الفصل السابع

أشكال "النانو" وطرق تحضيرها

الفصل السابع – أشكال "النانو" وطرق تحضيرها

أشكال "النانو"

من الممكن بناء وتصميم مواد "النانو" على هيئة أشكال متعددة ومختلفة، ومن أشكال مواد "النانو" ما يلي[96]:

1. حبيبات "النانو" (Nanoparticles)
2. أنابيب "النانو" (Nanotubes)
3. النقاط الكمية (Quantum Dots)
4. الفلورين (Fullerene)
5. الكرات النانوية (Nanoballs)
6. أعمدة "النانو" (Nanorodes)
7. الشرائح الرقيقة (Thin Films)
8. مركب من مواد "النانو" (Nanocomposite)
9. الأسلاك النانوية (Nanowires)
10. الألياف النانونية (Nanofibers)

1. حبيبات "النانو"(Nanoparticles)

هي حبيبات بعدة أشكال فقد تكون على شكل مكعب أو كروي أو بيضاوي أو نجمي بحيث يكون أحد أبعادها أقل من 100 نانومتر

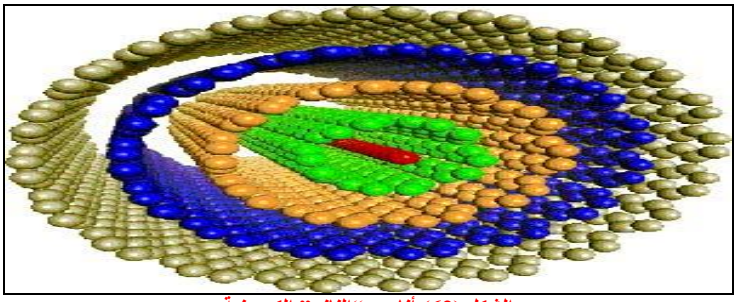
الشكل (61) الحبيبات النانونية
arabic.alibaba.com/product-free/111850872/Nan

[96] د. منصور بن صالح الحوشان/ م. ماهر بن محمد الراشد ، كلية الهندسة ، جامعة الملك سعود، ماذا تعرف عن تقنية النانو، مجلة النانو، العدد الأول،2008 ص.16

يقول العلماء بأنهم قد أحدثوا طريقة لتشتيت رقائق السليكون التي تستخدم في تصنيع الرقائق والأجهزة الحاسوبية والالكترونية والكهربائية وغيرها الى حبيبة بقطر واحد نانو، فأصبحوا يرونها تتألق بلون أزرق شديد جداً تحت تأثير الضوء البنفسجي، أما إذا تم تشتيتها الى قطر1.7 نانو فتتألق باللون الأخضر، وإلى قطر 2.1 نانو تتألق باللون الأصفر، وتتألق باللون الأحمر عندما يكون قطرها 2.9 نانو. وبهذا يتم صنع مواد سليكونية تشع كطيف قوس قزح أو ما يتكون منه الضوء، مع العلم أن مادة السليكون معتمة جداً جداً. واذا ما أعدنا ترتيب أو زرع هذه الحبيبات على الرقائق فسيحدث ما يسمى Super Chip[97]

2. أنابيب "النانو" (Nano tubues)

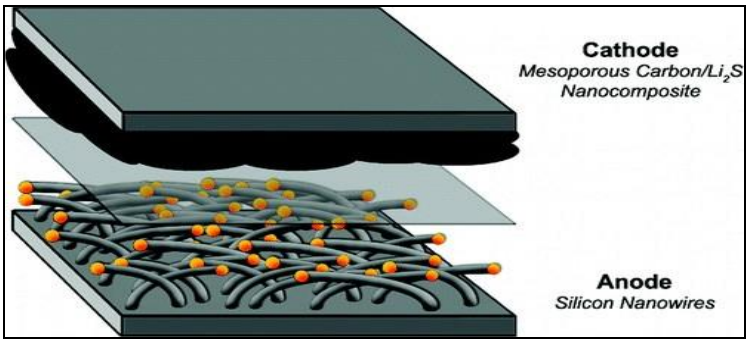
عبارة عن أنابيب مجوَفة يبلغ قطر كل أنبوب أقل من 100 نانومتر وقد يصل طولها إلى الآف النانومتر، لذلك فإن المواد المستخدمة يجب أن يتم تقطيعها إلى أجزاء لا تزيد أقطارها عن 100 نانومتر. فالأنابيب النانوية تتكون من خليط من مواد موصلة ومواد أشباه موصلة أسطوانية الشكل مجوفة يتراوح قطر الأنبوب بين 1 إلى 100 نانومتر. ويمكن إدخال عدة أنابيب ذات أنصاف أقطار متدرجة فى الصغر لتصبح كما في الشكل (63)



الشكل (62) أنابيب "النانو" الكربونية

ومن أمثلة انابيب "النانو"(أنابيب السيليكون/ أنابيب التيتانيوم) وتعتبر أنابيب "النانو" الكربونية أشهر مثال على الإطلاق.

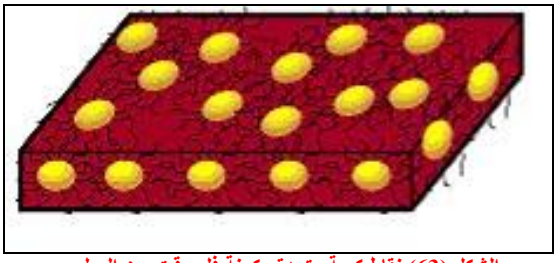
[97] http://www.tvtc.tc/vb/showthread.php?t=21170



www.facebook.com/note.php?note_id

3. النقاط الكمية (Quantum Dots)

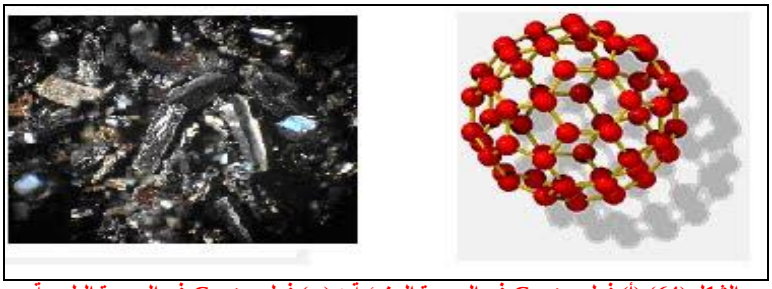
عبارة عن نانوى شبه موصل ثلاثى الأبعاد ، تتراوح أبعاده ما بين 2 إلى 10 نانومتر. وعندما يكون قطر النقطة الكمية 10 نانومتر فإنه يمكن صف 3 ملايين نقطة كمية بجوار بعضها البعض بطول يساوى عرض أصبع إبهام الإنسان



الشكل (63) نقاط كمية متحدة مكونة فلم رقيق من البوليمر

4. الفولورين(Fullerene)

عبارة عن جزيئات نانوية مكونَة من ذرات كربون مترابطة ثلاثياً تعطي شكل كريات لها بناء يماثل الجرافيت ، ولكن بدلاً من الشكل السداسي النقي، فإنها تحتوى على أشكال خماسية (واحتمال سباعية) من ذرات الكربون، مما يؤدى لإنثناء الطبقات إلى كريات أو أسطوانات ، ويعد أكثر الفولورينات شهرة هو الجزيء C60 ، حيث تترتب الـ60 ذرة كربون على رؤوس مجسم عشريني ناقص . وشكل المجسم العشريني الناقص يشبه كرة القدم (كما في الشكل 65) ، ويتميز بأنه جزيء ممغنط وغير قابل للإحتكاك. وتم إكتشاف الفولورين عام 1944م عندما لاحظ أوتوهان وجود سلاسل من الكربون أثناء إجرائه لتجارب كانت تستهدف تكوين ذرات ثقيلة من ذرات أخف عن طريق إمتصاصها للنيوترونات . إذ أن بحثه كان منصباً في الكشف عن الفروق الصغيرة في الوزن بين بعض ذرات العناصر الثقيلة التي يقوم بتبخيرها في قوس كربوني .

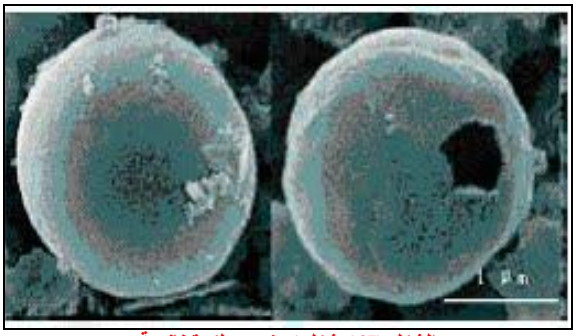


الشكل (64) (أ) فولورين C_{60} فى الصورة الجزيئية ؛ (ب) فولورين C_{60} فى الصورة البلورية

وأثناء مشاهدته لتلك النتائج ، لاحظ أن القوس أنتج أيضاً سلاسل من الكربون كان لها نفس الوزن الجزيئي للمعدن، وحيث أنه لم يكن مهتماً بسلاسل الكربون فقد دوَّن ملاحظاته بشأنها في نهاية تقريره ثم أنطلق وراء الهدف الرئيسي من بحثه ولم تتم متابعة النتائج التي توصل إليها بشأن سلاسل الكربون إلا فى عام 1985م عن طريق هارولد كروتو ومعه كل من روبرت كيرل وريتشارد سمالي اللذان توصلا إلى أن سلاسل الكربون تلك ما هي إلاّ صورة جديدة من صور الكربون.

5. الكرات النانوية(Nanoballs)

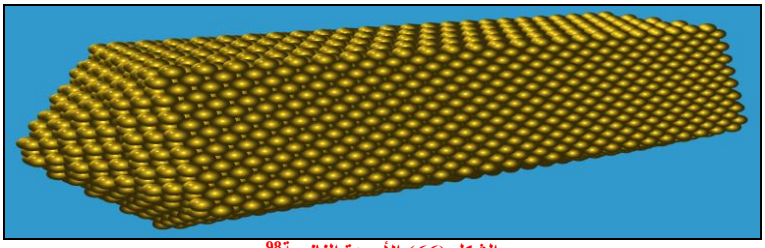
تنتمى الكرات النانوية إلى فئة الفلورينات (C_{60}) ، مع الإختلاف فى التركيب شيئاً قليلاً وذلك لأنها متعددة القشرة وخاوية المركز ، وبسبب تركيبها الذى يشبه البصل فقد أطلق عليها العلماء اسم bucky أى البصل. وقد يصل قطرها إلى ما يزيد عن 500 نانومتر



الشكل (65) شكل توضيحى لكرة نانوية

6. أعمدة "النانو"(Nanorodes)

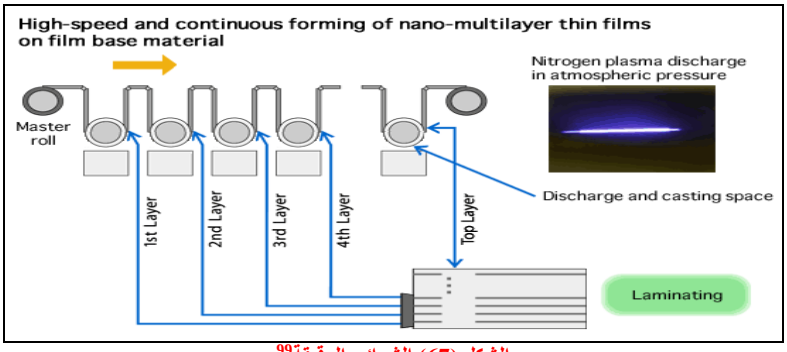
هذه الأعمدة تشبه أنابيب "النانو" إلا أنها تكون مصمتة وأقصر منها ، ومن أمثلة هذه الأعمدة أعمدة الذهب والبلاتين وأكسيد الخارصين



الشكل (66) الأعمدة النانوية[98]

7. الشرائح الرقيقة (Thin Films)

عبارة عن شريحة سمكها أقل من 100 نانومتر أما طولها وعرضها فقد يكون بالميكرومتر، وتستخدم الصفائح الرقيقة في أشباه الموصلات مثل السيلكون وسبائك الذهب



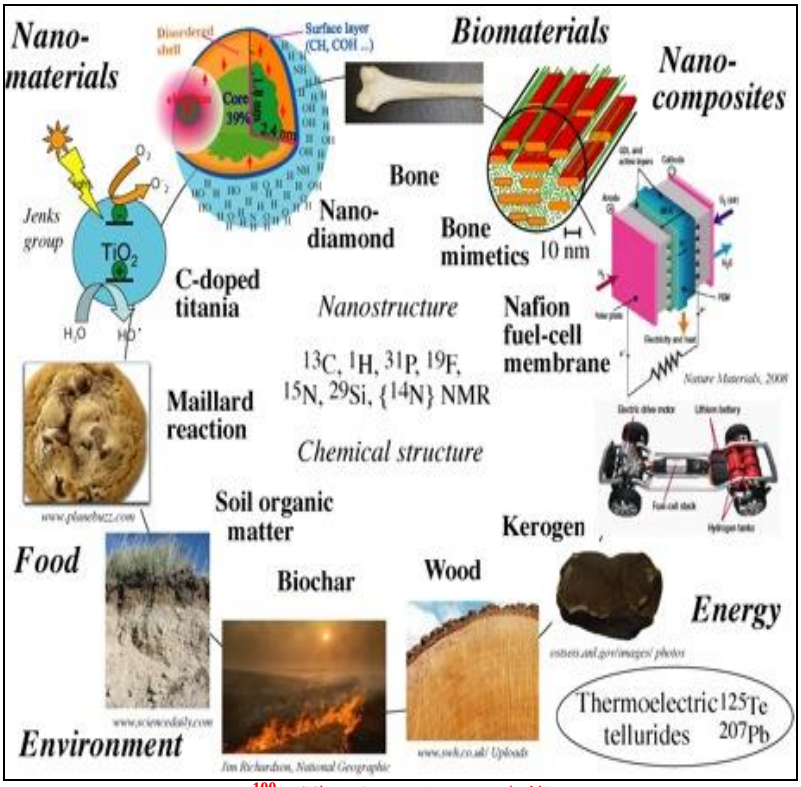
الشكل (67) الشرائح الرقيقة[99]

8. مركب من مواد "النانو" (Nanocomposite)

هو ناتج من عملية توزيع أو إنتشار مواد "النانو" داخل مواد عادية فمثلاً يتم توزيع ونشر أنابيب "النانو" الكربونية داخل بعض المواد البلاستيكية لنحصل على مركب من مواد "النانو" ذي الخصائص الفائقة وهى عبارة عن مواد يضاف إليها جسيَمات نانوية تكسبها خواصاً مميزة إضافية. فعند إضافة أنابيب نانوية (الكربون مثلاً) إلى مادة ما ، تزداد خواص التوصيل الكهربى والحرارى لتلك المادة نتيجة لإضافة أنابيب الكربون النانوية لها. وقد يحدث أيضاً تحسن فى الخصائص الضوئية والميكانيكية (الصلابة ، الشدة) نتيجة لإضافة مواد نانوية معينة لبعض المواد. ومن أشهر المركبات النانوية الموجودة الآن المركبات البوليمرية

---

[98] www.nd.edu/~gezelter/Main/Gallery7.html
[99] www.konicaminolta.com/.../nano_coating.html



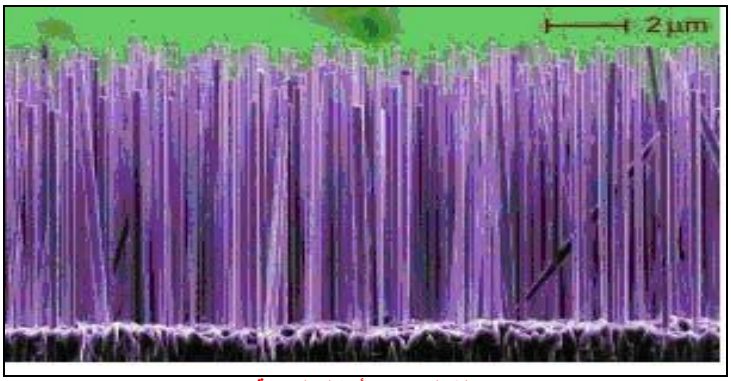
الشكل (68) بعض مركبات "النانو"[100]

9. الأسلاك النانوية (Nanowires)[101]

هى عبارة عن أسلاك ذات بعد واحد، أقطارها تقل عن نانومتر واحد وبأطوال مختلفة ، تكون فى الغالب نسبة طولها إلى عرضها أكثر من 1000 مرة. وتتميز عن الأسلاك العادية (ثلاثية البعد) بقوة التوصيل الكهربى ، نتيجة لحصر الإلكترونات كمياً فى إتجاه جانبى واحد مما يجعلها تحتل مستويات طاقة محددة تختلف عن المستويات العريضة فى المادة الحجمية.

[100] (http://www.public.iastate.edu/~nmrksr)

[101] د.محمود محمد سليم صالح،تقنية النانو وعصرٌ علميّ جديد ، أستاذ مشارك بقسم العلوم الطبيعية والتطبيقية - كلية المجتمع بالأفلاج والباحث فى تقنية النانو



الشكل (69) الأسلاك النانوية

ويعتبر التعامل مع أسلاك السليكون النانوية (قضبان "النانو" أو الأسلاك الكمية) أسهل بكثير من طرق التصنيع التي تقوم بتقنية أنابيب "النانو" الكربونية. تكوّن أسلاك "النانو" أشكالاً معقدة من ترانزستورات فائقة الضآلة ، وتمثل هذه الأسلاك نظاماً غاية في التعقيد لإحتوائها على الكثير من المكونات المتنوعة التي تعجز أنابيب "النانو" عن التعامل معها بسهولة[102].

ولا يعتبر السليكون المادة الوحيدة المفيدة بالنسبة لأسلاك "النانو"، إذ تتمتع أسلاك "النانو" الفلزية أو متعددة الطبقات المصنوعة من الذهب أو النحاس الأحمر أو المنجنيز بخواص إنتقائية ونوعية عالية، وذلك حسب نوع التطبيق المستخدم. وبالتالي، يمكن إستخدام أسلاك "النانو"[103] التي يبلغ قطرها 12 نانومتر في مجال التطبيقات البصرية والمغناطيسية والإلكترونية، وكذلك في صناعة المجسات والخلايا الشمسية.

أسلاك "النانو" المعلقة:

- ✓ تصنع موصلات "النانو" في المعامل بإحدى طريقتين:
  1. التعليق
  2. الترسيب
- ✓ يمكن تخليق أسلاك "النانو" المعلقة داخل غرفة مفرغة عن طريق:
  1. التنميش الكيميائي لسلك آخر كبير الحجم
  2. عن طريق سلك سفع كبير الحجم بإستخدام جسيمات ذات طاقة عالية
  3. عن طريق دفع طرف مسبار نانو إلى سطح أملس لحد الفلزات المنصهرة جزئياً ثم جذبه ثانية للحصول على سلك "النانو".

---

[102] لیندا ایفانز، د. واد آدمز، تكنولوجيا النانو، مكتبة الأسرة، 2008 ص.254.

[103] يمكن تصنيع أسلاك النانو بأستخدام مواد أولية عديدة منها (سليكون، ذهب، الومينا، بزموث، بلاديوم، ثاني اكسيد اليتانيوم، كربيد السليكون، جرمانيو، نحاس أحمر، أكسيد الزنك، نتريد الجاليوم، سيليند الكادميوم، نيكل، أكسيد الماغنيسيوم، أكسيد المنجنيز، فوسفيدات الإنديوم)

أسلاك "النانو" المرسبة

- يغلف سطح جديد(كصَف واحد من الذرات الفلزية على أحد الأسطح غير الموصلة) بسلك نانو مرسب. وتتم هذه العملية بإستخدام طريقة التبخير والتمييع والتصليد التي تستعين بجسيمات ممسوحة بالليزر أو بالغاز كمادة مصدرية.
- تتعرض المادة المصدرية لأحد المحفزات (كتجمعات "النانو" الذهبية السائلة على سبيل المثال)، بعد ذلك تتسرب المادة المصدرية إلى تجمعات "النانو" الذهبية حتى تتشبع بها.
- وما أن تتشبع تجمعات "النانو" تماماً، تتصلد المادة المصدرية وتنمو خارج تجمعات "النانو".
- يمكن التحكم في طول سلك "النانو" بعد أن ينتهي عمل المادة المصدرية، كما يمكن إنتاج أسلاك نانو مركبة بإستخدام شبكات فائقة من المواد المتناوبة في أثناء مرحلة التصنيع، وينتج عن هذه العملية إنتاج أسلاك نانو بلورية يمكن إستخدامها كمكّون لأشباة الموصلات.
- يمكن تصميم المكونات الإلكترونية بإستخدام أسلاك "النانو"، وذلك بالإستعانة بأسلاك نانو منفردة وإشابتها كيميائيا لتكوين أشباة موصلات موجبة الشحنة وسالبة الشحنة.
- بعد ذلك، يتم إنتاج موصل إلكتروني بسيط من نوع p-n إما فيزيائياً عن طريق تمرير سلك موجب الشحنة بسلك آخر سالب الشحنة، وإما كيميائياَ عن طريق إشابة سلك واحد بعدة شوائب مختلفة بطول إمتداده، وينتج عن ذلك موصل p-n به سلك واحد فقط.
- بعد تكوين موصلات p-n، يمكن تكوين بوابات منطقية بوصل عدة موصلات من نوع p-n معاً.

قابلية أسلاك "النانو" لتوصيل الكهرباء وإستخداماتها[104]

- تتميز أسلاك "النانو" بخواص كهربائية فريدة نظراً لحجمها بالغ الصغر، وبخلاف أنابيب "النانو" الكربونية التي تتحرك فيها الإلكترونات بحرية كبيرة بين الإلكترودات.
- إن قدرة أسلاك "النانو" على التوصيل تتأثر بظاهرة تأثير الحافة (نتوء المجال الكهربي حول طرفي اللوحتين في المكثف)
- تنتج هذه الظاهرة عن الذرات التي توجد على سطح أسلاك "النانو" دون أن تكون متحدة كلياً بالذرات المجاورة (مثل الذرات التي توجد داخل أسلاك "النانو").
- من الممكن أن يتسبب عدم اتحاد الذرات في ظهور بعض العيوب داخل أسلاك "النانو"، الأمر الذي يؤثر على قدرتها على التوصيل الكهربي.

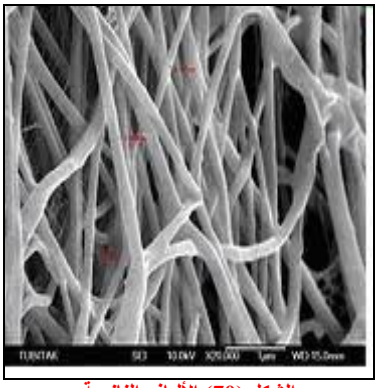
---

[104] ليندا ويليامز، د. واد آدمز، تكنولوجيا النانو، ترجمة د.خالد العامري، الفصل التاسع الإليكترونات والمجسات، ص.256 ، مكتبة الأسرة 2008

- كلما صغر حجم سلك "النانو"، زاد عدد الذرات على السطح مقارنة بالذرات الموجودة داخل سلك "النانو"، وبالتالي يزداد تأثير ظاهرة تأثير الحافة.

10. الألياف النانوية Nanofibers

من أشهر الألياف النانوية، الألياف المصنوعة من البوليمرات. ويكون عدد ذرات سطح الألياف كبير مقارنة بالعدد الكلى ، وهذا يكسب الألياف خواص ميكانيكية (كالشدة ، والصلابة) تؤهلها للإستخدام كمرشحات فى تنقية السوائل والغازات ، وفى العديد من التطبيقات الطبية والعسكرية



الشكل (70) الألياف النانوية

طرق تحضير مواد "النانو":

تستعمل مواد "النانو" إما مباشرة أو لصنع مواد أخرى ويمكن تصنيفها إلى ثلاث مجموعات[105]:

1. المواد المقواة أو المشحونة بمواد "النانو"
2. مواد "النانو" المهيكلة في السطح
3. مواد "النانو" المهيكلة في الحجم

المواد المقواة أو المشحونة بمواد "النانو":

تدمج مواد "النانو" في مادة ما لإعطاء وظيفة جديدة لهذه المادة أو لتغييَر خواصها الميكانيكية أو الضوئية أو المغناطيسية أو الحرارية وتستعمل في منتجات التجميل والصباغة وفي الأسمنت المقوى وفي حبر المطابع ومن الأمثلة على ذلك:

- إدماج دخان السيليس في الإسمنت المقوى لتحسين سيولته وخواصة الميكانيكية
- إدماج جزيئات الفحم في الحبر والعجلات

[105] عبد الإلة بن يوسف، طرق تحضير المواد المتناهية في الصغر، مجلة النانو، العدد الأول، 2008، ص.20

- إدماج جزيئات ثاني اكسيد التيتان في المراهيم للحفظ من الأشعة فوق البنفسجية
- كما يوجد بالطبيعة عدة مواد مشحونة بمواد متناهية في الصغر مثل الصلصال والحجر الكلسي.

مواد "النانو" المهيلكة بالسطح:

إن إكساء مادة ما بطبقة أو عدة طبقات من "النانو" يعطي هذه المواد خصائص جديدة مقاومة للتعرية والتأكسد والتأكل أو يعطيها وظائف جديدة مثل المظهر أو الصلابة أو الإلتحام. وهناك طرق عديدة فيزيائية وكيميائية لتحضير هذه المواد مثل :

- الإقتلاع بالليزر
- القذف بحزمة إلكترونات
- تثبيت الجزيئات على الأسطح إنطلاقاً من البخار بطرق فيزيائية وكيمائية ومثال على ذلك إعطاء وظيفة منظف ذاتي للسطح.

مواد "النانو" المهيكلة بالحجم:

وهي مواد ذات خواص فيزيائية متميزة كأن تكون مثلا (خزف أكثر ليونة ، خواص ضوئية ، عوازل كهربائية ، أكثر جودة...) وذلك نظراً لبنيتها الداخلية على المستوى النانومتري (بنية مجهرية، مسامية،شبكات بلورية متناهية في الصغر). وهناك بعض العراقيل التي تحول دون تطوير هذه المواد وهم:

- عدم إستقرار البنيات المتناهية في الصغر في درجات الحرارة المرتفعة
- عدم توفر الطرق الصناعية لتحضيرها.

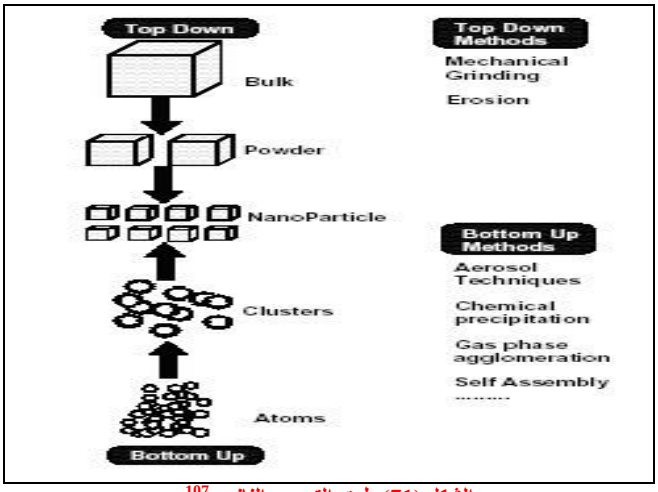
طرق التصميم والإنتاج النانوي

هناك طريقتان رئيسيتان لبناء تراكيب ذات أبعاد نانوية وهي:

1. الطريقة الأولى: التصميم من الأعلى إلى الأسفل (القمة للقاعدة) Top-down
2. الطريقة الثانية: التصميم من الأسفل للأعلى (القاعدة للقمة) Down-up

الطريقة الأولى(من الأعلى إلى الأسفل)[106]:

1. تقوم هذه الطريقة على تكسير المواد الكبيرة وتحويلها الى مواد ذات بعد نانوي
2. تشبه هذه الطريقة عملية النحت بحيث تبدأ العملية من مادة كبيرة ويتم نحتها حتى تصل إلى الحجم والشكل المطلوب
3. في هذه الطريقة من أعلى إلى أسفل يتم إستخدام وسائل فيزيائية مثل الطحن (Milling) والبرد (Attrition)، كما يتم أيضاً إستخدام وسائل كيميائية مثل بعض الأحماض (Acids)



الشكل (71) طرق التصميم النانوي[107]

عيوب التصميم من الأعلى إلى الأسفل:

1. إن سطح مواد "النانو" المنتجة بهذه الطريقة يحتوي على عدد كبير من التشوهات ومن المعلوم ان الاسطح في مواد "النانو" مهمة جدا لان نسبة ذرات السطح الى الحجم عالية جدا
2. عند انتاج مواد "النانو" بهذه الطريقة يتم استخدام مواد خارجية (في حالة الطحن مثلا) مما يؤدي إلى تكون شوائب على سطح مواد "النانو" والتي بدورها تؤثر على خواص هذه المواد
3. أن انتاج مواد "النانو" بهذه الطريقة يكوِّن إجهاد داخلي (Stress) عالي على المواد المنتجة[108]
4. تكلفة إنتاج مواد "النانو" بهذه الطريقة مرتفعة[109]

---

[106] د. منصور بن صالح الحوشان/ م. ماهر بن محمد الراشد ، كلية الهندسة ، جامعة الملك سعود، ماذا تعرف عن تقنية النانو، مجلة النانو، العدد الأول،2008 ص.17.

[107] knol.google.com

[108] Cao,G, NANOSTRUCTURE&NANOMATERIALS Synthesis, Properties, and Application", Ist edition, Imperial College Press, London, 2004

[109] www.nanotechbc.ca/pdf/Nanotech_Nutshell.pdf

الطريقة الثانية (من الأسفل إلى الأعلى):

1. يقصد بها تصنيع أو بناء مواد نانوية ابتداءً من جسيَمات صغيرة مثل الذرة والجزئ بطريقة تشبه ما تقوم به الكائنات الحية من بناء تراكيب نانوية خلوية إبتداءً من ذرات وجزيئات أصغر منها
2. يمكن تطبيق التقنية الحيوية النانوية في تطوير طرق يمكن بواسطتها السيطرة على ترتيب الذرات والجزيئات لتكوين تراكيب ومنتجات معقدة جداً وبأصغر حجم ممكن وبهذا فإن مزايا التصميم من أسفل إلى أعلى هو تزويج مرونة غير محددة لإنتاج مواد والآت عن طريق بنائها ذرة تلو الذرة أو جزيئاً تلو الجزئ مثل عملية بناء الحائط بإستخدام الطوب.
3. يمكن تصنيف طرق تحضير مواد "النانو" من الأسفل إلى الأعلى إلى ثلاثة أصناف أو طرق وهي: [110]

أ- التحضير بطرق فيزيائية
ب- التحضير بطرق كيميائية
ت- التحضير بطرق ميكانيكة

أ- التحضير بالطرق الفيزيائية:

1. التحضير إنطلاقاً من الحالة البخارية للمادة التي يحصل عليها بتسخين المادة أو بقذفها بحزمة إلكترونات أو حلها حرارياً بأشعة الليزر، وفي غالب الأحيان يتم تبريد البخار بصدمة بغاز محايد فيصبح أكثر إشباعا ويتم بعد ذلك وضعة بسرعة على سطح بارد لتجنب البناء البلوري أو إلتحام الأكوام.
2. تحضير المساحيق المتناهية في الصغر بإستعمال المويجات على مساحيق من أبعاد ميليمترية ومن مميزات هذه التقنية أنها ليست ملوثه
3. تحضر القنوات الكربونية المتناهية في الصغر بالإستئصال بالليزر بتفريغ البلازما أو التفكيك بحافز
4. إن الطبقات الرقيقة بسمك نانومتري فيمكن الحصول عليها عن طريق PVD أو Epitaxy

[110] د. منصور بن صالح الحوشان/ م. ماهر بن محمد الراشد ، كلية الهندسة ، جامعة الملك سعود، ماذا تعرف عن تقنية النانو، مجلة النانو، العدد الأول،2008 ص.17

ب- **التحضير بالطرق الكيميائية:**

1. التفاعلات في الحالة البخارية: يدخل بخار المادة التي يراد تحضيرها في مفاعل CVD حيث تمتزج جزيئات المادة على سطح أساس بدرجة حرارة ملائمة للجزيئات الممتزجة وبهذه الحالة إما أن تتفكك أو تتفاعل مع غازات أخرى أو البخار لتكوين شريط صلب على الأساس، وتستعمل هذه الطريقة لتحضير بعض المواد المتناهية في الصغر مثل كميمات اشباة النواقل ، الخزف والقنوات المتناهية في الصغر الكربونية.
2. التفاعلات في وسط سائل حيث أن السوائل الأكثر استعمالاً هي الماء أو السوائل العضوية ويتم ترسيب الجزيئات المتناهية في الصغر بتغيير شروط التوازن الكيميا- فيزيائي ويمكن أن نذكر من بين هذه التفاعلات (الترسيب الكيميائي المزدوج وهو الأكثر استعمالاً صناعياً وبأقل تكلفة.
3. أما التحليل بالماء فيسمح بالحصول على جزيئات دقيقة كروية أكثر نقاءً وتجانساً كيميائياً مع القدرة على التحكم في أبعاد الجزيئات.
4. تقنيات sol-gel تسمح بإنتاج مواد متناهية في الصغر إنطلاقا من محاليل Alkoxydes أو محاليل غروانية وترتكز على التفاعلات غير العضوية، وميزة هذه الطريقة هي إمكانية التحكم في تجانس وهيكلة المادة في السلم النانومتري في المراحل الأولى للتحضير وتوزيع الجزيئات، كما يتم التحضير في درجة حرارة منخفضة بالمقارنة مع التقنيات الأخرى، كما وتسمح هذه الطريقة أيضاً بتحضير قطع ضخمة أو سطحية على الواح أو ألياف، كما تستعمل لصنع ألياف متعددة العناصر
5. إن المواد الناتجة عن هذه الطريقة تغطي الضوء، المغناطيس، الإلكترونيك، المحفزات ، الطاقة، الملتقطات.

ث- **التحضير بالطرق الميكانيكية:**

1. تعتمد طريقة التركيب الميكانيكي على سحق مادة مكونة من جزيئات ميكرومترية (من1-20 nm) لعدة خلائط لمزجها.
2. تعتبر الميزة الأساسية لهذه التقنية أنها تسمح بالحصول على رواسب نانومترية أو أجسام متناهية في الصغر موزعة بشكل متجانس داخل المادة، كما تسمح بإنتاج مواد ضخمة من عدة كيلوغرامات أو حتى أطنان.
3. عملية الرصد والتزجيج الأولي تمكّن هذه العملية من تحويل مادة ذروية إلى قطعة ضخمة وترتكز على مرحلتين:
   - عملية الرص الميكانيكي
   - عملية إذابة مسحوق المعادن لتكثيفه بعد التبريد المسماة تزجيج أولي بالضغط أو بدونة
4. تقنيات التشوهات القوية وتسمح هذه التقنية بتحضير مواد مكونَة من حبات بأبعاد نانومترية وذلك بتشوية مادة بلورية (معدن أو خزف) بقوة وتستعمل

تقنيات عديدة لهذا الغرض منها النبط وهذه التقنية تسمح بتحسين خواص التصلب واللدانة للمواد.

عيوب طريقة من الأسفل إلى الأعلى[111]:

1. صعوبة إستخدام هذه الطرق لإنتاج مواد نانوية بكميات تجارية
2. أثناء تصنيع مواد "النانو" فإن الحجم الصغير ليس هو الهدف النهائي ولكن الخصائص النهائية هي الأهم ومن هذه الخصائص التي يجب أن تتوفر في المواد المنتجة هي:

- شكل المواد (Shape or Morphology) حيث أن المادة المنتجة يجب أن تكون ذات شكل محدد وموحد
- توزيع البعد (Size Distribution) بحيث تكون أبعاد المادة المنتجة متقاربة
- تركيب المواد (Compositions) وهذا يعني أن يكون التركيب الكيميائي لمادة "النانو" المنتجة متجانسا
- التكتل (Agglomeration) يجب أن لا يحدث تكتل لمادة "النانو" وفي حالة حدوثه فإن خصائص هذه المادة سوف تتغير.

المنتجات المعتمدة في تطبيقاتها على التصنيع من الأسفل إلى الأعلى والعكس[112]:

التطبيق	التصنيع من أسفل لأعلى(مواد "النانو")	التصنيع من أعلى لأسفل
صناعة الطائرات	تغطية عجلات الهبوط بطبقات خاصة، ومواد لأجهزة الدفع وبدن الطائرة	قطع غيار المحركات النفاثة والخلايا الشمسية
صناعة السيارات	طبقات تغطية مقاومة للتآكل، وشمعة الإشعال، النوافذ، المصدات	إلكترودات البطاريات الحمضية الرصاصية
المنتجات الأستهلاكية	المعدَّات الرياضية وأجهزة الكمبيوتر والأجهزة المحمولة باليد والتلفزيونات ومستحضرات التجميل والمطهَرات	سماعات أو مكوَنات صوتية
مجال الدفاع	دروع واقية وذخيرة وطبقات مغطية لمواسير البنادق	مكونات المحركَات
البيئة	التقنية أو الامتصاص البيئي، وتنقية المياة والأغشية الخزفية	الخلايا الشمسية

[111] د. منصور بن صالح الحوشان/ م. ماهر بن محمد الراشد ، كلية الهندسة ، جامعة الملك سعود، ماذا تعرف عن تقنية النانو، مجلة النانو، العدد الأول،2008 ص.18.

[112] ليندا ويليامز، د.وآد آدمز، تكنولوجيا النانو، المنتجات والأسواق، مكتبة الأسرة عام 2008 . ص.373.

طبقات التغطية الصناعية	طبقات صديقة للبيئة (بدائل البيربليوم والكروميوم والكادميوم) وطبقات تغطية مغناطيسية	معالجة الأسطح لمقاومة التآكل
مجال الطب	طبقات مزروعة وطبقات مطَهرة	مجسَات وشرائح المختبر النانوي
الطاقة	إصلاح قطع الغيار النووية، وكابلات لنقل الطاقة أو محولات الطاقة	مفاعل نووي ومكونَات محطات طاقة حفرية والتلوث بالنفايات النووية

اللف الكبير "المكروسبين"

- عندما تكون أبعاد المادة صغيرة جدا بين (3nm و 20nm) فإن الطاقة اللازمة لإحداث الحوافظ العازلة والدوامة (نقطة التقاء الحوافظ) تكون مرتفعة جدا، ومنه تبقى كل اللفات متوازية في وضع التوازن.
- يسمى هذا الشكل وحيد المجال أو "اللف الكبير" ويحدد إتجاه هذا اللف بالطاقة الدنيا.
- يمكن تغيير إتجاهه بحقل مغناطيسي خارجي، إذا تغير هذا الحقل ببطئ فإن التمغنط يتغير بشكل مستمر. وقد يتعرض هذا التمغنط إلى نمط عند الحقول الحرجة

المواد البلورية الدقيقة

من المعروف أن جميع الأجسام تتكون من ذرات وجزيئات، ويتراوح حجم جسيمات المواد كبيرة الحجم بين مئات الميكرونات.

المواد البلورية:

- من المعروف أن جميع الأجسام تتكون من ذرات وجزيئات، يتراوح حجم جسيمات المواد كبيرة الحجم بين مئات الميكرونات (جزء من مليون من المتر) إلى بضعة ملليمترات.
- يتراوح حجم جسيمات المواد البلورية الدقيقة النانوية (nanocrystalline materials) من 1 إلى 100 نانو تقريبا، أما نصف قطر الذرة فيتراوح بين 1 إلى 2 أنجستروم[113] تقريبا ، ويعادل "النانو" نحو 10 أنجستروم. وقد يحتوي "النانو" الواحد على 3 ذرات أو خمس وذلك حسب حجم الذرة نفسها.
- تتسم مواد "النانو" بصفة خاصة بالمتانة والصلابة، وقابليتها للمط عند درجات الحرارة المرتفعة.
- كما أنها مقاومة للبلل والتآكل والتفتت، ونشطة كيميائياً.
- كما تمتاز مواد "النانو" بفائدة أكبر بكثير من المواد كبيرة الحجم ، إعتماداً على خصائصها النوعية المتفاوتة، ومثال على ذلك يمتاز عنصر الفضة

[113] الانجستروم هي وحدة تساوي جزءاً من عشرة ملايين من الملليمتر

النانوية بخصائص لا يتمتع بها عنصر الفضة بصورته الضخمة، حيث أن الفضة النانوية تمتاز بتفاعلها مع الفيروسات والقضاء عليها.

طرق تخليق مواد "النانو":

1. تركيب محلول غروي
2. تكثيف الغازات الخاملة
3. السبك الميكانيكي أو التفريز عالي الطاقة
4. التركيب البلازمي
5. الترسيب الإلكتروليتي

تركيب المحلول الغروي يمتاز بما يلي:

- تخليق مواد محددة بدقة بكميات كبيرة وسعر زهيد
- تخليق مادتين أو أكثر في وقت واحد
- تخليق سبائك ومركبات متجانسة ومواد نقية تماماً بنسبة 100%
- إنتاج مواد كالخزفيات والمعادن في درجات منخفضة للغاية "بين 150 و600" درجة فهرنهايت، على عكس الطريقة المعيارية التي تتروح درجة الحرارة فيها ما بين 2500 إلى 6500 درجة فهرنهايت.
- تعديل التركيب والبنية الذرية بدقة متناهية.
- يستطيع العلماء بعد تخليق المواد متناهية الصغر أن يضيفوا خصائص جديدة إلى المنتجات الحالية مثل إمدادها بالمتانة القصوى.

بلورات "النانو"[114]

- عبارة عن كتل ذرية متراكمة، تتسم بكبر حجمها عن الجزيئات (يبلغ قطرها 10 نانومتر تقريبا)، ولا تعتبر بحجم المواد الكبيرة
- من أهم فوائدها والتي تميزها عن المواد الكبيرة هو أن حجمها وسطحها يمكن التحكم فيهما بدقة بالغة، وأيضاً خصائصها ومثال ذلك (البلورات الكمية) والتي تعتبر نوع من أنواع بلورات "النانو".
- يستطيع العلماء التحكم في شحنة بلورات "النانو" وتفكيك تركيبها البلوري والتحكم في نقطة إنصهارها.
- نجح عالم الكيمياء الأمريكي "بول أليفيزاتوس" في تخليق بلورات "النانو" بإضافة مساحيق شبة موصلة إلى أغشية غروية يطلق عليها المنشطات السطحية[115] وقد نجح الفريق الكيميائي في تخليق مزيج من البلورات باستخدام مجموعة مختلفة من هذه المواد.
- تتمثل فائدة المنشطات السطحية في قدرتها على التفاعل مع المساحيق شبة الموصلة لإنتاج بلورات نانو متفاوتة الأشكال "كالقضبان بدلاً من الكرات".

---

[114] ليندا وليامز ، مصدر سبق ذكرة ص.213

[115] المنشط السطحي هو عامل خافض للتوتر السطحي، وهو مادة تضاف إلى سائل لزيادة خصائص الانتشار عن طريق تقليل توتر السطح

- إن شكل البلورات على هيئة قضبان ثنائية الأبعاد يفتح الطريق امام العديد من التطبيقات، كما يبين مدى أهمية التحكم في نمو البلورات عند تغيير الحجم أو الشكل.
- بالرغم من صعوبة تغير الشكل ، فإنه من الممكن أن يؤدي تفاعل الذرات مع العديد من المنشطات السطحية إلى نمو البلورات بشكل معين.
- تقوم البلورات بتغيير شكلها حفاظاً على معدل النمو السريع بإستخدام المزيج المناسب من المنشطات السطحية فتستطيل وتأخذ شكلاً له أوجة كالقضيب لإستغلال مساحة السطح بأكملها.
- لقد أوضح الفريق العلمي أن ثمة ضوءاً مستقطباً ينبعث من بلورات "النانو" ذات الشكل القضيبي على إمتداد محورها الطويل، على عكس الضوء غير المستقطب الذي ينبعث من بلورات "النانو" الكروية المحتوية على سليندات الكاديوم.
- أظهرت الأبحاث أن الفجوة بين طاقتي الإنبعاث والإمتصاص كبيرة في حالة بلورات "النانو" القضبية عنها في حالة بلورات "النانو" الكروية، وهذا من شأنه أن يسهم في تطوير الصمامات الثنائية الباعثة للضوء"LEDS"، في حين كانت إعادة امتصاص الضوء في الماضي تمثل مشكلة كبيرة. وبما أنه يمكن تجميع قضبان "النانو" ورصها إلى جوار بعضها البعض فهي تستطيع العمل بنجاح مع الصمامات الثنائية الباعثة للضوء وفي الخلايا الفولتية الضوئية.
- من الممكن أيضاً تغيير ظروف تخليق بلورات "النانو" معدلات نموها لتأخذ شكل قطرات المياة أو رؤوس الأسهم أو حتى المقابس.

البلورات الكمية (Quantum dots)[116]

- هي عبارة عن جسيمات نانو شبة موصلة تقوم بحبس الإلكترونات في مساحات صغيرة وهي تحتوي على وحدة شحنة واحدة وتنبعث منها ألوان ضوئية متباينة حسب حجمها ومستويات الطاقة الخاصة بها.
- تتأثر مستويات الطاقة بتغيير الحجم والشكل وجهد الشحنة، وتباعد مستويات الطاقة والألوان يرتبطان ببعضهما البعض[117].
- يؤدي تغير حجم البلورات الكمية إلى تغيير تباعد مستويات الطاقة والذي بدورة يؤثر على اللون المرئي للمحاليل.
- يعتبر تغير اللون المرتبط بتغير حجم الجسيم خاصية تنفرد بها تكنولوجيا "النانو".
- تقوم البلورات الكمية بتقييد حركة الإلكترونات داخل أبعاد يمكن إهمالها، على العكس من الأسلاك الكمية والأبار الكمية (المسطحة) التي تتسم

---

[116] ليندا ويليامز، د.واد آدمز، تكنولوجيا النانو، مكتبة الأسرة، 2008 ص.215

[117] يبدوان بلون معين نظرا لأن الطاقة المنبعثة لها طول موجي مرتبط بهما في الجزء المرئي من الطيف

مساحتها بأنها بالطول الموجي نفسه الذي يميز طول موجة "دي برولي" (de Broglie wavelength).[118]

- يتيح هذا التقييد قياس مستويات الطاقة والشحنات الكهربية.
- تتسم البلورات الكمية[119] بأهمية بالغة بالنسبة للتطبيقات البصرية، وذلك بسبب ارتفاع الحاصل الكمي (الحاصل الكمي quantum yield)[120]
- تمثل هذة البلورات البت الكمي (مثل وحدات البت بالكمبيوتر بإستثناء أنها تكون عند مستوى "النانو") للمعالجة الكمية للمعلومات.
- يمكن دراسة مستويات طاقة البلورات الكمية بإستخدام أساليب التنظير الطيفي المتقدمة، وبسبب الخواص البصرية التي تميز البلورات الكمية، لا يمكن للعين المجردة أن ترى الأحجام المتباينة لهذة البلورات.

أدوات التحليل لبلورات "النانو"

- تعتبر أدوات التحليل في غاية الأهمية عند الحصول على مواد نانو ذات خصائص دقيقة مثل مكونات أجهزة الكمبيوتر، بالرغم من دراسة العلماء لهذة البلورات باستخدام ميكروسكوبات التصوير الذري التي بتقوم بمسح الأسطح ولكن هناك أيضا وسائل أخرى يمكن الإستعانة بها.
- نجح إثنان من الباحثين في إبتكار وسائل تصوير جديدة فائقة الحساسية ومثال على ذلك تمكن ميكروسكوب الأنجستروم الواحد (ميكرسكوب One-Angstrom-OAM) من تحقيق أعلى درجة دقة وضوح لمواد "النانو" وتساوي 0.8 أنجستروم.
- تستطيع درجة دقة الوضوح التي يحققها هذا الميكروسكوب أن تعرض الأجزاء المختلفة ببلورات "النانو" المتعددة في صورة واضحة ثلاثية الأبعاد، إضافة إلى هذا فهو قادر على توضيح الصور السيئة التي تلتقطها الميكروسكوبات العادية بدرجة دقة وضوح عادية وبذلك يمكن التوصل إلى اكتشاف المزيد من المعلومات عن العينة باستخدام الكمبيوتر عن طريق الجمع بين عدة صور مختلفة للعينة نفسها والتي يلتقطها هذا الميكروسكوب.

الإحصاء الكمي[121]:

- تعتبر البلورات الكمية قفزه هائلة بالنسبة لعملية الإحصاء الكمي المعتمد على أجهزة الكمبيوتر (quantum computing) للأجسام الصلبة، فعند توجية جهد كهربي إلى كابل إلكترود اللحام يمكن التحكم في تدفق الإلكترونات عبر البلورات الكمية مما سيسهل على العلماء عملية قياس الدوران الإلكتروني والخصائص المرتبطة به.

---

[118] طول موجة "دي برولي" هو مقياس حركة الموجة (الطول الموجي) لأحد الجسيمات.

[119] البلورات الكمية عبارة عن بلورات نانو شبة موصلة وغير عضوية، حجمها الإجمالي يقل عن او يساوي 10 نانومتر

[120] هو عدد التفاعلات المحددة التي تحدث عند امتصاص منظومة ما لأحد الفوتونات

[121] ليندا وليامز، مصدر سبق ذكره

- يعتمد الإحصاء الكمي المعتمد على أجهزة الكمبيوتر على الدوران الإلكتروني أو إستقطاب الضوء، الأمر الذي يسرع من تنفيذ العمليات وتقليل الفاقد من الطاقة في نظم الكمبيوتر.
- عند إدراج طبقة من أكسيد الزنك المتبلر[122] بين لوحين من أكسيد الزنك والمنجنيز[123]، على أن يكون اللوحان الخارجيان موصلان ببطارية لتكوين دائرة كهربائية، فإن الشحنات المستقطبة ترسل إلى لوح أكسيد الزنك الرقيق للغاية.
- تتركز الإلكترونات والفجوات معاً في الطبقة الوسطى، أما الفجوات التي تتميز بنوع واحد من أنواع الدوران الإلكتروني، فسوف تتفاعل مع مثيلاتها وبالتالي، تنبعث الأشعة فوق البنفسجية المستقطبة وتستخدم في الإحصاء الكمي البصري المعتمد على استخدام أجهزة الكمبيوتر.
- من ضمن خصائص البلورات الكمية أن لها قدرة عالية على النقل وخصائص بصرية، لذلك يمكن إستخدامها في المضخات أو أجهزة الليزر ذات الصمامات الثنائية أو المجسات البيولوجية (داخل الخلايا المنفردة)
- تستغل البلورات الكمية في العديد من الألعاب والأجهزة الإلكترونية وتعتمد أحدث تقنيات الألعاب وأقراص الفيديو الرقمية على الليزر الأزرق لقراءة البيانات والذي كان صعب الوصول إليه في السابق أما الآن أصبح سهل بسبب البلورات الكمية التي تشع الضوء الأزرق.

محفزات "النانو"[124]

- بالرغم من أن أغشية مرشحات "النانو" مهمة في تنقية المياة، فإن الجسيمات الدقيقة سواء كانت ملتصقة بالأغشية أو خلافه فإنها تحافظ على بقاء الملوثات في مكانها بعد انحلالها كيميائيا.
- يهتم العلماء بدراسة محفزات "النانو" وذلك لإستغلالها في التطبيقات البيئية، إذ قد يقلل إستخدام محفزات "النانو" من تكاليف معالجة المياة الملوثة بإفساح الطريق أمام أساليب التنقية لمعالجة المركبات الكيميائية.
- تعتبر عملية إزالة المبيدات الحشرية بأنواعها من المياة الجوفية بالغة الأهمية، وتتطلب كل حالة محفزا وإستراتيجية مختلفة للتنقية، لهذا يمكن الاستعانة بتكنولوجيا "النانو" للإسراع من هذة العملية وبكفاءة أعلى من خلال استخدام مواد "النانو" لمعالجة هذه المواقع بالتحديد.
- أستعان عالم الكيمياء الأمريكي "دانييل سترونجين" ببنية البروتين في تصميم وتجميع جسيمات اكسيد المعدن بالغة الضآلة لاستخدامها في معالجة البيئة، فباستخدام هذه الجسيمات متناهية الصغر والمصنوعة من مكونات بيولوجية

---

[122] يبلغ سمكها حوالي 10 طبقات ذرية
[123] يبلغ سمكها 500 طبقة ذرية تقريبا
[124] محفزات النانو عن عبارة عن مواد متناهية الصغر تتميز ببعد نانو واحد على الأقل أو سبق تعديلها من الناحية التركيبية لتحسين نشاطها التحفيزي

كمحفزات "النانو"، حاول هذا العالم التوصل إلى معرفة كيفية استخدام جسيمات "النانو" في علاج البيئة.

- يدرس "سترونجين" مع زملائه التفاعلات التي من شأنها أن تؤدي إلى تراكم أو فصل المعادن الملوثة في محلول بحيث لا تنتقل عبر مجرى المياة الجوفية أو تتشبع بها المياة نفسها، وعن طريق إجراء التجارب بتقليل نسبة الكروم السام، أمكن مزج جسيمات "النانو" بالكروم6 وتغيير تركيبة الكيميائي كي لا يذوب في الماء، فأصبح من السهل ترشيحه في صورتة الجديدة.
- هذه الوسيلة تقوم بتغيير التركيب الكيميائي للمعادن السامة في البحيرات والأنهار والمجاري المائية والمياة الجوفية.
- أهتم هذا العالم بدراسة العديد من المعادن السامة الأخرى مثل "التكنتيوم7" وهو أحد الملوثات الموجود في مكب للنفايات النووية بالعاصمة الأمريكية "واشنطن" وقد بدأت البراميل كبيرة الحجم والتي تحتوي على النفايات السامة بتسريب محتوياتها النووية، الأمر الذي أدى إلي تلوث المياة الجوفية وانشغال العلماء بعلاج هذه المشكلة، ويقول العلماء بأنه بالإعتماد على محفزات "النانو" ممكن القضاء على النفايات السامة والقضاء على "التكنتيوم7" بواسطة جسيمات "النانو" وقد يحقق نجاحا لم يتحقق بعد باستخدام مواد ذات حجم أكبر.

مركبات "النانو"

- تمثل المواد والعمليات التي تستخدم لفصل جسيَمات "النانو" في المواد اللدائنية أو المعدنية أو الخزفية جزءاً مهماً من تكنولوجيا مركبات "النانو"، ويتمثل أكبر استخدام لها في تكوين مركبات حبيبية بأبعاد قريبة من مقياس "النانو"، محققة بذلك متانة أكبر بسبب الزيادة الكبيرة في مساحة السطح[125].
- تمتزج بعض جسيَمات "النانو" الطفيلية ببعضها من المواد لتكوين مركبات "النانو"، وتتألف هذه الجسيمات الطفلية من المونموريونيت[126]، وتستخدم لتلوين الورق وفي مستحضرات التجميل.
- إن مركبات "النانو" تستعين بجسيمات "النانو" الطفلية لزيادة متانة الأجسام وصلابتها. لهذا السبب أستخدمت هذه التقنية في صناعة هياكل السيارات وسلالم صعود عربات الشحن.

الطبقات البلورية النانوية[127]

- تم إكتشافها من قبل "ناومي هالاس" الأستاذ بجامعة "رايس الأمريكية" بين الكيمياء (التخليق) والفيزياء (البصريات) والهندسة (تعديل التركيب) وذلك في عام 2001

---

[125] ليندا وليامز، د. واد آدمز، مصدر سبق ذكره، ص.221

[126] المونموريونيت هي معادن طينية لينة من السليكات تنتفخ عند امتصاصها السوائل.

[127] ليندا وليامز، د. واد آدمز، مصدر سبق ذكره، ص.228

- شرع فريق من جامعة "رايس" بأن هذه الطبقات ممكن إستخدامها في مجال الطب.
- عبارة عن نوع جديد من الجسيمات القابلة للتعديل بصرياً، والتي تتألف من لب عازل (كالسليكا) مغطَى بطبقة فلزية رقيقة للغاية.
- تتميز هذه الطبقات مثلها مثل المواد الغروانية الذهبية بقدرة امتصاص بصرية عالية نتيجة استجابة إلكترونات الفلز للضوء.
- تعتمد الإستجابة البصرية للطبقات البلورية على الأحجام المختلفة للب جسيم "النانو"، وكذلك على سمك طبقة الذهب.
- عندما يلعب الحجم دوراً كبيراً بالنسبة للبلورات الكمية وحلقات "النانو" الذهبية، فإن ذلك يؤثر على خصائص التعديل البصرية.
- إذا تغير تناسب اللب وسمك الطبقة، تستطيع الطبقات البلورية النانوية الذهبية تغيير لونها عبر الأطياف الضوئية المرئية والأشعة تحت الحمراء القريبة.
- يمكن لهذه الطبقات أن تكون قادرة على امتصاص الأشعة الضوئية أو تشتيتها بتغيير حجم الجسيم بالنسبة للرنين البصري والطول الموجي.
- يقوم فريق من الباحثين بدراسة وإجراء التجارب لمعرفة مدى فائدة الطبقات البلورية في المجالات التالية:
  1. عوامل التباين في التصوير البصري
  2. المقايسة المناعية (immunoassay) البصرية الشاملة للدم
  3. استخدام التصوير الحراري في القضاء على الأورام السرطانية والإنحلال البقعي (Macular degeneration) وهو حالة طبية تعجز فيها خلايا استشعار الضوء في العين عن العمل مع مرور الوقت.
  4. توصيل الدواء إلى خلايا معينة
  5. الإستشعار الحيوي
- تفيد أيضا الطبقات البلورية في تطبيقات مثل تثبيط التأكسد الضوئي للأغشية البوليميرية.

حلقات "النانو" الذهبية

- عند تشكيل حلقة ذهبية بنصف قطر "بما يعادل 60 نانومتر" فإنها تكتسب خصائص مميزة تجعلها أداة مفيدة لإجراء التجارب عند مستوى "النانو"، وهذه التجارب مفيدة بالنسبة للشركات الدوائية عند إنتاج دواء جديد.
- تعتبر جسيمات "النانو" الفلزية مهمة، حيث إنها تقوم بإمتصاص وإصدار أنواع معينة من الأشعة الضوئية بكفاءة عالية، حسب حجم الجسيم وشكله.
- تتسم حلقات الذهب النانوية بخصائص بصرية وكهرومغناطيسية مميزة يمكن تعديلها بتغيير النسبة بين نصف قطر الحلقة وسمك الجدار.

- حيث تسلط الأشعة الضوئية على الحلقة[128]، فإنها تقوم باستثارة إلكترونات الفلز مكونة موجة تتذبذب بشكل معين حسب الطول الموجي للضوء وخصائصة الهندسية.
- نجح العلماء في التوصل إلى طريقة لتحقيق التزامن بين حركة الإلكترونات والطاقة الضوئية المسلطة، كي يهتز الاثنان بالطول الموجي نفسه.
- نتيجة لهذا الاهتزاز، يتولد مجال كهرومغناطيسي قوي يتذبذب داخل تجويف الحلقة.
- يعمل المجال الكهرومغناطيسي داخل الحلقة في الجزء الخاص بالأشعة تحت الحمراء القريبة للطيف الكهرومغناطيسي.
- بعد ذلك يمكن إستخدام تجويف الحلقة كوعاء لإختبار الجزيئات بشعاع ضوئي يقوي إشارات الأشعة تحت الحمراء.

الكبسولات المجهرية (Microcapsules)[129]

- لقد بدأت العديد من الشركات إنشاء أوعية مجوفة متعددة الأغراض يمكن استخدامها في توصيل الدواء لخلايا الجسم وتصوير العلامات البيولوجية، والكريمات الواقية من أشعة الشمس ومستحضرات التجميل والعطور.
- تعد هذه المقدرة على تغليف ما تحملة الجزيئات أمرا مهما بالنسبة للتطبيقات الطبية والصناعية الجديدة.
- تستطيع الكبسولات المجهرية تغليف الإنزيمات والجزيئات الحيوية المعقدة التي تحفز العديد من العمليات التي تتم داخل الخلايا أو تتحكم بها.
- لقد بين العلماء كيفية تخزين الإنزيمات داخل الكبسولات المجهرية دون أن تتسرب عبر الجدران المحيطة، على الرغم من قدرة الجزيئات الأصغر منها في الحجم على التحرك عبر بنية الكبسولات المجهرية.
- إن هذه الإمكانية تتيح للإنزيمات فرصة تحفيز التفاعلات الكيميائية مع الجزيئات الأخرى، وتعتبر مفيدة إذا ما استخدمت كمواد مفاعلة بيولوجية مجهرية في الصناعات الكيميائية والدوائية.

الظواهر الكمية لإلكترونات "النانو"

- لضمان نجاح الأساليب الجديدة في مجال الإلكترونيات وتصنيع المكونات الكهربية عند مستوى "النانو"، لا بد من قياس أبعاد "النانو" بدقة بالغة مقارنة بمقاييس الأحجام الكبيرة.
- تؤثر الظواهر الكمية والحركية على قدرة النقل لدى أشباة الموصلات وكذلك على التوصيل الحراري، وذلك حيث تصغر الأجهزة إلى مستوى "النانو".

---

[128] حين تسلط الأشعة الضوئية على حلقة النانو الذهبية، ينتج عن ذلك مجال كهرومغناطيسي إهتزازي قوي (تحت الأشعة تحت الحمراء القريبة) داخل الحلقة وحولها

[129] تتركب الكبسولات المجهرية ذاتيا في درجة حرارة الغرفة حين تختلط جسيمات السليكا متناهية الحجم بمحلولو من البوليميرات والملح في الماء

- يمكن استخدام تراكيب "النانو" الموصلة كمعايير أو أدوات كمية تأسيساً لمقاييس "النانو".
- على الرغم من أن الماكينات تعتبر أكبر بكثير من مقياس "النانو"، فإن لها تأثير مواد "النانو" عند تخليق المواد وعند التفاعل، فعلى سبيل المثال تعتبر الظواهر التي تحدث عند مستوى "النانو" مهمة لإنشاء مصفوفات القنوات الدقيقة المستخدمة في فك رموز تتابعات الجينات وغيرها من المصفوفات البيولوجية الأخرى.
- عادة، لا تتأثر الموائع التي تتحرك داخل مجرى واسع بالجدران المحيطة إلا بدرجة طفيفة، ومع ذلك، ففي حالة الموائع الدقيقة أو موائع "النانو" قد ينتج عن التفاعلات التي تتم داخل المجرى الرفيع للمائع بالإضافة إلى تأثير الأغشية بعض التفاعلات الأخرى المفاجئة.
- يحاول العلماء إختراع مفاتيح بصرية لإستخدامها في الشبكات الليفية (FIBER NETWORKS) تحمل الموجات الضوئية (التي يبلغ طولها بضع نانومترات) كميات هائلة من البيانات، وهذا التدفق يتوقف عندما يتحول الضوء إلى إلكترونات للمعالجة والتحويل ثم يعود لحالته الأولى.
- بما أن جهاز التوجية الإلكتروني (ROUTER) باهظ التكلفة للغاية، يحاول العلماء حالياً إنتاج هذه المفاتيح الضوئية.
- تأخذ بعض المفاتيح الضوئية شكل جهاز توجية دائري ومصفوفات تحمل عدسات مجهرية يمكن قلبها لتقسيم تدفقات الفوتونات التي تحمل البيانات وتوجيهها.

خواص المواد النانوية[130]

- إن العلم النانوي (Nanoscience) والتقنية النانوية (Nanotechnology) يتضمنان التخليق والتشخيص والإستكشاف وتطبيق مواد البنية النانوية (Nanostructure) ومواد الحجم النانوي (Nanosize) إن تطبيقات المواد النانوية من الناحية التاريخية موجود منذ القدم، حيث أن الدقائق النانوية (Nanoparticles) أستعملت كأصباغ في السيراميك منذ القدم

- عندما تستمر أبعاد العدد (Device dimension) بالتقلص يزداد النمو بإتجاه المواد النانوية مع ظهور محددات معينة كالتأثيرات الكمية والتي ستصبح اكثر ظاهرية عندما تنخفض ابعاد العدة بحيث يحتاج التركيز العالي إلى أدوات أصغر لتجاوز حدود ذوبان المادة الصلبة، كما أن كثافة الطاقة العالية والتسخين المفرط (Overheating) اللاحق سيسببان المشاكل الخطيرة في قياس الأدوات .

[130] أ.د قطحان خلف الخزرجي، د.رنا عفيف عناني، د. أسيل باسم الزبيدي، التقنية النانوية ، دار دجلة، عمان-الأردن، 2010 ص.61

- تستند أدوات الإلكترونيات النانوية (Nanoelectronic) على أنظمة المواد النانوية ومكوناتها كأداه جديدة ستساهم في ولادة جيل جديد من علم الألكترونيات الدقيقة، مثال على ذلك (ترنزستور أحادي الإلكترون ومجال تأثيره يعتمد على أنابيب الكربون النانوية أحادية الجدار).
- تطورت التقنية النانوية أيضا على نطاق واسع لتشمل حقولا اخرى فعلى سبيل المثال تستعمل الأسلاك النانوية (Nanowires) في الضوئيات النانوية (Nanophotonics) وليزر الإلكترونيات النانوية والخلايا الشمسية (Solar cells) والمذبذبات (Resonators) والحساسات العالية الحساسية (High sensitivity sensors).
- تستعمل الدقائق النانوية (Nanoparticles) في العوامل المساعدة (Catalysis) والطلاءات الفعالة والإلكترونيات النانونية وخزن الطاقة وتوزيع العقاقير والمواد الطبية الحيوية (Biomedicines) ، فالأغشية الرقيقة ذات البنية النانوية يمكن أن تستعمل في وسائل إنبعاث الضوء والعارضات والصفائح الكهربائية الضوئية عالية الكفاءة (Photovoltaic).