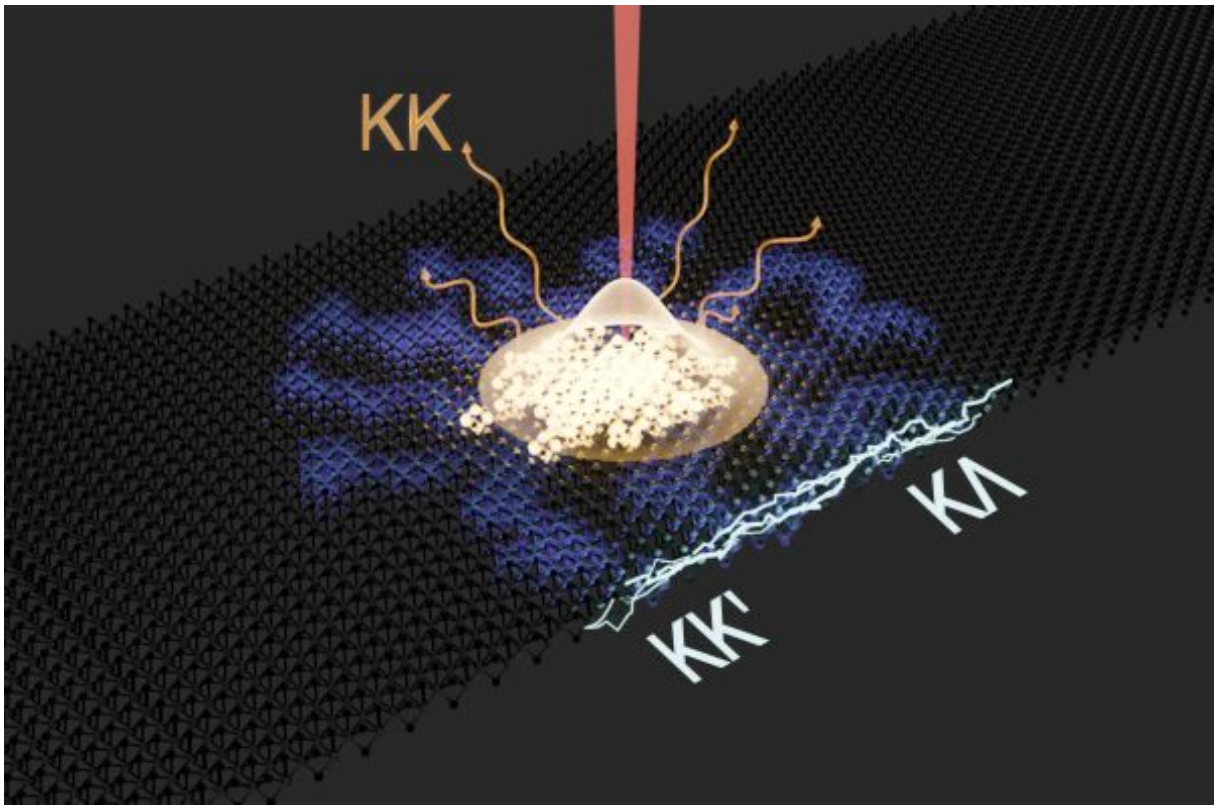

Revelando el papel de los excitones oscuros en la generacion de corriente

Investigadores del ICFO, en una colaboracion internacional, presentan una novedosa tecnica para rastrear excitones brillantes y oscuros, los portadores de energia en materiales optoelectronicos y fotovoltaicos, a temperatura ambiente.

April 29, 2025

En la busqueda de un transporte de energia y una generacion de corriente eficientes, es esencial comprender como viajan los portadores de energia a traves de dispositivos optoelectronicos y fotovoltaicos. Estos portadores no son electrones por si solos. En cambio, cuando un electron se excita, su promocion en energia deja tras de si una ausencia de carga negativa o, en otras palabras, un i¿½huecoi¿½ cuasi-positivo. El electron y el huec se enlazan, formando lo que se conoce como un exciton; el verdadero portador de ene gia potencial dentro del material. Para convertir esta energia en corriente electrica, es neces rio separar de nuevo el electron y el hueco. Conseguir una i¿½separacion de cargai¿½ e iciente es un proceso critico a optimizar en los materiales eme gentes. Sin embargo, no todos los excitones logran generar corriente. En algunos casos, el

lectron pierde energia al volver a llenar el hueco, produciendo un foton, en un proceso llamado recombinacion. Estos son conocidos como excitones brillantes, ya que la emision de fotones da lugar a la fotoluminiscencia. Otros excitones, sin embargo, tienen una confi uracion especifica que, segun las reglas de la mecanica cuantica, es incompatibl con la recombinacion. Debido a que no emiten fotones facilmente, se conocen como e citones oscuros. La ausencia de recombinacion les proporciona mas tiempo para despl zarse a traves del dispositivo, aumentando sus posibilidades de llegar a un electrodo y generar corriente mediante la separacion d carga. Aunque hace tiempo que se acepta que los excitones oscuros desempenan un papel lave en la generacion de corriente, su falta de respuesta optica los hace dificiles de estud ar. Los metodos experimentales se han centrado principalmente en los excitones bri lantes, precisamente porque emiten fotoluminiscencia, la cual puede detectarse convenien emente; o bien han requerido temperaturas criogenicas, muy alejadas de las condiciones d l mundo real, para detectar cualquier indicio de excitones scuros. Ahora, los investigadores de ICFO **Joseph Wragg**, el Dr. **Luca Bolzonello**, dirigidos por el **Prof. ICREA Niek van Hulst**, asi como el **Dr. Karuppasamy Pandian Soundarapandian** y **Riccardo Bertini**, bajo la direccion del **Prof. ICREA Frank Koppens**, en colaboracion con el Laboratorio Europeo de Espectroscopia No Lineal, la School for Engineering of Matter, Transport and Energy (Arizona), y el National Institute for Materials Science (Tsukuba, Japon), **han desarrollado un metodo para rastrear excitones en materiales a temperatura ambiente**, tanto espacial como espectralmente, **distinguiendo ademas entre las contribuciones brillantes y oscuras**. Publicada en Nano Letters, esta nueva tecnica promete ser una potente herramienta para comprender el comportamiento de los diferentes estados de los excitones y abre nuevas vias para la investigacion futura de materiales, incluyendo la proxima generacion de dispositivos electronicos y fotovoltaicos.

Para lograr estos resultados, el equipo llevo a cabo espectroscopia de accion, un metodo que rastrea tanto la fotoluminiscencia generada como las senales de fotocorriente, asociadas a los excitones brillantes y oscuros, respectivamente. Como caso de estudio, investigaron el WSe?, un semiconductor bidimensional ampliamente utilizado en ciencia de materiales. Al comparar ambas respuestas, los investigadores pudieron inferir el papel de cada tipo de excitacion en el material. Ademas, examinaron como el numero de capas del material afecta la fotoluminiscencia y la fotocorriente, explorando no solo la interaccion entre excitones brillantes y oscuros en cada espesor, sino tambien la estabilidad de cada estado excitado.

"**Este enfoque nos permite construir una imagen completa de la creacion, vida y extincion de los excitones en este tipo de materiales**", comparte Joseph Wragg, primer autor del articulo, quien recuerda haber observado transporte a distancias de varios micrometros. Y anade:

i¿½Los excitones oscuros nunca se habian estudiado de esta manera antes, y nuest a capacidad de recuperar este tipo de datos a temperatura ambiente es realmen e prometedora para futuros trabajosi?

½. En conjunto, esta novedosa tecnica ofrece una ventana de observacion hacia los mecanismos de transferencia de energia en materiales que son criticos para tecnolo ias optoelectronicas y fotovoltaicas. De hecho, los conocimientos que este trabajo ha brin ado podrian desempenar un papel clave a la hora de desbloquear su maximo potenc

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

Agradecimientos:
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.