

¿El fin de la era del silicio? Nanotubos de carbón, el siguiente gran salto

Daniel Lewis Ray

Tomado de *Nanowerk Spotlight*, 14 de mayo de 2008. Traducción de Luis C.A. Gutiérrez Negrín

Si los grandes avances de la era industrial se pudieran ranquear en términos de su impacto sobre la vida moderna, con certeza sólo un puñado de ellos estarían en el tope, independientemente de a quién se le pregunte:

- *La máquina de combustión interna.* Dio lugar a una civilización en las que los individuos fueron capaces de viajar a gran escala en sus propios automóviles personales. También abrió nuevas avenidas para el comercio y el transporte.
- *La fundición moderna.* Permitió la construcción barata y eficiente de virtualmente todos los grandes edificios, puentes, automóviles, vías férreas y armas del siglo veinte.
- *La generación y distribución de electricidad.* La electricidad está tan profundamente enraizada en la vida moderna que imaginar un mundo sin ella es simplemente imposible para mucha gente, pese a que tal mundo existió hace apenas un siglo.
- *La televisión.* Dio lugar a la primera, confiable y casi instantánea forma de comunicación masiva en la historia de la humanidad.
- *La Internet.* Puso al alcance de las manos del mundo virtualmente todo tipo de información, y creó un foro completamente nuevo para la interacción humana, los negocios, el comercio, el entretenimiento y las noticias.
- *El circuito integrado de silicio.* Aunque tal vez no estén conscientes de ello, la mayoría de la gente usa varios circuitos integrados todos los días, y a menudo muchos a la vez. Teléfonos celulares, computadoras, televisores modernos, reproductores de CD, carros y cafeteras: todos emplean circuitos integrados de silicio. Y si no fuera por este avance, pocos de esos aparatos podrían funcionar eficientemente, tener una disponibilidad tan amplia o haber afectado nuestras vidas tan profundamente.

Jack Kilby creó el primer circuito integrado para la Texas Instruments en 1958, como una forma de resolver el problema de miniaturizar la electrónica mientras se amplían sus aplicaciones.

En un principio, los circuitos eléctricos eran básicamente arreglos armados a mano de muchos materiales semiconductores como alambres de cobre, capacitores e inductores. Kilby decidió simplificar esto tomando un solo trozo de silicio y grabando un circuito directamente en él, en una sola y sencilla operación. El metal necesario para conectar los componentes del circuito podría agregarse después como una capa superior a esta oblea de silicio o chip.

Utilizando la oblea de silicio como la columna vertebral de su circuito, Kilby se las arregló para resolver dos problemas principales que enfrentaban las computadoras al mismo tiempo: podrían ser más poderosas (pequeñas) y ser producidas en masa (más baratas).

Pero hoy, medio siglo después de este gran salto adelante, la tecnología de los circuitos integrados de silicio parece no ser ya capaz de mantener el ritmo de la demanda industrial y doméstica por computadoras más poderosas y más versátiles.

“Estamos al final de la era del silicio,” dice Steven George, profesor de Química y Bioquímica de la Universidad de Colorado, en Boulder. “La tecnología está muy cerca de sus límites racionales.”

Esencialmente, al punto en que nos llevado la tecnología de la oblea de silicio, hay limitaciones físicas sobre qué tan pequeños pueden ser los componentes de los circuitos de silicio antes de que dejen de funcionar.

Debido a las propiedades químicas del silicio como semiconductor, su capacidad de conducir eficientemente una corriente eléctrica se pierde a unos cuantos nanómetros.

Esto es lo que explica por qué la nanotecnología, y específicamente los nanotubos de carbono, están siendo fuertemente considerados como lo que podría ser el próximo gran avance en la tecnología de circuitos.

¿La era de los nanotubos?

Aunque el silicio tiene numerosas propiedades que lo convierten en un conductor casi ideal de electricidad bajo ciertas condiciones, carece de una característica crucial, lo cual puede convertir al carbono como el material del futuro: la capacidad de formar arreglos tubulares complejos a una escala de unos cuantos nanómetros.

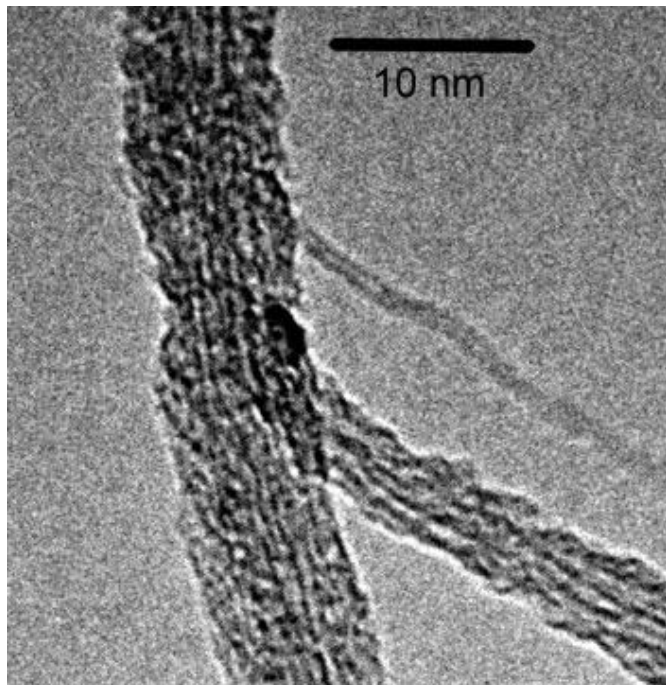


Fig. 1. Un nanotubo de carbono de una sola pared tiene unos cuantos nanómetros de diámetro. (Imagen: Laboratorio Paul Rice en el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Colorado-Boulder.)

Un par de físicos rusos fueron los primeros en descubrir los nanotubos en 1952. Pero se le dio poca atención a su descubrimiento porque fue publicado en ruso y en lo más álgido de la Guerra Fría. No fue sino hasta 1991 cuando estas estructuras únicas atrajeron una amplia atención en el mundo científico, al ser fotografiadas por Sumio Iijima, del NEC Lab, con un microscopio de transmisión electrónica de alta resolución.

Lo que generó toda esa atención fueron precisamente las específicas propiedades eléctricas y físicas de estos materiales, combinadas con su tamaño diminuto: su diámetro varía de cerca de un nanómetro (teóricamente el diámetro más pequeño de un nanotubo es de 0.4 nm) a 70 nanómetros, pero su longitud puede ser varios miles de veces mayor.

Los nanotubos de carbono tal vez pueden ser visualizados mejor como un arreglo hexagonal, en forma de celdas de panel, de átomos de carbono. Cada uno de estos átomos está ligado a otros tres átomos de carbono, pero sólo en dos dimensiones. No obstante, si esta estructura bidimensional puede ser enrollada

en un tubo hueco, como una hoja de papel que se enrolla para formar un cilindro, esta sería la estructura tridimensional básica de un nanotubo de carbono. Los enlaces que mantienen unidos a los nanotubos son más

fuertes que los del diamante, convirtiendo al nanotubo en un material efectivamente más fuerte que el diamante.

Sin embargo, su resistencia excepcional es sólo una de las muchas propiedades únicas que ofrecen los nanotubos.

La forma física de los nanotubos influye significativamente en su capacidad teórica para conducir una corriente eléctrica. Si los átomos de carbono se mantuvieran simplemente en su arreglo bidimensional, los electrones se moverían en todas direcciones. Pero cuando este arreglo se enrolla en una forma tubular, el confinamiento cuántico sólo les permite a los electrones moverse a lo largo del tubo pero no a su derredor.

Debido a ello, algunos tipos de nanotubos, dependiendo de su diámetro, en teoría pueden conducir cargas unas mil veces mayores que los materiales conductores comunes como el cobre o la plata.

Así, si se vencen ciertos retos tecnológicos, los nanotubos de carbono podrían terminar siendo la base de los circuitos electrónicos integrados del futuro. Podrían dar lugar a microchips mucho menores que los que se producen en la actualidad, y podrían funcionar potencialmente con una eficiencia varias veces mayor.

Sin embargo, aún se desconoce mucho acerca de los nanotubos. Investigadores en todo el mundo se apresuran a cuantificar sus propiedades y a encontrar nuevos usos prácticos antes de que otros lo hagan.

¿Qué sabemos sobre los nanotubos?

“Hay mucha gente interesada en los nanotubos”, dice Joseph Brown, estudiante de doctorado en el Departamento de Ingeniería Mecánica en CU. Él investiga actualmente las diferentes propiedades de los nanotubos y de otras nanoestructuras en el laboratorio del Profesor Victor Bright.

“Hay una gran cantidad de propiedades eléctricas y mecánicas que están muy lejos de ser realmente comprendidas,” dice.

De acuerdo con Brown, hay muchas pruebas que aún no se aplican a los nanotubos, y buena cantidad de datos que todavía debe recuperarse. Su trabajo se ha enfocado sobre pruebas eléctricas y de resistencia de esos materiales.

Una de esas pruebas que aún se ha hecho, pero que interesa sobremanera a Brown, es ver qué pasa cuando dos nanotubos se deslizan entre sí.

“En teoría, podríamos ver muchas cosas diferentes”, dice. “Pero apenas estamos empezando a entender hacia dónde podemos encaminarnos con este nivel de control.”

En 2004 Brown fue uno de los cofundadores de NanoComp Technologies, Inc., compañía que ha centrado sus investigaciones en la fabricación eficiente de nanotubos de carbono. A principios de 2008 la compañía

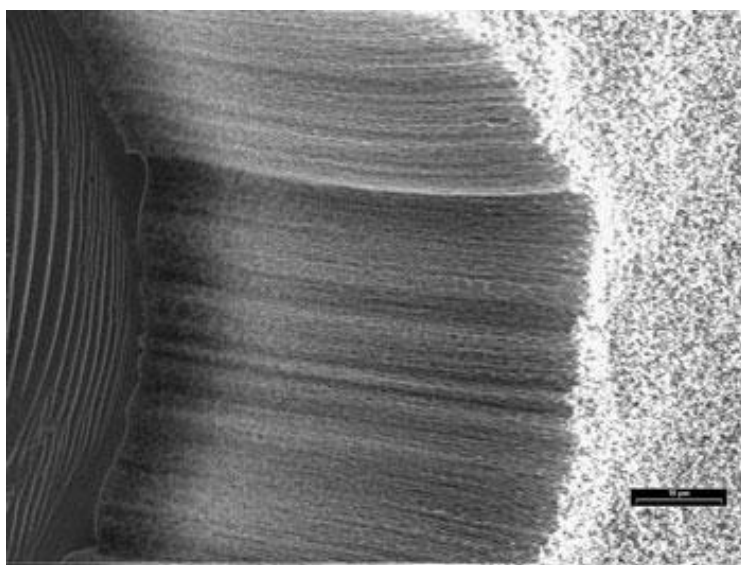


Fig. 2. Miles de nanotubos de carbono crecen como césped a una escala de algunas micras. (Imagen: Laboratorio Paul Rice en el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Colorado-Boulder.)

anunció la fabricación exitosa de la hoja más grande del mundo de material de nanotubos de carbono, con una superficie de 3 por 6 pies.

Utilizando procesos industriales, la compañía se las ha arreglado para crear nanotubos de más o menos un milímetro a la vez. Este es un gran avance sobre técnicas previas que sólo podían producir nanotubos con una longitud de una micra.

“Esta es una tecnología que permite el trabajo científico,” dijo Brown. “Los nanotubos son un enorme campo para la creatividad.”

Nanotubos para el mercado

“Nuestro proyecto principal es hallar cómo hacer que los nanotubos sean más útiles”, dice Steven George. Él también trabaja con nanotubos de carbono, pero su investigación se enfoca en técnicas para volverlos más directamente aplicables a las necesidades industriales o domésticas.

De acuerdo con George, aunque los nanotubos de carbono presentan muchas propiedades cuánticas interesantes, son también no reactivos para ciertos productos o aplicaciones.

“Los nanotubos de carbono son muy inertes de por sí”, dice. “Simplemente son increíblemente no reactivos”.

Una parte central del trabajo de George se relaciona con un proceso conocido como Depósito Atómico en Capas (ALD: Atomic Layer Deposition). Esencialmente se trata de un proceso de fabricación que es capaz de depositar uniformemente una capa perfecta de un solo átomo o molécula de material sobre casi cualquier cosa, incluyendo nanotubos.

“Estamos tratando de recubrir nanotubos de carbón, de tal modo que los podamos colocar en polímeros”, dijo. “Si los pones en un polímero, los vuelves más fuertes y más conductores de electrones y de calor.”

La idea de George es recubrir nanotubos de carbono con un material o con una serie de diferentes materiales. Puesto que estos recubrimientos de ALD son tan pequeños –de solo una molécula de espesor--, y tan uniformes, se podrían agregar varios recubrimientos capa tras capa, dándole a los nanotubos virtualmente cualquier propiedad que se pueda imaginar.

“Podemos depositar cientos o incluso miles de capas”, dice. “Es como si sólo el cielo fuera el límite”.

Uno de los materiales más útiles en ALD es el óxido de aluminio. Debido a su química única, tiende a recubrir muy bien, dijo George. Después de esta capa, puede agregarse tungsteno –material utilizado en la mayoría de los filamentos de lámparas luminosas por su punto de fusión extremadamente alto— para añadirle a los nanotubos propiedades aun más deseables.

“El proceso ha tenido éxito hasta la fecha”, dijo George. “La mayoría de la gente está trabajando con un solo nanotubo. Pero aquí trabajamos con cantidades medibles en gramos.”

“No conozco a nadie más trabajando con estas grandes cantidades ni en compuestos de polímeros”, dijo.

¿El próximo gran salto?

Durante toda una década, investigadores y profesionales de la industria han estado advirtiendo el silicio se venía acercando rápidamente a sus límites. Según algunos, ya se han alcanzado esos límites.

La era del circuito de microchip integrado, fabricado de silicio, puede estar acercándose a su fin. ¿Hay alguna tecnología lista para llenar el vacío? ¿Hay alguna tecnología que pueda fabricar circuitos más pequeños o más poderosos?

La respuesta muy bien puede ser “sí”.

Probablemente ya llegamos a la era del circuito de nanochip integrado, compuesto de nanotubos de carbono.