

Image not found

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 $\frac{1}{2}$ hueco $\frac{1}{2}$ cuasi-positivo. El electron y el huec se enlazan, formando lo que se conoce como un exciton; el verdadero portador de energia potencial dentro del material. Para convertir esta energia en corriente electrica, es necesario separar de nuevo el electron y el hueco. Conseguir una $\frac{1}{2}$ separacion de carga $\frac{1}{2}$ eficiente es un proceso critico a optimizar en los materiales emergentes. Sin embargo, no todos los excitones logran generar corriente. En algunos casos, el electron 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 configuracion especifica que, segun las reglas de la mecanica cuantica, es incompatible con la recombinacion. Debido a que no emiten fotones facilmente, se conocen como excitones oscuros. La ausencia de recombinacion les proporciona mas tiempo para desplazarse a traves del dispositivo, aumentando sus posibilidades de llegar a un electrodo y generar corriente mediante la separacion de carga. Aunque hace tiempo que se acepta que los excitones oscuros desempeñan un papel clave en la generacion de corriente, su falta de respuesta optica los hace dificiles de estudiar. Los metodos experimentales se han centrado principalmente en los excitones brillantes, precisamente porque emiten fotoluminiscencia, la cual puede detectarse convenientemente; o bien han requerido temperaturas criogenicas, muy alejadas de las condiciones del mundo real, para detectar cualquier indicio de excitones oscuros. Ahora, los investigadores **Josep 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 dirección del **Prof. ICREA Frank Koppens**, en colaboración 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 método para rastrear excitones en materiales a temperatura ambiente**, tanto espacial como espectralmente, **distinguiendo además entre las contribuciones brillantes y oscuras**. Publicada en Nano Letters, esta nueva técnica promete ser una potente herramienta para comprender el comportamiento de los diferentes estados de los excitones y abre nuevas vías para la investigación futura de materiales, incluyendo la próxima generación de dispositivos electrónicos y fotovoltaicos.

Para lograr estos resultados, el equipo llevó a cabo espectroscopia de acción, un método que rastrea tanto la fotoluminiscencia generada como las señales de fotocorriente, asociadas a los excitones brillantes y oscuros, respectivamente. Como caso de estudio, investigaron el WSe₂, un semiconductor bidimensional ampliamente utilizado en ciencia de materiales. Al comparar ambas respuestas, los investigadores pudieron inferir el papel de cada tipo de excitación en el material. Además, examinaron cómo el número de capas del material afecta la fotoluminiscencia y la fotocorriente, explorando no solo la interacción entre excitones brillantes y oscuros en cada espesor, sino también la estabilidad de cada estado excitado.

"Este enfoque nos permite construir una imagen completa de la creación, vida y extinción de los excitones en este tipo de materiales", comparte Joseph Wragg, primer autor del artículo, quien recuerda haber observado transporte a distancias de varios micrometros. Y añade: *¿Los excitones oscuros nunca se habían estudiado de esta manera antes, y nuestra capacidad de recuperar este tipo de datos a temperatura ambiente es realmente prometedora para futuros trabajos?*

½. En conjunto, esta novedosa técnica ofrece una ventana de observación hacia los mecanismos de transferencia de energía en materiales que son críticos para tecnologías optoelectrónicas y fotovoltaicas. De hecho, los conocimientos que este trabajo ha brindado podrían desempeñar un papel clave a la hora de desbloquear su máximo 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

Agradecimientos:

J.W., L.B., and N.F.v.H. acknowledge support through the MCIN/AEI projects

PID2021-123814OB-I00, TED2021-129241BI00, the *¿Severo Ochoa¿* program for Cen

res of Excellence in R&D CEX2019-000910-S, Fundacio Privada Cellex, Fundacio Privada Mir-Puig, and the Generalitat de Catalunya through the CERCA program. N.F. .H. acknowledges financial support from the European Commission (ERC Advanced Grant 101054846-FastTrack). This work is part of the ICFO Clean Planet Program supported by Fundacio Joan Ribas Araquistain (FJRA). R.B. acknowledges funding from the European Union's Horizon H2020 under the Marie Skłodowska-Curie grant agreements No 847517.