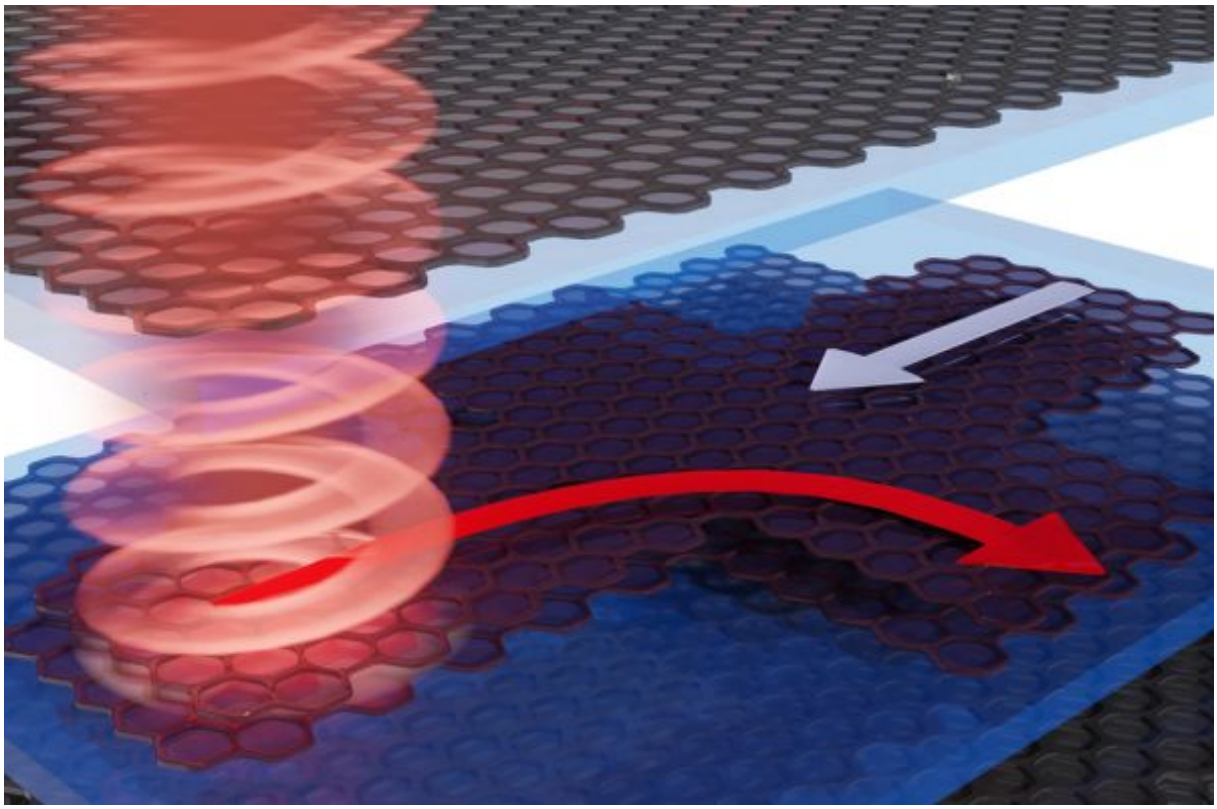


La llum fa "descarrilar" electrons a traves del grafe

Investigadors de l'ICFO a Barcelona, la Universitat de Columbia a EEUU, la NTU de Singapur i el NIMS del Japo han aconseguit pe primera vegada i de forma experimental corbar la trajectoria del electrons dins una mostra de grafe bicapa utilitzant llum.

March 24, 2022

La manera com els electrons es mouen dins dels materials determina les seves propietats electroniques. Per exemple, quan s'aplica un voltatge a traves d'un material conductor, els electrons comencen a fluir i generen un corrent electric. Aquests electrons flueixen, segons es creu, en trajectories rectes, movent-se al llarg del camp electric, com una pilota que roda cap avall en un pla inclinat.

Tot i aixo, aquestes no son les uniques trajectories que poden adoptar els electrons: quan s'aplica un camp magnetic, els electrons ja no viatgen en camins rectes al llarg del camp electric, sino que, de fet, les seves trajectories es corben. El flux no rectilini dels electrons genera senyals transversals coneguts com a respostes de i¿½Halli¿½ (i¿½Hall response i¿½). Ara be, una de les preguntes que s'han plantejat els cientifics durant aquests any

es la següent: es possible corbar la trajectoria dels electrons sense aplicar un camp m gnetic? En un nou estudi publicat a **Science**, un equip internacional d'investigadors anuncia que ha aconseguit corbar les trajectories dels fluxos electronics dins el grafe bicapa amb llum infraroja polaritzada circular.

L'estudi ha estat realitzat per un equip format pels cientifics de l'ICFO **Jianbo Yin** (actualment investigador del Beijing Graphene Institute, Xina), **David Barcons, Iacopo Torre**, dirigit pel Professor ICREA de l'ICFO **Frank Koppens**, en col·laboracio amb **Cheng Tan** i **James Hone** de la Universitat de Columbia, **Kenji Watanabe** i **Takashi Taniguchi** de NIMS Japo i el professor **Justin Song** de la Universitat Tecnologica de Nanyang (NTU) a Singapur.

Jianbo Yin, primer autor de l'estudi, recorda molt be com va comencar tot. i¿½Aquest estu i col·laboratiu va comencar l'any 2016 en una conversa entre Justin Song i Frank Koppens en una conferencia cientificai¿½. Com explica Justin Song, i¿½els electrons no so nomes particules, sino que tambe poden ser vistos com una ona quanticai¿½. En els aterials quantics, com el grafe bicapa, el patro d'ona dels electrons pot exhibir un enr tllament (winding) complicat que s'anomena **geometria quantica**. i¿½En Frank i jo vam parlar sobre a possibilitat d'aprofitar aquesta geometria quantica del grafe bicapa per intentar doblegar a trajectoria dels electrons amb llum en comptes de fer-ho mitjancant camps magneticsi? ½. Amb aquesta idea, Jianbo Yin, investigador de l'equip de Frank Koppens, va assumir el r pte de dur a terme l'experiment per poder observar aquest fenomen inusual. i¿½El ostre dispositiu va ser molt complicat de construir. Va ser necessari construir molts disposi ius i anar a la Universitat de Columbia als Estats Units per treballar amb en Cheng Tan i en James Hone per tal de millorar la qualitat del disposi

Geometria quantica i selectivitat de la vall

En el grafe bicapa, hi ha dues concentracions de valls d'electrons denominades K i K': quan s'aplica un camp electric perpendicular a la capa de grafe, les propietats geometriques quantiques dels electrons en aquestes dues valls poden provocar que les trajectories dels electrons es corbin en direccions oposades i, com a resultat total provocar que els seus efectes Hall es cancel·lin

En el seu estudi, l'equip de cientifics va descobrir que en aplicar llum infraroja circularmen polaritzada sobre el dispositiu de grafe bicapa, aconseguien excitar de manera selectiva u conjunt especific d'electrons d'una de les valls del material, fet que generava un fotovoltatg perpendicular al flux d'electrons habitual

Tal i com destaca Frank Koppens, i¿½vam dissenyar el dispositiu i el vam configurar de manera que el corrent d'electrons fossin capacos de fluir unicament amb aplicant llum. mb aixo, vam poder evitar el i¿½sorolli¿½ de fons que dificulta les mesures i vam obte ir una sensibilitat en la deteccio diversos ordres de magnitud mes gran que en qualsevo altre material

2Di¿½. Aquest resultat es significatiu perque els fotodetectors convencionals que s'utilitzen

avui dia requereixen sovint de grans polaritzacions del voltatge que, alhora al mateix tem
s, poden generar "corrents foscos" (dark currents) que flueixen fins i tot quan no hi
ha llum. Yin comenta que i¿½podem controlar el grau de curvatura de la trajectoria del
 electrons amb el camp electric que apliquem fora del pla. Podem canviar l'angle d
 curvatura d'aquests electrons, que es pot quantificar a traves de la conductivitat de Hall. Mi
jancant el control del voltatge, es pot ajustar la curvatura de Berry [una caracteristica de l
 geometria quantica], cosa que pot conduir a una conductivitat Hall
enormei¿½. Els resultats de l'estudi obren un nou camp d'aplicacions en l'ambit de la deteccio
i l'obtencio d'imatges. Segons Frank Koppens, i¿½aquest descobriment podria ten
r implicacions importants en el desenvolupament de detectors del rang de l'infraroig i de ter
hercis, ja que el grafe bicapa te la gran capacitat de transformar-se d'un material sem
metal·lic a un semiconductor, amb una banda prohibida (bandgap) molt petita. Es p
r aixo que pot, detectar fotons d'energies
olt petites.i¿½ i¿½Tambe pot ser util, per exemple, per obtenir imatges des de l'e
pai, imatges per al diagnostic medic, per exemple, per al cancer de pell o altres teixits
 o fins i tot per a aplicacions de seguretat com la inspeccio de qualitat de materialsi
?½, conclou Koppens. Les possibilitats son immenses. Els proxims passos a seguir en la rec
rca de nous materials 2D, com el grafe bicapa girat, poden obrir la porta a trobar noves ma
eres de controlar els fluxos d'electrons i les propietats optoelectroniques no convencional
 d'
quests materials. ### Referencia:

Tunable and giant 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

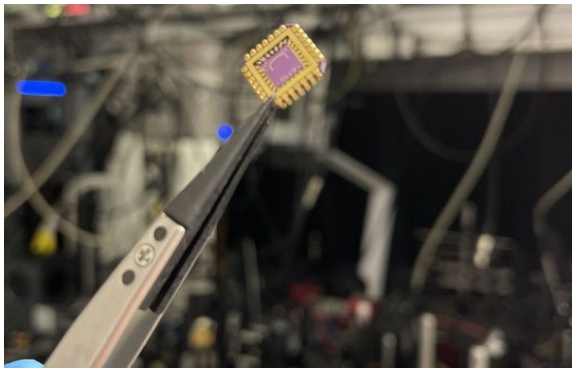
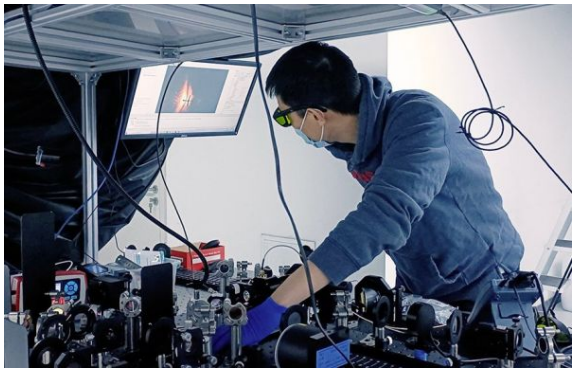
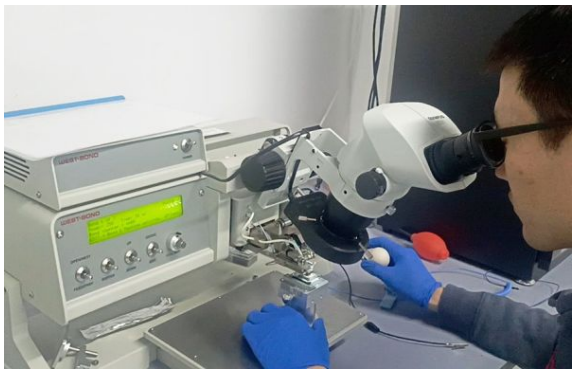


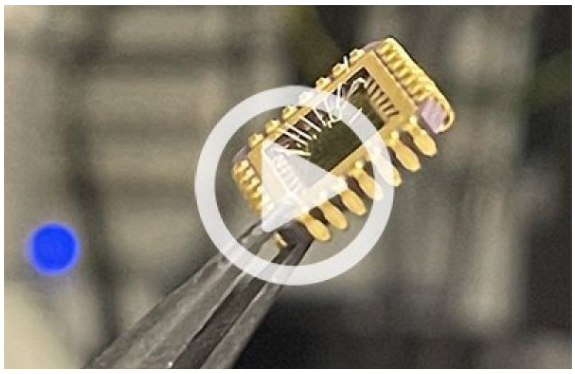
Image credit: ICFO



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