

El Grafeno:

El Próximo Material Maravilloso?

Por Michael Tinneland



Hay un nuevo material maravilloso que puede cambiar nuestro futuro. Imagine una taza de café que transmite los titulares del día en tiempo real. O una olla que puede detectar la presencia de bacterias *E. coli* que podrían enfermarte. O una pantalla de televisión que es tan flexible y fina como un pedazo de papel. Todas estas aplicaciones podrían ser una realidad si el material maravilloso, llamado grafeno, llega a alcanzar su éxito.

Alambre de pollo hecho de carbono

El grafeno apareció en el mundo de la química en el año 2004 cuando los científicos descubrieron que tenía notables propiedades: conducía electricidad mejor que cualquier otra sustancia común, era el material conocido más fino—sólo un átomo de grosor— y era más fuerte que el acero!

Después de todo, el carbono es uno de los elementos más comunes y más familiar de los elementos químicos conocidos, de manera que los científicos se sorprendieron al encontrar que esta nueva forma de carbono tenía propiedades tan sorprendentes.

Carbono viene en muchas formas cristalinas, llamadas alótopos, los más conocidos son el diamante y el grafito. Los alótopos son formas diferentes del mismo elemento con arreglos de enlace distintos entre átomos, resultando en estructuras que tienen propiedades químicas y físicas diferentes. La manera en que se conectan los átomos en materiales sólidos tiene un gran impacto en sus propiedades generales.

Un diamante y un trozo de carbono son tan diferentes que nunca diría que ambos están hechos del mismo elemento—el carbono. Un diamante es un mineral duro y transparente que es expulsado a la superficie desde el profundo interior de la Tierra a través de erupciones volcánicas, mientras que el grafito es un material ligero y negro extraído de carbón.

En el diamante, cada átomo de carbono está conectado a otros cuatro átomos de carbono. Este es un arreglo muy fuerte que hace el diamante uno de los materiales más fuertes conocidos. En grafito, cada átomo está enlazado a otros tres en capas de formas hexagonales (seis caras) que se parecen al alambre de pollo (Fig. 2, p. 3). Los enlaces en las hojas hexagonales son fuertes, pero cada capa está débilmente atraída a la próxima, lo que permite que las capas se deslicen la una de la otra.



La cinta adhesiva puede ser usada para pelar el grafito pulverizado, dejando una sola capa de grafeno.

En 2004, Andre Geim y Konstantin Novoselov, dos químicos de la Universidad de Manchester, Reino Unido, utilizaron esta propiedad para producir muestras de grafeno y para descubrir sus notables propiedades. Usaron cinta adhesiva para separar las capas de carbono en el grafito. Para tener una idea de cómo funcionaba su técnica, hay que pensar en cinta adhesiva puesta sobre un trozo de

grafito y después quitarla, dejando la superficie adhesiva cubierta de hojuelas de grafito. Luego, presione la cinta adhesiva a sí mismo y sepárela. Repita, y después de unas cuantas rondas de esto, algunas hojuelas en la cinta serán una capa de sólo un átomo de espesor— el grafeno puro.

Las muestras iniciales de grafeno eran muy pequeñas— sólo un par de milímetros cuadrados en tamaño cada una— pero lo suficientemente grande para probar. Porque grafeno sólo es un átomo de espesor, se considera un material de dos dimensiones, el primer ejemplo de tal cosa en el mundo real. A pesar de ser el material más delgado conocido que existe, también es el material más fuerte jamás probado— 100 veces más fuerte que el acero.

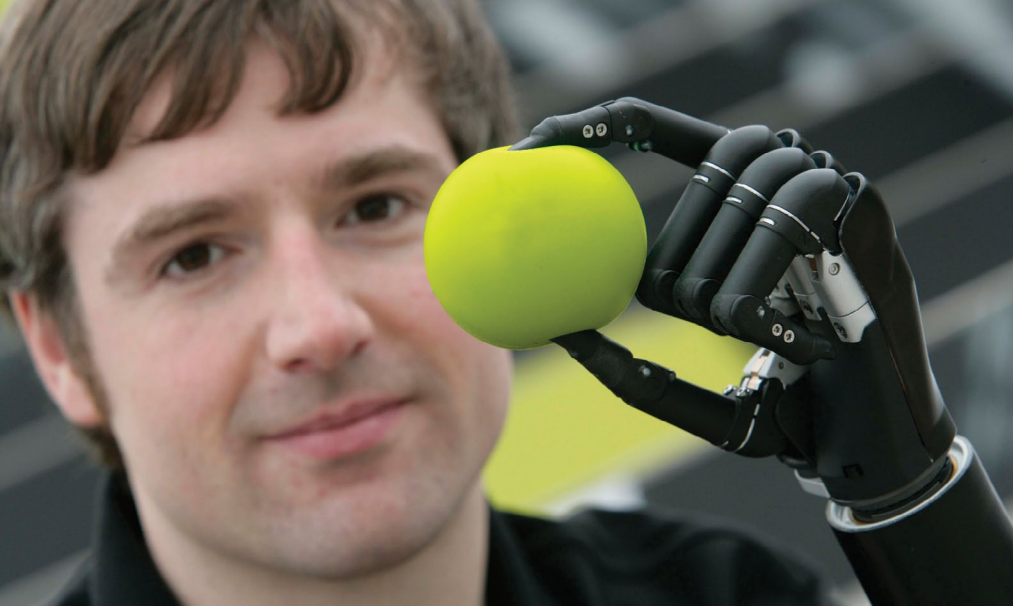
Aun más asombroso: los electrones no se dispersan tanto cuando se mueven como hacen en otros materiales, tal como el silicio. Esto llevó a los investigadores a hacer transistores basados en grafeno que son dos veces más rápidos que los transistores tradicionales de silicio, los cuales podrían hacer que las computadoras funcionen mucho más rápido.

Paneles solares flexibles

El grafeno ha despertado el interés de los ingenieros

Los paneles solares sobre estas mochilas puede cargar su teléfono móvil o iPod. En el futuro, los paneles solares flexibles podrán cargar tu laptop.





TOUCH BIONICS

que intentan hacer nuevos, ligeros, y flexibles paneles solares que se podrían utilizar para cubrir la superficie exterior de un edificio, además del techo que ya se ha utilizado.

El grafeno casi es transparente a la luz—no sólo a la luz visible sino también a otras formas de radiación electromagnética, como la luz ultravioleta e infrarroja. El grafeno absorbe sólo el 2% de la luz que cae sobre el, no importa si es luz ultravioleta, infrarroja, o todas las otras longitudes de onda. Combine esto con la capacidad del grafeno para conducir la electricidad, y ya tienes unos conductores eléctricos muy eficientes que son transparentes, delgados, flexibles, y baratos.

Este nuevo tipo de panel solar está actualmente en desarrollo y consta de celdas fotovoltaicas orgánicas intercaladas entre hojas de grafeno (Fig. 1). Una célula fotovoltaica es un pequeño dispositivo que convierte la energía del sol en electricidad.

Cuando una celda fotovoltaica es intercalada entre dos hojas de grafeno, la luz atraviesa las hojas de grafeno y choca contra la celda fotovoltaica. Como resultado, la celda fotovoltaica genera electricidad, la cual es llevada por las hojas de grafeno.

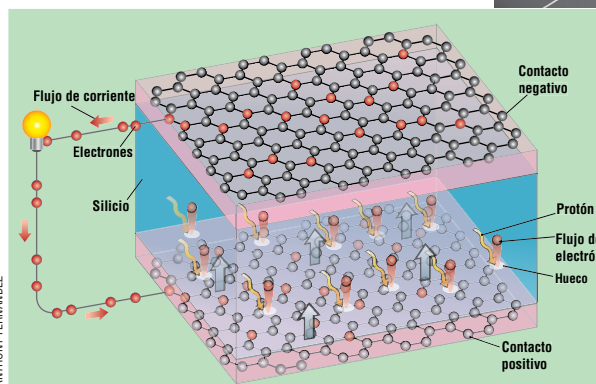
Estos paneles solares ligeros y flexibles podrían ser moldeados para encajar un cuerpo de automóvil o ser envueltos alrededor de muebles o ropa. Cuando son añadidos a cualquier superficie, podrían recoger la luz y producir la electricidad.

Teléfonos celulares plegables

Hasta hace poco, la mayoría de los aparatos electrónicos fueron controlados al presionar

los botones, escribiendo en un teclado, o utilizando un ratón. Hoy en día, la mayoría de los teléfonos celulares y computadoras tipo tableta tienen pantallas táctiles que permiten al usuario realizar selecciones tocando los iconos o letras directamente en la pantalla.

La idea básica de cómo la mayoría de estos aparatos funcionan es simple. Una capa que almacena carga eléctrica se coloca en el panel de vidrio de la pantalla. Cuando un usuario entra en contacto con la pantalla con su dedo, o con un lápiz óptico, una parte de la carga electrónica se transfiere al usuario, así que la carga electrónica sobre la capa disminuye. Esta disminución se mide mediante sensores ubicados en cada esquina de la pantalla, y esta información se transmite a un procesador en el interior del aparato, que determina qué tipo de acción hay que tomar.



ANTHONY FERNANDEZ

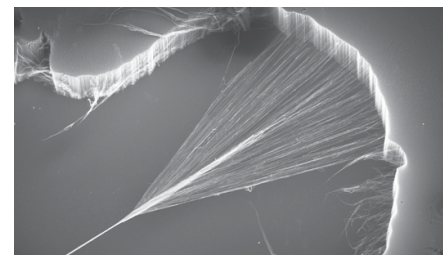
Figura 1. Una representación esquemática de un nuevo tipo de celda solar que consta de una celda fotovoltaica intercalada entre dos hojas de grafeno. Cuando la luz atraviesa el grafeno y es absorbida por el silicio, los fotones que componen la luz excitan los electrones en el silicio, los cuales migran hacia la del grafeno al contacto negativo y se mueven por la estructura de grafeno hacia un circuito externo que produce electricidad.

Todo esto es posible porque estos aparatos utilizan pantallas que tienen los recubrimientos delgados y transparentes que son conductores y puede mantener una carga. La mayoría de los aparatos portátiles hoy en día tienen las pantallas que están recubiertas con una capa conductora hecha de óxido de estaño indio. Pero este material es frágil, por lo que se coloca bajo vidrio para protegerlo y apoyarlo. Esto crea pantallas gruesas e inflexibles.

Las pantallas táctiles hechas con grafeno como su elemento conductor podrían imprimirse en plástico delgado en lugar de vidrio, para que sean ligeras y flexibles, que podría hacer teléfonos celulares suficientemente delgados como una hoja de papel y suficientemente plegable para deslizarse en un bolsillo. También, debido a la fuerza increíble de grafeno, estos teléfonos celulares serían casi irrompibles. Los científicos esperan que este tipo de pantalla táctil sea el primer producto de grafeno que aparece en el mercado.

Aparatos biónicos

Porque el grafeno es delgado y flexible, se podría integrar en los aparatos “biónicos” que se implanten en el tejido vivo. El término “biónico” —una mezcla de “biología” y



MEI ZHANG, UNIVERSITY OF TEXAS AT DALLAS

Fibras de nano escala sacadas de nanotubos de carbono con paredes múltiples tienen fortalezas comparables a la seda de araña. Cuando ellos se estiran, aumentan a lo ancho (en vez de hacerla más delgados), por lo que podrían ser utilizados para hacer músculos artificiales en el futuro.

“electrónico” — se refiere a los aparatos que ayudan o mejoran un órgano o tejido, como corazones artificiales o los implantes cocleares, que ayudan a las personas con pérdida de audición.

El grafeno es resistente a las soluciones iónicas saladas dentro del tejido vivo, por lo que los aparatos biónicos de grafeno podrían tener una larga vida útil, quizás durar toda la vida. Esto en contraste con las partes metáli-

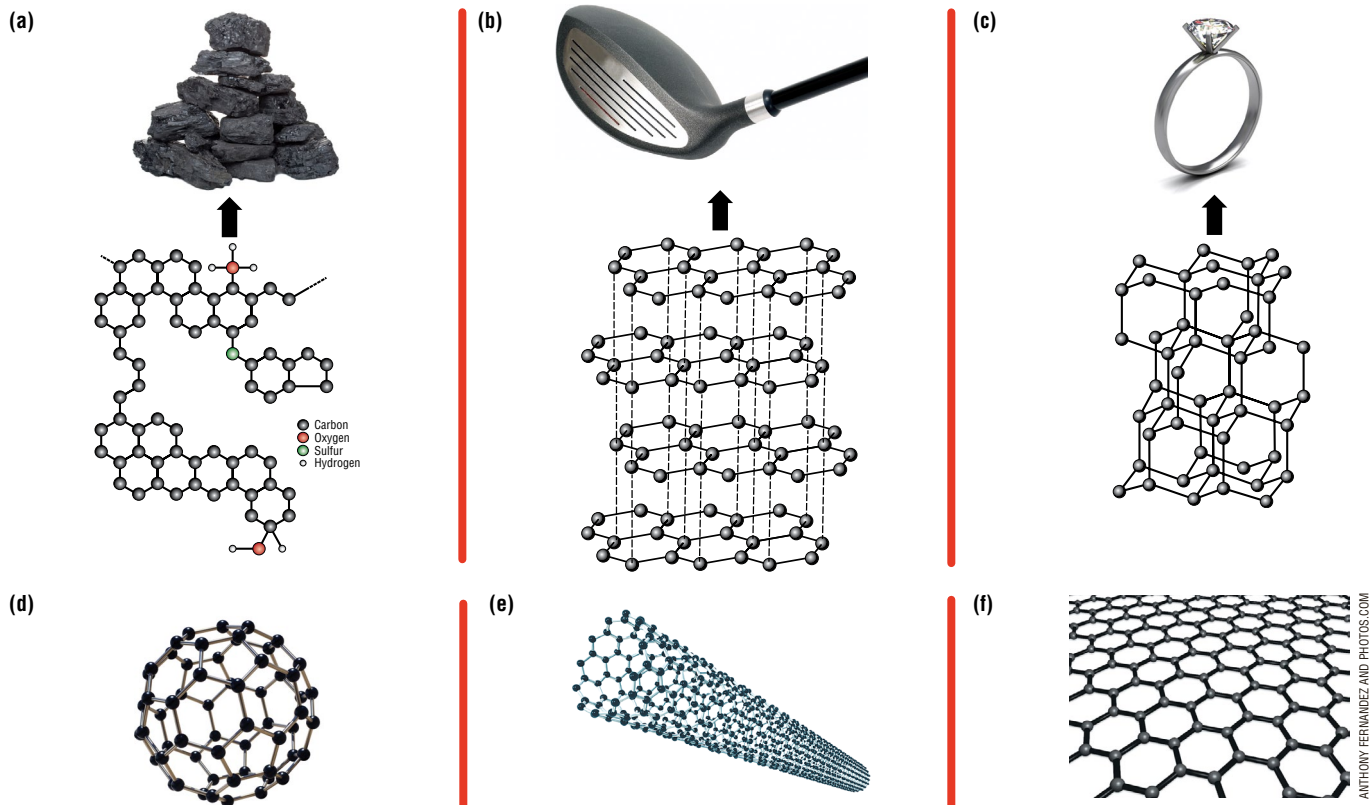


Figura 2. Las estructuras atómicas de seis formas comunes de carbono: (a) carbón, (b) grafito, (c) diamante; (d) fullereno (buckyball); (e) nanotubo; y (f) grafeno. Las fotos de trozos de carbón, un palo de golf hecho con grafito, y un anillo de diamantes son ejemplos de los productos hechos con las primeras tres formas de carbono. Los productos hechos con los fullerenos (buckyballs), los nanotubos, y el grafeno aún están en desarrollo.

cas que se pueden corroer después de unos años, posiblemente liberando metales tóxicos en el cuerpo.

También, porque grafeno conduce las señales eléctricas, puede conectarse con las neuronas, que también envían señales eléctricas débiles de célula a célula. Estas señales eléctricas se crean cuando una neurona bombea iones — principalmente los iones de sodio (Na^+) e iones de potasio (K^+) — en o fuera de la célula, causando una diferencia de potencial eléctrico dentro y afuera de la célula.

Por ejemplo, imagine poner transistores hechos de grafeno a lo largo de una médula espinal dañada. Tales transistores podrían detectar impulsos nerviosos en la sección dañada de la médula espinal y conducirlos a pasar el área dañada de los nervios en los músculos. Esto podría permitir que las personas recuperen el uso de sus brazos o piernas después de una lesión de la médula espinal.

Este tipo de tecnología podría utilizarse para controlar una pierna o un brazo artificial mecánico. En extremidades mecánicas, se utilizan pequeños motores en lugar de los músculos para crear movimiento. El aparato biónico de grafeno podría transmitir señales eléctricas a los motores pequeños en una extremidad artificial, los cuales la haría moverse.

¿Disponible pronto?

Puedes haber notado que las palabras “es posible” y “podría” se usaron muchas veces en este artículo. Es porque todavía hay un largo camino por recorrer antes de que cualquiera de estas aplicaciones se haga realidad.

Uno de los obstáculos que hay que superar es cómo hacer las hojas de grafeno lo suficientemente grande y lo suficientemente puro (que solo contengan carbono) para ser útiles. Cualquier átomo que no sea de carbono puede perturbar el patrón hexagonal perfecto de grafeno. Muchas de las muestras producidas para las investigaciones son sólo unos pocos milímetros cuadrados en tamaño, pero hojas de hasta 76 centímetros de diámetro han sido reportadas, y avances parecen surgir cada mes.

La clave es que la capa debe ser de solo un átomo de espesor y que tengan todos sus átomos formados en anillos perfectos de seis caras. Esto es muy difícil de controlar cuando se producen cristales puros. Un método que se usa comúnmente, llamado deposición química de vapor, consiste en hacer pasar el gas de metano (CH_4) a través de una lámina de cobre. A altas temperaturas (800°C — 1000°C), el metano deposita su carbono—idealmente en laminas hexagonales

perfectas—y el hidrógeno es liberado.

En otro método, el grafito se disuelve en un disolvente y luego se rocía en capas delgadas usando impresoras de inyección de tinta. El disolvente se evapora y se queda el grafeno.

Pero todavía ninguno de estos métodos ha sido perfeccionado. ¡La carrera ya está en quien será el primero en demostrar si este material maravilloso puede llegar a la altura de su potencial! *CM*

REFERENCIAS SELECCIONADAS

Brody, H. “Graphene,” *Nature Outlook*, Supplement to *Nature*, March 15, 2012, 483 (7389), March 15, 2012, Supplement pp S29–S44: <http://www.nature.com/nature/outlook/graphene/> [accedido agosto 2012].

Geim, A. K.; Kim, P. Carbon Wonderland, *Scientific American*, April 2008, 299, pp 90–97: <http://www.nature.com/scientificamerican/journal/v298/n4/pdf/scientificamerican0408-90.pdf> [accedido agosto 2012].

Michael Tinneland es un escritor de ciencia y un consultor en educación quien vive en Portland, Oregón. Su artículo de *ChemMatters* más reciente, “A Super Vision for Airport Security,” apareció en la edición de febrero 2012.



Mira el video podcast del grafeno en: www.acs.org/chemmatters