

تقرير حلقة بحث علمية بعنوان :

هل النانو تكنولوجي مستقبل واعد؟

تقديم الطلاب : علي أحمد

الصف: العاشر

تاريخ :2015/2014

إشراف: الاستاذ رشيد سيو

المقدمة:

لقد كان التطور التقني الهائل هو السمة الفريدة في القرن العشرين الذي ودعناه منذ عدة سنوات وقد اجمع الخبراء على ان اهم تطور في النصف الاخير منه هو اختراع الكترونيات السيليكون او الترانزيستور والمعامل الالكتروني فقد ادى تطويرها الى ظهور ما يدعى بالشرائح الصغرية ا وال(micro chips ) والتي ادت الى ثورة تقنية في جميع المجالات كالاتصالات والطب وغيرها

حتى عام 1950 لم يوجد سوا التلفاز الابيض والاسود وكانت هناك عشرة حواسيب في العالم اجمع ولم تكن هناك هواتف نقالة او ساعات رقمية او انترنيت كل هذه الاختراعات يعود الفضل فيها الى الشرائح الصغرية والتي ادى ازدياد الطلب عليها الى اخفاض سعرها بشكل اسهل دخولها في تصنيع جميع الالكترونيات الاستهلاكية التي تحيط بنا اليوم وخلال السنوات القليلة الفائتة برز الى الاضواء مصطلح جديد القى بثقله على العالم واصبح محط الاهتمام بشكل كبيير هذا المصطلح هو "تقنية النانو"

لا زالت هذه التقنية قيد التطوير حيث انه لتطوير أي تكنولوجيا ومنها النانو تكنولوجي يجب ان يتوفر الحافز الاقتصادي أي ان السوق هو الذي يحكم هذا التطور واذا لم تتوفر المطالبات من السوق فان النانو تكنولوجي ستبقى في ادراج العلماء وعلى صفحات الكتب

فما هو النانو تكنولوجي؟

وما أهميته؟

وما هي مواده؟

يعرف النانو بأنّه ( أدق وحدة قياس مترية ) ، يعود أصل كلمة ( نانو ) إلى منشأ إغريقي ( نانوس ) ، والتي تعني القزم ، كدلالة على الشيء الصغير ، أمّا في علوم التكنولوجيا ، فإنّها تدل على تكنولوجيا المنمنمات أو المجهرية الصغيرة ، هذه التقنية التي تخصّ المواد المغالية في الصغر ، وما علم النانو إلاّ هو نقطة المنتصف بين علم الجزيئات والذرّات ، وبيّن ما يعرف بعالم المايكرو .

يهتم علم النانو بمبادئ النانو الأساسيةّ ، ويختصّ بدراسة المركبات والجزيئات الصغيرة جداً التي لا يتعدّى قياسها 100 نانو متر ، ويبلغ طول النانو واحد من بليون من المتر ، حيث تعادل حسب الانغستروم ، وهي وحدة القياس الذري ، ما يشكّل عشرة أضعاف ، ويشكّل أيضاً النانو من المتر ، جزء من البليون ، أمّا من الميكرومتر فيشكّل جزء من الألف .

تختص تقنية النانو بالمواد ، معتمدة بذلك على التجمع الجزيئي الذاتي ، وخاصة في مجال أشباه المواصلات .

عندما تتجزأ المواد المكوّنة للذرّات ، يكون من الصعب السيطرة عليها من جديد ، وهنا تكون مشكلة تقنية النانو ، وبالتالي فهي بحاجة إلى أجهزة تكون أحجامها دقيقة جداً ، وأيضاً مقاييسها ، وبالتالي في طرق الفحص ، للتمكن من رؤية الجزيئات .

ومن أهمّ الصعوبات التي تواجه العلماء في علم النانو ، هو الوصول إلى دقّة في القياس لمستوى الذرّة ، لتكون عثرة في وجه هذا العلم .

إنّ أغلب المدن والدول قد اهتمّت بهذا العلم ، فمنها من فتحت الجامعات المختصّة لدراسة تقنيّة النانو ، ومنها من أقامت مراكز البحوث التي تعنى وتعمل على دراسته ، إضافةً إلى أنّ أغلب الدول قد قامت بتكليف خبراء مختصّين متميّزين ، لدراسة هذا العلم وهذه التقنية الناشئة .

أمّا فيما يتعلّق بالصحة ، فقد رأى بعض الأطباء ، إلى أنّ بإمكانهم السيطرة لاحقاً على بعض من الأورام ، التي تكون صغيرة ، والتي لم يكن سابقاً ممكناً السيطرة والتأثير عليها .

ويرى بعضهم بأنّ تقنيّة النانو ما هي إلاّ تطبيق علمي ، مهمته الأساسية تكمن في تجميع الأشياء في مستوى صغير من مكوّناتها ، التي كانت عليها في الأساس ، كالجزيئات والذرّة ، وبذلك يستطاع استبدال ذرّة عنصر بذرّة عنصر آخر ، كون هذه المواد مؤلّفة ، ووفق تركيبة خاصة بها معينة ، من ذرات متراصفة ، ليتم تصنيع أشياء جديدة من جميع الأشياء ، وربما يتمّ اكتشاف أشياء أخرى لم تكن معلومة أو معروفة مسبقاً .

تاريخ النانو

1- كشفت الابحاث لماريان ريبوك وزملائها في جامعة درسدن الالمانية الغطاء عن السيف الدمشقي المشهور بقدرته الكبيرة على القطع ومتانته المذهلة ومرونته الكبيرة فقد تبين لها انه مصنوع من مواد مركبة بمقياس النانومتر فانابيب الكربون التي تعتبر من الموادالقوية المعروفة وذات مرونة ومقاومة الشد المرتفعة احاطت بالسلاك النانوية من السمينت وهو مركب قاس وقصف

2- منذ الاف السنين قصد البشر استخدام تقنية النانو فعلى سبيل المثال استخدم في صناعة الصلب والمطاط كلها تمت اعتمادا على خصائص مجموعات ذرية نانومترية في تشكيلات عشوائية وتتميز عن الكيمياء في انها لا تعتمد على الخواص الفردية للجزيئات الولى الى بعض المفاهيم المميزة في النانو عام 1867 كاتب جيمس ماكسويل عندما اقترحت فكرة تجربة صغير ة كيان يعرف ماكسويل للشيطان من معالجة الجزيئات الفردية في عام 1920 ادخل ارفنغ لانجمور وكاثرين بلودغيت مفهوم نظام monogayer اوطبقة ذرية واحدة او طبقة مادة يبلغ سمكها مقاييس الذرة وحصل لانجيمور على جائزة نوبل في الكيمياء لعمله

تطبيقات النانو

يمكن من خلال تقنية النانو صنع سفينة فضائية في حجم الذرة

يمكنها الابحار في جسد الانسان لاجراء عملية جراحية والخروج من دون جراحة كما تمكن من صنع سيارة في حجم الحشرة وطائرة في حجم البعوضة وزجاج طارد للاتربة وغير موصل للحرارة وايضا صناعة الاقمشة التي لا يخترقها الماء بالرغم من سهولة خروج العرق منها وقد ورد في بعض البرامج التسجيلية انة يمكن صناعة خلايا اقوا 200 مرة من خلايا الدم ويمكن من خلالها حقن جسم الانسان ب10%من دمه بهذه الخلايا فتمكنه من العدو لمدة 15 دقيقة بدون تنفس

دخلت صناعة النانو حيز تطبيق في مجموعة السلع التي تستخدم نانو جزيئات الاكسيد علا انواعه "الالمنيوم والتيتانيوم وغيرها" خصوصا في مواد التجميل والمراهم المضادة للاشعة فهذه النانو جزيئات تحجب الاشعة البنفسجية uv كلها ويبقى المرهم في الوقت نفسه شفافا وتستعمل في بعض الالبسة المضادة للتبقع

التطبيقات العسكرية:

* **سيلجأ العدو الصهيوني إلى “الدبور” لمساعدته، عله ينجح في ما فشلت فيه الأسلحة الكبرى فاستخدم النانو تكنولوجي في محاولة لصنع إنسان آلي لا يزيد حجمه على “الدبور”، يكون قادراً على تعقب وتصوير وقتل أهدافه ، ان هذا الروبوت الطائر الذي يطلق عليه اسم “الدبور الخارق” سيكون قادرا على الطيران في الأزقة الضيقة لاستهداف “الأعداء” الذين يصعب دون ذلك الوصول إليهم كمطلقي الصواريخ مثلا** ؟!.

التطبيقات البيئية:

**زيادة إمكانية الكشف والمشاهدة.**

**- التحسس الدقيق وبالزمن الحقيقي لمعظم المكونات بوقت واحد وبتركيز منخفض تكراريا وفي بيئة ذات أوساط مضادة .**

**- تنظيف الأنهار الآسنة من الجزيئات الملوثة والتي تكون موادها الأصلية ذات درجة عالية من السمية ضمن البيئة التي يكون من الصعب معالجتها .**

**- وعـد بتـكالـيف منخفضة وفعالة وحلول سريعة وخاصة لمعالجة الملوثات**

التطبيقات البيولوجية:

**-الإستشعار البيولوجي**

**- المصفوفات الميكروية : الجينات والبروتينات**

**- مركبات الجسيمات النانوية للـبـبـتـيـدات والـ ( DNA)**

**- تعبأة الأدوية في كبسولات وتسلمها**

**- الأدوات والتجهيزات الجزيئية**

**- الكشف على العوامل الممرضة**

- **محلل دم** :

**قنوات بالغة الصغر بحيث تستطيع فلترة (عزل) كريات الدم البيضاء عن الحمراء . عند وضع هذه البطاقة في جهاز التحليل يستطيع الجهاز عد الكريات البيضاء خلال 10 – 15 دقيقة ، قد تكون هذه العـملية مهمة في المعالجـة الإسعافـية للإيـدز( HIV ) .**

- **أدوات طبية وزراعة أعضاء**:

**1-**رادار قابل للزرع لتحديد الأورام الخبيثة

**2-**نموذج دماغ دقيق يعتمد على الحاسوب

**3-** أجهزة الكترونية قابلة للزرع تحث (تحاكي) الأعصاب لمعالجة الحالات المزمنة من الغضب

4- بـطاريات قـابـلة للشحن تـبدل كـل 5 – 10 سنوات

5- حساسات نانوية تضاف على المضخات لتقديم الأدوية

* **-**
* **واستخدام جسيمات السليكون النانوية في الكشف السريع عن الجراثيم الممرضة في مصادر المياه، والمنتجات الغذائية، والعينات الطبية.**
* **هذا اختراع نانو تكنولوجي جديد .**

بعض تطبيقات النانو:



مواد النانو:

النانو غدا

مواد النانو:

انابيب كاربونية مواد خفيفة يمكن ان تحدث ثورة في تصميم السيارات بسبب قوتها وقدرتها على توصيل الكهرباء والحرارة

نانو روبوت :

المرحلة المقبلة في عمليات التصغير يمكن ان تؤدي الى تصنيع محركات او روبوتات ميكروسكوبيةللمساعدة في دراسة الخلايا والنظم البيولوجية بالاضافة الالياف

عربات ميكرو:

عربات متناهية في الصغر يمكن تطويرها لابحاث الفضاء العميق والمدارات والمناخ او استكشاف الاسطح المتحركة

مجسمات نانو:

مجسمات متناهية في الصغر ولاسلكية وسريعة وفي غاية الحساسية يمكن وضعها مع المجسات الالكترونية والكيميائية او البصرية لاستخدامها في المهام التعليمية ولاسيما في التحليل الفوري وعمليات الروبوت يمكن ادماج تقنية النانو في شبكات بشرية مثل اجهزة الرعاية وشبكات المراقبة البينية

ادارة الاوضاع الصحية لرواد الفضاء: يمكن لرواد الفضاء في رحلات طويلة استخدام تقنية النانو لمواجهة الاوضاع المناخية ذات الاشعاعات المرتفعة وتصنيع اجهزة رقابة طبية ومعدات علاج والمساعدة في خفض ا والتغلب على الضغوط والتوتر الناشئ عن رحلات الفضاء الطويلة ويمكن تحقيق ذلك عن طريقتين الاولى هي تصنيع المواد النانو التي يمكن استخدامها للتغلب على اختراق الاشعة الكونية للسفن والاخرى هي المجسمات النانو لتحديد مستويات الاشعة

اوضح سكوت مايز رئيس معهد فورسايت في كليفورنيا "اعتقد انه على المدى القصير سنشاهد زيادة تدريجية في التقدم" ويجدر بالذكر ان هذا المعهد هيئة لا تسعى للربح .هدفه تعليم الرأيالعام بخصوص نتائج التقدم في تقنيات النانو واضاف مايز "لا تتوقعوا قفزات هائلة في تقنية النانو في الوقت الحاضر بل زيادات تدريجية ؛التي بدأت تظهر بالفعل في مجالات المجسات بل والمنتجات التجارية من مستحضرات التجميل الى المعدات الرياضية وذكر ان معهد فور سايت يفحص في الوقت الراهن كيف يمكن لتقنية النانو مواجهة مجموعة من التحديات التي تواجه البشرية اليوم ومن بين اهم 10 موضوعات بالاضافة الى مواجهة الامراض المعدية وعلاج السرطان وتوفير المياه النظيفة للجميع هي توفير رحلات فضائية رخيصة للقضاء وقال انه من الصعب القول ان تطبيقا معينا اكثر اهمية من التطبيقات الاخرى

احلام انابيب النانو واحد من الفكار العظيمة لتطبيق تقنية النانو هو المصعد الفضائي : تخيل كابل مرتبط على منصة عائمة على خط الاستواء وفي الناحية الاخرى معلقة في الفضاء فيما بعد المدار ويستخدم المصعد الفضائي مصاعد كهربائية تتحرك على الكابل لوضع صواريخ ومحطات فضائية ومعدات في مدار الارض

وستتيح انابيب النانو للمهندسين بناء مصاعد فضائية وتتحرك بسرعة في الفضاء ويمكن لنفس المادة خفض كلفة نقل المعدات عبر المصاعد وتخفيف وزن الاقمار التي تعمل بالطاقة الشمسية ومحطات الفضاء

- **إذا:** **يعتقد العلماء ان تخزين وإنتاج وتحويل الطاقة سوف يكون الاستخدام الأهم للتكنولوجيا النانوية في عشر سنوات قادمة ويشمل ذلك إنتاج خلايا شمسية وخلايا الوقود الهـيـدروجـيـني , وتتعـدد مجالات استخدام تكنولوجيا النانو في كل من الصناعات الألكترنية ,و الزراعة , والطب و الصناعات الدوائية , ومكانيك الإنتاج , و معالجة مياه الشرب , والبيئة ,و غيرها**

منجزات باستخدام تقنية النانو:

* وقد تمكن العلماء اليابانيين من نحت ثور يمكن اعتباره أصغر منحوتة في العالم بحيث يمكن وضع ثلاثين من أقرانه في حيّز لايزيد قطره عن قطر النقطة واستخدموا لذلك التقنيات الليزرية وكان الهدف من ذلك هو الحصول على مركبة نانوية لإستخدامها في الجراحة الروبوتية للخلايا .
* كما تم الحصول على طقم أسنان سيليكوني لايزيد حجمه عن حجم الخلية يستطيع ابتلاع الكريات الحمراء وقضمها ثم اطلاقها مجدداً إلى الدم بمعدل عشر خلايا في الثانية ، ويمكن لطاقم الأسنان هذا أن يساعد على إدخال الأدوية أو الجينات إلى داخل الخلايا وبالتالي يعزز العلاج الخلوي المركز
* للكثير من الأمراض
* وابتكر باحثون من جامعة **آن أربر** بولاية ميتشيغان بالولايات المتحدة , آلة مجهرية للحفر والتثقيب والنحت والقطع قادرة على العمل بشكل ثلاثي الابعاد لجميع المواد بدقة بالغة، مهما كانت درجة صلابتها. وهذه آخر صيحة من عالم الـ«نانو تكنولوجيا».
* **سامسونج(في كوريا الجنوبية )تنتج الثلاجات والجلايات وتستخدم التغليف النانوي لمنع الحشرات المؤذية من النمو .**
* **(~1 nm)جزيئات الفضة النانوية بحدود تستخدم لتغطية السطح .**
* **هذه الجزيئات النانوية فعالة كهربائيا بشكل كبير بحيث أنها تمنع نمو الميكروبات الضارة**
* **Chip Industry:صناعة الرقاقة**
* **وحدة الذاكرة هذه من نوع (فلاش) ذات سعة (8 غيغا بايت ) وهي لتخزين وتحميل الأغاني والصور والملفات وعروض الباوربوينت**

شرح مفصل عن الأنابيب النانوية:

* 
* الأنابيب النانوية هي أسطوانات كربونية قطرها 1 أو 2 نانومتر، تشبه في بنيتها خلايا النحل، وهي أمثلة أولية للخصائص العجيبة التي يمكن أن تتيحها القوى الكمية في النظم النانوية. يمكن أن تعمل الأنابيب الكربونية النانوية وكأنها أسلاك مصغّرة في الحواسيب الجزيئية، بفضل خاصية كمية تدعى نفق الإلكترون (Electron tunneling)، تسمح للأنابيب ببث الإشارات الكهربائية على مستويات يستحيل أن يسري فيها التيار العادي. وقد شارك فريق بحثي من هيوليت باكارد (في كالتيك) و UCLA في تطوير استخدام الأسلاك النانونية (الذي أصبح الآن شائعاً) في التوصيل بين المكونات المنفصلة في الحواسيب الجزيئية.  
  تعتمد البحوث الخاصة بإمكانية تصنيع دوائر متكاملة من الكربون على الخصائص الكمية غير العادية للأنابيب النانونية. وقد أصبحت هذه الأنابيب تتصرف كأشباه الموصلات بفضل التغيرات في هندستها (مثل لف سلك خلايا النحل بشكل لولبي بشكل المناشف الورقية، بدرجات ميل وأقطار مختلفة). وقد ابتكر الباحثون في شركة آي بي إم مفاتيح وترانزستورات ومكونات أخرى من الأسلاك النانونية باختبار الدخل والخرج لكثير من الأنابيب الكربونية النانونية. وتحاول آي بي أم مع شركات أخرى الاستفادة من ذلك في المعالجات، حيث يكمن السر ببساطة في الأسلاك.  
  لا يزال إنتاج الأنابيب الكربونية النانونية حسب الطلب بخواص معينة حلماً بعيد المنال. لكن الأنابيب النانونية المنتجة بالجملة (بواسطة العمليات التي تنتج أطوالاً وأقطاراً وهندسة متنوعة للأنابيب) هي من أكثر منتجات التقنية النانونية جذباً للاهتمام، وتتحول بسرعة لتصبح صناعة صغيرة قائمة بذاتها.  
  لا تعتبر الصفات الكهربائية الفريدة للأنابيب الكربونية النانونية الخواص الوحيدة التي يمكن الاستفادة منها، فالأنابيب الكربونية النانونية أقوى من الكفلار (Kevlar وهو مادة من الألياف الصناعية تمتاز بالقوة الشديدة) وأكثر متانة من الألماس، وإضافتها وإن بنسب ضئيلة يمكن أن تحسن الألياف والمواد المركبة بشكل كبير. تمتاز الأنابيب الكربونية النانونية بأنها لا تتآكل ولا يمكن أن تحترق في الظروف العادية، ويمكن استخدامها لجعل البلاستيك موصلاً كهربائياً. جعلت هذه الصفات الأنابيب الكربونية النانونية شائعة في جميع أنواع الصناعات.  
  تضيف تويوتا مثلاً مركَّبات تعتمد على الأنابيب الكربونية النانونية، إلى الرفارف البلاستيكية وإطارات الأبواب في سياراتها، مما يجعل هذه الأجزاء أقوى وأخف وزناً إضافة لجعل البلاستيك موصلاً كهربائياً مما يسمح بطلائه بالدهان اللاصق كهربائياً ذاته المستخدم في الأجزاء المعدنية من السيارة.  
  ويستفيد تطبيق آخر من خاصية كمية غير عادية أخرى للأنابيب الكربونية النانونية التجارية: فبفضل نفق الإلكترون ينتج غشاء من أحد مركبات الأنابيب الكربونية النانونية موضوع على سطح موصل مجموعة من الحقول الكهربائية عالية التركيز يمكنها أن تضيء الفوسفور في جهاز عرض الفيديو. وقد استخدمت شركة سامسونج وغيرها الأنابيب الكربونية النانونية بهذه الطريقة لإنتاج أجهزة عرض وشاشات تلفزيون عالية التحديد ذات استهلاك منخفض للطاقة.   
  في غضون ذلك تعمل NEC وسوني في مشروع مشترك لتطوير بطارية للحواسيب المحمولة تستخدم سعات الأنابيب الكربونية النانونية لتخزين طاقة كيميائية، وتزعم الشركتان أن عمر البطارية سيمتد لأسابيع قبل الحاجة لإعادة شحنها. كما تسعى ميتسوبيشي وموتورولا أيضاً لإنتاج بطاريات تعتمد على الأنابيب الكربونية النانونية، يمكن تصنيعها بأي شكل مفترض أو حتى دمجها في الغلاف البلاستيكي للجهاز.  
    
  للأنابيب النانوية الكربونية العديد من المزايا القيمة لتسخدم كمادة انشائية، ومن الاستخدامات المحتملة:  
  المنسوجات: بتصنيع أقمشة مقاومة للتمزق والمياه.  
  سترات مكافحة: يتم العمل في معهد ماساتشوستس للتقانة MIT على تصنيع دروع واقية باستخدام الأنابيب النانوية الكربونية كألياف فائقة القوة يمكنها التصدي للرصاص وفحص شروط ارتدائها. قامت جامعة كامبردج بتطوير الألياف وإعطاء رخصة لشركة لتصنيعها   
  الخرسانات: حيث يتم في الخرسانات زيادة قوة الشد وإيقاف انتشار الكسر.  
  بولي إيثيلين: وجد الباحثون أن إضافة الأنابيب النانوية الكربونية إلى البولي إيثيلين يزيد من معامل اللدونة للبوليمر بمقدار 30%.  
  المعدات الرياضية: تستخدم الأنابيب النانوية الكربونية في صنع مضارب التنس، وأجزاء الدراجة الهوائية، وكرات الغولف، ومضارب البيسبول والجولف بشكل أقوى وأخف وزناً.  
  مصعد الفضاء: يتم دراسة الأنابيب النانوية الكربونية كمكوّن محتمل لحبل الشد الذي يمكن لمصعد الفضاء تسلقه وهذا يتطلب الحصول على قوة شدّ أعلى من 70 غيغاباسكال.  
  العضلات الاصطناعية: بسبب معدل الانقباض/التمدد الكبير للأنابيب النانوية الكربونية مولدة بذلك تياراً كهربائياً، تعتبر الأنابيب مناسبة للاستخدام في العضلات الاصطناعية.  
  ألياف ذات قوة شد عالية: تتطلب الألياف المنتجة باستخدام كحول البولي فينيل 600 جول/غرام لكسرها. وعلى سبيل المقارنة فإن الألياف ذات مقاومة الرصاص كيفلر(بالإنجليزية: Kevlar‏) تحتاج 27-33 جول/غرام.  
  الجسور: يمكن للأنابيب النانوية الكربونية أن تستخدم بدلاً من الفولاذ في الجسور المعلّقة.  
  حدافات فائقة السرعة: إن نسبة القوة إلى الوزن العالية تمكّن من الحصول على سرعة دوران عالية.  
  الحماية من الحرائق:إن طلي المواد بطبقة رقيقة من ورق البوكي (بالإنجليزية: Buckypaper‏) يحسّن من مقاومتها للحريق بشكل كبير وذلك يعود إلى الانعكاس الفعّال للحرارة عبر كثافة طبقات مضغوطة من الأنابيب النانوية الكربونية أو ألياف الكربون.  
    
  تطبيقات كهرومغناطيسية  
  يمكن للأنابيب النانوية الكربونية أن تستخدم في تصنيع النواقل الكهربائية، العوازل، أنصاف النواقل. وتشمل التطبيقات:  
  العضلات الاصطناعية: للأنابيب النانوية الكربونية قدرة جيدة على التمدد والتقلص يجعلها بديل مناسب عن الانسجة العضلية.  
  ورق البوكي: وهي شريحة رقيقة مصنعة من الأنابيب النانوية وهي أقوى من الفولاذ بأكثر من 250 مرة وأخف منه بأكثر من 10مرات، ويمكن أن تستخدم كمصرف حراري لألواح الرقاقات، أو كإضاءة خلفية لشاشات الكريستال السائل LCD أو كقفص فاراداي لحماية الأجهزة الكهربائية/ الطائرات.  
  الأسلاك النانوية الكيميائية: وإضافة لما سبق يمكن استخدام الأنابيب النانوية الكربونية لإنتاج أسلاك نانوية مصتّعة من مواد كيميائية أخرى كالذهب أو أكسيد الزنك. وهذه الأسلاك النانوية ستستخدم بدورها لتصنيع أنابيب نانوية من مواد كيميائية أخرى كنتريد الغاليوم. وتكون هذه الأنابيب مختلفة بخواصها عن الأنابيب النانوية الكربونية، فعلى سبيل المثال تكون الأنابيب النانوية المصنّعة من نتريدالغاليوم محبة للماء بينما تكون الأنابيب النانوية الكربونية كارهة للماء، مما يجعلها مناسبة أكثر للاستخدام في الكيمياء العضوية.  
  الأغشية الناقلة:إن رسم مساحات شفافة وذات قوة كبيرة من أنابيب النانو أحادية الجدار تعتبر طريقة إنتاج وظيفية. وهي تستخدم في شركة كاناتو Canatu، هلسنكي، فنلندا. وشركة ايكوس Eikos، فرانكلين، ماساتشوستس. وشركة ينيدايم Unidym، وادي السيلكون، كاليفورنيا حيث يتم العمل على تطوير أغشية شفافة ناقلة كهربائياً من الأنابيب النانوية الكربونية وكذلك أغشية عديدة الجدر يمكن استخدامها بدلاً من أكسيد الإنديوم القصديري (ITO) في شاشات الكريستال السائل LCD، الشاشات اللمسية، والأجهزة الكهروضوئية. كما يمكن استخدامها في شاشات الحواسب، الهواتف النقالة، والمساعدات الرقمية الشخصية PDA وآلات الصراف الآليATM  
  فرشاة المحرك الكهربائي: تستخدم الأنابيب النانوية الكربونية الناقلة في الفرشاة الكهربائية المستخدمة في المحركات الكهربائية التجارية. وباستخدامها تم الاستعاضة عن الكربون الأسود التقليدي الذي غالباً ما يلّوث الفوليرين الكربوني الكروي. تعمل الأنابيب النانوية على تحسين الناقلية الكهربائية والحرارية، وذلك بسبب تمددها في المصفوفة البلاستيكية للفرشاة. مما يسمح بتناقص الحشو الكربوني من 30% وحتى 3.6%. وبذلك يمكن إضافة مصفوفات أكثر في الفرشاة. تعد فرشاة المحركات الكهربائية المكوّنة من الأنابيب النانوية أفضل تشحيماً (من حيث المصفوفة)، أكثر ترطيباً عند العمل (من حيث التشحيم الأفضل والناقلية الحرارية الأعلى)، أقل هشاشة (مصفوفات أكثر وتعزيز للألياف)، وكذلك فهي أقوى وأكثر دقة في التعديل(مصفوفات أكثر). وبما أن الفرشاة تعد نقطة حرجة للفشل في المحركات الكهربائية إلا أنها تحتاج مواداً أكثر مما يجعلها مهمة اقتصادياً أكثر من أي تطبيقات أخرى.  
  فتيل المصباح الضوئي: تستخدم الأنابيب النانوية الكربونية كبديل عن فتيل التنغستن في المصابيح المتوهجة  
  المغناطيس: يمكن للأنابيب النانونية عديدة الجدر MWNT المغطاة بمادة المغنيتيت أن تولد حقولاً مغناطيسية أقوى.  
  الاشتعال الضوئي: يمكن وضع طبقة من الأنابيب النانوية أحادية الجدار SWNT المغذاة بالحديد بنسبة 29% فوق طبقة من المواد المتفجرة مثل مادة البيتن PETN ويمكن اشعالها باستخدام فلاش الكاميرا التقليدي.  
  الخلايا الشمسية: إن الثنائيات المصنعة باستخدام الأنابيب النانوية الكربونية من قبل شركة الكهربائيات العامة GE تعتمد على الأثر الكهرضوئي. ويمكن استخدام الأنابيب النانوية كبديل عن أكسيد الإنديوم القصديري ITO في بعض الخلايا الشمسية حيث تعمل كغشاء ناقل شفاف في الخلايا الشمسية يسمح بعبور الضوء إلى الطبقات الفعالة وتوليد التيار الضوئي.  
  نواقل عالية: فقد ثبت أن الأنابيب النانوية ذات ناقلية عالية عند درجات الحرارة المنخفضة.  
  مكثفات فائقة: يجري البحث في معهد ماساتشوستس على استخدام الأنابيب النانوية وضمها إلى أسطح الشحنات للمكثفات وذلك لزيادة مساحة السطح وبالتالي قابلية تخزين الطاقة.  
  الشاشات: يمكن استخدام الأشنابيب النانوية الكربونية كمدافع الكترونية دقيقة يمكن استخدامها كأنابيب الأشعة المهبطية مصغّرة في الشاشات الرقيقة، ذات الوزن الخفيف، والطاقة المنخفضة، والسطوع العالي. هذا النوع من الشاشات يتألف من مجموعة من أنابيب الأشعة المهبطية المصغّرة، يقوم كل منها بتأمين الالكترونات التي تصطدم مع الفوسفور لكل بيكسل، عوضاً عن وجود أنبوب أشعة مهبطية واحد كبير الحجم توجه الالكترونات فيه باستخدام الحقل المغناطيسي والحقل الكهربائي. تعرف هذه الشاشات بشاشات الانبعاث الحقلي FEDs  
  الترانزستور: يجري تطوير ترانزستورات الأنابيب النانوية الكربونية في شركات ديلفت Delft، اي بي ام IBM، ونيك NEC  
  الهوائي الكهرومغناطيسي: يمكن استخدام الأنابيب النانوية الكربونية كهوائيات لأجهزة الراديو وغيرها من الأجهزة الكهرومغناطيسية.  
  تطبيقات كهروصوتية  
  مكبر الصوت: في شهر تشرين الثاني عام 2008، أعلن مركز أبحاث التقانة النانوية في تسينغوا Tsinghua - فوكسكون Foxconn في بكين أنه قام بتصنيع مكبرات صوت من شرائح من الأنابيب النانوية الكربونية المتوازية، وهي تولد الصوت بشكل مشابه لكيفية توليد البرق للرعد. ومن التطبيقات التجارية الممكنة استخدامها في مكبرات الصوت الكهرضغطية المستخدمة في بطاقات المعايدة.  
  تطبيقات كيميائية  
  مرشح لتلوث الهواء: يمكن لأغشية الأنابيب النانوية الكربونية أن ترشح ثاني أكسيد الكربون المنبعث من محطات الطاقة.  
  حافظات تقنية حيوية: يمكن ملء الأنابيب النانوية الكربونية بجزيئات بيولوجية حيوية تساعد في التقنية الحيوية.  
  تخزين الهيدروجين: إن الأنابيب النانوية الكربونية لديها القدرة على تخزين ما بين 4.2 - 65 % من وزنها من الهيدروجين، وإن تم إنتاجه بشكل كبير واقتصادي فإن 13.2 ليتر من الأنابيب النانوية الكربونية تحوي نفس الكمية من الطاقة الموجودة في 50 ليتر من خزان الوقود. انظر أيضاً اقتصاد الهيدروجين  
  ترشيح الماء: يمكن لأغشية الأنابيب النانوية الكربونية أن تستخدم في عملية الترشيح، وهذا من شأنه أن يقلل من كلفة تحلية المياه بمقدار 75 %، وتكون الأنابيب رقيقة جداً بحيث تسمح للجزيئات الصغيرة (كجزيئات الماء) بالمرور عبرها، بينما تمنع الجزيئات الأكبر (كأيونات الكلوريد في الملح)من المرور.  
  تطبيقات ميكانيكية  
  المذبذب: فالمذبذبات المعتمدة على الأنابيب النانوية الكربونية وصلت إلى سرع أعلى من غيرها من التقنيات (> 50 غيغاهرتز).  
  غشاء الأنبوب النانوي: حيث يتدفق السائل بشكل أسرع بمقدار خمسة أمثال عما كان متوقعاً بواسطة ديناميكا السوائل التقليدي.  
  أسطح ملساء: فقد أظهرت بعض الأقمشة المعتمدة على الأنابيب النانوية الكربونية أنها أقل احتكاكاً من التيفلون.  
  مقاومة نفاذية الماء: حيث تكون بعض الأقمشة المعتمدة على الأنابيب النانوية الكربونية مقاومة لنفاذية الماء.  
  محركات الأنابيب النانوية الكربونية  
  كواشف الأشعة تحت الحمراء: تكون انعكاسية ورق البوكي المنتج وفق طريقة ترسب البخار الكيميائي "فائق النماء" 0.03 أو أقل مما يجعل الأداء الأفضل لصالح كاشف الأشعة تحت الحمراء الكهربي الحراري   
  المقياس المعياري الراديومتري: كمقياس معياري للسواد.  
  الإشعاع الحراري: وذلك للانبعاثات الحرارية في الفضاء كالأقمار الصناعية.  
  التخفي: يكون الامتصاص عالياً ضمن مجال كبير من أقصى الأشعة فوق البنفسجية FUV إلى أقصى الأشعة تحت الحمراء FIR  
  الدارات الكهربائية  
  يمكن للأنبوب النانوي المشكّل عبر وصل نهايتي اثنين من الأنابيب النانوية ذات أقطار مختلفة أن يعمل كثنائي، مما يتيح إمكانية بناء دارات الحاسب بشكل كامل من الأنابيب النانوية. وبسبب خصائصها الجيدة في نقل الحرارة يمكن للأنابيب النانوية الكربونية أن تبدد الحرارة الناتجة عن شرائح الحاسب. ويعادل طول أطول دارة ناقلة للكهرباء أجزاء من الإنش.  
  تشكل صعوبات التصنيع عقبة كبيرة أمام الأنابيب النانوية الكربونية. تستخدم عمليات تصنيع الدارات المتكاملة القياسية ترسب البخار الكيميائي لإضافة طبقات إلى الرقاقة. ولكن لم يتم إنتاج الأنابيب النانوية الكربونية بشكل كبير باستخدام هذه الطرق بعد.  
  يمكن للباحثين التعامل مع الأنابيب النانوية بشكل افرادي باستخدام مجهر قوة ذرية في عملية تستغرق وقتاً طويلاً. ولا يزال استخدام طرائق التصنيع القياسية يتطلب من المصممين وضع إحدى نهايتي الأنبوب النانوي، وخلال عملية الترسيب يمكن لحقل كهربائي أن يوجه نمو الأنابيب النانوية، والتي بدورها تميل إلى النمو على طول خطوط الحقل من القطبية السالبة إلى القطبية الموجبة. كطريقة أخرى للتجميع الذاتي يمكن استخدام طرق كيميائية أو حيوية لتحريك الأنابيب النانوية الكربونية كحل لتحديد الأماكن على الطبقة الأساسية. ولكن حتى لو كان توضيع الأنابيب النانوية بدقة ممكناً، يبقى المهندسون غير قادرين على التحكم بأنواع الأنابيب النانوية الناتجة (ناقلة، شبه موصل، أحادية الجدار، عديدة الجدر).  
  التوصيلات الداخلية  
  أثارت الأنابيب النانوية الكربونية المعدنية اهتمام الباحثين بما تملكه من تطبيقات، ومن هذه التطبيقات التوصيلات ذات تكامل النطاق الواسعِ جداً VLSI وذلك لما تملكه من استقرار حراري كبير، ناقلية حرارية عالية، وسعة نقل التيار الكبيرة.  
  يمكن لأنبوب نانوي كربوني معزول أن ينقل كثافة تيار تتجاوز 1000 ميلي أمبير / سنتيمتر مربع دون أي خسائر حتى في درجات الحرارة المرتفعة 250o درجة سلسيوس، مما يحد من مخاوف الوثوقية المتعلّقة بالإرتحال الكهربائي التي تعاني منها توصيلات النحاس. وقد أظهرت نماذج عمل حديثة بعد مقارنتها للطريقتين أن توصيلات حزم الأنابيب النانوية الكربونية تقدم مزايا أفضل من توصيلات النحاس.  
  وقد أظهرت تجارب حديثة مقاومة منخفضة تصل إلى 20 أوم باستخدام بنى مختلفة   
  كماأظهرت قياسات مفصّلة للناقلية أجريت على نطاق واسع من الحرارة توافقاً مع نظرية ناقل شبه أحادي البعد غير منتظم. توفر التوصيلات المختلطة التي توظف الأنابيب النانوية الكربونية بالإضافة إلى توصيلات النحاس مزايا من حيث الوثوقية والإدارة الحرارية.  
    
  الترانزستورات  
  تم استخدام الأنابيب النانوية الكربونية شبه الموصلة في تصنيع ترانزستورات المفعول المجالي CNTFET، والتي أظهرت بعض المزايا تعود إلى خصائصها الكهربائية الجيدة مقارنة مع ترانزستورات المفعول المجالي ذو شبه موصّل من أكسيد ومعدن MOSFET المعتمدة على السيليكون. وبما أن متوسط المسار الحر للالكترون في الأنابيب النانوية الكربونية احادية الجدار يمكن أن يتجاوز 1 ميكرومتر، وترانزستورات المفعول المجالي ذات الأنابيب النانوية الكربونية طويلة القناة تبدي خصائص قريبة من النقل القذفي، مما ينتج أجهزة عالية السرعة. ومن المتوقع أن تعمل أجهزة الأنابيب النانوية الكربونية مجال ترددي من مئات الغيغا هرتز. كما أظهرت بعض الدراسات الحديثة التي أوضحت مزايا ومساوئ الأشكال المختلفة من ترانزستورات المفعول المجالي ذات الأنابيب النانوية الكربونية أن ترانزستورات المفعول المجالي ذات الأنابيب النانوية الكربونية النفقية توفر خصائص أفضل بالمقارنة مع البنى الأخرى. وقد وجد أن هذا الجهاز يتفوق من حيث منحني العتبة الفرعية- وهي خاصية مهمة في التطبيقات ذات الطاقة المنخفضة.  
  تنمو الأنابيب النانوية عادة على جزيئات نانوية من معدن مغناطيسي (حديد Fe،كوبلت Co) مما يسّهل إنتاج أجهزة دورانية الكترونية spintronic. وقد أجري تحكم بالتيار عبر ترانزستور مقعول مجالي باستخدام حقل مغناطيسي في بنية نانوية أحادية الأنبوب.  
  التصميم الالكتروني وأتمتة التصميم  
  على الرغم أن أجهزة الأنابيب النانوية الكربونية وتوصيلاتها قد أثبتت جودتها كل على حدا حسب خواص كل منها، إلا أن القليل من الجهود التي حاولت ربطهم ضمن دارة حقيقية. معظم بنى ترانزستورات المفعول المجالي ذات الأنابيب النانوية الكربونية تستخدم أساس من السيليكون كبوابة خلفية. وإن تطبيق جهود مختلفة على البوابة الخلفية يمكن أن يسبب بعض المخاوف عند تصميم دارات كبيرة من هذه العناصر. لذلك فقد طرحت العديد من البنى ذات البوابة العليا لتجنب هذه المخاوف. وقد أبلغ حديثاً عن بناء دارة منطقية متكاملة بشكل كامل على أنبوب نانوي واحد تم فيها استخدام البوابة الخلفية. ينبغي دراسة العديد من التحديات المرتبطة بالعمليات قبل أن تدخل الأجهزة والتوصيلات المعتمدة على الأنابيب النانوية الكربونية خط تصنيع تكامل النطاق الواسعِ جداً الأساسي. وتشمل المشاكل المتبقية عمليات التنقية، الفصل، التحكم عبر الطول، الكايرالية أو اليدوانية chirality والمحاذاة المطلوبة، الموازنة الحرارية المنخفضة، ومقاومة نقاط الاتصال العالية. وقد طرحت العديد من الأفكار المبتكرة لبناء ترانزستورات عملية من شبكات نانوية. وحيث أن ضعف التحكم بالكايرالية ينتج خليطاً من أنابيب نانوية كربونية معدنية وشبه موصلة من أي عملية تصنيع، وأنه من الصعب التحكم باتجاه نمو الأنابيب النانوية الكربونية، فيمكن طرح مصفوفات عشوائية سهلة الإنتاج من الأنابيب النانوية أحادية الجدار لبناء ترانزستورات غشائية رقيقة. ويمكن استخدام هذه الطريقة لبناء ترانزستورات ودارات عملية تعتمد على الأنابيب النانوية الكربونية دون الحاجة لنمو وتجميع دقيق.

***المراجع:***

* ***- رحاب الصواف , فكر التقنيات متناهية الصغر , منتدى الفكر لعلوم الروبوت , نيسان ,2006***
* ***- خلدون غسان , النانو تكنولوجيا..أعجوبة العالم الجديدة , الشرق الوسط , العدد 9891***
* ***-*** [***www.nano.gov***](http://www.nano.gov/)
* ***-*** [***www.nanoquest.com***](http://www.nanoquest.com/)
* ***-*** [***www.nanospot.org***](http://www.nanospot.org/)