

NANOTUBOS DE CARBONO

Perez Corimayta Alex
Universidad Mayor de San Andrés
Carrera de Informática
Teoría de la Información y Codificación
alex_pc7@hotmail.com

RESUMEN

El siguiente artículo trata de mostrar una de las estructuras más importantes en el estudio de la nanotecnología. Explicaremos su estructura y los diversos métodos que existen para su obtención. También mencionaremos las diversas aplicaciones que se les están dando y las que se les pueden dar en el futuro, ya que estas poseen propiedades eléctricas, mecánicas y térmicas únicas e impresionantes.

Palabras clave

Molécula, átomo, sal iónica, concéntrico, cuántico, catalizador, dispersión, ánodo, cátodo, moléculas quirales.

1. INTRODUCCIÓN

Un nanotubo viene siendo una molécula en forma de tubo hecha con átomos de carbono.

Los nanotubos son estructuras cuyo diámetro es del orden del nanómetro (si divide un centímetro en diez millones de partes iguales, cada una de ellas es un nanómetro), y su longitud puede alcanzar hasta un milímetro (aunque en la actualidad se desarrolla un método para obtener nanotubos mucho mas largos, esto lo veremos más adelante), por lo que se dispone una relación longitud-anchura tremendamente alta, ya que el radio suele ser inferior a un par de nanómetros y, sin embargo, la longitud puede llegar a ser incluso de 10^5 nanómetros.

Los nanotubos de carbón es uno de los temas de discusión más importantes en el ámbito científico, ya que son las fibras más fuertes que se conocen ya que, un solo nanotubo perfecto es de 10 a 100 veces más fuertes que el acero por peso de unidad y con 1/6 de su peso, también poseen propiedades eléctricas muy interesantes, conduciendo la corriente eléctrica cientos de veces más eficazmente que los tradicionales cables de cobre.

1.1. Cronologia

Descubiertos en 1991 por Sumio Iijima, cuando este estaba efectuando investigaciones sobre los buckyballs (pelotas de Bucky), que son; a su vez esferas de carbón puro descubiertas por Harry Kroto, Bob Curl y Rick Smalley (Premios Nobel), en 1985.

- 1952 Primera evidencia de la existencia de nanotubos de carbono.

- 1991 Descubrimiento oficial por Iijima (MWCNT).
- 1993 Descubrimiento del primer nanotubo monocapa (SWCNT).
- 1991-2000 Producto de interés principalmente académico.
- 2000-2005 Se investiga su uso industrial.
- 2005-2010 Desarrollo de aplicaciones industriales.
- 2010 Gran desarrollo de aplicaciones integradas a productos.

2. CARACTERÍSTICAS

La mina de los lapiceros esta hecha de grafito, el grafito esta formado por láminas de átomos de carbono. Si tomamos una de las láminas de átomos de carbono podemos enrollarla para obtener la estructura de un nanotubo de carbono, una lámina puede ser enrollada en cualquier dirección y decidirá la forma y el tamaño del tubo. La forma a lo largo de la circunferencia es importante, por que determina las propiedades electrónicas del tubo, todo este desenrollar y enrollar es solo una representación, ya que los nanotubos de carbón NO se forman por láminas de grafeno que se enrollan.

Otra importante característica de los nanotubos es cuantas capas tiene, hasta ahora hemos hablado de nanotubos que tienen una sola capa, llamados también *single wall nanotubes* (SWNTS) y descubiertos en 1993:



Figura 1: Nanotubo monocapa

Y nanotubos de dos o más capas (múltiples capas), que también son llamados *multiple wall nanotubes* (MWNT):

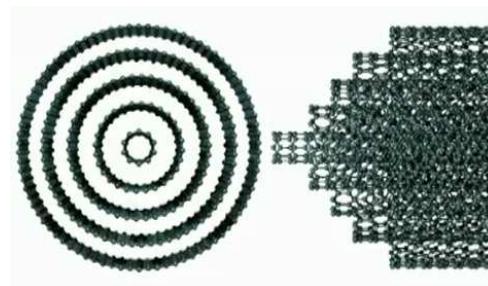


Figura 2: Nanotubo de múltiples capas

En cualquier caso, todos están formados por círculos concéntricos.

3. FORMAS DE OBTENCIÓN

Sabemos que los nanotubos de carbón NO se forman con una lámina de grafeno que se enrolla, entonces veremos en realidad como se forman.

El mecanismo efectivo que obtenga nanotubos en grandes cantidades y sin defectos en sus paredes aún no está todavía definido. Pero veremos las diferentes técnicas que son usadas actualmente para obtener nanotubos de carbono, estas son las siguientes:

3.1 El arco de descarga

Es la primera que se usó en la obtención de nanotubos, realizadas con un arco de descarga que está llena de un gas no reactivo.

En el interior se colocan dos barras de grafito y se aplica corriente. Una de las barras hace el papel de ánodo y la otra de cátodo. Cuando se acerca las barras y se aplica corriente produce una chispa entre las barras que hará que la punta de una de las barras se vaporice y ese gas de carbono formará los nanotubos. El hollín negro cubre toda la cámara del arco de descarga, al abrir la cámara se ve como el ánodo se consume, en el cátodo también se encuentra un polvo negro en donde se encuentran los nanotubos.

Los nanotubos producidos con este método tienen de 20 a 30 paredes, aunque insertando un metal en el ánodo se obtienen nanotubos de una sola pared.

Los nanotubos producidos con esta técnica son bastante perfectos, sin defectos en sus paredes, pero el problema es que además de nanotubos se producen otras nanoformas y es difícil separarlas, además es difícil producir grandes cantidades.

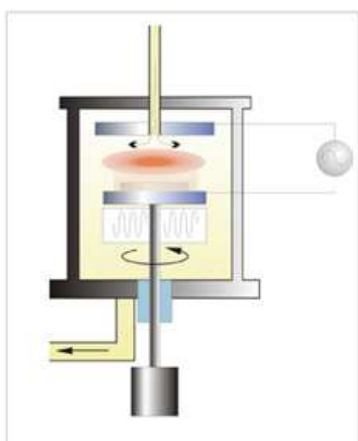


Figura 3: Esquema de un reactor CVD

3.2 Deposición química en fase vapor

Más conocida como CVD por sus siglas en inglés. En este caso el material de inicio no es grafito sino un gas hecho a base de carbono (un hidrocarburo), también se necesita un metal que forma diminutas partículas que actúan como catalizador, que son como semillas para el crecimiento de nanotubos:

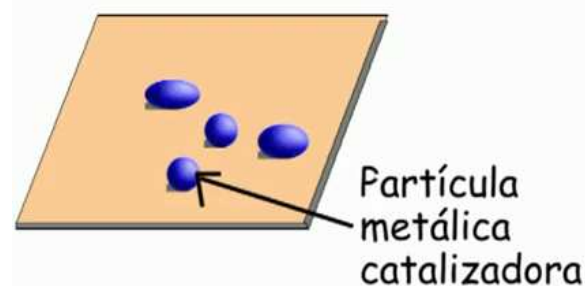


Figura 4: Partículas metálicas catalizadoras

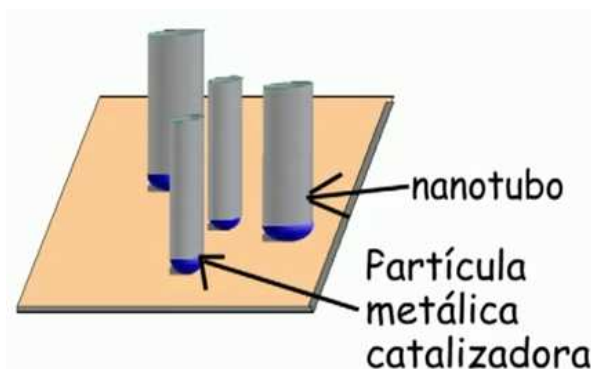


Figura 5: Formación de los nanotubos

Se toma un tubo limpio en donde se introduce una base limpia, y se pasa un gas no reactivo por la solución caliente de hidrocarburo, luego la mezcla pasa a través de un horno donde la temperatura puede ser de 300 °C a 1100 °C.

El procedimiento puede durar minutos o hasta horas para conseguir nanotubos más largos.

Este método es probablemente el método más viable para producir nanotubos para el uso industrial.

3.3 El láser

Esta técnica consiste en usar un láser para vaporizar una pieza de grafito en átomos de carbono.

Normalmente el láser produce nanotubos de una sola pared.

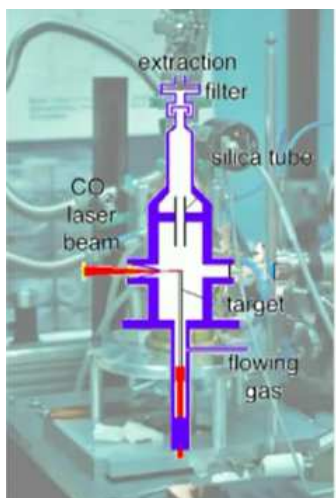


Figura 6: Esquema de el laser

3.4 Electrolysis

Es otra técnica también poco usada, y es parecida al arco de descarga por que también usa dos electrodos de grafito, pero en este caso los electrodos están sumergidos en una sal iónica. Con Electrolysis se produce normalmente nanotubos de múltiples paredes, de 10 a 15, y casi siempre están unidos como en un ramillete.

4. DIFERENCIA ARCO DE DESCARGA - CVD

Ya sabemos que los nanotubos producidos en el arco de descarga son depositados en el cátodo, pero cuando lo hacemos por deposición química en fase vapor o CVD, podemos obtenerlos en un soporte.

Entonces para ver las diferencias obtenidas entre las dos muestras de los métodos más utilizados se usa microscopia electrónica. A continuación veremos las diferencias encontradas que se pueden ver a través del Microscopio Electrónico de Transmisión (MET)



Figura 7: MET

Estas son las dos muestras:



Figura 8: Imágenes obtenidas a través de MET

Vemos como los nanotubos del arco son rectos y más perfectos, mientras que los del CVD son mas ondulados por que tienen mas defectos en sus paredes.

5. PROPIEDADES

El estudio de los nanotubos de carbono es un tema apasionante tanto como sus múltiples aplicaciones y posibilidades, como por su complejidad ya que tiene variedad de propiedades electrónicas, térmicas y estructurales según el diámetro, la longitud, la forma de enrollar, etc. A continuación se menciona las siguientes propiedades:

5.1 Propiedades electrónicas

Los nanotubos se caracterizan por su gran complejidad electrónica, ya que estos pueden comportarse como semiconductores o superconductores, esta propiedad esta definida su grado de enrollamiento, su diámetro o el número de capas que la componen.

Por ejemplo, hay nanotubos rectos cuyas disposiciones hexagonales son siempre paralelas al eje. Esta distribución, que dependerá también del diámetro, hace que dos tercios de los nanotubos no quirales sean conductores y el resto semiconductores.

También es importante resaltar a los nanotubos en el papel de superconductores que podrían ser utilizados para el estudio de efectos cuánticos, y también en la búsqueda de aplicaciones prácticas en la informática cuántica molecular. Por otra parte, y esto es algo impresionante, son capaces de transportar corriente eléctrica en cantidades aproximadas de mil millones de A/cm² (Amperes por centímetro cuadrado).

5.2 Propiedades térmicas

Las propiedades térmicas también son sorprendentes, ya que los nanotubos tienen una conductividad térmica de 6000 W/mK (W=Vatios, mK=milikelvin). Además son muy estables térmicamente, ya que son estables a temperaturas cercanas a los 2800 °C en el vacío, y de 750°C en el aire. Las propiedades de los

nanotubos podría modificarse encapsulando metales en su interior e incluso gases. Siendo así, serían unos grandes almacenadores de hidrógeno, solucionando el principal problema del desarrollo de las pilas de combustible.

5.3 Propiedades mecánicas

Hemos mencionado anteriormente la afirmación que se hace; que los nanotubos son 10 veces mas resistentes que el acero, y 6 veces mas ligeros, estos valores podrían variar ya que se trata de un material poco conocido.

Diversos estudios han tratado de medir las propiedades mecánicas y la tensión máxima soportada por un nanotubo, con resultados heterogéneos, si bien se podría asumir a modo orientativo que la tensión máxima podría rondar los 150 GPa. Este dato implica que un cable de 1 cm² de grosor formado por nanotubos podría aguantar un peso de unas 1.500 toneladas. Por comparación, un cable equivalente del mejor acero conocido puede soportar 20 toneladas, ya que, aunque se rompiese un nanotubo, como se comportan como unidades independientes, la fractura no se propagaría a los otros colindantes.

6. APLICACIONES INDUSTRIALES

Actualmente Carbon Nanotechnologies Inc., fabrica nanotubos de carbono para ser utilizados en las siguientes aplicaciones:

- Polímeros reforzados con nanotubos
- Nanomateriales diseñados para tratar textiles con grados únicos de fuerza y conductividad
- Lubricantes de alto rendimiento que tienen incorporados nanotubos alineados
- Nanotubos y nanomáscaras para uso médico
- Memoria de computadoras que utiliza geometría de nanotubos
- Nanotransistores y otros aparatos electrónicos de alta densidad
- Materiales para la nanoimpresión que sustituirán nanolitografía en la fabricación de microchips, etc.

En si los nanotubos tienen muchas aplicaciones en el futuro, pero solo unas pocas se encuentran en el mercado actualmente. Los nanotubos tienen interesantes propiedades y cada una de ellas podrían llevar a muchas posibles aplicaciones, por su resistencia y flexibilidad se los investigadores lo usan como reforzadores de plástico para hacer en el futuro aviones, coches y puentes mas ligeros y resistentes. Esta misma tecnología podría llevar a implantes de cadera mas resistentes.

Las fibras hechas de nanotubos de carbono son extremadamente fuertes, ligeras, duras y resistentes.

En electrónica los nanotubos debido a su punta afilada son buenos emisores de electrones y por eso se están diseñando nuevas pantallas planas a base de nanotubos. También serian el

cable molecular ideal para ordenadores con una resistencia mucho mas baja que la presente tecnología, menos probabilidades de que se rompan y también ultra eficientes en dispersar el calor generado por el chip.

Están fabricando diseños de microchip completamente nuevos, con nanotubos haciendo de cables en las tres dimensiones, en lugar de los actuales diseños planos.

Hay memorias ya disponibles que usan nanotubos para almacenar información.

Los investigadores están explorando el uso de nanotubos como supercondensadores para almacenar electricidad para coches eléctricos y en nuevas baterías que puedan almacenar más energía y que duren más tiempo. Es muy probable que en un futuro las baterías de los teléfonos móviles o de ordenadores portátiles estén compuestas de nanotubos de carbono.

Los nanotubos también tienen futuro en la próxima generación de células solares, por ejemplo usándolos para sacar la energía eléctrica de la célula una vez generada.

Los nanotubos pueden tener otras moléculas pegadas a su superficie y hay grupos estudiando la utilización de nanotubos para la administración de medicamentos, por ejemplo para hacer tratamientos contra el cáncer mas específicos y menos tóxicos, o con marcadores fluorescentes para el diagnóstico médico.

El número de aplicaciones posibles es enorme, incluso si por el momento no existen muchos productos con nanotubos que podamos comprar, y los ya existentes son solo en equipamiento deportivo.

6.1 El nanotubo más largo del mundo

Científicos de la Universidad de California e investigando en Los Alamos National Laboratory en colaboración con otros científicos de la Universidad de Duke han logrado desarrollar el nanotubo de una sola capa mas largo del mundo midiendo este cuatro centímetros. Para el hecho los científicos utilizaron un proceso llamado “catalytic chemical vapor deposition” (deposición catalítica química de vapor), utilizando vapor de etanol (alcohol etílico).

Este tipo de nanotubos largos pueden ser utilizados para crear un sensor bioquímico en una parte del nanotubo, mientras que el resto del nanotubo puede servir como conductor para transmitir señales.

7. CONCLUSIONES

Hemos visto de una manera general y breve lo que es un nanotubo de carbono y los diversos métodos que se utilizan para su obtención, podemos decir también que no existe un método eficiente del cual se pueda obtener nanotubos en gran cantidad y pureza, esto para el uso industrial a gran escala, pero también se

puede mencionar la falta de pruebas de toxicidad, debido a esto existen pocos artículos de uso cotidiano que están compuestos de nanotubos, siendo estos demasiado caros, como por ejemplo; esta tecnología ya ha sido usada en algunas bicicletas en el tour de Francia, y se pueden comprar raquetas y palos de golf pero también con un costo demasiado elevado.

Entonces solo nos queda esperar a que las investigaciones avancen y de aquí a un futuro no muy lejano veremos como cosas que parecían ciencia ficción, gracias a esta tecnología pueden hacerse realidad, de hecho se propuso que un cable hecho a base de nanotubos de carbono sería suficientemente fuerte para realizar un ascensor espacial.

8. BIBLIOGRAFIA

- [1] <http://es.wikipedia.org/wiki/Nanotubo>
- [2] <http://www.portalciencia.net/nanotecnologia/nanotubos.html>
- [3] <http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/>
- [4] <http://www.razonypalabra.org.mx/N/n68/maubert.pdf>
- [5] <http://vega.org.uk/>
- [6] <http://terpconnect.umd.edu/~cumings/PDF%20Publications/16.MSE%20A334demczyk.pdf>