



Investigadores del ICFO abordan un antiguo debate sobre el transporte de portadores de carga

Un equipo liderado por el ICFO ha aclarado los mecanismos de transporte de portadores de carga en el MoSe₂ (un material de grosor atómico), identificando los parámetros clave que influyen en su comportamiento, lo cual es fundamental para una amplia gama de dispositivos optoelectrónicos.

July 09, 2025

Los dicalcogenuros de metales de transición (TMDC, por sus siglas en inglés) son semiconductores de espesor atómico que están surgiendo como componentes clave en una amplia variedad de tecnologías avanzadas. Pueden utilizarse en electrónica como transistores, en óptica como emisores y detectores, entre muchas otras aplicaciones. Para seguir avanzando en este tipo de tecnologías, es vital comprender en profundidad los mecanismos que rigen el transporte de portadores de carga eléctrica a través del material. En los últimos años, numerosos experimentos han investigado las propiedades de transporte

ultrarrapido en los TMDC, con un énfasis particular en su **difusividad** (la tasa a la que las partículas se dispersan, normalmente moviéndose desde una región de mayor a menor concentración). Sin embargo, la proliferación de estudios sobre este tema ha dado lugar a una amplia variedad de resultados aparentemente inconsistentes, generando controversias que aun persisten a día de hoy.

Investigadores del ICFO, la **Dra. Giulia Lo Gerfo Morganti**, el **Dr. Guillermo D. Brinatti Vazquez**, dirigidos por el **Prof. ICREA Niek F. van Hulst**, en colaboración con la Universidad de Marburgo, el Instituto Catalán de Nanociencia y Nanotecnología (ICN2) y la Universidad Técnica de Eindhoven, han arrojado recientemente algo de luz sobre esta cuestión. En un artículo publicado en Nature Communications, presentan un estudio experimental sistemático, respaldado por un modelo microscópico unificado, sobre el transporte de carga y energía en el MoSe₂ (un TMDC). Sus hallazgos reconcilian resultados previamente contradictorios al destacar **dos factores críticos: la dimensionalidad del material** (el número de capas de un solo átomo de grosor) **y su interacción con el sustrato subyacente** (el material sobre el que se deposita la muestra).

Las mediciones nocturnas dieron sus frutos

Para investigar estos efectos, el equipo del ICN2 fabricó muestras de MoSe₂ de distintos grosores -algunas tan delgadas como un solo átomo- y las suspendió sobre un orificio de 15 micrómetros para estudiar cómo se producía el transporte en ausencia de un sustrato. Luego, el equipo del ICFO utilizó pulsos láser ultrarrápidos y microscopía resuelta en el tiempo para seguir el desplazamiento de los portadores de carga a través del material a lo largo del tiempo, obteniendo finalmente propiedades de transporte como su difusividad. Trabajar con monocapas suspendidas representó un gran desafío técnico debido a su extrema fragilidad y débil respuesta óptica, lo que complicó significativamente la recopilación de datos. ¿Superamos esto realizando mediciones prolongadas durante la noche, repitiendo los experimentos en múltiples regiones de las muestras y analizando rigurosamente los datos para asegurar una interpretación precisa? ¿, comenta la Dra. Giulia Lo Gerfo Morganti, investigadora del ICFO y primera autora del artículo. ¿? Estas precauciones fueron esenciales para generar resultados fiables y de alta calidad, aunque extendieron significativamente la duración del proyecto. ¿? anade. Al final, el equipo descubrió que la monocapa de MoSe₂ suspendida exhibe una difusión de portadores de carga extremadamente rápida en comparación con las capas múltiples y las capas apoyadas en un sustrato, y que esta difusión ultrarrápida comienza tras aproximadamente 1 picosegundo (10^{-12} segundos). Además, el grosor y la presencia o ausencia de un sustrato también influyen significativamente en cómo el sistema alcanza este régimen d

Beneficios para dispositivos optoelectrónicos

¿Nuestros hallazgos fueron respaldados por simulaciones microscópicas desarrolladas en colaboración con el Prof. Ermin Malic y el Dr. Roberto Rosati de la Universidad de Marburgo, comenta la Dra. Lo Gerfo Morganti. Estas simulaciones coincidieron elegantemente con los resultados experimentales, confirmando aun más que tanto el grosor del material como el acoplamiento con el sustrato son parámetros fundamentales que rigen los mecanismos de transporte a nivel atómico y subatómico. Según la investigadora **Este conocimiento es crucial para aplicaciones optoelectrónicas, como los fotodetectores ultrarrápidos y las células solares eficientes**, donde el control preciso de la dinámica de los portadores de carga es esencial para el rendimiento y diseño del dispositivo?

. De cara al futuro, los investigadores planean extender su enfoque a monocapas suspendidas de otros materiales TMDC, lo que podría revelar nuevos fenómenos de transporte a escala nanométrica. ¿Nuestras simulaciones ya están listas. Ahora solo necesitamos ver si los datos experimentales correspondientes coinciden con ellos, concluye la Dra. Lo Gerfo Mor

Referencia:

Lo Gerfo Morganti, G., Rosati, R., Brinatti Vazquez, G.D. et al. Transient ultrafast and negative diffusion of charge carriers in suspended MoSe₂ from multilayer to monolayer. Nat Commun 16, 5184 (2025).

DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-025-60197-3>

Agradecimientos:

G.L.G.M., G.D.B.V. and N.F.v.H. acknowledge support through the MCIN/AEI projects PID2021-123814OB-I00, TED2021-129241BI00, the ¿Severo Ochoa¿ program for Centres of Excellence in R&D CEX2019-000910-S, Fundacio Privada Cellex, Fundacio Privada Mir-Puig, and the Generalitat de Catalunya through the CERCA program. G.L.G.M. is supported through the MCIN/AEI project PRE2019-091051. N.F.v.H. acknowledges the financial support by 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). S.V. and D.S.R. acknowledge the support of the Spanish Ministry of Economy through FPI-SO2018 and FPI-SO2019, respectively. K.J.T. acknowledges funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation program under Grant Agreement No. 804349 (ERC StG CUHL) and FLAG-ERA grant ENPHOCAL, by MICIN with No. PCI2021-122101-2A (Spain). ICN2 was supported by the Severo Ochoa program from Spanish MINECO grant no. SEV-2017-0706. E.M. and R.R. acknowledge financial support from the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) via SFB 1083 as well as the regular project 542873285. The authors acknowledge Pawel Wozniak for his contribution in the first stag

of the paper and the acquisition of some preliminary results.