دار المنظومة
DAR ALMANDUMAH
الرواد في قواعد المعلومات العربية

العنوان:	ثقانة النانو : التقانة متناهية الصغر والقرن الحادي والعشرين
المصدر:	المجلة العربية العلمية للفتيان
الناشر:	المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم
المؤلف الرئيسي:	نايفة، منير حسن
مؤلفين آخرين:	اليماني، زين، نايفة، حسن(م. مشارك)
المجلد/العدد:	مج 2, ع 3
محكمة:	نعم
التاريخ الميلادي:	1998
الشهر:	يونيو
الصفحات:	23 - 36
رقم MD:	100294
نوع المحتوى:	بحوث ومقالات
قواعد المعلومات:	EduSearch
مواضيع:	قياسات السرعة، الإلكترونيات الذرية، النانو، التقنية متناهية الصغر، التقدم العلمي، النانو تكنولوجي، الذاكرة الإلكترونية، أشعة الليزر، الذرات، الأسلاك الذرية، الترانسيستورات النانوية، الهندسة الطبية، الهندسة الوراثية
رابط:	https://search.mandumah.com/Record/100294

© 2018 دار المنظومة. جميع الحقوق محفوظة.
هذه المادة متاحة بناء على الإتفاق الموقع مع أصحاب حقوق النشر، علما أن جميع حقوق النشر محفوظة. يمكنك تحميل أو طباعة هذه المادة للاستخدام الشخصي فقط، ويمنع النسخ أو التحويل أو النشر عبر أي وسيلة (مثل مواقع الانترنت أو البريد الالكتروني) دون تصريح خطي من أصحاب حقوق النشر أو دار المنظومة.

أ.د. منير نايفة ، د. زين اليماني : قسم الفيزياء - جامعة البعث في أبانا شمبير
د. حسن نايفة : قسم الهندسة الكهربائية - معهد ماساتشيوتس للتقانة، كمبرج

الخلاصة

تشهد ثورة مستديمة في العلم والتقانة يقدر لها أن تسود أسس الصناعة في القرن المقبل. وهي تستفيد من اثنتين من أكثر التقانات تقدما: الليزر والمجهر النفقي الماسح Scanning tunneling Microscope (STM) كي تنقش أو تكتب مظاهر متناهية الصغر لاتتجاوز حجم الذرات المنفردة. وتهدف هذه الثورة إلى تطوير نوع جديد من الإلكترونيات (الإلكترونيات الذرية)، تعتمد على ميكانيك الكم وحركة الجسيمات المنفردة، والتي ستنتج في يوم من الأيام معدات أسرع وأصغر مرات عدة من أي شيء حولنا الآن. وعند هذه النقطة يمتزج العلم بالتقانة ، حيث يتحول العلماء إلى مهندسين يصممون أسلاكا ومعدات على مستوى الذرة. وفي مثل هذا النظام تتداخل حقول الفيزياء والكيمياء والأحياء والكهرباء والإلكترونيات والميكانيك بقوة مع بعضها بعضا. وإن تشابك مثل هذه الحقول المختلفة وتداخلها يمكن أن يعد بالكثير من المفاجآت الجديدة. وسيكون حاصل ذلك تقانات جديدة تقاس أجزاؤها بالميكرون الذي هو أقل بعشرات المرات من قطر شعرة. فضلا عن ذلك سيصبح ممكنا تصنيع الملايين من هذه في الوقت نفسه، ويمكن أن تستعمل بعد ذلك لبناء مختبرات تحمل في راحة اليد ، وأن تصمم روبوتات أصغر من رأس الدبوس، تستطيع الدخول والحركة في العروق الدموية وتكون مستعدة للقيام بجراحة دقيقة على سبيل المثال.

يعتمد بناء هذه المعدات وتصميمها على قوانين الحركة الحديثة ،حيث لاتعد المواد أجساما مجردة بل أمواجا، يحكمها نوع جديد من الميكانيك يعرف باسم الميكانيك الكمي. ويطلق على هذه التقانة الجديدة اسم (تقانة النانو Nanotechnolohy) حيث يمثل النانو جزءا من المليار من المتر ، ويعكس هذا المقياس حجم القفزة التي تقوم بها هذه التقانة قياسا إلى التقانة الدقيقة (المجهرية) Microtechnology التي أنتجت الحواسيب والترانسستورات وكل المعدات الإلكترونية المعروفة الآن. وتقلل تقانة النانو الأبعاد بنحو 1000مرة ، وبذلك تقلل المساحة بنحو مليون ضعف. ويؤدي هذا إلى زيادة السرعة وتقليل استهلاك الطاقة لهذه المعدات. وتجعل تقانة النانو مظهرا آخر أمرا ممكنا وهو التكامل بين الإلكترونيات

الدقيقة والهندسة الوراثية، مع توفير القدره على التعامل مع المواد الإحيائية والجزيئات العضوية نانوية المقياس، وستوفر هذه الكثير من الإمكانات الخيالية. ويعتقد كثير من العلماء أن الفعاليات- ذات المقياس جزء المليارى- في التجمعات الخلوية الإحيائية يمكن أن تنجح في تعريف الحياة ذاتها، وتوفر آفاقا لتطوير تقانة الخلية.

المقدمة

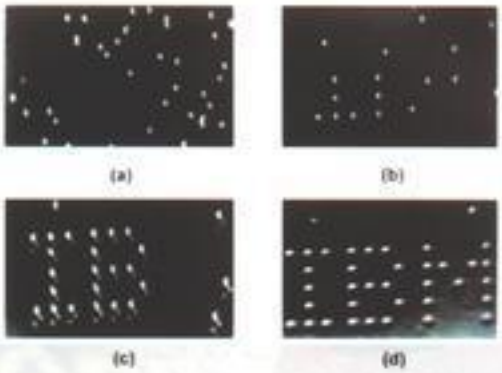
قبل أكثر من ثلاثين عاما، أذهل ريتشارد فينمن Richard Feynman الفيزيائيين برؤاه عن المستقبل. إذ اقترح استراتيجية بسيطة ومباشرة لإقامة بنى مفيدة تتدرج في الحجم وصولا إلى المستوى الذري الذي سمي بمقياس النانو. ولقد اقترح استعمال معدات مكائن لصنع الكثير من المعدات الأصغر، التي يمكن أن تستعمل بدورها لإنتاج معدات أصغر وهكذا. وعند المستوى الأدنى، لاحظ إمكانية التجميع الميكانيكي للذرات، ذرة في كل مرة «تأمل السؤال النهائي فيما إذا كان ممكنا في المستقبل البعيد، أن ترتب الذرات بالطريقة التي نريدها، الذرات نفسها، إلى المستوى الأدنى كله! مالذي سوف يحدث إذا أصبح بمقدورنا أن نرتب الذرات واحدة واحدة بالطريقة التي نريدها ؟» كان فينمن عندها يلقي محاضرة عنوانها «هل ثمة متسع من المكان في القاع؟»- في اجتماع للجمعية الفيزيائية الأمريكية يوم التاسع والعشرين من كانون الأول (ديسمبر) 1959 .

وفي مقترحه الأصلي لصنع مكائن ذات مقيا
جزيئي وذري، ألهب فينمن النقاش بعرضه جو
ومسابقات لجذب اهتمام الأطفال إلى هذا الميدان
ولقد عرض مبلغ 1000 دولار لأول شخ
يستطيع تقليل صفحة كتاب إلى 25000/1 بالمقيا
الخطي كي تقرأ باستعمال المجهر الإلكتروني
وخصصت الجائزة الثانية إلى الشخص الذي يص
محركا ذريا مكعب الشكل يبلغ حجمه 64/1 م
البوصة (الإنش). ولقد حصد الجائزة الأخي
شخص بنى محركا بحجم بقعة غبار. وذهب
الجائزة الأولى إلى شخص استعمل شعاعا ذريا ك
يصنع نقشا صغيرا جدا مؤديا إلى تصغير هائل ج
لصفحة من رواية (قصة مدينتين) للكاتب الإنجليز
تشارلز ديكنز.

بالرغم من تلك الآمال والتوقعات النبيلة
ظلت تقانة النانو والحساب الجزيئي مجرد أحلا
طوال ثلاثة عقود. وكانت العقبات التي تعرق
تنفيذهما تتمركز في غياب مكائن من النوع الذ
اقترحه فينمن. إن الجسر إلى عالم النانو ربما يكو
قد عثر عليه باختراع المجهر النفقي الإلكترو
لصنع مكائن فينمن ذات المقياس النانوي. و
الجهاز الذي جعل كل ذلك ممكنا، أي المجهر النف
الإلكتروني، اخترع قبل 15 عاما مبدئيا لإنت
صور للسطوح تظهر ترتيب الذرات المفردة.

بيد أن ماحدث، هو أن العلماء انغمسوا

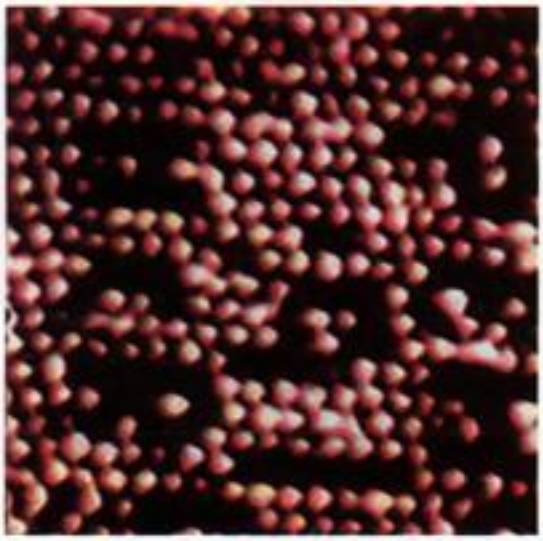
كتابات وتعديلات على سطوح الذرات بمقاس النانو باستعمال نهايات مستدقة جدا من المجهر. وإن إغراء أن يتركوا بصماتهم على هيئة رسائل لاتتجاوز بضع ذرات كان أمرا لايقاوم. وبدأت «صرعة» الكتابة الذرية في نيسان (إبريل) 1990، من قبل دون إيجلر Don Eigler وهو باحث في شركة IBM يعمل في مركز أبحاثها في ألمادن Almaden بسان خوسيه، بولاية كاليفورنيا. وقد قام بصنع أصغر إعلان في العالم، وذلك بكتابة اسم IBM بحروف لايتجاوز ارتفاعها 5 نانومترات، وهذا يعني أصغر بنحو 500000 مرة من حجم الحروف في هذه الصفحة. وباستعمال نهاية مجهر ماسح نفقي رتب إيجلر 35 ذرة زينون مكونا الحروف الثلاثة على سطح آجرة من قطعة نيكل ، (الشكل 1). ويجب أن نلاحظ أنّ الكشف عن الذرات المنفردة ومعالجتها في الحالة الذرية مقارنة بالسطوح قد تحقق عام 1976 من قبل مجموعة من العلماء في مختبر أوك برج الوطني Oak Bridge National Laboratory، وكانت تلك المجموعة تضم جورج هيرست، ومنير نايفة ، وجاك بونغ. ولقي ذلك الإنجاز بالكشف عن الذرات المنفردة تغطية واسعة في المجالات والصحف العلمية والموسوعات ووسائل الإعلام. ومن جهة أخرى ، فقدتحقق تبريد الذرات أو الأيونات واصطيادها ومراقبتها في الحالة الغازية قبل 12 سنة من ذلك التاريخ. وقد وزعت جائزة نوبل لعام 1997 في الفيزياء على ثلاثة علماء طوروا عملية التبريد . وبالرغم من أن معالجة الذرات في الحالة الغازية



(الشكل 1)

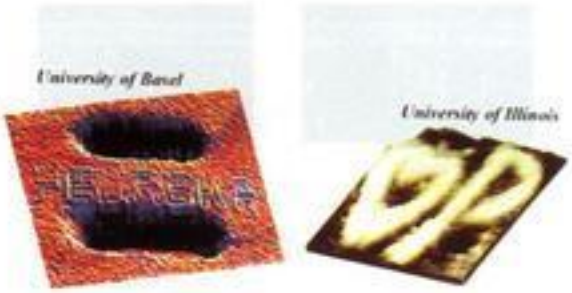
موجودة فعلا، غير أن تطبيقاتها العملية مازالت محدودة مقارنة بمعالجة الذرات على السطوح.

ومنذ إنجاز IBM حول المجهريون المبدعون «ريشات» مجاهرهم لكتابة كل شيء ، بدءا من الشعارات المناوئة للحروب إلى الرسائل الغرامية، وإلى تقانة النانو أيضا. ولقد أنتج شوجيرو أساي من مختبر هيتاشي المركزي للأبحاث في طوكيو لوحة «السلام 91» قبيل اندلاع حرب الخليج (الشكل 2) في



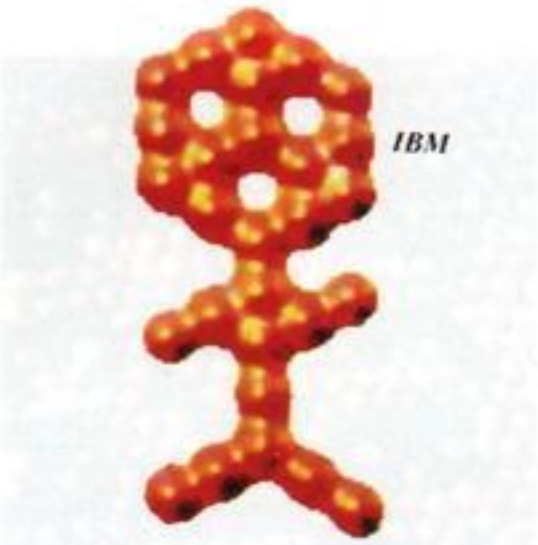
(الشكل 2)

حين شُغل منير نايفة من جامعة اليتوي- بيساطة- بحرف «P» اللاتيني في كلمتين تمثلان هوى عمره وهما «فلسطين وفيزياء» بالإنجليزية» (الشكل 3) .



(الشكل 3)

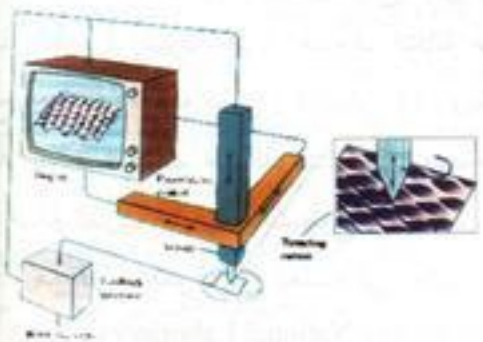
ويظهر الشكل (4) نمطا من الكتابة صنع في شركة IBM، حيث تم صنع «إنسان جزيئي» من 28 جزيئة من أول أكسيد الكربون لايتجاوز ارتفاعه 5 أجزاء من المليون من المليمتر.



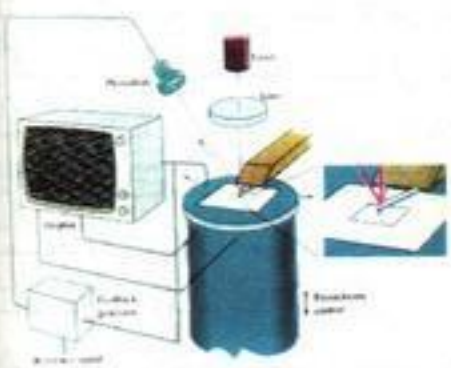
(الشكل 4)

ونحتاج إلى نحو 20 ألفا من هؤلاء الـ
الجزيئيين كي تغطي شعرة بشرية . وهذه الإنجاز
وغيرها من التطبيقات المثيرة في تقانة النانو
سوف تتم مناقشتها تاليا، قد تم تناولها بافتتا
خلابة في المجلة الإنجليزية (نيو ساينتست New
Scientist) تحت عنوان «أصغر كتابة حائطية
العالم».

وبالرغم من اختلاف التقانات، يعتمد كل الفن
على نهاية المجهر الماسح النفقي (الشكل 5) أو أحد أ
عائلة المعدات ذات العلاقة ، مثل مجهر القوة الذ
Atomic Force Microscope (الشكل 6).



(الشكل 5)



(الشكل 6)

وتكون النهاية مستدقة جدا لاتتجاوز الذرة الواحدة ولها أيضا مسيطر حركة دقيق جدا بالأبعاد الثلاثة ، ويعمل باستعمال ماسحات كهروضغطية Piezoelectric Scanners بحيث يستطيع الباحثون أن يحركوها فوق السطح بدقة كافية للكشف عن مناسيب السطح لغاية تحديد الذرات المنفردة أو لوضع (أو إزالة) الذرات من السطح.

معدات الذاكرة Memory Devices

ركزت المحاولات المبكرة لايجاد وسائل لصنع نقوش ومعدات تحت ميكروية المقياس على استعمال الإشعاع الليزري. ولقد أصبح عامة الناس على تماس يومي لأول مرة مع تقانة الليزر عند نقاط البيع في الأسواق الكبيرة (السوبر ماركت) وفضلا عن كونها مصممة لتسريع عمليات البيع فإنها تقوم آليا وتلقائيا بإعداد قوائم بالمواد المباعة. وفي الأجهزة الصوتية، كان التطور الأساسي هو توافر الاقراص الصوتية الرقمية المكتنزة التي تعرف باسم CD والتي تستفيد من شعاع ليزري شديد التسليط لغرض القيام بعمليات التسجيل البصري. وتتكون نسخة شركة (سوني) من هذا النوع من الأقراص من اسطوانة يبلغ قطرها 4.7 بوصة مصنوعة من الألومنيوم ومغطاة بطبقة من البلاستيك . وتسجل الموسيقى بشكل رقمي على القرص، وتقرأ لاحقا من قبل ليزر (ليزر شبه موصل، أو ليزر الهليوم أو النيون)، ولأن القرص لايكون على اتصال دائم مع أية آلة - على النقيض من الفونوغراف التقليدي ذو إبرة الماس ،والذي تتحرك فيه الإبرة في تجاويف موجودة في الأسطوانة فإن نظام الـ CD خال من الضوضاء كالهسهسة والدمدمة التي كانت تتفاقم بالتسجيل السيء في الأنظمة القديمة.

وإلى وقت متأخر، كان التسجيل المغناطيسي يحافظ على خطى متوازنة مع النمو المطرد في خزن المعلومات ومتطلبات استرجاعها. ومع ذلك فإننا وصلنا إلى نقطة نحن فيها بحاجة إلى وسائل خزن أفضل، فقد أصبحت التحسينات في التسجيل المغناطيسي بطيئة جدا ، وصعبة على نحو متزايد. ولحسن الحظ فإن قدرات الذاكرة البصرية التي يوفرها الـ CDتتصدّى لحل هذه المشكلة . ومثالاً على ذلك فإن قرصا بصريا بقطر 35 سنتيمترا (ظاهر في الشكل7) يمكن أن يخزن 43 مليون كلمة و24 ألف صورة التي تكون الموسوعة البريطانية.

(الشكل 7)

ويجعل التسجيل البصري هذا ممكنا باستعمال شعاع ليزري يذيب حفرة على فلم معدني رقيق يغطي القرص كوسيلة للكتابة. وإن حجم الحفر(أي الكتابة) الذي يمكن أن يصنعه الليزر على المعدن هي بحدود 0.5 ميكروميتر وهو مايعادل حجم الطول الموجي للإشعاع المرئي (انظر الشكل 8 أ).

(الشكل 8 أ)

وخزن المعطيات من الاستعمالات الواضحة للمجهر النفقي الماسح والمعدات المشابهة له . إذ أنتج العلماء في جامعة بيزل Basel بين حفر الـ CD صورة نقشت عليها كلمة HEUREKA (يوريكا - اي وجدتها ،صرخة أرخميدس التاريخية في الحمام) كذلك هو ظاهر في (الشكل 8ب) .

(الشكل 8 ب)

المطلوب هنا هو أن تصنع نهاية المجهر المستدقة علامة معينة وفق نمط منتظم، كأن تكون سطورا من البقع والفراغات على السطوح لتمثيل نمط 01 في النظام الثنائي ، وعندها يمكن أن يستعمل المجهر في وضعه التصويري العادي كي يحدد مواقع السطور ويسترجع المعطيات .

وبذل دان رواغر Dan Rugar وجونثن مامين Jonathan Mamin من شركة IBM جهدا مركزا لتطوير جهاز ذاكرة من المجهر النفقي الماسح. وفي تقنيتهما هذه ، صنعت البقع التي تمثل حفر المعطيات الرقمية من الذهب، حيث تتكون كل منها من بضعة آلاف من الذرات. ولقد اظهرا قدرتها على الرسم إذ رسما خريطة للعالم بمقياس 10 000 000 000 000 (أنظر الشكل 9) .

(الشكل 9)

ولكي يرسّبا بقعهما الذهبية على السطح الذي يراد الرسم عليه ، امسكا بنهاية مجهر نفقي ماسح مصنوعة من الذهب قريبا من ذلك السطح، وسلطا نبضة فولطية عليه، وأدت تلك النبضة إلى تأين ذرات الذهب القريبة من نهاية المجهر، وأدى الحقل الكهربائي الذي نشأ بين نهاية المجهر والسطح إلى قلع الذرات القريبة من نهاية المجهر. إن تقنية IBM يمكن أن تحشر قدرا هائلا من المعطيات في فراغ صغير جدا؛ إذ يمكن على سبيل المثال خزن الأعمال الكاملة لشكسبير على مربع لايتجاوز عرضه 0.2 مليمتر، محققا كثافة خزنية هي أعلى بنحو 10 آلاف مرة من أفضل قرص مغناطيسي تجاري .

لكن المشكلة مع استعمال نهاية المجهر النفقي الماسح للخزن، هي السرعة دوما؛ إذ من الممكن حشر هذا القدر من المعلومات، ولكن ذلك يمكن أن يستغرق دهرا لإنجازه. ولقد جرب منير نايفة فكرة وضع نهايات مجهرية عدةكي تعمل مع بعضها في آن واحد لكي تعجل العملية. وأدى ذلك الاختراع إلى صنع أزواج من أنماط كثيرة كما هو جسم في أحد الأمثلة (الشكل 10).

(الشكل 10)

وعلى نحو مشابه للتسجيل الرقمي، استعملت نهاية مجهر القوة الذرية لإيجاد نطاقات من الشحنة المحتجزة وكشفها تحت سطح مادة شبه موصلة. واستعمل روبرت باريت، الذي كان مع جامعة ستانفورد بولاية كاليفورنيا، هذه التقانة لإنتاج رقعة رثاء متناهية الصغر لأحد موظفيه السابقين، ونقش شعار جامعة ستانفورد في شحنة محتجزة كذلك هو موضح في (الشكل 11) ، وكان ذلك يمثل كثافة خزنية هي أعلى بنحو 150 مرة من أي قرص مغناطيسي.

(الشكل 11)

الميكانيك والإلكترونيات الذرية

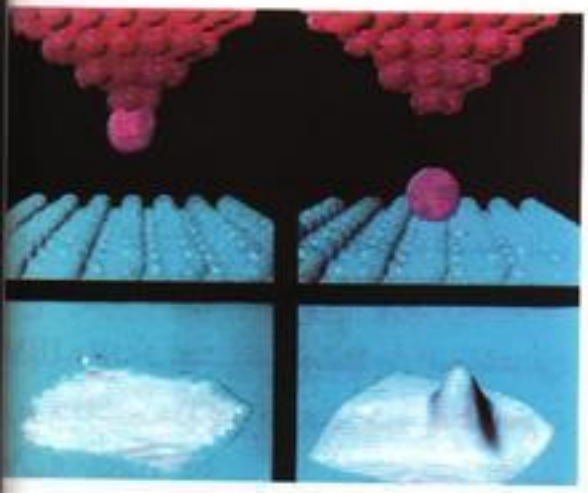
تحتاج الإلكترونيات إلى أكثر من معدات الذاكرة، ويمكن أن تستعمل المجاهر النفقية الماسحة، على المقياس الصغير، لصنع المكونات الأساسية الأخرى كالأسلاك الموصلة التي تبنى بها الدوائر

والترانسيستورات ، والمفاتيح التي تمثل جوهر المعدات الإلكترونية الرقمية.

مفاتيح الذرة المنفردة Single atom switches

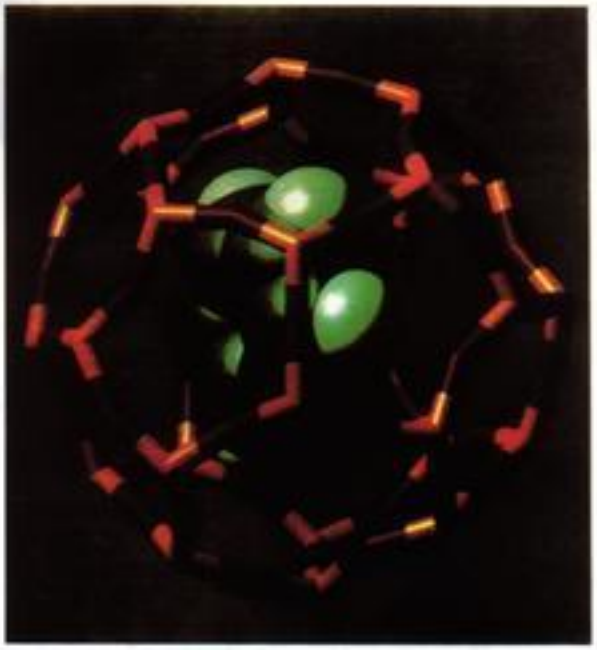
يعدّ إنتاج المفاتيح أكثر صعوبة من حفر المعطيات او الاسلاك الموصلة فالمفاتيح يمكن أن تتكون من مجموعة من الأجزاء التي تتطلب أن توضع بدقة متناهية قياسا لبعضها بعضا، وأعلن إيجلر عن صنع أبسط المفاتيح وربما أصغرها. وتعتمد حالتا «الفتح والغلق» لمفتاحه على موقع ذرة زينون Xenon واحد (الشكل 12) ؛ إذ يقع أحد هذين الوضعين في طية على سطح بلورة من النيكل في حين يكون الوضع الثاني في نهاية مجهر نفقي ماسح ، حيث تظل ساكنة على بعد يعادل أقطار بضع ذرات فوق السطح. وبتمرير نبضة فولطية قصيرة في نهاية المجهر، فإن بمقدور إيجلر أن يجعل ذرة الزينون تقفز عبر الفرجة الفاصلة بين السطح ونهاية المجهر، وأن نبضة فولطية بالاتجاه المعاكس كافية لأن تجعل الذرة تقفز عائدة إلى مكانها مرة أخرى.

وعلى الرغم من أن المفتاح الذري مثالا جيدا لما يمكن تحقيقه باستعمال المجهر النفقي الماسح فإن من غير المحتمل مطلقا أن يؤدي ذلك إلى صنع جهاز مفيد. فذرة الزينون مثبتة على السطح بأواصر كيميائية ضعيفة جدا . وإن هذا يعني أن العملية كلها يجب أن تتم عند درجة حرارة منخفضة



(الشكل 12)

لاتتجاوز 4 كلفن كي لاتؤدي الذبذبات الحرارية إلى تدحرج ذرة الزينون هنا وهناك، كذلك فإن العملية يجب أن تتم في الفراغ لكي لاتؤثر الجزيئات الغازية في ذرة الزينون. وهذا يتطلب أن يكون الجهاز ضخما جدا. ويقول ايجلر: إن مجموعته الآن تبحث عن جزيئات ذات بنية فيزيائية مفتاح جاهز الصنع. هو يريد أن يتحرى جزيئات شبيهة بالاقفاص مثل الزيولايت التي يمكن أن تصنع كيميائيا وأن تحتجز ذرة فلز في داخلها (الشكل 13) فإذا كان لبنية القفص وضعين مستقرين لذرة الفلز كي تستقر داخلها ، فإن نبضات الفولطية يمكن أن تحرك الذرة من وضع إلى آخر. ومن الجدير ذكره أن الزيولايت موجود بكميات كبيرة في الصحراء الأردنية



(الشكل 13)

والصحراء العربية وخاصة في سلطنة عمان. وتخضع عينات من الصحراء الأردنية للتجارب في جامعة ألينوي بالتعاون مع برنامج تطوير البادية الأردني لتحديد فائدتها كمفاتيح نانوية سريعة.

معدات إلكترونية منفردة

وكبديل لمفتاح الذرة المنفردة استخدم الترانسيستور الذي يعتمد على إلكترون منفرد. ولقد صنع باحثون أمريكيون مثل هذا الترانسيستور قبل سنوات عدة بوساطة تقنيات استعملت لصنع شرائح شبه موصلة متقدمة. ولقد أخذ جاكلفيك Jaklevic من شركة فورد للسيارات قاعدة شبه موصلة مغطاة بطبقة نحيفة من مادة عازلة ورشها ببقع متناهية الصغر من عنصر الأنديوم Indium بعد ذلك استعمل نهاية المجهر النفقي الماسح لتحديد موقع إحدى هذه البقع متناهية الصغر، ووضع نهاية المجهر فوقها . و بالتلاعب بالفولطية المستعملة على نهاية المجهر والقاعدة يصبح بمقدود الباحثين السيطرة على حركة الإلكترونات المنفردة الخارجة والداخلة إلى البقعة.

الأسلاك الذرية

تستخدم مجموعات عدة من الباحثين نهايات المجهر النفقي الماسح كقلم كي تنقش أسلاكا موصلة على سطح معين .وفي إحدى هذه المحاولات، سلط الباحثون، فولطية على نهاية المجهر وحركوها قرب السطح حيث عملت حقلا كهربائيا قويا فوق منطقة صغيرة جدا. ويقود هذا الحقل أيونات فلزية على هذه المنطقة الصغيرة من السطح وتعمل حركة نهاية المجهر خطا من الفلز على السطح. وقد استعمل منير نايفة قلمًا مثل هذا ليظهر مشاعره القلبية كما هو موضح في (الشكل 3) . واستعملت التقنية ايضا لالتقاط حزئيات منفردة من ترايمثيل الألومنيوم كما هو ظاهر (باللون الأبيض) في (الشكل 14). ولتوفير الخبر الأيوني الفلزي وضع نايفة مجهره النفقي الماسح داخل غرفة مفرغة وملأها بغاز ترايمثيل الألومنيوم ، ثم، أشعل شعاعا ليزريا في الفرجة الفاصلة بين المجهر وسطح الغرافيت الذي أراد أن ينقش رسالة فالأنتاين عليه.

(الشكل 14)

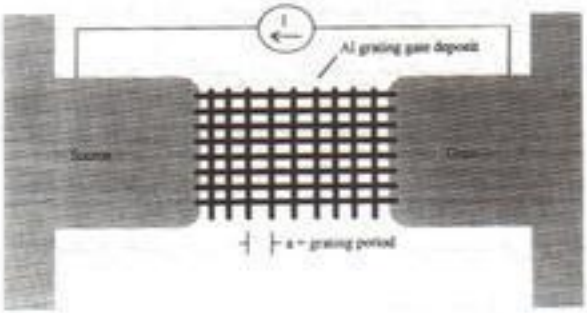
لقد اتحد الحقل الكهربائي والضوء الليزري معا في الفرجة لتأيين الغاز. من جانب آخر، فإن نهاية المجهر يمكن أن تستعمل لامتصاص المواد من السطح عندما تقترب منه كثيرا ويظهر الشكل 14 عملا أنجز في جامعة الينوي، حيث قامت مجموعة نايفة بالنقش على السليكون وسجلت أنحف خط تم إنتاجه لحد الآن؛ إذ لا يتجاوز قطره خمسة أجزاء من المليون من المليمتر عرضا، ويمكن لهذا التجويف أن يملأ بمادة معينة لاحقا لإنتاج سلك معدني مثلم أوشبه موصل. وهنالك طريقة بديلة اتبعت من قبل اليكس دي لوزان Alex de Lozanne من جامعة تكساس باوستن، وهي أن يتم امتزاز غاز يحتوي على ذرات فلزية (كاربونيل النيكل في حالته) على السطح. ولقد سلط فولطيه عالية على نهاية مجهره النفقي الماسح بحيث حررت شعاعا من الإلكترونات باتجاه السطح أدى إلى كسر الغاز على السطح تاركا ترسبات من النيكل.

الترانسيستورات النانوية

تحاول صناعة الإلكترونيات الدقيقة تحسين حج
الزاوية في الصناعة ،وهو الترانسيستور ، وذل
بجعله أسرع وأقل استهلاكا للطاقة ؛ فضلاً ع
زيادة عدد الترانسيستورات في وحدة المسا
على الشريحة، و ذلك بهدف صنع ترانسيستورا
مثالية ، عن طريق دفع حدود التقانة الحالية
بحيث يظل التصنيع التجاري الواس
للترانسيستورات الدقيقة ممكنا.

وإن القدرة على رسم خطوط نحيفة ج
باستعمال نهاية مجهر نفقي ماسح قد تجعل م
الممكن صنع ترانسيستور جديد. فتحت ظرو
معينة، اعتمادا على الميكانيك الكمي ، يمك
للإلكترونيات أن تتصرف كأمواج بدلا م
جسيمات، فإذا أظهرت الإلكترونيات صفا
شبيهة بالأمواج ،مثل الانكسار والانعكا
والتداخل، عندها فإن جهازا يستغل هذا السلو

يمكن أن يسيطر على انسياب الإلكترونيات. إن الباحثين في جامعة اليتوي، أرابانا، شمبين، ويضمنهم مجموعة نايفة ومجموعة جولايدنك Joe Lyding يستعملون إلكترونات شبيهة بالأمواج لتطوير جهاز يسمى ترانسيستور التداخل الكمي. ولقد ابتدؤوا باستعمال قاعدة سيلكونية على سطحها نقطتا تماس، وارتبطت نقطتا التماس تحت السطح بأخدود صنع من السليكون يحتوي على شوائب لتحسين قدرته التوصيلية. وبين نقطتي التماس في المنطقة الواقعة فوق الأخدود، هنالك غطاء من ثاني أكسيد السليكون الذي يمثل مادة عازلة. ويخطط الباحثون لاستعمال أنواع من تقنية نايفة التي استعملها في رسم خطوط الألومنيوم، لرسم خطوط من العوازل الأكثر سمكا في نمط من الخطوط المتوازية القريبة جدا من بعضها، أو نمطين من الخطوط المتقاطعة المتشابكة (انظر الشكل 15).



(الشكل 15)

و ينتج النمط المتبادل حقلا يضعف ويقوى على التوالي ،على امتداد الأخدود في السليكون. وعندما تلتقي الموجات الإلكترونية في هذا الحقل المتبادل ينعكس بعضها، وعندما تصطدم هذه الموجات المنعكسة مع المزيد من الموجات القادمة فإنها تكوّن نمطا من التداخل الإتلافي، حيث تلتقي منخفضات موجة ما مع ذُرى الموجة الثانية مما يؤدي أن تلغي كل موجة الموجة الأخرى. وبتعديل الفولطية المسلطة على خط التماس الوسطى وبالتالي تعديل قوة الحقل المتبادل، فإن بمقدورهم السيطرة على انسياب الموجات الإلكترونية على امتداد الأخدود أو إيقافه تماما. إن ترانسيستورات التداخل الكمي هذه إذا أمكن تصنيعها ستكون أسرع من الترنسيستورات التقليدية لأنها صغيرة جدا وسيترتب على الإلكترونات أن تقطع مسافة أقل، كذلك أنها تستهلك طاقة أقل لأن الإلكترونات الشبيهة بالموجات سوف تتناثربشكل أقل من ذرات المادة.

ومن جانب آخر، فإن الباحثين في معهد ماساتيوشيوتس للتقانة يتبعون مسارا مختلفا، فهم يتعاملون مع نوع جديد من تقانة السليكون تدعى (السليكون فوق العازل SOI) ويعتبروها حقلا واعدا للتغلب على تقانة السليكون الضخمة التقليدية. وهم كذلك يعملون على تقانة سليكون فوق عازل جديدة تسمى سليكون فوق عازل مع قاعدة فعالة يتوقع لها أن تحسن المعدات باستخدام مسيطر إضافي للترانسيستور يثبت على

القاعدة بدلا من قمته فقط ،كذلك هو الحال في الترانسيستورات الاعتيادية، ويسمح المسيطر الثاني بفتح الترانسيستور وغلقه أسرع ؛ وبذلك يمكن إيجاد عمليات سرع فتح وغلق أسرع؛ وهي أمور ضرورية للحواسيب السريعة، كذلك أن ذلك يسمح بغلق الترانسيستور بطريقة أكثر اكتمالا، وبذلك نوفر في استهلاك الطاقة ؛ وهو عامل مهم جدا في وسائل الاتصال العالمية المحمولة حاليا .

إن تقانة السليكون فوق العازل تأتي مع عزل طبيعي لأحد الترانسيستورات عن الآخر، بحيث تعطي المرء قدرة على رصّ المزيد من الترانسيستورات على الشريحة . ويمكن أن تتعدد الفوائد بازدواج هذا مع تقانة النانو. إن إنتاج ترانسيستورات نانوية على السليكون، مع تقانة السليكون فوق العازل ذي القاعدة الفعالة يمثل تحديا لاستعمال التقانة الحالية. وتخطيط المجموعة التي يرأسها ديمتري أنتونياس Dimitri Antoniadis في معهد ماتيوشيوتس للتقانة، لاستعمال تقانات طباعية سينية جديدة مع مواد ذات نمو سطحي ،فإذا ماذهبنا إلى المقياس النانومتري المطلوب للتحديث المناسب للبنى الذرية لهذه الترانسيستورات فهي حساسة جدا للظروف السطحية الذرية. يقوم حسن نايفة وهو زميل باحث في معهد ماتيوشيوتس للتقانة حاليا ببحث عن الكيفية التي يتم بها إنتاج سطوح سليكونية ذات قدرة توصيلية عالية، وهو يستعمل مجهر قوة ذرية كي يفحص سطوح بنى مواد الترانسيستور النانوي بقدرة تمييز ذرية، ويستعمل الصقل الميكانيكي الكيميائي لصنع ترانسيستورات ناعمة ذريا. ويقوم حسن الآن بتجربة جهاز نانوي، والنتائج الأولية مشجعة.

الميكانيك النانوي

سهلت التطورات الحديثة في المكنسة السطحية النانوية مهمة دراسة الميكانيك بالمقياس النانوي بالحدود الكمية وإن الأفكار الجديدة التي تشتمل على معدات كهروميكانيكية نانوية ،والاستكشافات الاستثنائية في الفيزياء الميزوسكوبية هي تحت الدراسة الآن. فعلى سبيل المثال، بنى مايكل روكس Michael Roukes من معهد كاليفورنيا للتقانة في باسيديينا بعض الأشواك الرنانة (المذبذبات) الآلية الصغيرة. وأحد تطبيقات هذه المعدات الصغيرة هو إمكانية الكشف الميكانيكي عن الرنين المغناطيسي الذي له تطبيقات واسعة في الاستعمالات الطبية.

علم المواد عند حدود الحجم

هناك اهتمام متزايد في مواصفات البنى ذات الأبعاد المصغرة إلى حدود الحجم (البنى النانوية) ذلك لأنها يتوقع أن تظهر مواصفات توصيلية للأجيال المستقبلية من المعدات. فالصفات الجديدة لايمكن أن تكتشف بتغيير تركيب المواد فقط، بل من خلال المواد إلى بضع عشرات او مئات من الجسيمات في بعد واحد، أو اثنين، أو ثلاثة أبعاد. فعلى سبيل المثال إن السليكون الذي يمثل العمود الفقري للحواسيب

يشع الضوء بشكل كفء كبلورة كلية بسبب فاصلته الحزمية غير المباشرة، ولكنه سيفعل كذلك إذا ماقلل إلى بضع بليرات (بلورات صغيرة جدا) لاتتجاوز بضع نانومترات ، وكان كانم Canham عام 1990 هو أول من لاحظ أن بليرات السليكون النانوية تشع الضوء بكفاءة في الطيف الأحمر. وهذه الخطوة العملاقة شجعت مجموعات بحثية في أرجاء المعمورة كي تعمل على تصنيع بنى جديدة تعتمد على السليكون الذي يمكن أن يشع الضوء الأحمر - الأخضر - الأزرق بكفاءة لأغراض العرض. إن مثل هذا البنى يمكن أن تصبح مهمة لا كمعدات إشعاع للضوء فحسب، ولكن كذلك لاستعمالها في التوصيلات البصرية اللاسلكية. وعندما تصبح الأجهزة أصغر وأسرع فإن سرعة الدائرة الإلكترونية سوف تتحدد في النهاية بسرعة الإشارات عبر الأسلاك الواصلة بينها. ويؤمل أن يحل الضوء الصادر من المادة محل الأسلاك لتسريع العمليات. وإن صفة السليكون حديثة الاكتشاف هذه قد تؤدي إلى استعمال مشترك للدوائر الإلكترونية والبصرية ؛ أي بين الحساب والكشف ،منتجة أجيالا جديدة من المفاتيح الأسرع والأقل استغلالا للطاقة، فضلا عن مكونات أخرى للاتصالات والحواسيب.

ومن بين المجموعات العالمية التي تعمل في هذه المنطقة البحثية هناك تعاون بين فريق من جامعات أردنية ترأسه ليلى أبو حسن وبين جامعة إلينوي برئاسة منير نايفة، ولقد تم دعم هذه التعاون من قبل مؤسسة البحث الوطني الأمريكية والمجلس الأعلى للعلم والتكنولوجيا في الأردن ،كذلك فإن زين اليماني وهو زميل باحث في جامعة الينوي من جامعة الملك فهد للبترول والمعادن في المملكة العربية السعودية يقوم الآن بإجراء بحث لإنتاج بليرات صغيرة أكثر كثافة وذات حزمة أعرض. ولقد نجح زين مؤخرا في تحضير بليرات سليكون تظهر إشعاعا قزحيا يمتد بين الأحمر إلى الأخضر.

الهندسة الطبية الإحيائية والهندسة الوراثية

يتوقع حدوث إمكانيات هائلة في علم المواد إذا ماتحققت التطورات الجديدة في التصميم الجزيئي وهندسة المواد الجزيئية. ويعلق فينمن ،بأن تقدما هائلا يمكن أن يتوقع في علم الأحياء :«عندما تنظر ببساطة إلى الجزيئات المنفردة وتعمل عليها ». إن القدرة على المعالجة بالمقياس النانوي للمواد الإحيائية والجسيمات العضوية توفر عددا كبيرا من الإمكانات الخيالية نذكر القليل بشأنها:

1 - هناك بعض العلماء ممن يعتقد أن المجهر النفقي الماسح ومجهر القوة الذرية يمكن أن يتطورا كي يستعملا في استخراج الـ DNA والمكونات الخلوية الأخرى ومعالجتها وتحليلها وتحسينها مباشرة وذلك يساعد كثيرا في الحقول الثانوية من الهندسة الوراثية والبحث الطبي.

2- تصنيع ،أو تعديل بعض الجزيئات الإحيائية المهمة التي هي معقدات توبولوجية (بنيوية) (على سبيل المثال : مستقبلات، وإنزيمات، وأجسام مضادة

وهياكل خلوية سايتو سكلتون) التي يكون تصنيعها مكلفا وصعبا باستعمال تقانات الكيمياء الصناعية الحالية.

3 - إيجاد أو تحسين أو برمجة أحياء مجهرية للاستعمالات العلاجية. وهذا يشتمل على سبيل المثال، إيجاد كائنات حارسة أو ملتهمة في الدم متفوقة على الخلايا البيض والعوامل الأخرى في وراثتنا الإنسانية والتي سوف تصطاد بكفاءة أنواعا مختلفة من الغزاة المعادين أو المدمرين وتنظفها. وهذه يمكن أن تتفوق على دور الكريات البيض في محاربة الإيدز أو السرطان وفي فتح القنوات الدموية المغلقة أو تقويم التشابكات العصبية الليفية في الخلايا العصبية الشائخة.

4 - تصميم بكتيريا بطريقة صحيحة باعتبارها خادما أصغر لنا، واستعمالها في إعادة تشكيل العالم بطريقة أقرب إلى ماتشتهي أنفسنا.

5 - إنتاج مكنات لإصلاح الخلايا يمكن برمجتها وإدخال المعلومات الوراثية المناسبة بواسطة جسيمات فيروسية مصنعة إلى خلايا مشوهة وراثيا للمعالجة والتصليح. ويستعمل برنامج التصحيح بروتين الخلية ذاتها والمسارت الميتابولية لتشخيص وإصلاحه أي تشويه أو ضرر.

6 - تصنيع مكنات صغيرة للإدخال في الجسم وسوف يكون مثيرا إذا كان بمقدورك أن تبتلع الجراح، أو أن تضع الجراح الميكانيكي داخل القناة الدموية، كذلك يمكن أن تدخل مكنات صغيرة على نحو دائم داخل الجسم، وتعمل هذه المجسمات النانوية على مراقبة مختلف الأعمال الوظيفية للجزيئات شبه الخلوية والأنسجة أو الأعضاء الضرورية لتحديد بعض الآليات التي يتطلبها النمو والتقدم في السن. ويمكن أن تستعمل هذه لإرشاد عملية تصليح الأنسجة الإنسانية (جزيئة جزيئة إذا كان ذلك ضروريا) لإطالة الأعمار.

ويتبجح بعض العلماء الغربيين بأن المجهر النفقي الماسح قد يمكن الباحثين من أن يغيروا ويتصلوا مع الجينات والفيروسات والبروتينيات والتجمعات الهيكلية الخلوية وربما الوعي الجزيئي الإحيائي، وفوق ذلك فإنهم يعتقدون أن التقانة الإلكترونية المجهرية والهندسة الوراثية ستظهر لنا قريبا القدرة على إيجاد أشكال حياة جديدة.

إن هذه القدرة كذلك يقول بعضهم، إذا ما تحققت، سوف تمثل للإنسانية تحديات تقنية ونظرية وأخلاقية لم تواجهها من قبل. ومن جانب آخر يحذر بعض العلماء من الجوانب الفرانكشتاينية للتقانة النانوية بضمنها المراقبة النانوية والنسخ غير المسيطر عليه للمعدات النانوية، مع مايصاحبه من استهلاك للمصادر الإحيائية. وشأنها شأن الهندسة الوراثية والسيارات والطاقة الذرية والغذاء الجاهز، فإن التقانة النانوية يمكن أن تكون سيفا ذا حدين يتطلب إدارة مسؤولة.

هل هذا علم أم خيال علمي؟ في الحقيقة إن الكثير منه خيال علمي، وإن الأحلام بشأن أشكال جديدة من الحياة ستظل أحلاما إلى الأبد.