أنابيب الكربون النانوية Carbon Nanotubes

إعداد

د.محمود محمد سليم صالح

أستاذ مشارك بقسم العلوم الطبيعية والتطبيقية – كلية المجتمع بالأفلاج

والباحث فى تقنية النانو

يقاس التقدم التكنولوجي فى العصر الحالى بالقدرة على تصنيع أجهزة إلكترونية أقل حجمًا وأعلى كفاءة من حيث السرعة والجودة في أداء العمليات المختلفة.

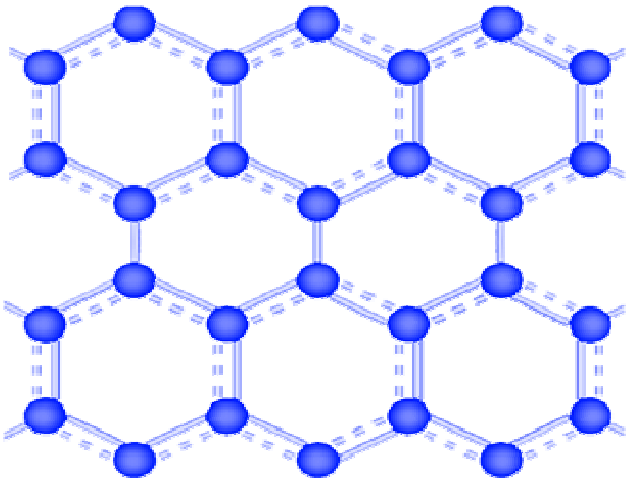
وفى القرن الماضى بدأ الجيل الأول في عالم الإلكترونيات ، جيل تقنية المصابيح (اللمبات Lamp) الإلكترونية ، وقد تم إنتاج تليفزيونات أبيض وأسود تستخدم هذه التقنية ، ثم جاء الجيل الثانى فى عالم الإلكترونيات وهو جيل الترانزيستور (Transistor) الذي جعل الأجهزة الإلكترونية أصغر حجمًا وأفضل كفاءة. وبعد التطور الكبير الذى حدث في مجال أشباه الموصلات (Semi-conductors) جاء الجيل الثالث فى عالم الإلكترونيات وهو جيل الدوائر التكاملية (IC)، وهي عبارة عن قطعة صغيرة جدًّا تقوم بنفس مهام الترانزيستور ؛ وساعدت هذه الدوائر على تصغير حجم العديد من الأجهزة، بل ورفعت من كفاءتها، وعددت من وظائفها.

ثم ظهر الجيل الرابع ، جيل المعالجات الصغيرة (microprocessors) ، الذي أحدث ثورة هائلة في مجال الإلكترونيات بإنتاج الحاسبات الشخصية الصغيرة (microcomputers)، التى كان لها الفضل بعد الله سبحانه وتعالى فى ثورة المعلومات التى نشهدها الآن ، وفى التقدم الذى حدث فى العديد من المجالات العلمية والصناعية والتعليمية وفى مختلف جوانب الحياة.

وخلال السنوات القليلة الماضية , برز إلى الأضواء مصطلح جديد ألقى بثقله على العالم وأصبح محط الاهتمام بشكل كبير , هذا المصطلح هو تقنية النانو . وهذه التقنية تمثل الجيل الخامس فى عالم الإلكترونيات ، جيل الأنابيب المتناهية في الصغر (nanotubes) وهذا ما سنناقشه فى السطور التالية.

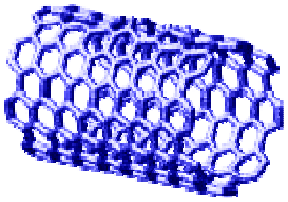
ما هى الأنابيب النانوية؟

أنابيب الكربون بحجم النانو ، تقنية شديدة التطور ، وهى عبارة عن أسطوانات فارغة في شكل أنابيب بحجم النانومتر وتتكون من مجموعة ضخمة من الهياكل السداسية التي تتكون بدورها من ذرات الكربون. والكربون نانوتيوب ظاهرة فيزيائية تم رصدها أول مرة عام 1991 في شركة NEC للصناعات الإلكترونية في اليابان بواسطة العالم سوميو ليجيما(Sumio Lijima)، حينما كان يدرس الرماد الناتج عن عملية التفريغ الكهربي بين قطبين من الكربون باستخدام ميكروسكوب إلكتروني عالي الكفاءة (High-resolution transmission electron microscope) ، ولاحظ ليجيما أن هناك بعض اللمعان أو البريق داخل هذا الرماد فاعتقد أن الكربون تحول إلى ماس فقرر فحصة بطريقة جيدة ، استخدم سوميو ليجيما الميكروسكوب الإلكترونى لفحص الرماد ووجد أن جزيئات الكربون فى وضع غير طبيعى حيث أنه من المفترض أن يكون ترتيب جزيئات الكربون كما فى الشكل التالى:



شكل (1)

ولكن فوجئ ليجيما بشيء آخر وهو أن جزيئات الكربون قد التفت لتتصل ببعضها البعض مكونة ما يشبه الأنبوب (شكل2).



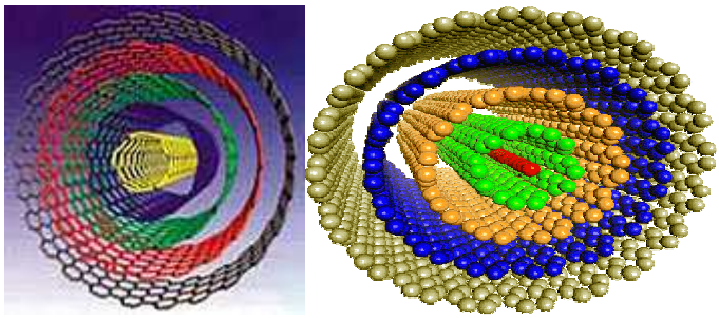
شكل (2)

وتم تكرار التجربة عدة مرات وفى كل مرة كان هناك جديد بعد كل فحص وكان مجمل ما توصل إلية سوميو ليجيما هو أن:

1- جزيئات الكربون تأخذ ترتيبًا يشبه الأنابيب.

2- أنابيب الكربون الناتجة غير متساوية فى الحجم.

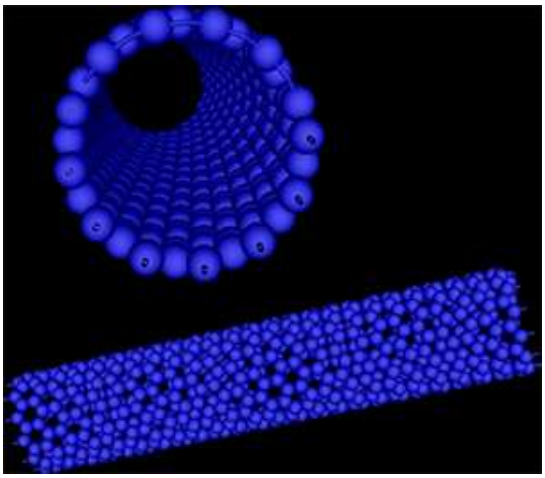
3-تنتج أنابيب متعددة الطبقات بمعنى أنها مجموعة من الأنابيب المتداخلة (Multi-Wall) ومختلفة فى اللون والخواص.



شكل (3) مجموعة من الأنابيب النانوية المتداخلة والمختلفة الخواص.

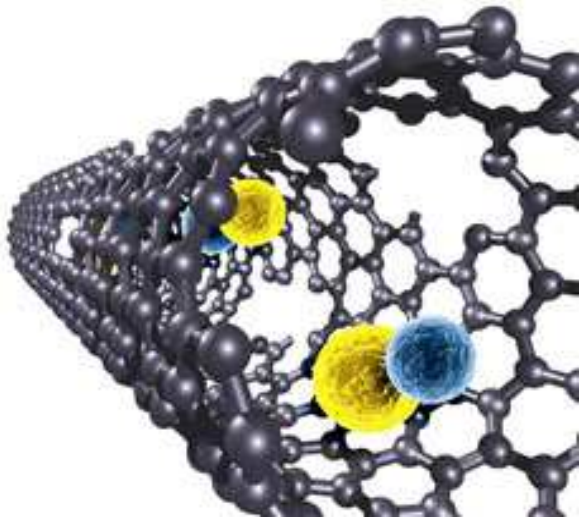
هذا الاكتشاف لفت انتباه شركة IBM فقررت الدخول إلى هذا المجال ، ففي عام 1993 تمكن العالم دونالد بثيون (Donald Bethune) من شركة IBM لتكنولوجيا

الحاسبات في الولايات المتحدة الأمريكية من رصد أنابيب كربون نانوية ذات جدار واحد (single-wall) ، يبلغ قطر الأنبوب الواحد منها 12 نانومتر (شكل 4). ثم انطلق العلماء بعد ذلك في مجال النانوتيوب، حتى استطاع فريق من العلماء الصينيين من رصد أصغر نانوتيوب في العالم الذي يصل قطره إلى 0.5 نانومتر فقط، مع العلم أن أقل قطر لأي شيء في العالم نظريًّا هو 0.4 نانومتر. و تم رصد هذا الأنبوب الصغير جدًّا بعد ما طَوَّر العلماء الصينيون طرق جديدة فى تقنية النانو.



شكل(4) أنبوب كربونى ذو طبقة واحدة

وعند دراسة الخواص الفيزيائية لأنابيب الكربون النانوية كانت النتائج مبشرة للغاية ؛ فقد وجد أنها أقوى من الحديد بمقدار 100 مرة، وأخف منه في الوزن بمقدار 6 مرات ، ولها خواص فيزيائية وميكانيكية فريدة ؛ فهى يمكن أن تكون موصلاً جيدًا جدًّا للكهرباء، ويمكن أن تكون شبه موصل (Semi-conductor)، وهذا يعتمد على طريقة تصنيعها ، وعلى ترتيب الذرات داخل الهيكل الذري. وعند قياس درجة التوصيل للكهرباء وجد أنها أعلى من النحاس في درجة حرارة الغرفة، أما توصيلها للحرارة فهو أعلى من درجة توصيل الماس. ويمكن دمج مواد أخرى (نحاس ، كوارتز،...) داخل أنابيب الكربون بهدف الحصول على خواص إضافية، أى تصنيع أنبوب واحد ذو وظائف متعددة(شكل5).



شكل (5) مواد مدمجة داخل أنبوب نانوى كربونى

طرق تحضير أنابيب الكربون النانوية:

أنابيب الكربون الدقيقة ترابط فيها الذرات ثلاثيا في رقائق منحنية تشكل أسطوانات مفرغة يتم الحصول عليها بطريقة القوس الكربونى مع تغيير طاقته لكي يصبح التيار مستمراً بدلا من المتردد ، و بالتالي يمكن الحصول على هياكل أنبوبية الشكل في أحد الرواسب على القطب. وهذه الأنابيب مكوَّنه بالكامل من الكربون، وتمَّت تسميتها الأنابيب النانومترية وذلك نظرا لقطرها الذي يبلغ عدة نانومترات.

و توجد طرق عديدة لإنتاج جزيئات الكربون المكونة من الأنابيب النانومترية، وهي:

– عمل تحليل كهربي باستخدام أقطاب من الجرافيت في أملاح منصهرة .

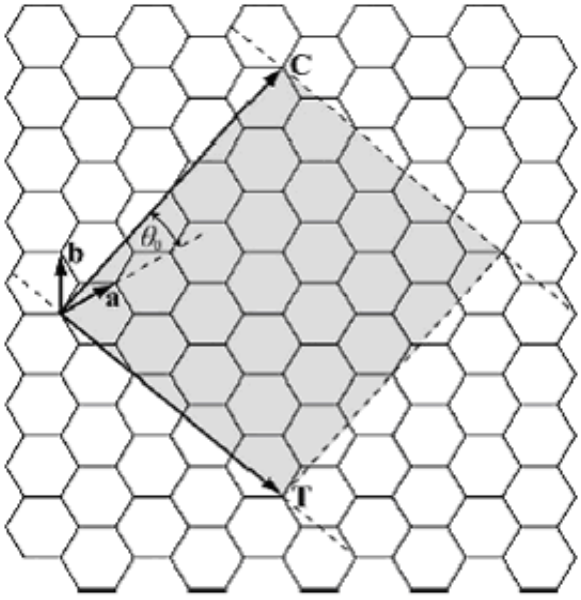
– تحليل حراري مُحفِّز للهيدروكربونات .

– تبخير للجرافيت باستخدام الليزر.

و باختلاف طرق عمل الأنابيب النانومترية ، تكون لها خواص إلكترونية مختلفة، فبعضها يُتوقَّع أن يكون معدنيا بينما يكون البعض الآخر أشباه موصلات. و اتضح أن تلك الأنابيب النانومترية قويَّة بدرجة لا تُصدَّق فهي أقوى بمئات المرات من الصلب، ويرجع ذلك جزيئياً إلى شكلها الهندسي السداسي، والذي يمكنه توزيع القوى والتشوهات بسبب قوة رابطة الكربون – كربون ، و بالتالي فإن لها خواص إلكترونية غير عاديَّة.

أشكال الأنابيب النانوية:

أنابيب الكربون النانوية هى عبارة عن ألواح من الجرافيت تم ثنيها لتأخذ الشكل الأسطوانى المجوف ، أبعاده الجانبية تبدأ من **0.2** إلى عدة نانومترات. وبالطبع سيكتسب الأنبوب النانوى خواصه الفيزيائية من خواص الجرافيت ذو البعدين (شكل**6**).



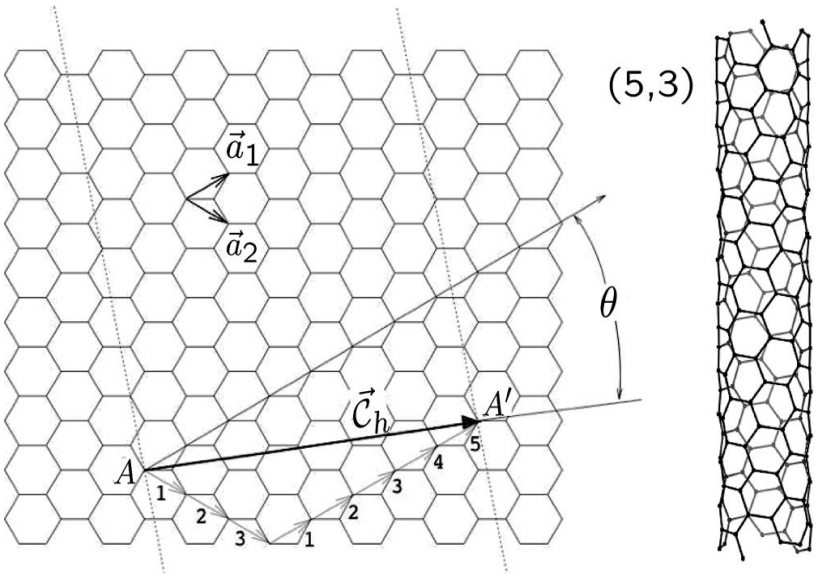
شكل (**6**)لوح جرافيت ذو بعدين يمكن ثنيه فى إتجاه معين للحصول الأنبوب النانوى

وتوجد ثلاث أشكال هندسية لأنابيب الكربون النانوية (انظر الأشكال **7**، **8**) ، تعتمد على طريقة ثنى (**roll up**) لوح الجرافيت للحصول على الشكل الإسطوانى وهى:

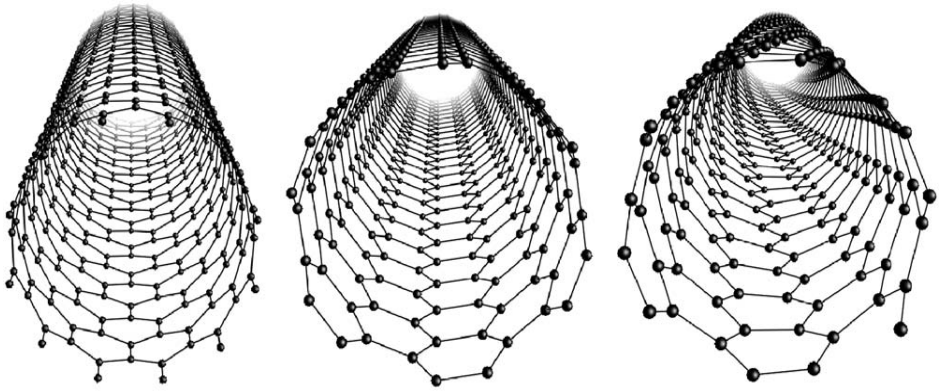
1– zig-zag وله الأبعاد $(n,0)$.

2– chiral وله الأبعاد (n,m).

3– armchair وله الأبعاد (n,n).



شكل (**7**)أنبوب كربون نانوى من نوع **chiral** ناتج من ثنى لوح جرافيت.



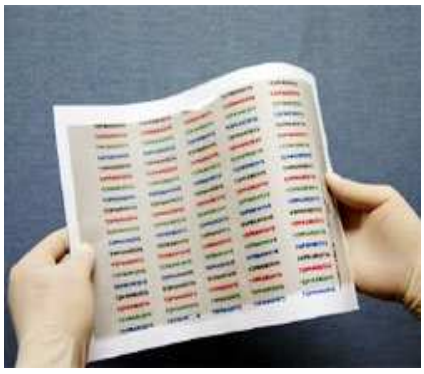
شكل (**8**) (يسار) **zig-zag** ؛ (وسط) **armchair**، (يمين) **chiral**.

تطبيقات الأنابيب النانوية:

تقنية أنابيب الكربون النانوية تم استخدامها في العديد من المجالات مثل صناعة خزانات وقود السيارات ، مضارب التنس والجولف ، وعصي التزلج على الثلوج ، وطلاء المواد العسكرية التي لا يكتشفها الرادار.

ومن التطبيقات الجديدة لتقنية النانو، أنبوب النانو الكربوني المكون من الحبر وهو عبارة عن حبر تم تطويره بواسطة الدكتور لي جن وونج من معهد كوريا للتكنولوجيا الكهربائية للبحوث. وهذه التقنية شديدة التطور

تتضمن طلاء أسطح البلاستيك بذلك الحبر لجعل السطح الرقيق قادراً على توصيل الكهرباء. ويمكن تطبيق هذه التقنية على مجالات متنوعة منها شاشات اللمس وشاشات العرض القابلة للثنيّ وإن كان الدكتور لي قد اختار مجال شاشات اللمس ، بسبب عدم وجود تقنية خاصة بالطلاء الدائم لأسطح البلاستيك. وتطوير أنبوب كربوني من الحبر(شكل 9) ، يمثّل بداية مرحلة جديدة من التفوّق المذهل في مجال تقنية النانو وسيكون ذلك بمثابة ثورة تكنولوجية هائلة.



شكل (9) شكل توضيحى لحبر كربونى نانوى.

وليس من المعروف حتى الآن إلي أي مدى سيؤثر اكتشاف الفولورين والأنابيب النانومترية في حياتنا ، ومع إمكانية استخدامها في الدوائر الإلكترونية، تصبح الاحتمالات هائلة . وقد تم التوصل إلى الأجهزة الإلكترونية البسيطة مثل الأقطاب الثنائية والمفاتيح و الترانزستورات باستخدام الأنابيب النانومترية التي كانت أصغر بكثير من مكافئاتها من السيلكون المستخدم في تصنيع شرائح الحاسب الآلي. وفى المجال الطبى تم استخدام أنابيب الكربون النانوية فى الحصول على صور للأغشية الحية مثل تصوير الأوعية الدموية والمعدة. وكما هو معلوم لدينا أن استخدام أشعة اكس للحصول على صور تشخيصية لجسم الإنسان تظهر صور العظام بدون الأنسجة الحية وذلك بسبب التباين الكبير بين مادة العظام والأنسجة في جسم الإنسان بالنسبة لأشعة اكس. وتستخدم مواد ذات تباين عالي مثل الايودين **iodine** ، تحقن في جسم الإنسان للحصول على صور للأغشية الحية مثل تصوير المعدة أو الأوعية الدموية أو في أي مكان يكون هناك توقع لوجود خلايا سرطانية. ولكن مادة الايودين تتحرك في الأوعية الدموية لجسم الإنسان مما يجعل توجيهها إلى منطقة بدقة في جسم الإنسان أمرا صعباً. وباستخدام النانو تيوب تم اكتشاف وسيلة جديدة بواسطة لون ويلسون **Lon Wilson** من جامعة رايس في هيوستون بالولايات المتحدة الأمريكية وفريقه البحثى. وتعتمد فكرتهم على زرع أنابيب كربون نانوية معبأة بالأيودين في الخلايا الحية ووضعها على غشاء رقيق من البروتين يتحد هذا البروتين مع خلايا محددة في جسم الإنسان، وبهذا تصبح أنابيب الكربون النانوية بداخلها الايودين داخل الخلية الحية المراد تشخيصها. فالإضافة إلى دقة توجيه الايودين بهذه الطريقة لخلايا محددة فإنها تمكث فترة اكبر لمزيد من الفحوصات إن تطلب الأمر ، وذلك لأن الايودين أصبح الآن في داخل الخلية وليس مارا بجانبها عبر الأوعية الدموية.وفي مجال الصناعة يمكن أن يدخل النانوتيوب في تكوين المواد المركبة **(composite materials)** للرفع من كفاءتها في توصيل الكهرباء والحرارة، وكذلك في تصنيع خلايا تخزين الوقود الهيدروجيني الذي يستخدم في المركبات الفضائية .

الخاتمة

تقنية أنابيب الكربون النانوية ما زالت في مهدها، وهي حتى الآن تحت الدراسة لمعرفة المزيد من خواصها الفيزيائية وقدراتها المثيرة، ولكن الطريقة المستخدمة حالياً للحصول على النانوتيوب مرتفعة التكاليف؛ حيث يشكل سعر الأنابيب النانومترية المرتفع جدا (**15000** دولار للأونصة الواحدة) العقبة الأولى في استخدام هذا النسيج. كما أن رماد النانوتيوب التجاري يكلف **10** أضعاف سعر الذهب. فالأبحاث فى هذه التقنية تحتاج لتكاليف عالية مما يتطلب دعمًا كبيرًا من الحكومات والهيئات العلمية الكبرى، لاستمرار البحث والتطوير في هذا المجال. ومن المتوقع أن تشعل تكنولوجيا النانوتيوب سلسلة من الثورات الصناعية في خلال العقدين القادمين والتي سوف تؤثر على حياتنا بشكل كبير وتفتح أمامنا عالمًا جديدًا لم نكن نعلم عنه شيئًا من قبل.

المراجع

1- Dutta and H. Hofmann "Nanomaterials", Electronic Book. (2005).

2-http://ar.wikipedia.org

http://uw.physics.wisc.edu/ 3-

4- http://www.technologyreview.com/nanotech

5- http://www.technologyreview.com/Nanotech

6- http://www.technologyreview.com/Nanotech

7- http://en.wikipedia.org

http://www.sciencedaily.com8-

9-http://www.nanotechnology.com.

10-A. Pantano. “Conduction in carbon nanotubes under mechanical deformations”. Chapter of the book “Trends in Computational Nanomechanics: Transcending Time and Space”. *Springer*, in press 2008.

11-A. Pantano. “Carbon nanotube - Polymer Composites and their applications”. Chapter of the book “Carbon Nanotubes: Synthesis, Properties and Applications”, *Applied Science Innovations Pvt. Ltd.*, in press 2008

12-Charlier, Blase, and Jean. "Electronic and transport properties of nanotubes." *Review of Modern Physics*, no. 79 (2007):

13-A. R. Hall,L. An, J. Liu, L. Vicci, M. R. Falvo, R. Superfine and S. Washburn. "Experimental Measurement of Single-Wall Carbon Nanotube Torsional Properties." *Physics Review Letters*, no. 96 (2006)

14-Hall, A. M. R. Falvo, R. Superfine and S. Washburn. "Electromechanical response of." *Nature Letters*, no. 2 (2007):

15-Qin, L.. "Determination of the chiral indices (n,m) of carbon nanotubes by electron." *Physical Chemistry Chemical Physics*, no. 9 (2007):