

La luz hace "descarrilar" electrones a través 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 electrónicas. Por ejemplo, cuando se aplica un voltaje a través de un material conductor, los electrones comienzan a fluir, generando corriente eléctrica. Estos electrones fluyen, según se cree, en trayectorias rectilíneas, a lo largo del campo eléctrico, como una pelota que rueda cuesta abajo por un plano inclinado.

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

¿½ respons

s). Ahora bien, una de las preguntas que los científicos se han hecho a lo largo de estos años es la siguiente: ¿es posible doblar la trayectoria de los electrones sin aplicar un campo magnético? En un nuevo estudio publicado en **Science**, un equipo internacional de investigadores anuncia que ha logrado doblar las trayectorias de los flujos electrónicos en el grafeno bicapa mediante luz infrarroja polarizada circular.

El estudio ha sido realizado por un equipo formado por los científicos del ICFO **Jianbo Yin** (actualmente investigador del Beijing Graphene Institute, China), **David Barcons**, **Iacopo Torre**, dirigido por ICREA Prof. en ICFO **Frank Koppens**, en colaboración con **Cheng Tan** y **James Hone** de la Universidad de Columbia, **Kenji Watanabe** y **Takashi Taniguchi** de NIMS Japón y el Prof. **Justin Song** de la Universidad Tecnológica de Nanyang (NTU) en Singapur. Jianbo Yin, primer autor del estudio, recuerda muy bien como empezó todo. ¿½ Este estudio colaborativo comenzó en 2016 con una conversación entre Justin Song y Frank Koppens en una conferencia científica ¿½. Como explica Justin Song, "los electrones no son solo partículas, sino que también pueden ser vistos como una onda cuántica". En los materiales cuánticos, como el grafeno bicapa, el patrón de onda de los electrones puede exhibir un ¿½ enrollado ¿½ (winding) complicado, lo que se denomina **geometría cuántica**. ¿½ Frank y yo hablamos sobre la posibilidad de aprovechar esta geometría cuántica en el grafeno bicapa para intentar doblar la trayectoria de los electrones con luz en vez de usar campos magnéticos ¿½, recuerda S

ng. Con esta idea en mente, Jianbo Yin, investigador del equipo de Frank Koppens, decidió asumir el desafío de llevar a cabo el experimento para poder observar este fenómeno inusual. ¿½ Nuestro dispositivo fue muy complicado de construir. Fue necesario construir muchos dispositivos y viajar a la Universidad de Columbia en Estados Unidos para trabajar con Cheng Tan y James Hone para buscar mejorar la calidad del dispositivo

Geometría cuántica y selectividad del valle

En el grafeno bicapa, hay dos concentraciones de ¿½ valles de electrones ¿½ (K y K'): cuando se aplica un campo eléctrico perpendicular a la capa de grafeno, las propiedades geométricas cuánticas de los electrones en estos dos valles pueden hacer que las trayectorias de los electrones se doblen en direcciones opuestas y como resultado global, sus efectos Hall se cancelan.

En su estudio, el equipo de científicos descubrió que al aplicar luz infrarroja circularmente polarizada sobre el dispositivo de grafeno bicapa, lograron excitar de manera selectiva un conjunto específico de electrones de uno de los valles en el material, lo que genera un fotovoltaje perpendicular al flujo de electrones habitual. Como destaca Koppens, ¿½ Hemos diseñado el dispositivo y lo configuramos de tal manera que la corriente de electrones pueda fluir únicamente mediante la luz. Con esto, pudimos evitar el ruido de fondo que dificulta las mediciones y obtuvimos una sensibilidad en la detección varios órdenes de magnitud

d mas grande que para cualquier otro material
 Di½. Este resultado es significativo porque los fotodetectores convencionales que se utilizan hoy en día requieren a menudo grandes polarizaciones de voltaje que, a su vez, pueden generar "corrientes oscuras" (dark currents) que fluyen incluso cuando no hay luz. Yin comenta que i½podemos controlar el doblado de la trayectoria de los electrones 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, i½tal 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.i½ i½Tambien puede ser util, por ejemplo, para obtener imagenes desde el espacio, 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 materialesi½ 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 **Turntable Reference: 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

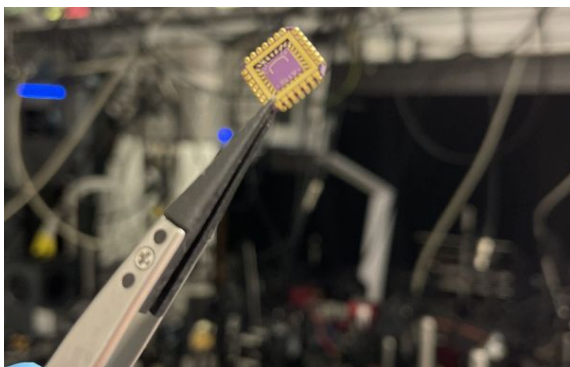
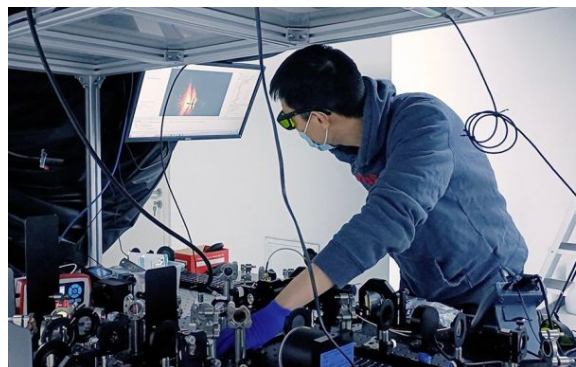
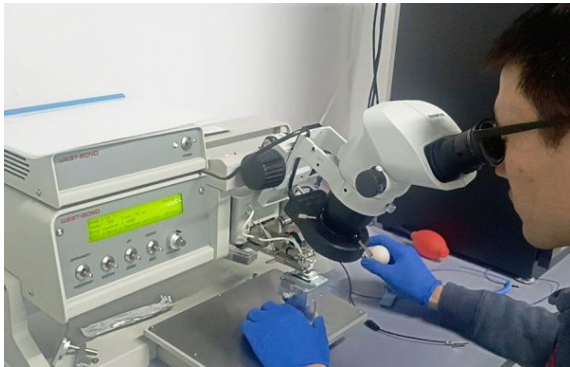


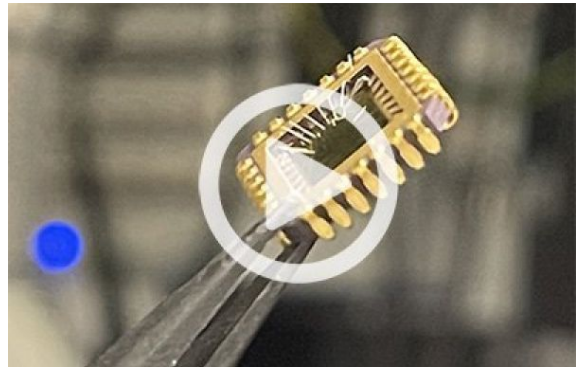
Image credit: ICFO



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