را تولید خواهند نمود.



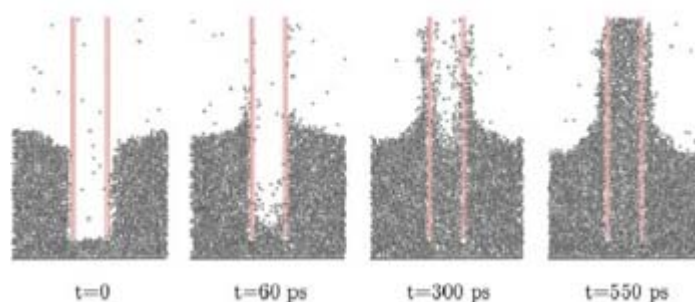
شکل ۵- نانولوله‌های کربنی به صورت عمودی بر روی تراشه سیلیکونی رشد می‌کنند. مولکول‌های DNA متصل شده به انتهای این نانولوله‌ها می‌توانند DNAهای خاص را در یک محلول شناسایی کنند.

۲-۳-۱۴- وارد کردن فلزات به درون نانولوله‌ها با استفاده از جریان الکتریکی

تا به حال چنین فکر می‌شد که پر کردن نانولوله‌های کربنی با فلزات مایع در اثر پدیده موئینگی امری غیرممکن است، چرا که کشش سطحی بالای فلزات مایع، مانع از انجام این کار می‌شود. اما محققان موسسه فناوری کالیفرنیا ایالات متحده توانستند با به اعمال پتانسیل الکتریکی به نانولوله‌های کربنی که در تماس با جیوه قرار داشتند، موجب شوند کشش سطحی جیوه کاهش یافته و این فلز به درون نانولوله‌ها جریان یابد.

Konstantinos Giapis و Pat Collier از اعضای این گروه تحقیقاتی، بیان نمودند: "بزرگترین چالش

ما، غلبه بر این باور بود که جیوه و فلزات خالص دیگر نمی‌توانند نانولوله‌های کربنی را آغشته نمایند. بیش از ۱۰۰ مقاله وجود داشت که این مطلب را بیان می‌نمودند. بنابراین باید کسی با این قضیه مخالفت می‌کرد و بر خلاف تمام شک‌های موجود، ثابت می‌کرد که این کار امکان‌پذیر است."



تصاویر قطرات جیوه (خاکستری) و نانولوله‌های کربنی (قرمز)

Giapis، Collier و همکاران دیگر آنها جیوه را در مجاورت نانولوله‌های کربنی تک‌دیواره باز با قطر متوسط ۵ نانومتر قرار دادند. آنها برای انجام این کار، نانولوله‌ها را به نوک سیلیکونی یک میکروسکوپ نیروی اتمی، که با طلا پوشانده شده بود، متصل نمودند. سپس با انجام حکاکی بر روی یک سطح گرافیتی پیرولیتی کاملاً منظم، انتهای آزاد نانولوله‌ها را باز کردند. در نهایت این نانولوله‌ها را به میزان ۱۷ نانومتر در یک قطره جیوه به قطر ۲۰۰ میکرومتر فرو برده و پتانسیل الکتریکی را به آنها اعمال نمودند. افزایش ولتاژ باعث افزایش بسیار زیاد و ناگهانی هدایت الکتریکی این نانولوله‌ها شد. گروه بر این باور است که این دقیقاً همان زمانی است که جیوه وارد نانولوله‌ها می‌شود. احتمالاً اعمال میدان الکتریکی باعث می‌شود تا بارهای همسان موجود در سطح جیوه، همدیگر را دفع نمایند و بدین ترتیب کشش سطحی آن کاهش یابد.

بنابر گفته محققان، می توان از نانولوله های پر شده با فلز در نانولیتوگرافی، نانوروبش گرها، و تولید نانوسیم های فلزی یک بعدی ممتد با خواص الکتریکی و مغناطیسی یکپارچه، استفاده نمود. Giapis می گوید: «به علاوه، ما روشی ابداع نموده ایم که می توانیم از آن برای پمپ کردن کنترل شده سیالات استفاده نماییم. این کار می تواند منجر به تولید ابزارهای نانوسیالاتی شود. ما پمپ کردن جیوه را نشان داده ایم، اما قابل تصور است که بتوان از این روش برای پمپ کردن سیالات دیگری همچون غیر فلزات استفاده نمود. می توان چاپگرهای با جوهرافشان های نانومقیاس (که از جوهرهای فلزی برای چاپ استفاده می کنند) و مداراتی با دقت نانومتری را تصور کرد. می توان از این روش در مقیاس وسیع و برای تولید انبوه استفاده کرد.

در حال حاضر محققان بر روی وارد کردن فلزات دیگری همانند گالیوم به درون نانولوله ها در دمای بالا کار می کنند. Giapis می گوید: "ما امیدواریم که این فلزات در درون نانولوله ها منجمد شوند و با قطع ولتاژ به همان صورت باقی بمانند".

۲-۳-۱۵- میکرو فضا پیمایها

حضور مستمر در فضای خارج از منظومه شمسی در پرتو میکرو فضا پیمایهای کم مصرف امکان پذیر شده است. ابعاد و مصرف انرژی این فضا پیمایها (در مقایسه با فضا پیمایهای متعارف) به یک دهم تقلیل یافته است.

توسعه میکرو فضا پیمایها یکی از پیشران های کلیدی در اکتشافات فضایی است.

انگیزه های این توسعه عبارتند از:

۱. هزینه های بالای پرتاب

۲. آرزوی رسیدن به محیط های دورتر و ناسازگار در منظومه شمسی

۳. توانمندی منحصر به فرد میکرو فضا پیمایها برای مأموریت هایی که نیازمند مشارکت شمار

زیادی از آنها است .

میکرو فضاپیمایهایی که قرار است این آرزوها را جامه عمل بپوشانند نمی توانند با کاستن از ابعاد فضاپیمایهای بزرگ کنونی ساخته شوند؛ چراکه این کوچک سازی ساده ، توانمندی های آنها را محدود می کند. این نوع جدید فضا پیمایها باید از تکنولوژی رایج در ناوگان های هوایی و فضایی امروز پیشی بگیرد. اجرای مأموریت های طولانی مدت (چند دهساله) در خارج از منظومه شمسی ؛ عملیات اکتشافی در عمق فضای سیاره ها ، ستاره ها و قمرها برای جستجوی زیرکانه سرخ هایی از حیات در آنها ؛ و ناوگانی از تلسکوپ ها که هماهنگ با یکدیگر از سیاره های خاکی اطراف دیگر ستارگان تصویر می گیرند؛ همه و همه در زمره اهدافی هستند که برای فضاپیمایهای قرن بیست و یکم مد نظر است . این اهداف از طریق توسعه نانوتکنولوژی پیشرفته امکان پذیر خواهد بود.

۲-۳-۱۶- تکنولوژی های لازم در فضا پیما

۲-۳-۱۶-۱- نانو الکترونیک

تکنولوژی های پردازش ، حسگری و مدیریت اطلاعات برای سیستم های فضایی حیاتی هستند.

فشارهای شدید برای توسعه الکترونیک فضایی توانمند از موارد زیر ناشی می شوند:

۱. استقلال هرچه بیشتر [از زمین] و نیاز به تصمیم گیری در خود فضا پیما

۲. نیاز به جمع آوری مجموعه های بزرگ و گوناگون داده در مأموریت های آینده

۳. حساسیت بیشتر تجهیزات علمی

۴. مدیریت خطای پیچیده ، و توانمندی خود ترمیمی

اما محدودیت های واقعی میکرو الکترونیک از دیدگاه کاربردهای فضایی ، که خواسته های طاقت فرسایی را از حیث مصرف بسیار ناچیز انرژی ، تحمل تشعشعات رادیویی ، و ایمنی ، بر الکترونیک تحمیل می کنند، با الزامات یاد شده در تعارض است. توسعه ترانزیستورها و سایر المانهای مداری ، که با تحریکات کوانتومی منفرد (اعم از الکترون ها ، جفت های کوپر و فوتون ها) فعال می شوند فضا پیما را قادر به جمع آوری، پردازش و ارسال اطلاعاتی می سازند که از توانمندی های مأموریت های جاری بسیار فراتر است. بعضی از توانمندی های مشخصی که با استفاده از این گونه ترانزیستورها و المان ها به دست می آید عبارتند از :

۱. آشکارسازهایی که می توانند فوتون های منفرد را آشکار و اندازه گیری کنند؛ استفاده از

موارد نانومقیاس موجب می شود که این سیستم ها بتوانند دهانه های بزرگی داشته باشند.

۲. سیستم های حافظه بدون ناپایداری ، مقاوم در برابر تشعشعات رادیویی ، و با چگالی بالا

۳. سیستم های کامپیوتری اُتر سرعت برای تصمیم گیری S/C و کاهش مجموعه داده ها

۴. سیستم های [ایونیک هوایی] نیرومند و کوچک شده فضا پیما با انرژی مصرفی در حد میکرو

وات .

۲-۳-۱۶-۲- مواد نانو ساختاری

یکی از تکنولوژی های توان زای کلیدی برای مأموریت های آینده ناسا توسعه مواد بسیار سبک با استحکام خارق العاده است که می توانند در محیط فضا دوام آورند. این مواد برای ایجاد ساختارهای بزرگ (مثل تلسکوپ ها ، آنتن ها و بادبان های خورشیدی) که جرم و حجم آنها بسیار کمتر از سیستم های فعلی است ، به کار می روند. کاربری این مواد در سیستم های آرایش پذیر و

بدون وجود آنها بسیار پرهزینه و ساده تر بگوئیم ، غیر ممکن است . مواد نانو ساختاری ، و رای مزایای سبک و استحکام ، دارای خواص منحصر به فردی از حیث اپتیکی ، پیزوالکتریکی و غیره هستند که آفرینش ساختارهای واقعاً هوشمند و چالاک را امکان پذیر می سازد . کنترل فعال سطوح آینه ای ، خواص حرارتی قابل تنظیم ، و مواد خود ترمیم کننده ، در واقع فهرست ناتمامی از توسعه ها را نشان می دهد که چگونگی اجرای مأموریت های فضایی را متحول می سازند .

۲-۳-۱۶-۳- سیستم های مقلد از حیات

میکرو سیستم های مبتنی بر اصول بیولوژیک ، یا مبتنی بر بلوک های سازند هیولوژیک یکی از حوزه های کلیدی در اکتشافات فضایی آینده هستند . مأموریت های ابر مدت ، یا مأموریت هایی در محیط های مخاطره آمیز ، با اقتباس از استراتژی ها و معماری های جهان بیولوژیک ، منافع فراوانی را تحصیل می کنند . همچنین برای اینکه سیستم های آزمایشگاهی بتوانند تحلیل های آزمایشگاهی پیشرفته ای انجام دهند ، فهم و کنترل فرآیندها در سطح مولکولی ضرورت دارد . سیستم هایی با این توانمندی در تحقیقاتی که برای ردیابی حیات در خارج از کره زمین صورت می گیرد ، به کار می آیند . انواع پیشرفت هایی که ناسا ، در جهت به کارگیری نانو تکنولوژی و روش های بیولوژی مولکولی در فضا پیماها ، دنبال می کند عبارتند از :

* سیستم های "خود تکثیر کننده"

* به کارگیری منابع آزمایشگاهی برای آفرینش ساختارهای پیچیده در فضا

* توسعه فضا پیمایی که بتوانند خود را با تغییرات محیطی یا تغییر در نیازهای مأموریتی سازگار

کرده و در برابر آنها واکنش نشان دهند .

۲-۳-۱۷- ساخت سلیکون‌های مغناطیسی برای توسعه محاسبات مبتنی بر اسپین الکترونی

تحقیقات آزمایشگاه اسپینترونیک NSE نشان می‌دهد، سلیکون می‌تواند حدود دمای اتاق، میدانی مغناطیسی را در خود نگهدارد و این ویژگی می‌تواند به توسعه نیمه‌هادی‌های مغناطیسی کارا تر و ابزارهای اسپینترونیک آینده کمک کند. دانشمندان دانشکده علوم و مهندسی ابعاد **نانو** در آلبانی اعلام کرده‌اند که این تحقیقات می‌تواند مبنای استفاده از سلیکون برای توسعه تراشه‌هایی با خواص مغناطیسی باشد و به طور ضمنی بر توسعه ابزارهای مبتنی بر اسپین الکترونی تأثیر مثبت بگذارد. سلیکون بهترین ماده شناخته شده برای استفاده در ساخت تراشه‌های رایانه‌ای نیمه‌هادی و مدارهای مجتمع است.

۲-۳-۱۸- تغییرات خاصیت فرومغناطیسی DMS در سه دمای مختلف

دانشمندان دانشکده علوم و مهندسی ابعاد **نانو** (CNSE) در یک دانشگاه آلبانیایی تحقیقاتی را منتشر کرده‌اند که سلیکون را انتخاب مناسبی برای توسعه تراشه‌های مغناطیسی معرفی کرده است. اسپینترونیک علمی است که به ما امکان می‌دهد به همان سادگی که از بارالکترون‌ها استفاده می‌کنیم، ویژگی‌های اسپین الکترونی آنها در مکانیک کوانتوم را نیز به کار بگیریم. قابلیت‌های نهفته در اسپینترونیک شامل حافظه‌های مغناطیسی با قابلیت دسترسی تصادفی (MRAM) است که می‌تواند ابزارهای محاسباتی همیشه روشن و بی‌نیاز از زمان "boot up" کردن مجدد و استفاده از دیسک‌های سخت اضافی را توسعه دهد.

از زمانی که مواد نیمه‌هادی سلیکونی برای حافظه‌ها و **cpu** ها به کار گرفته شدند، اطلاعات ماندگار با استفاده از اسپین الکترون‌ها در دارایی‌های مغناطیسی سخت ذخیره می‌شوند. تحقیقات اخیر نشان می‌دهد، یک نیمه‌هادی می‌تواند با ترکیب شدن با یک ناخالصی مانند منگنز، خاصیت مغناطیسی پیدا کند.

ماده حاصله یا نیمه‌هادی مغناطیسی رقیق‌شده (DMS) ویژگی‌های مغناطیسی به کار گرفته شده در ذخیره‌کننده‌های اطلاعاتی موجود مانند حافظه‌های نیمه‌هادی و ابزارهای منطقی را داراست. ابزارهای اسپینترونیکی DMS این قابلیت را دارند که در مقایسه با ابزارهای موجود با داشتن سرعت‌های بالاتر، انرژی کمتری مصرف کنند. این تحقیقات که توسط پروفیسور وینسنت لابلای استاد CNSE هدایت می‌شود، برای اولین بار در جهان نشان داده است سیلیکون می‌تواند خاصیت فرومغناطیسی پیدا کند و در دماهای بالاتر از ۱۲۷ درجه سلسیوس به طور ماندگار مغناطیسی شود و بهتر از ابزارهای مرسوم فعلی عمل کند. این محققان با کاشت منگنز بر روی سیلیکون به نسبت اتمی یک درصد، به این نتایج دست یافتند. این نتایج بسیار جالب توجه هستند و درهای جدیدی را بر روی ساخت وسایل اسپینترونیکی مبتنی بر سیلیکون که می‌توانند در دمای اتاق یا بالاتر از آن کار کنند، به روی ما گشوده‌اند. این نمونه‌ها با استفاده از تجهیزات استاندارد ساخت نیمه‌هادی‌ها در مرکز فناوری **نانو** آلبانی به سرعت ساخته شده و به جواب مطلوب رسیده‌اند. این تیم همچنین با کاشت منگنز با غلظت‌های متفاوت بر روی سیلیکون، ویژگی‌های مغناطیسی آن را با مغناطیس سنج SQUID اندازه گرفتند. آنها فهمیدند که سیلیکون در بالاتر از دمای اتاق و در حدود ۱۲۷ درجه سلسیوس خاصیت فرومغناطیس از خود نشان می‌دهد و این قابلیت، استفاده از آن را در ابزارهایی مانند رایانه‌های شخصی، تلفن و ... ممکن ساخته است. نتایج این کار با عنوان: خاصیت فرومغناطیسی در یون‌های منگنز کاشته‌شده بر روی سیلیکون در حدود دمای اتاق در مجله Physical Review B به چاپ رسیده است.

۲-۳-۱۹- تراشه cmos

یکی از پروژه‌های اخیر اتحادیه اروپا یک ریز تراشه نشانگر جدید را طراحی و تولید کرده است که به صورت چشمگیری هزینه‌ی تولید کالاهای بدون سیم را کاهش خواهد داد و این بدین معناست که طیف وسیعی از کالاهای موجود، قابلیت ارتباطات بدون سیم را پیدا خواهد کرد.

پروژه IMPACT که از طرف IST حمایت مالی می‌شود، شامل شرکت‌های غول‌پیکر صنعتی Ericsson و Philips می‌شود که برای ساخت تراشه‌ای که سیگنال‌های ریز موج را در بازه فرکانس ۵ تا ۲۴ گیگاهرتز بفرستد و دریافت کند، با هم کار می‌کنند. این تیم طیفی از نشانگرها شامل آمپلی‌فایرها، نوسانگرها، مخلوط‌کن‌ها و تقویت‌کننده‌های فرکانس را طراحی کرده است.

گروه IMPACT انتظار دارد، مدارهای آنالوگ و با فرکانس بالا کشف کند که با تراشه‌های CMOS ۹۰ نانومتری قابل تطبیق باشد. این تراشه‌ها از مدارهای بسیار کوچک‌تر (۹۰ نانومتر) از مدل‌های فعلی استفاده می‌کند.

دکتر استفان دکوتر، مسئول هماهنگی پروژه IMPACT و محقق مرکز بین‌دانشگاهی میکروالکترونیک بلژیک می‌گوید: تراشه‌ها دیجیتال CMOS و در اندازه‌های ۹۰ نانومتر، امسال (سال ۲۰۰۵) قابل دسترسی خواهند بود و می‌خواهیم بدانیم آیا می‌توانیم آنها را در ارتباطات ریزموجی با فرکانس بالا استفاده کنیم. تراشه‌های CMOS با فرکانس بالای قدیمی‌تر، از قبل در تجهیزات ۲/۴ گیگاهرتزی مانند فرستنده‌ها و گیرنده‌های بلوتوس که به طور جداگانه توسط Ericsson، یکی از طرف‌های پروژه طراحی شده است، استفاده شده‌اند. ولی به گفته دکتر دکوتر، نیازهایی که برای استفاده از این تراشه‌ها در سطوح بالا و پیچیده چون GSM یا "سامانه جهانی ارتباطات سیار" وجود دارد، دست‌یافتنی‌ترند. در حال حاضر این کاربردها احتیاج به راه‌حل‌های گران‌قیمت و چند تراشه‌ای دارد.

گروه IMPACT متوجه شده‌اند، تراشه‌های CMOS می‌توانند برطرف‌کننده نیازهای پیچیده و صعب‌الوصول لازم برای کاربردهای میان‌برد و پیشرفته‌ای چون GSM و ارتباطات ریزموجی نقطه‌به‌نقطه باشند. این تراشه‌ها به نحو قابل‌توجهی از هزینه‌ها و میزان مصرف انرژی خواهند کاست و بر کاربردهای این تجهیزات خواهند افزود.

به گفته دکتر دکوتر، ساخت این تراشه‌ها اکنون بسیار هزینه‌بر است، ولی با گذشت زمان بسیار ارزان‌تر خواهد شد. به دلیل این که تمام مدارها بر روی یک تراشه قرار دارد، فرآیند تولید بسیار اثر بخش‌تر خواهد بود و تراشه‌های CMOS فرکانس بالا، در حجم وسیع و با هزینه‌های بسیار کمتر ساخته خواهد شد.

پتانسیل تراشه‌های CMOS در ارتباطات ریزموجی بسیار بالاست. به گفته پروفیسور هربرت زیرات، یکی از اعضای IMPACT و استاد دانشگاه فناوری سوئد، CMOS می‌تواند در ارتباطات از راه دور و مدارهای راداری چون تلفن‌های همراه، شبکه‌های داخلی بی‌سیم (WLAN) و پیوندهایی سریع، که تعداد زیادی از کارکردها در آنها جمع شده‌اند، کاربرد داشته باشند. از آن جا که CMOS با تولید انبوه بسیار اقتصادی است و می‌تواند در کاهش هزینه‌ها بسیار مؤثر باشد.

تراشه‌های CMOS نوع مهمی از مدارهای مجتمع هستند که شامل میکروپردازشگرها، میکروکنترل‌کننده‌ها، حافظه‌های ایستا و دیگر مدارهای دیجیتال می‌شوند. این کارکردهای متفاوت می‌توانند در یک تراشه متمرکز شوند که علاوه بر کاهش هزینه‌ها، پیچیدگی تجهیزاتی چون دوربین‌های دیجیتال را کاهش خواهد داد.

تراشه‌های CMOS تنها زمانی که ترانزیستورهایشان خاموش و روشن می‌شوند، انرژی مصرف می‌کنند. بنابراین انرژی کمتری مصرف می‌شود و دمای کمتری نسبت به تراشه‌های عادی تولید می‌شود که این برای ارتباطات از راه دور ایده‌آل است.

گروه IMPACT، دو موفقیت مهم به ثبت رسانیده است. نخست آن که آن‌ها به خصوصیات عملکردی مورد نظر در قیمت پایین‌تر و سطح پایین‌تری از مصرف انرژی دست یافته‌اند که با فناوری‌های موجود قابل دسترسی می‌باشد، سپس این که آن‌ها از آخرین خط فناوری مدارها با فناوری CMOS فرکانس بالا و آمپلی‌فایرهای با نشانگرهای دقیق و نوسانگرهای با ولتاژ کنترل شده که از لحاظ عملکرد دارای رکورد جهانی هستند، گذشته‌اند. پروژه، حمایت مشتاقانه طرف‌های صنعتی را به دست آورده است.

اریکسون اظهار می‌کند، پروژه به چشم‌انداز راهبردی خود برای استفاده از طیف فرکانس‌های ریزموجی دست یافته است و مزیت اصلی این پروژه در این نکته بوده است که با کاربردهای مشخص شروع شده است. پروژه حتی ممکن است برای کتاب سال تحقیقات ۲۰۰۵ اتحادیه اروپا، که تحقیقات برتر را بازتاب می‌دهد، انتخاب شود.

فناوری CMOS، در اندازه ۹۰ نانومتری هم‌اکنون مورد استفاده است. به طور مثال کاربردهایی که اریکسون برای سه سال آینده از این فناوری در نظر گرفته است شامل ساماندهی شبکه‌های داخلی بی‌سیم چون WiFi و نقاط اتصال به جریان در بازه فرکانس ۵ تا ۶ گیگاهرتز است.

شرکت Philips، طرف دیگر پروژه، کاربرد اصلی فناوری CMOS را ایجاد راه حل های اقتصادی و تأثیرگذار بر قیمت، برای ارتباطات بی سیم که یک بازار نوظهور مهم و با کاربردها و محصولات بالقوه فراوان است، می داند.

Philips اعتقاد دارد، این فناوری امکان بی سیم شدن را برای وسایل الکترونیکی فراهم خواهد آورد و تمام محصولات تمام الکترونیکی امکان بی سیم شدن و در نتیجه، تعاملات دستگاه با دستگاه را خواهند داشت.

این مسأله تنها تولیدات سطح بالا و تجملی را در بر نخواهد گرفت، بلکه می تواند تولیدات سطح پایین تری چون واکنش ها و MP3 Playerها را در بر گیرد.

البته چنین تجهیزاتی شدیداً به یکپارچه کردن فناوری فرکانس بالا و کارکردهای آنالوگ با فناوری CMOS در زمان معین و با هدف یافتن راه حل های اقتصادی و سامانه روی تراشه وابسته است که البته IMPCAT مسیر طولانی از این راه را پیموده است.

در زمان مناسب، IMPCAT قصد راه اندازی یک پروژه ی تکمیلی دارد که در صورت امکان تراشه های CMOS را با فرآیندهای در اندازه ۴۵ نانومتر تولید کند.

دکتر دکوتر می گوید: اگر به اندازه CMOS دیجیتال نگاه کنید. خواهید دید که تا حدود ۶۵ نانومتر همان رویکرد مربوط به تراشه های قبلی به کار گرفته می شود. اما در قطع ۴۵ نانومتر و پایین تر تقریباً مواد جدید و چینی جدیدی از آنها مطرح است که ما در حال کشف آن هستیم. ما می خواهیم ببینیم، برای

تولید یک تراشه ۴۵ نانومتری که کارکردهای فرکانس بالا و آنالوگ را داشته باشد، چه تحولی باید در فناوری تولید و مواد جدید به وجود بیاید.

مزیت‌هایی که چنین تراشه‌ای می‌تواند ایجاد کند می‌تواند شامل اندازه کوچکتر تراشه و پتانسیل برای عملکرد بهتر و مصرف کمتر انرژی با همان کارکرد باشد که البته این بستگی دارد که محققان تا چه حد به موفقیت دست یابند.

۲-۳-۲۰- مثالی از آینده نانو تکنولوژی

سیستم عصبی بر اساس ضربان‌های الکتریکی که با اتصالات سیناپسی تولید می‌شوند عمل می‌کند، حالا ممکن است در اثر یک تصادف، بیماری، نقص یا کمبود، به عملکرد این سیگنال‌های الکتریکی بین مغز و دیگر ارگان‌های بدن خدشه وارد شود، در چنین حالتی نیز نانو تکنولوژی به کمک ما خواهد آمد، فرض کنید آسیبی در ستون فقرات وجود داشته باشد و سیگنال‌ها دیگر نتوانند از قسمت‌های آسیب دیده عبور کنند، در این صورت یک ریز تراشه می‌تواند سیگنال‌های الکتریکی عصبی را دریافت کند، آن را از محل آسیب دیده عبور دهد و سپس یک ریز تراشه دیگر سیگنال برگشتی را به سیستم عصبی بدن پیوند بدهد.

فصل سوم: نانو تکنولوژی در ایران

۳-۱- نانو تکنولوژی در ایران

در ایران چند سالی است که تکنولوژی نانو به عنوان یکی از مهمترین تحقیقات زیر بنایی کشور مورد توجه قرار گرفته است. اما آیا تاریخچه نانو در ایران به همین چند سال گذشته می رسد.

همانطور که گفته شد نظریه نانو حدود ۴۰ سال پیش در دنیا مطرح شد و با تلاش های اریک درکسلر در دهه های ۸۰ و ۹۰ بسیار رشد یافت و به عنوان یک تکنولوژی نوین به بشر معرفی شد. در کشور ما نیز برای برخورداری از فن آوری های نوین تلاش هایی صورت پذیرفته است.

در سال ۱۳۶۲ هجری شمسی ۱۹۸۴ میلادی یکی از بزرگترین دولتمردان ایران نخست وزیر وقت با توجه به اهمیت فن آوری روز در دنیا دفتر بررسی ها و مطالعات علمی و صنعتی را تأسیس نمود و با اینکار گام ارزنده ای را در پیشرفت تکنولوژی در ایران برداشت.

این دفتر علاوه بر مطالعه و تحقیق در زمینه تکنولوژی های نوین و مدیریت تکنولوژی در ایران، با دستگاہهای کشور در زمینه بسط و گسترش فن آوری روز دنیا همکاری می نماید.

در چند سال اخیر برنامه ریزان کشور بنا بر اهمیت بسیار زیاد نانو تکنولوژی، سیاست های تشویقی خوبی را برای حمایت از تحقیقات در این بخش بکار برده اند. شاید آخرین اقدام دولت برای حمایت از نانو تکنولوژی اختصاص بودجه ای برای تشویق محققان این بخش باشد. در جشنواره های خوارزمی نیز به خوبی شاهد آن هستیم که برخی مواقع تحقیقات بسیار موثری در این زمینه در ایران صورت می گیرد که البته با توجه به نقش این فن آوری نوین در توسعه یافتگی کشورها بسیار حائز اهمیت خواهد بود.

این روزها در ایران بیشتر صحبت از به قدرت رسیدن فرد جدیدی در عرصه سیاست کشور به میان می آید. از اینکه در مورد انسان های که در عرصه سیاست و یا ثروت صاحب قدرت هستند صحبت کنم

زیاد خوشنود نمی شوم. بیشتر علاقه مندم در مورد اشخاصی که قدرتشان به علمشان است حرف بزنم. این نکته را به خاطر داشته باشید که افراد قدرتمند حامیان زیادی دارند چه واقعی و چه موقعیت طلب، شاید شنیده باشید که اخیرا به آقای بیل گیتس لقب سر اعطا گردید. لقب سر به سبب قدرت سیاسی آقای گیتس به وی اعطا نشد، بلکه قدرت علمی وی مسبب چنین افتخاری برای این انسان بزرگ گردید.

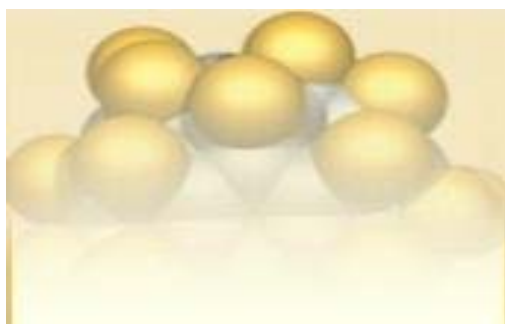
نانو تکنولوژی بزرگترین عرصه علمی بشر در قرن بیست و یکم می باشد. این علم نو پا در کشور ما هنوز نهالی کوچک است. اینکه آقای خاتمی بعد از دوره ریاست جمهوری و کناره گیری از قدرت، قصد دارد تا بر خلاف بسیاری از سیاستمداران کشور که بعد از پایان یافتن دوره حکومتشان سعی می کنند خود را در جایی دیگر از دستگاه حکومتی جا کنند و مقام و منسبی تازه اختیار نمایند، به عرصه نانو تکنولوژی و مدیریت ایران وارد شود خبر بسیار مسرت بخشی می باشد. شاید با آمدن مدیری لایق و کاردان به عرصه نانو تکنولوژی، این نهال نو پا به درختی تنومند مبدل شود.

همانطور که می دانید برای شکوفایی یک علم تنها پیشرفت جنبه تئوری کافی نیست. برای گسترش یک تکنولوژی عوامل گوناگونی باید مهیا شود تا بتوان به یک قطب صنعتی در زمینه آن تکنولوژی مبدل گشت. وقتی آقای خاتمی ورود به بخش مدیریت و نانو تکنولوژی اعلام می دارد جای بسی خورسندی است، زیرا وی در این مدت تمامی نقاط ضعف و قدرت کشور را در تمامی زمینه ها به روشنی و بهتر از هر فرد دیگر شناخته است و می تواند با برنامه ریزی و مدیریت خود نقش مهمی در پیشرفت نانو تکنولوژی ایران ایفا نماید. شاید کلمه ورود عبارت صحیحی نباشد، زیرا همانطور که در مطالب قبلی بیان نمودم آقای خاتمی از عناصر مهم تاسیس ستاد ویژه فن آوری نانو تکنولوژی در ایران به شمار می رود، اما شاید با فراغت از عرصه سیاست، ایشان بتوانند نقش مهمی را در گسترش فن آوری نانو ایران ایفا نمایند.

فراموش نکنیم که ایران از جمله معدود کشورهای پیشرو نانو تکنولوژی در دنیاست که تحقیقات در این زمینه را آغاز نموده است و می تواند با تحقیقات گسترده تر و مدیریت هدفمند، یکی از قطب های مهم این فن آوری متحول کننده بشری در قرن بیست و یکم باشد.

۳-۲- اولین محصول نانو تکنولوژی ایران

اولین محصول نانو تکنولوژی ایران با نام نانو سید وارد بازار شد. یک شرکت ایرانی پیشرو در زمینه فن آوری نانو توانسته است که نانو نقره را در ایران تولید نماید. این محصول که خاصیت آنتی باکتریال دارد مانع از ورود میکروب ها در محل های روکش شده توسط نانو نقره می شود. از جمله کاربردهای این نانو نقره می توان به موارد زیر اشاره نمود:



- | | |
|----------------------|----------------------|
| (۱) ظروف نگهداری غذا | (۲) کولرها تصفیه هوا |
| (۳) یخچال ها | (۴) وسایل کودکان |
| (۵) مواد شوینده | (۶) ظروف نگهداری آب |
| (۷) دستمال کاغذی | |

ما در کشور به هر بخشی اهمیت دهیم می توانیم طی مدت زمان کوتاهی پیشرفت های چشم گیر جوانان را مشاهده کنیم . نانو تکنولوژی و فن آوری هم علمی است که اگر دارای امکانات هرچند کمی باشیم می توانیم گام های بزرگی در این زمینه برداریم .