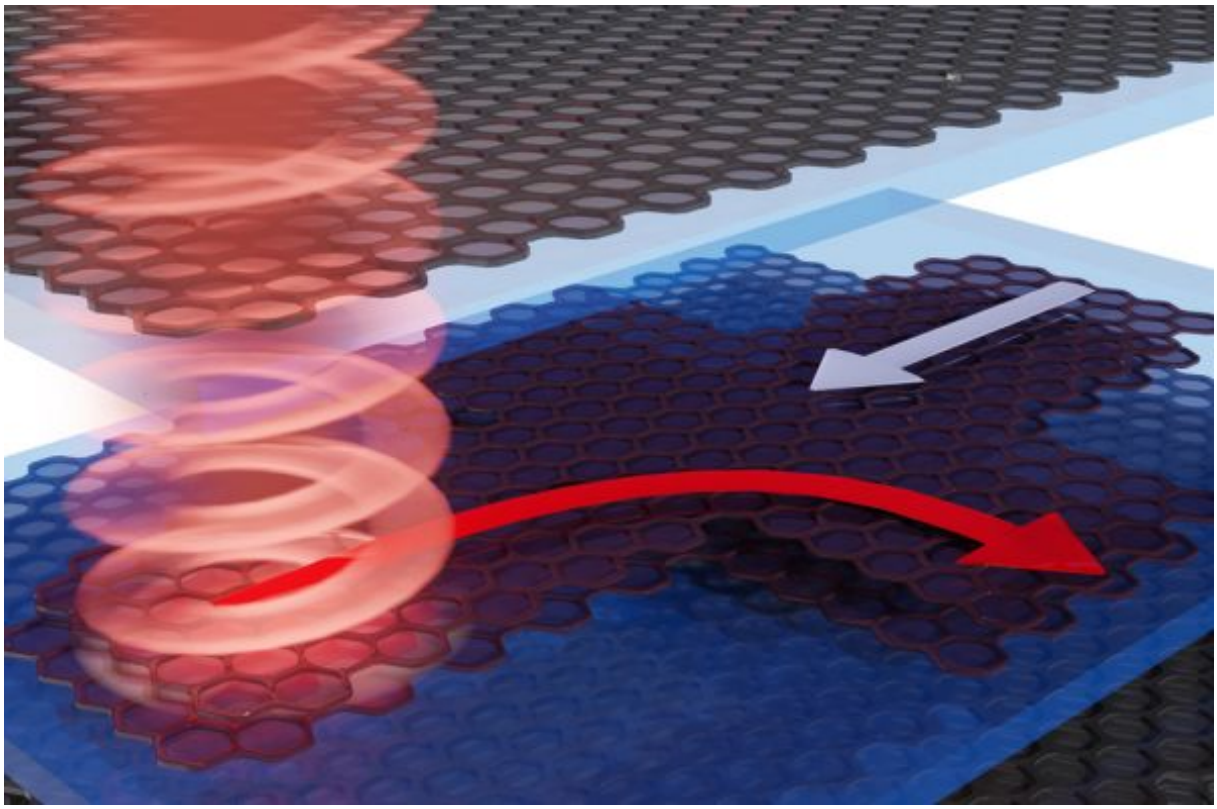


La luz hace "descarrilar" electrones a traves del grafeno

Investigadores del ICFO en Barcelona, la Universidad de Columbia, la NTU en Singapur y el NIMS en Japon han logrado por primera vez y de forma experimental doblar la trayectoria de electrones dentro de una muestra de grafeno bicapa utilizando luz.

March 24, 2022

La manera en que los electrones fluyen dentro de los materiales determina sus propiedades electronicas. Por ejemplo, cuando se aplica un voltaje a traves de un material conductor, los electrones comienzan a fluir, generando corriente electrica. Estos electrones fluyen, segun se cree, en trayectorias rectilineas, a lo largo del campo electrico, como una pelota que rueda cuesta abajo por un plano inclinado.

Sin embargo, estas no son las unicas trayectorias que pueden seguir los electrones: cuando se aplica un campo magnetico, los electrones ya no viajan en caminos rectos a lo largo del campo electrico, sino que, de hecho, sus trayectorias se doblan. El flujo no rectilineo de los electrones genera senales transversales conocidas como respuestas de "Hall" (¡¿½Halli

?½ respons
s). Ahora bien, una de las preguntas que los cientificos se han hecho a lo largo de estos ano
es la siguiente: ¿es posible doblar la trayectoria de los electrones sin aplicar un
ampo magnetico? En un nuevo estudio publicado **Science**, un equipo internacional de
investigadores anuncia que ha logrado doblar las trayectorias de los flujos electronicos en el
grafeno bicapa mediante luz infrarroja polarizada circular.
El estudio ha sido realizado por un equipo formado por los cientificos del ICFO **Jianbo Yin**
(actualmente investigador del Beijing Graphene Institute, China), **David Barcons, Iacopo**
Torre, dirigido por ICREA Prof. en ICFO **Frank Koppens**, en colaboracion con **Cheng Tan** y
James Hone de la Universidad de Columbia, **Kenji Watanabe** y **Takashi Taniguchi** de NIMS
Japon y el Prof. **Justin Song** de la Universidad Tecnologica de Nanyang (NTU) en Singapur.
Jianbo Yin, primer autor del estudio, recuerda muy bien como empezo todo. i¿½Este estud
o colaborativo comenzo en 2016 con una conversacion entre Justin Song y Frank Koppens
n una conferencia cientificai¿½. Como explica Justin Song, "los electrones no son
olo particulas, sino que tambien pueden ser vistos como una onda cuantica". En los materi
les cuanticos, como el grafeno bicapa, el patron de onda de los electrones puede exhibi
un i¿½enrolladoi¿½ (winding) complicado, lo que se denomina **geometria cuantica**. i¿½Frank y
o hablamos sobre la posibilidad de aprovechar esta geometria cuantica en el grafeno bica
a para intentar doblar la trayectoria de los electrones con luz en vez de usar camp
s magneticosi¿½, recuerda S
ng. Con esta idea en mente, Jianbo Yin, investigador del equipo de Frank Koppens, dec
dio asumir el desafio de llevar a cabo el experimento para poder observar este feno
eno inusual. i¿½Nuestro dispositivo fue muy complicado de construir. Fue necesario con
truir muchos dispositivos y viajar a la Universidad de Columbia en Estados Unidos para tr
bajar con Cheng Tan y James Hone para buscar mejorar la calidad del disposit

Geometria cuantica y selectividad del valle

En el grafeno bicapa, hay dos concentraciones de i¿½valles de electronesi¿½ (K y K'): cu
ndo se aplica un campo electrico perpendicular a la capa de grafeno, las propied
des geometricas cuanticas de los electrones en estos dos valles pueden hacer que
las trayectorias de los electrones se doblen en direcciones opuestas y como resultado glo
al, sus efectos Hall se cance
an. En su estudio, el equipo de cientificos descubrio que al aplicar luz infrarroja circularm
nte polarizada sobre el dispositivo de grafeno bicapa, lograron excitar de manera selectiva
una conjunto especifico de electrones de uno de los valles en el material, lo que gener
un fotovoltaje perpendicular al flujo de electrones habitual. Como destaca Koppens, i¿?
hemos disenado el dispositivo y lo configuramos de tal manera que la corriente de electrones
pueda fluir unicamente mediante la luz. Con esto, pudimos evitar el ruido de fondo que dificul
a las mediciones y obtuvimos una sensibilidad en la deteccion varios ordenes de magnit

d mas grande que para cualquier otro material
Di¿½. Este resultado es significativo porque los fotodetectores convencionales que se util
zan hoy en dia requieren a menudo grandes polarizaciones de voltaje que, a su vez, pueden
generar "corrientes oscuras" (dark currents) que fluyen incluso cuando no
ay luz. Yin comenta que i¿½podemos controlar el doblado de la trayectoria de los electro
es con el campo electrico que aplicamos fuera del plano. Podemos cambiar el angulo de
oblado de estos electrones, el cual se puede cuantificar a traves de la conductividad de Hall
Mediante el control del voltaje, se puede ajustar la curvatura de Berry [una caracteris
ica de la geometria cuantica], lo que puede conducir a una conductividad Hal
enorme". Los resultados del estudio abren un nuevo campo de aplicaciones en el ambito de
deteccion y en la obtencion de imagenes. Segun Frank Koppens, i¿½tal descubrimiento
odria tener implicaciones importantes en las aplicaciones como el de detectores en el rango
nfrarrojo y de terahercios, ya que el grafeno bicapa tiene la gran capacidad de transfo
marse de un material semimetal a un semiconductor, con una banda prohibida (bandgap)
uy pequena, por lo que puede detectar fotones de energias muy
equenas.i¿½ i¿½Tambien puede ser util, por ejemplo, para obtener imagenes desde el e
pacio, imagenes para el diagnostico medico, por ejemplo, para el cancer de piel u otros tejidos
o incluso para aplicaciones de seguridad o el control de calidad de los materialesi¿½
concluye Koppens. Las posibilidades por ahora son inmensas. Los proximos pasos a seguir en
a investigacion de nuevos materiales 2D, como en el caso del grafeno bicapa girado
abren la puerta a encontrar nuevas formas de controlar los flujos de electrone
y las propiedades optoelectronicas no convencionales d
es
os materiales

Tunable orbital and valley selective Hall effect in gapped bilayer graphene, Jianbo Yin, Cheng Tan, David Barcons-Ruiz, Iacopo Torre, Kenji Watanabe, Takashi Taniguchi, Justin C. W. Song, James Hone, Frank H. L. Koppens, 2022, SCIENCE, Doi: 10.1126/science.abl4266

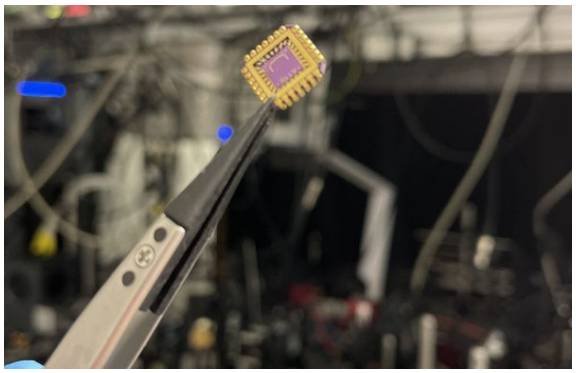
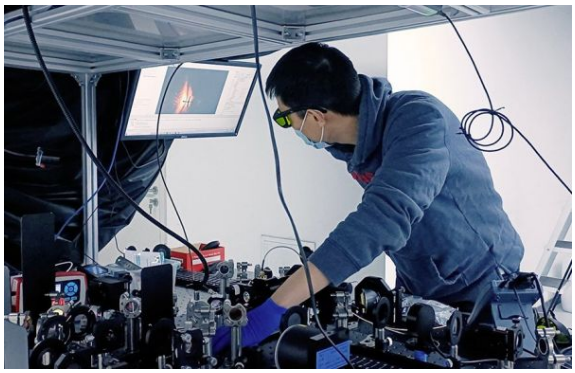
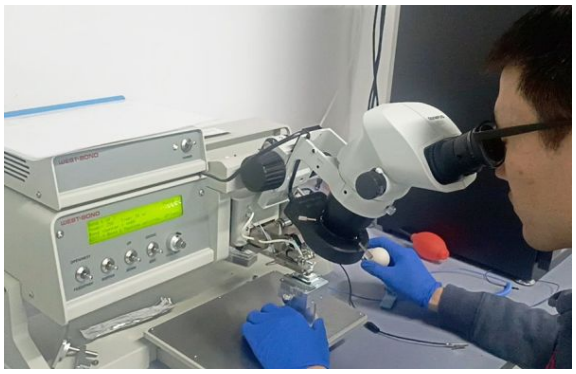


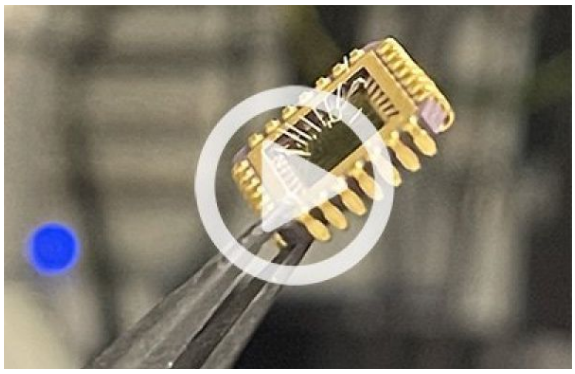
Image credit: ICFO



Jianbo Yin working in his new research lab at Beijing Graphene Institute in China, where he is continuing his research in the field.



Jianbo Yin working in his new research lab at Beijing Graphene Institute in China, where he is continuing his research in the field.



Video interview with Jianbo Yin, Frank Koppens and Justin Song