<http://www.condmat.physics.manchester.ac.uk/pdf/mesoscopic/news/graphene/SciAm_2008.pdf>

<https://www.youtube.com/watch?v=v4cKDzTyOek>



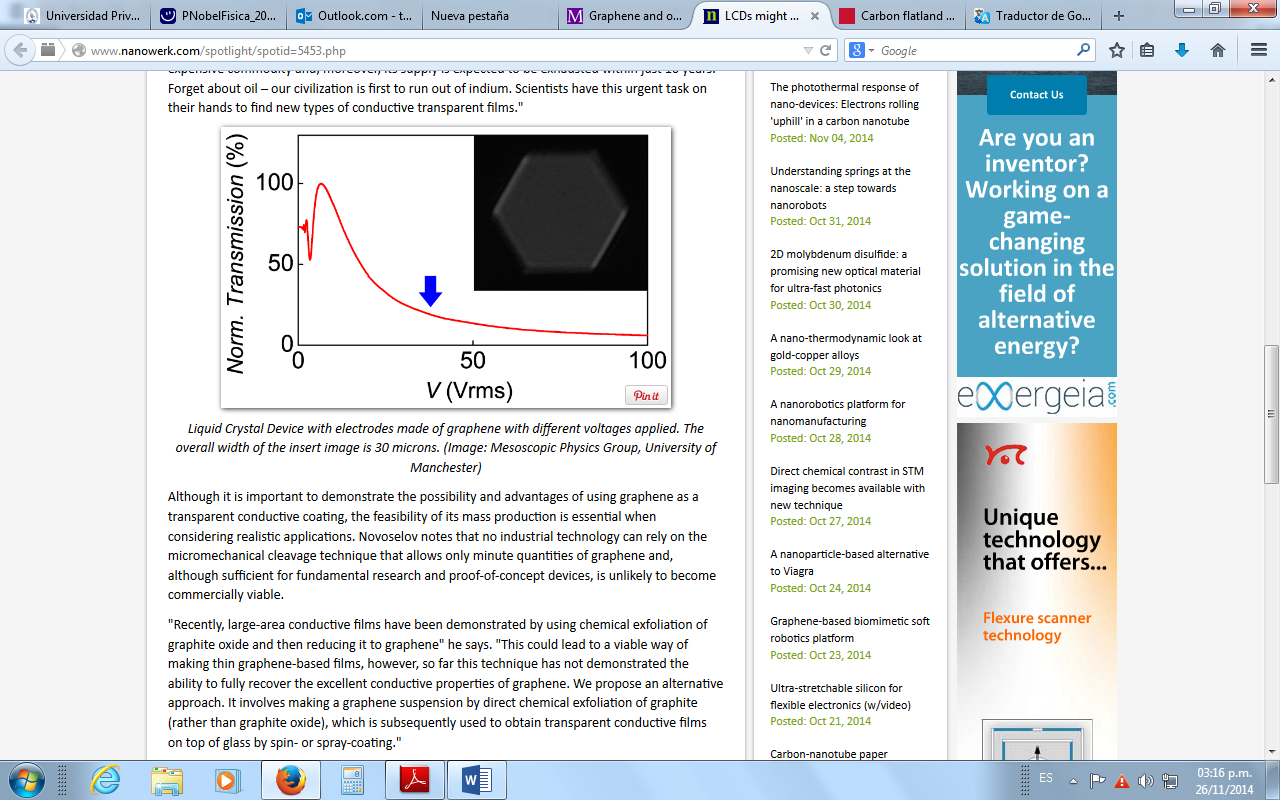




|  |
| --- |
| **LCDs might be graphene's first realistic commercial application** |
| (*Nanowerk Spotlight*) Following up on yesterday's Spotlight about graphene quantum dots, today we look at what might be the first realistic application of this revolutionary material. Back in December we reported on the development of transparent and conductive graphene-based composites for use as window electrodes in solid-state dye sensitized solar cells (["Ultrathin transparent graphene films as alternative to metal oxide electrodes"](http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=3722.php)). While the researchers who conducted this work produced graphene by chemical oxidation of graphite, a multi-step process, new results from the University of Manchester group that discovered graphene in 2004 show a simpler route to producing graphene films that cannot only be used for solar cells but might be well suited for liquid crystal displays. |
| "There are already several technologies that potentially allow mass production of thin graphene-based transparent conductors – besides the chemical exfoliation of graphite described in our most recent work, one can also think of epitaxial growth of graphene on top of a metal surface, followed by a transfer of such a layer onto a transparent substrate" Dr. Kostya Novoselov explains to Nanowerk. "These techniques are capable of producing continuous graphene films of thickness below five monolayers, which is required for realistic applications." |
| Novoselov, The Royal Society Research Fellow, and a member of the Mesoscopic Physics Group at the University of Manchester, is one of the original team, led by Professor Andre Geim, that discovered graphene in 2004. In a recent article in Nano Letters (["Graphene-Based Liquid Crystal Device"](http://dx.doi.org/doi:10.1021/nl080649i)) the University of Manchester scientists, together with collaborators from the Institute for Microelectronics Technology in Chernogolovka, Russia, demonstrate the use of graphene as a transparent conductive coating for photonic devices and show that its high transparency and low resistivity make this two-dimensional crystal ideally suitable for electrodes in liquid crystal devices. |
| "Graphene is only one atom thick, optically transparent, chemically inert, and an excellent conductor," says Novoselov. "These properties seem to make this material an excellent candidate for applications in various electro-optical devices that require conducting but transparent thin films. We believe graphene should improve the durability and simplify the technology of potential electronic devices that interact with light." |
| Geim points out that transparent conducting films are an essential part of many gadgets including common LCD displays for computers, TVs and mobile phones. "The technology behind these devices uses thin metal-oxide films based on indium. But indium is becoming an increasingly expensive commodity and, moreover, its supply is expected to be exhausted within just 10 years. Forget about oil – our civilization is first to run out of indium. Scientists have this urgent task on their hands to find new types of conductive transparent films." |
| LCD with electrodes made of graphene |
| *Liquid Crystal Device with electrodes made of graphene with different voltages applied. The overall width of the insert image is 30 microns. (Image: Mesoscopic Physics Group, University of Manchester)* |
| Although it is important to demonstrate the possibility and advantages of using graphene as a transparent conductive coating, the feasibility of its mass production is essential when considering realistic applications. Novoselov notes that no industrial technology can rely on the micromechanical cleavage technique that allows only minute quantities of graphene and, although sufficient for fundamental research and proof-of-concept devices, is unlikely to become commercially viable. |
| "Recently, large-area conductive films have been demonstrated by using chemical exfoliation of graphite oxide and then reducing it to graphene" he says. "This could lead to a viable way of making thin graphene-based films, however, so far this technique has not demonstrated the ability to fully recover the excellent conductive properties of graphene. We propose an alternative approach. It involves making a graphene suspension by direct chemical exfoliation of graphite (rather than graphite oxide), which is subsequently used to obtain transparent conductive films on top of glass by spin- or spray-coating." |
| The Manchester research team has now demonstrated highly-transparent and highly-conductive ultra-thin films that can be produced cheaply by this technique – basically "dissolving" graphite chunks into graphene and then spraying the suspension onto a glass surface. These resulting graphene-based films can be used in LCDs and, to prove the concept, the researchers demonstrate the first liquid crystal devices with graphene electrodes (see figure above). |
| Novoselov believes that only a few small, incremental steps remain for this technology to reach mass production stage. "Graphene-based LCD products can appear in shops as soon as in a few years," he says. |
| *By* [*Michael Berger*](http://www.nanowerk.com/Michael_Berger.php)*. Copyright Nanowerk LLC* |

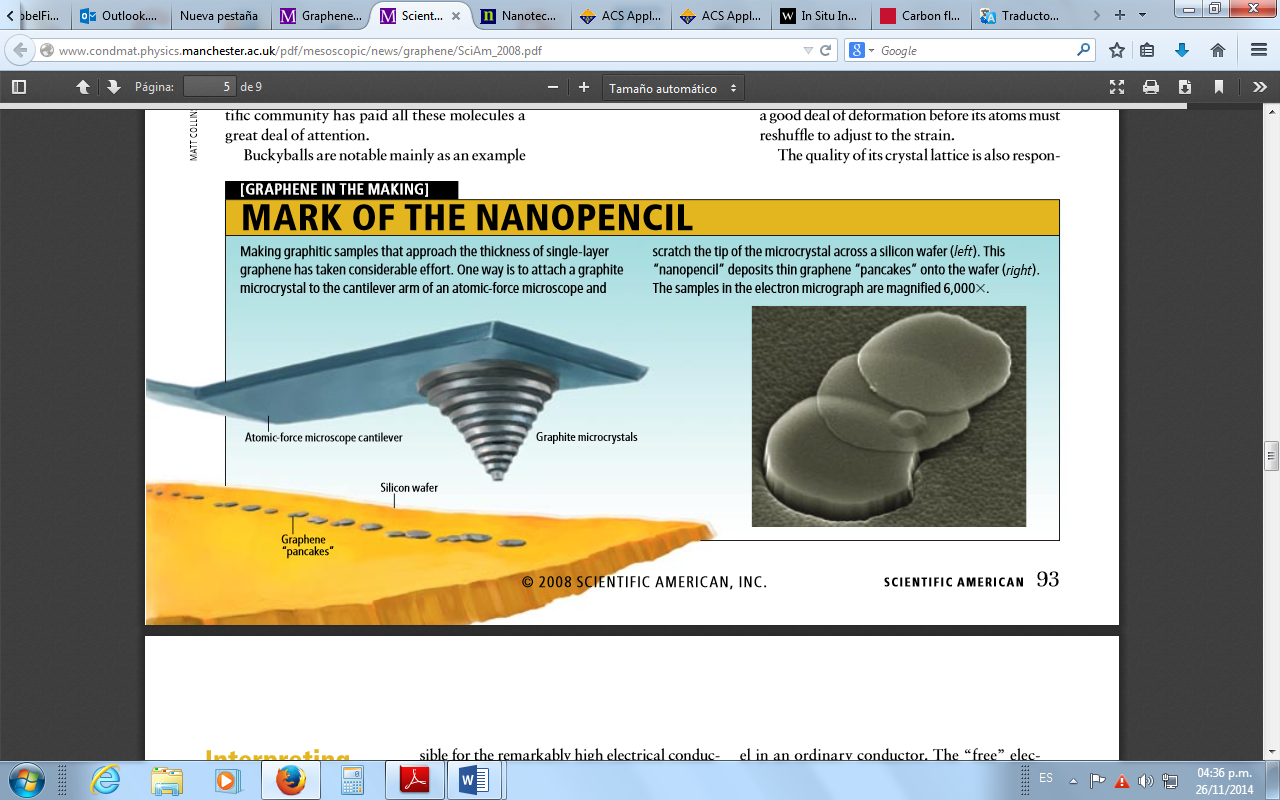
Read more: [LCDs might be graphene's first realistic commercial application](http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=5453.php#ixzz3KCuJ1AB5)

LCDs pueden ser primera aplicación comercial realista de grafeno  
(Nanowerk Spotlight) El seguimiento de Spotlight de ayer acerca de los puntos cuánticos de grafeno, hoy nos fijamos en lo que podría ser la primera aplicación real de este material revolucionario. Ya en diciembre se informó sobre el desarrollo de materiales compuestos basados en el grafeno transparentes y conductoras para su uso como electrodos de ventanas en las células solares de colorante sensibilizado de estado sólido ("ultrafinos películas de grafeno transparente como alternativa a los electrodos de óxido de metal"). Mientras que los investigadores que realizaron este trabajo producidos grafeno por oxidación química de grafito, un proceso de varios pasos, nuevos resultados del grupo de la Universidad de Manchester que descubrió el grafeno en 2004 muestran una ruta más fácil de producir películas de grafeno que no sólo pueden ser utilizados para las células solares pero podría ser muy adecuado para pantallas de cristal líquido.  
"Ya hay varias tecnologías que potencialmente permiten la producción en masa de conductores transparentes basados en el grafeno finas - además de la exfoliación química del grafito se describe en nuestro trabajo más reciente, también se puede pensar en el crecimiento epitaxial de grafeno sobre una superficie de metal, seguido por una transferencia de dicha capa sobre un sustrato transparente "Dr. Kostya Novoselov explica a Nanowerk. "Estas técnicas son capaces de producir películas de grafeno continuas de espesor inferior a cinco monocapas, que se requiere para aplicaciones realistas."  
Novoselov, The Royal Society Research Fellow, y miembro del Grupo de Física Mesoscópica en la Universidad de Manchester, es uno de los equipo original, dirigido por el profesor Andre Geim, que descubrió el grafeno en 2004. En un reciente artículo en la revista Nano Letters ("el grafeno basado en cristal líquido del dispositivo ") de la Universidad de Manchester científicos, junto con colaboradores del Instituto de Tecnología Microelectrónica en Chernogolovka, Rusia, demostrar el uso del grafeno como un revestimiento conductor transparente para los dispositivos fotónicos y demostrar que su alta transparencia y baja resistividad hacer este cristal bidimensional idealmente adecuado para electrodos en dispositivos de cristal líquido.

El grafeno es sólo un átomo de grosor, ópticamente transparente, químicamente inerte, y un excelente conductor", dice Novoselov. "Estas propiedades parecen hacer este material un excelente candidato para aplicaciones en diversos dispositivos electro-ópticos que requieren la realización de películas delgadas, pero transparentes. Creemos grafeno debería mejorar la durabilidad y simplificar la tecnología de los dispositivos electrónicos potenciales que interactúan con la luz."  
Geim señala que las películas conductoras transparentes son una parte esencial de muchos gadgets, incluyendo pantallas LCD comunes para computadoras, televisores y teléfonos móviles. "La tecnología detrás de estos dispositivos utiliza películas delgadas de óxido de metal a base de indio Pero indio está convirtiendo en un bien cada vez más caro y, por otra parte, se espera que su suministro a agotarse dentro de tan sólo 10 años Olvídate de aceite -.. Nuestra civilización es el primero en ejecutar de indio. los científicos tienen la tarea urgente en sus manos para encontrar nuevos tipos de películas transparentes conductoras ".  
  


Dispositivo de cristal liquido con electrodos de grafeno con diferentes voltajes aplicados. La anchura total de la imagen de inserción es de 30 micras. (Imagen: Mesoscópica Grupo de Física de la Universidad de Manchester)

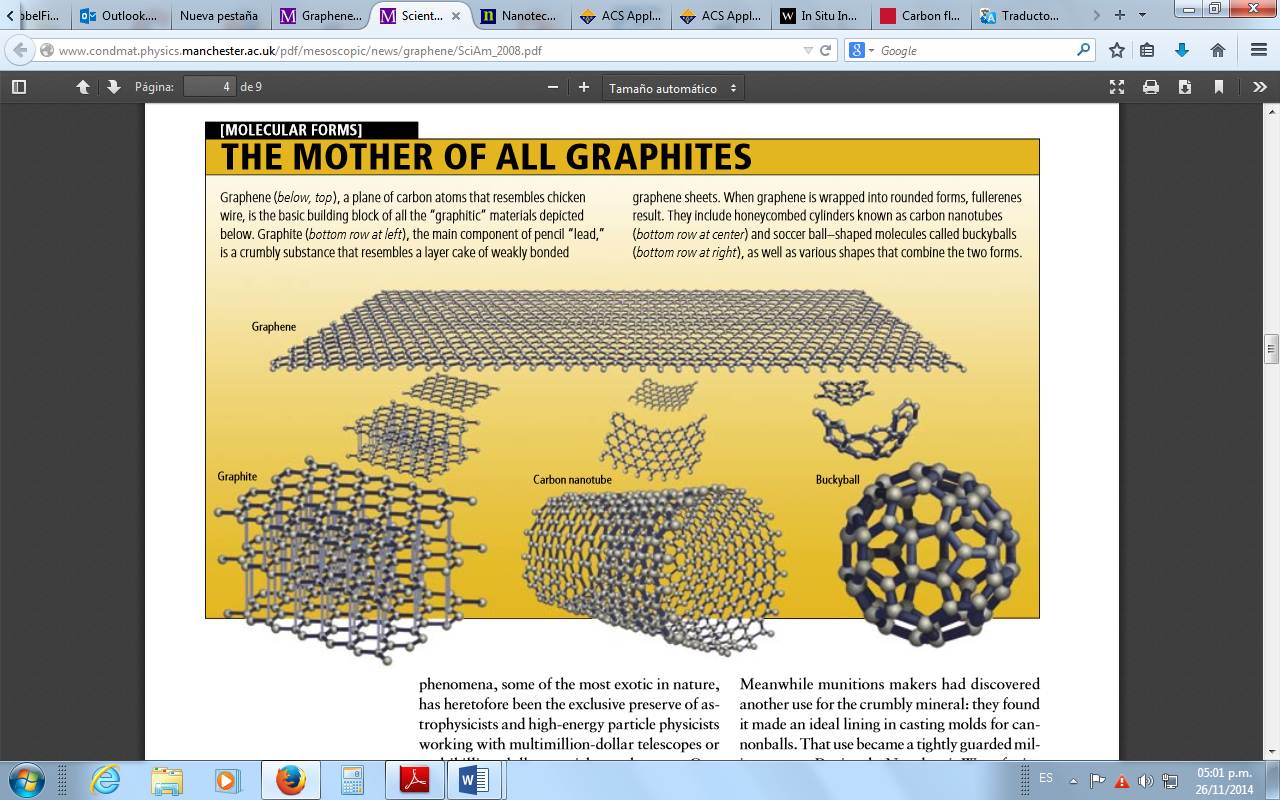
Aunque es importante para demostrar la posibilidad y ventajas del uso de grafeno como un revestimiento conductor transparente, la viabilidad de su producción en masa es esencial al considerar aplicaciones realistas. Novoselov señala que ninguna tecnología industrial puede confiar en la técnica de escisión micromecánica que permite sólo cantidades minúsculas de grafeno y, si bien es suficiente para la investigación fundamental y dispositivos de prueba de concepto, es poco probable que sea viable comercialmente.  
"Recientemente, películas conductoras de gran superficie se ha demostrado mediante el uso de la exfoliación química de óxido de grafito y luego reducirlo a grafeno", dice. "Esto podría conducir a una forma viable de hacer películas basadas en el grafeno delgadas, sin embargo, hasta el momento esta técnica no ha demostrado la capacidad de recuperarse completamente de las excelentes propiedades conductoras de grafeno. Proponemos un enfoque alternativo. Se trata de hacer una suspensión grafeno por exfoliación química directa de grafito (en lugar de óxido de grafito), que se utiliza posteriormente para obtener películas conductoras transparentes en la parte superior del vidrio por hilatura o de recubrimiento por pulverización ".  
El equipo de investigación Manchester ha demostrado ahora películas ultrafinas altamente transparentes y altamente conductoras que se pueden producir a bajo costo por esta técnica - básicamente "disolver" trozos de grafito en grafeno y luego la pulverización de la suspensión sobre una superficie de vidrio. Estas películas basados en el grafeno resultantes se pueden utilizar en las pantallas LCD y, para probar el concepto, los investigadores demuestran los primeros dispositivos de cristal líquido con electrodos de grafeno (ver figura anterior).  
Novoselov cree que sólo unos pasos pequeños y graduales permanecen para esta tecnología para llegar a la etapa de producción en masa. "Productos LCD basados en el grafeno pueden aparecer en las tiendas tan pronto como en unos pocos años", dice.



MARCA DE LA NANOPENCIL  
Haciendo muestras de grafito que se acercan al espesor de una sola capa  
grafeno ha tomado un esfuerzo considerable. Una forma es conectar un grafito  
microcristales al brazo en voladizo de un microscopio de fuerza atómica y  
rayar la punta de la microcristales a través de una oblea de silicio (a la izquierda). este  
"Nanopencil" depósitos finos de grafeno "panqueques" sobre la oblea (derecha).  
Las muestras en la micrografía electrónica se magnifican 6000.

Considere el humilde lápiz. Puede venir como una sorpresa al enterarse de que el instrumento con el que ahora escribe en un tiempo encabezó la lista de must-have, aparatos de alta tecnología. De hecho, el simple lápiz fue una vez incluso prohibió la exportación como un estratégica militar asset.But lo que probablemente es más inesperado es la noticia de que cada vez que alguien escribas una línea con un lápiz, la marca resultante incluye trozos de material nuevo más caliente de la física -Tecnología y nano: el grafeno.  
El grafeno proviene de grafito, el "líder" en un lápiz: un tipo de carbono puro forma a partir de hojas planas, apiladas de átomos. La estructura de niveles de grafito fue discernido hace siglos, y lo que era natural para los físicos y materiales científicos cien- para tratar de dividir el mineral en su sheets- constituyente aunque sólo sea para estudiar una sustancia cuya geometría podría llegar a ser -ple tan elegantemente sim . El grafeno es el nombre dado a una de esas hojas. Se compone en su totalidad de los átomos de carbono unidos entre sí en una red de repetir hexa-gons dentro de un solo plano de sólo un átomo de grosor. Durante años, sin embargo, todos los intentos de hacer -phene gra terminaron en fracaso. El abordaje precoz más popular era insertar varias moléculas se Tween los planos atómicos de grafito para calzar los planos apartahotel una técnica llamada exfoliación química. Aunque capas de grafeno casi seguro separados del grafito en alguna etapa transitoria del proceso, que nunca fueron identificados como tales. En cambio, el usu producto final surgió -ally como una suspensión de partículas de grafito no muy diferente de hollín húmedo. El temprano - interés en la exfoliación química se desvaneció. Poco después experimentadores intentaron un enfoque más directo. Se separaron crys grafito  
hos- en obleas progresivamente más delgadas por chatarra ing o frotándolas contra otra superficie. A pesar de su crudeza, la técnica, conocida como

escisión micromecánica, trabajó sorprendentemente bien. Los investigadores lograron despegarse películas de grafito formadas por menos de 100 planos atómicos. En 1990, por ejemplo, los físicos alemanes en la Universidad RWTH Aachen habían aislado grafito  
películas lo suficientemente delgada para ser ópticamente transparente. Una década más tarde uno de nosotros (Kim), trabajando con Yuanbo Zhang, entonces un estudiante graduado en la Universidad de Co-Lumbia, perfeccionó el procedimiento de escisión micromecánica para crear una versión de alta tecnología de  
el lápiz-a "nanopencil", por supuesto. "Writing" con el nanopencil cedió rebanadas de Gráfico de ite sólo unas pocas decenas de capas atómicas de espesor [véase el recuadro  
en la página 93]. Sin embargo, el material resultante era de grafito delgada, no grafeno. En realidad, nadie espera que un material de este tipo podría existir en la naturaleza.  
Esa suposición pesimista se puso a descansar en el año 2004. Uno de nosotros (Geim), en colaboración con el asociado postdoctoral entonces Kostya Novoselov S. y sus compañeros de trabajo en la Universidad de hombre -Chester en Inglaterra, fue el estudio de una variedad de la AP-enfoques para hacer muestras incluso más delgadas de grafito. En ese momento, la mayoría de los laboratorios comenzaron esos intentos con hollín, pero Geim y su col  
-leagues casualmente comenzó con trozos de de -bris que quedan después de la división de grafito por la fuerza bruta. Ellos simplemente pegadas una escama de grafito de -bris en cinta adhesiva de plástico, plegar el lado adhesivo de la cinta sobre la escama y luego sacaron la cinta aparte, escindiendo el copo en dos. Como el ex  
- Perimenters repite el proceso, los fragmentos resultantes crecieron más delgado [  
véase el recuadro sobre page95]. Una vez que los investigadores tenían muchos fragmentos finos,  
que meticulosamente examinaron la piezas- y se sorprendieron al encontrar que algunos eran sólo un átomo de grosor. Aún más inesperadamente, los bits recientemente identificados de grafeno resultó tener alta calidad de cristal y ser químicamente estables  
incluso a temperatura ambiente. El descubrimiento experimental de grafeno llevado  
a un diluvio de interés internacional de investigación. No sólo es el más delgado de todos los posibles -ALS Materi, también es extremadamente fuerte y rígida. More-  
más, en su forma más pura que conduce los electrones de rápido er a temperatura ambiente que cualquier otra sustancia. Los ingenieros de los laboratorios en la actualidad en todo el mundo están analizando el material para determinar si puede ser fabricado en productos tales  
como compuestos SuperTough, pantallas inteligentes, ultra-rápidas transistores y puntos cuánticos computers.In Mientras tanto, la naturaleza peculiar de gra - feno a escala atómica está permitiendo a los físicos todelve de los fenómenos que se hará una descripción física cuántica byrelativistic. suc investigando



fenómenos, algunos de los más exóticos en la naturaleza, ha sido hasta ahora el dominio exclusivo de como-trophysicists y físicos de partículas de alta energía  
trabajar con telescopios multimillonarias o aceleradores de partículas multimillonarias. Gra-feno hace posible que los experimentadores para poner a prueba las predicciones de la cuántica relativista mechan-ics con aparato de mesa de laboratorio.



Una fina capa de pintura de grafeno puede hacer revestimientos impermeables y resistentes a productos químicos que podrían utilizarse para el envasado y mantener los alimentos frescos durante más tiempo, proteger las estructuras metálicas contra la corrosión, nuevos hallazgos de El show de la Universidad de Manchester.  
  
La superficie del grafeno, una gruesa lámina de un átomo de carbono, puede ser decorado de forma aleatoria con el oxígeno para crear el óxido de grafeno; una forma de grafeno que podría tener un impacto significativo en la industria electrónica química, farmacéutica y. Aplicado como pintura, podría proporcionar un recubrimiento ultra-fuerte, no corrosivo para una amplia gama de aplicaciones industriales.  
  
Soluciones de óxido de grafeno se pueden utilizar para pintar varias superficies que van desde el vidrio a los metales a incluso ladrillos convencionales. Después de un tratamiento químico simple, los revestimientos resultantes se comportan como grafito en términos de estabilidad química y térmica, pero se hacen mecánicamente casi tan duro como el grafeno, el material más fuerte conocido por el hombre.  
  
"Las películas de barrera impermeable y recubrimientos protectores sobre la base de la reducción de óxido de grafeno" DOI: 10.1038 / ncomms5843

Electronc properties of graphene/ boron nitride/graphene tunnelling diodes depend crucially on the relative orientation of the graphene electrodes, as reported in Nature Nanotechnology by Manchester researchers.

Recent developments in the technology of van der Waals heterostructures1,2 made from two-dimensional atomic crystals have already led to the observation of new physical phenomena. An unprecedented degree of control of the electronic properties is available not only by means of the selection of materials in the stack, but also through the additional finetuning achievable by adjusting the built-in strain and relative orientation of the component layers. Here we demonstrate how careful alignment of the crystallographic orientation of two graphene electrodes separated by a layer of hexagonal boron nitride in a transistor device can achieve resonant tunnelling with conservation of electron energy, momentum and, potentially, chirality. We show how the resonance peak and negative differential conductance in the device characteristics induce a tunable radiofrequency oscillatory current that has potential for future high-frequency technology.

“Twist-controlled resonant tunnelling in graphene/boron nitride/graphene heterostructures” DOI:10.1038/nnano.2014.187

Electronc propiedades de los diodos de túnel grafeno / nitruro de boro / grafeno dependen crucialmente de la orientación relativa de los electrodos de grafeno, como se informó en Nature Nanotechnology por investigadores de Manchester.  
  
Los acontecimientos recientes en la tecnología de van der Waals heterostructures1,2 hecha de cristales atómicos de dos dimensiones ya han dado lugar a la observación de nuevos fenómenos físicos. Un grado de control sin precedentes de las propiedades electrónicas está disponible no sólo por medio de la selección de materiales en la pila, sino también a través de la Ajuste fino adicional alcanzable mediante el ajuste de la orientación incorporado en la cepa y relativa de las capas componentes. Aquí se demuestra cómo la alineación cuidadosa de la orientación cristalográfica de dos electrodos de grafeno separadas por una capa de nitruro de boro hexagonal en un dispositivo de transistor puede lograr túnel resonante con la conservación de la energía de electrones, el impulso y, potencialmente, la quiralidad. Mostramos cómo el pico de resonancia y la conductancia diferencial negativo en las características del dispositivo inducen una corriente oscilatoria radiofrecuencia sintonizable que tiene el potencial para una futura tecnología de alta frecuencia.  
  
"Twist controlado túnel resonante en el grafeno / nitruro de boro / heteroestructuras de grafeno" DOI: 10.1038 / nnano.2014.187

When a crystal is subjected to a periodic potential, under certain circumstances it can adjust itself to follow the periodicity of the potential, resulting in a commensurate state. Of particular interest are topological defects between the two commensurate phases, such as solitons and domain walls. Here we report a commensurate–incommensurate transition for graphene on top of

hexagonal boron nitride (hBN). Depending on the rotation angle between the lattices of the two crystals, graphene can either stretch to adapt to a slightly dierent hBN periodicity (for small angles, resulting in a commensurate state) or exhibit little adjustment (the incommensurate state). In the commensurate state, areas with matching lattice constants are separated by domain walls that accumulate the generated strain. Such soliton-like objects are not only of significant fundamental interest, but their presence could also explain recent experiments where electronic and optical properties of graphene-hBN

heterostructures were observed to be considerably altered

Cuando un cristal se somete a un potencial periódico, bajo ciertas circunstancias, puede ajustarse a seguir la periodicidad de la potencial, lo que resulta en un estado acorde. De particular interés son defectos topológicos entre las dos fases proporcionales, tales como solitones y paredes de dominio. Aquí mostramos una transición acorde inconmensurable para el grafeno en la parte superior de  
nitruro de boro hexagonal (hBN). Dependiendo del ángulo de rotación entre las celosías de los dos cristales, ya sea grafeno puede estirarse para adaptarse a un erent hBN periodicidad ligeramente di? (Para ángulos pequeños, lo que resulta en un estado proporcional) o tienen poco ajuste (el estado inconmensurable). En el estado en consonancia, las áreas que coordinan con las constantes de red están separadas por paredes de dominio que se acumulan la tensión generada. Tales objetos solitones como son no sólo es de interés fundamental significativa, pero su presencia también podría explicar los últimos experimentos en electrónica y las propiedades ópticas del grafeno-hBN  
Se observaron heteroestructuras que ser alterado considerablemente.

El sistema clásico que se utiliza para simular acorde? transiciones inconmensurables es una cadena unidimensional de átomos con enlaces elásticamente en un fondo potencial periódico? el modelo de Frenkel? Kontorova  
1El versión de dos dimensiones (2D) del modelo de 2,3 se puede aplicar a los sistemas de la vida real, tales como la reconstrucción de la superficie en la interfaz entre dos cristales (o entre un cristal y una monocapa de superficie) con cerca atómica  
períodos de celosía 4? 7 conmensuradas? transiciones inconmensurables en  
2D haber sido discussed5? 8 y 9 observado previamente en los sistemas  
tales como átomos adsorbidos sobre una superficie de un cristal. Curiosamente, los límites entre las fases acordes se pueden describir en términos de defectos topológicos. En el caso unidimensional tales defectos se describen generalmente por solitones 1,4,10 mientras que en el 2D  
lenguaje de dislocaciones se used11 comúnmente Lo último  
manera de observar tales reconstrucción sería mediante el control de la  
comportamiento de dos cristales atómicos 2D cuando se coloca en estrecho contacto. Los recientes avances en la producción de heteroestructuras basadas en cristales atómicos 2D 12Y, en particular, la preparación  
13 y 14 de crecimiento de grafeno sobre hBN, nos permiten revisar este problema. hBN  
se ha utilizado originalmente como un sustrato de 13,15 y también una encapsulación  
layer16 que permite la reducción al mínimo de la influencia perjudicial  
de sustratos SiO2, y, como consecuencia, el logro de  
spectacularelectronicqualityofthe resultante graphenedevices.Still,  
van der Waals interacción entre hBN y grafeno, sin embargo  
débil, no es despreciable (10meV por átomo de carbono) 17La falta de coincidencia  
? DahBN / a G

<https://www.youtube.com/watch?v=GWHhvIFN_cg>





