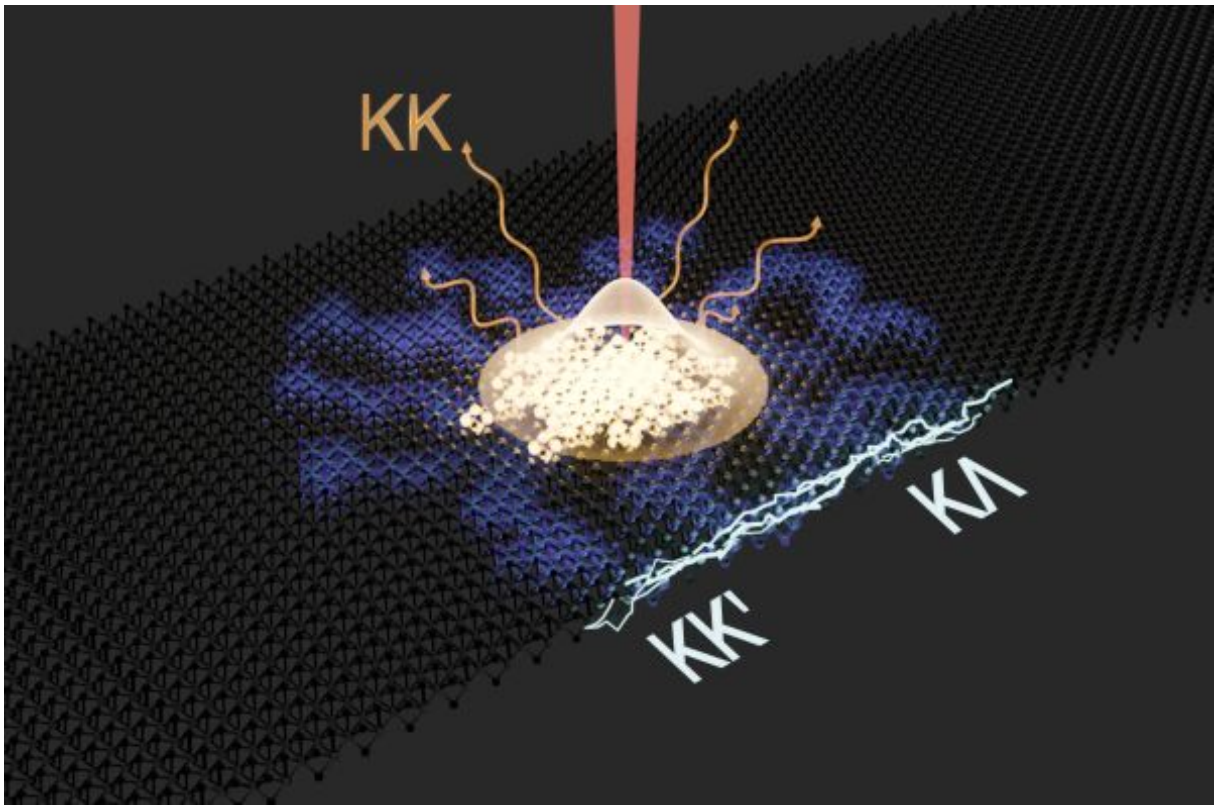

Revelen el paper dels excitons foscos en la generacio de corrent

Investigadors de l'ICFO, en una col·laboracio internacional presenten una nova tecnica per rastrejar excitons brillants foscos, els portadors d'energia en materials optoelectronics fotovoltaics, a temperatura ambient.

April 29, 2025

En la recerca d'un transport d'energia i una generacio de corrent eficients, es essencial comprendre com viatgen els portadors d'energia a traves de dispositius optoelectronics i fotovoltaics. Aquests portadors no son electrons per si sols. Quan un electro s'excita, la seva promocio en energia deixa rere seu una absencia de carrega negativa o, en altres paraules, un "forat" quasi positiu. L'electro i el forat s'enllacen, formant el que es coneix com un excito: el veritable portador d'energia potencial dins del material. Per convertir aquesta energia en corrent electric, cal separar novament l'electro i el forat. Aconseguir una i¿½separacio e carregai¿½ eficient es un proces critic a optimitzar en els materials emerge ts. Tanmateix, no tots els excitons aconsegueixen generar corrent. En alguns casos, l'ele tro perd energia en tornar a omplir el forat, produint un foto, en un proces anom

nat recombinacio. Aquests son coneguts com excitons brillants, ja que l'emissio de fotons ona lloc a la fotoluminescencia. D'altres excitons, pero, tenen una configuracio especifica ue, segons les regles de la mecanica quantica, es incompatible amb la recombinacio. Com que no emeten fotons facilment, son coneguts com a excitons foscos. L'absenci de recombinacio els proporciona mes temps per desplacar-se a traves del disposi iu, augmentant aixi les seves possibilitats d'arribar a un electrode i generar corrent mitjancan la separacio de carr
ga. Tot i que fa temps que s'accepta que els excitons foscos juguen un paper clau e la generacio de corrent, la seva manca de resposta optica els fa dificils d'estudiar. Els met des experimentals s'han centrat principalment en els excitons brillants, precisament pe que emeten fotoluminescencia, que es pot detectar convenientment; o be han requ rit temperatures criogeniques, molt allunyades de les condicions del mon real, per p der detectar algun senyal dels excitons fos
os. Ara, els investigadors de l'ICFO **Joseph Wragg**, el **Dr. Luca Bolzonello**, sota la direccio del **Prof. ICREA Niek van Hulst**, aixi com el **Dr. Karuppasamy Pandian Soundarapandian** i **Riccardo Bertini**, sota la direccio del **Prof. ICREA Frank Koppens**, en col·laboracio amb e Laboratori Europeu d'Espectroscopia No Lineal, la School for Engineering of Matter Transport and Energy (Arizona), i el National Institute for Materials Science (Tsukuba, Japo), **han desenvolupat un metode per rastrejar excitons en materials a temperatura ambient**, tant espacialment com espectralment, **distingint tambe entre les contribucions brillants i fosques**. Publicada a Nano Letters, aquesta nova tecnica promet ser una eina potent per comprendre el comportament dels diferents estats dels excitons i obre noves vies per a la recerca futura de materials, incloent-hi la proxima generacio de dispositius electronics i fotovoltaics.

Per assolir aquests resultats, l'equip va dur a terme espectroscopia d'accio, un metode que rastreja tant la fotoluminescencia generada com els senyals de fotocorrent, associats als excitons brillants i foscos, respectivament. Com a cas d'estudi, van investigar el WSe?, un semiconductor bidimensional ampliament utilitzat en ciencia de materials. En comparar ambdues respostes, els investigadors van poder inferir el paper de cada tipus d'excitacio dins del material. A mes, van examinar com afecta el nombre de capes del material a la fotoluminescencia i al fotocorrent, explorant no nomes la interaccio entre excitons brillants i foscos en cada gruix, sino tambe l'estabilitat de cada estat excitat.

"**Aquest enfocament ens permet construir una imatge completa de la creacio, vida i extincio dels excitons en aquest tipus de materials**", comparteix Joseph Wragg, primer autor de l'article, qui recorda haver observat transport a distancies de diversos micrometres. I afegeix: "Els excitons foscos mai no s'havien estudiat d'aquesta manera abans, i la nostra capacitat de recuperar aquest tipus de dades a temperatura ambient es realment prometedora per a futurs treballs".

En conjunt, aquesta nova tecnica ofereix una finestra d'observacio als mecanismes de transferencia d'energia en materials que son critics per a les tecnologies optoelectroniques i

fotovoltaiques. De fet, els coneixements que aquest treball ha aportat podrien jugar un paper clau a l'hora de desbloquejar el seu maxim potencial.

Referencia:

Joseph Wragg, Luca Bolzonello, Ludovica Donati, Karuppasamy Pandian Soundarapandian, Riccardo Bertini, Seth Ariel Tongay, Kenji Watanabe, Takashi Taniguchi, Frank H. L. Koppens, and Niek F. van Hulst. Dual Action Spectroscopy Exposes the Bright and Dark Excitons of Room-Temperature WSe2. Nano Letters (2025)
DOI: 10.1021/acs.nanolett.4c0634

Agraiments:

J.W., L.B., and N.F.v.H. acknowledge support through the MCIN/AEI projects PID2021-123814OB-I00, TED2021-129241BI00, the i¿½Severo Ochoai¿½ program for Cen res of Excellence in R&D CEX2019-000910-S, Fundacio Privada Cellex, Fundacio Pri ada Mir-Puig, and the Generalitat de Catalunya through the CERCA program. N.F. .H. acknowledges financial support from the European Commission (ERC Advanced G ant 101054846-FastTrack). This work is part of the ICFO Clean Planet Program supporte by Fundacio Joan Ribas Araquistain (FJRA). R.B. acknowledges funding from the Eur pean Union's Horizon H2020 under the Marie Sklodowska-Curie grant agreements No 847517.