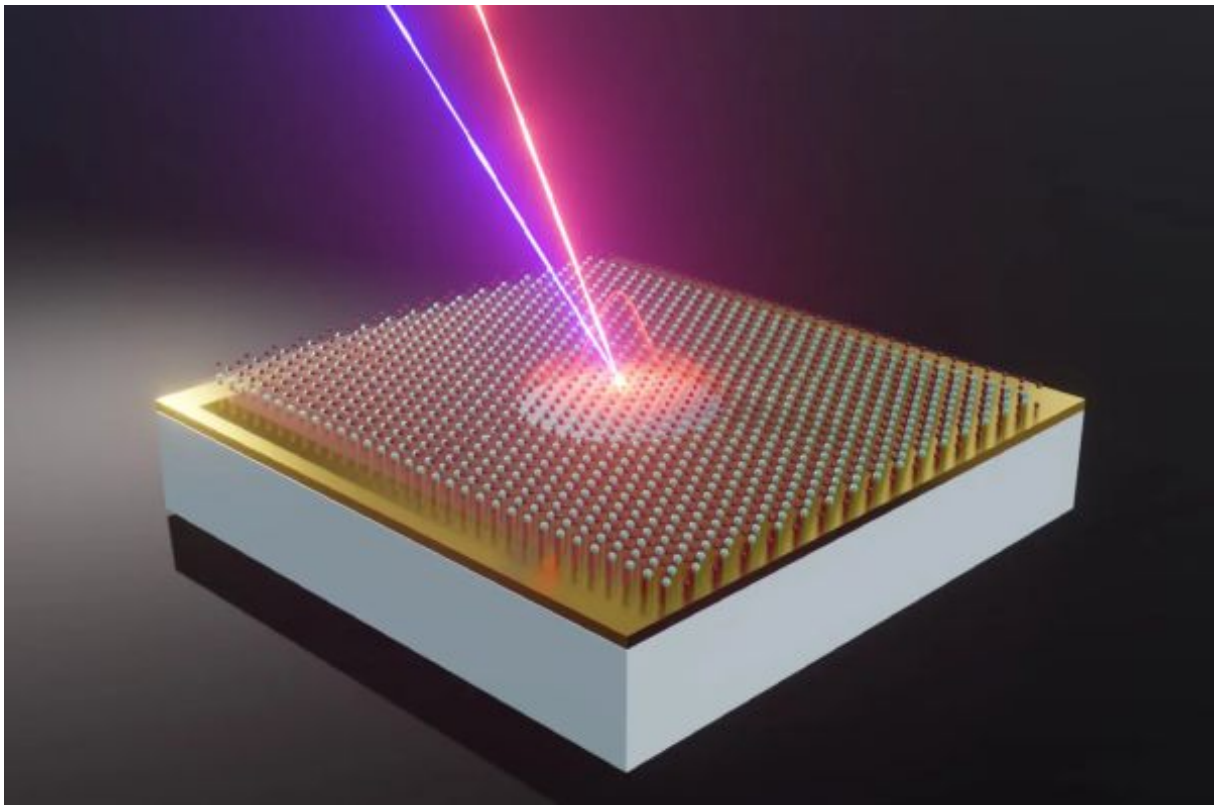

Investigadores del ICFO abordan un antiguo debate sobre el transporte de portadores de carga

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

July 09, 2025

Los dicalcogenuros de metales de transicion (TMDC, por sus siglas en ingles) son semiconductores de espesor atomico que estan surgiendo como componentes clave en una amplia variedad de tecnologias avanzadas. Pueden utilizarse en electronica como transistores, en optica como emisores y detectores, entre muchas otras aplicaciones. Para seguir avanzando en este tipo de tecnologias, es vital comprender en profundidad los mecanismos que rigen el transporte de portadores de carga electrica a traves del material. En los ultimos anos, numerosos experimentos han investigado las propiedades de transporte

ultrarrapido en los TMDC, con un enfasis particular en su **difusividad** (la tasa a la que las particulas se dispersan, normalmente moviendose desde una region de mayor a menor concentracion). Sin embargo, la proliferacion de estudios sobre este tema ha dado lugar a una amplia variedad de resultados aparentemente inconsistentes, generando controversias que aun persisten a dia 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 colaboracion con la Universidad de Marburgo, el Instituto Catalan de Nanociencia y Nanotecnologia (ICN2) y la Universidad Tecnica de Eindhoven, han arrojado recientemente algo de luz sobre esta cuestion. En un articulo publicado en Nature Communications, presentan un estudio experimental sistematico, respaldado por un modelo microscopico unificado, sobre el transporte de carga y energia en el MoSe? (un TMDC). Sus hallazgos reconcilian resultados previamente contradictorios al destacar **dos factores criticos: la dimensionalidad del material** (el numero de capas de un solo atomo de grosor) **y su interaccion 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 fabrico muestras de MoSe? de distintos grosores -algunas tan delgadas como un solo atomo- y las suspendio sobre un orificio de 15 micrometros para estudiar como se producia el transporte en ausencia de un sustrato. Luego, el equipo del ICFO utilizo pulsos laser ultrarrapidos y microscopia resuelta en el tiempo para seguir el desplazamiento de los portadores de carga a traves del material a lo largo del tiempo, obteniendo finalmente propiedades de transporte como su difusividad. Trabajar con monocapas suspendidas represento un gran desafio tecnico debido a su extrema fragilidad y debil respuesta optica, lo que complico significativamente la recopilacion de datos. i¿½Superamos esto realizando mediciones prolongadas durante a noche, repitiendo los experimentos en multiples regiones de las muestras y analizan o rigurosamente los datos para asegurar una interpretacion precisai¿½, comenta la Dra. Gi lia Lo Gerfo Morganti, investigadora del ICFO y primera autora del articulo. i¿?
Estas precauciones fueron esenciales para generar resultados fiables y de alta calidad, unque extendieron significativamente la duracion del proyectoi¿½
anade. Al final, el equipo descubrio que la monocapa de MoSe? suspendida exhibe una dif sion de portadores de carga extremadamente rapida en comparacion con las capas multipl s y las capas apoyadas en un sustrato, y que esta difusion ultrarrapida cola sa tras aproximadamente 1 picosegundo (10?¹² segundos). Ademas, el grosor y la p esencia o ausencia de un sustrato tambien influyen significativamente en como el sistema al anza este regimen d

Beneficios para dispositivos optoelectronicos

i¿½Nuestros hallazgos fueron respaldados por simulaciones microscopicas desarrolladas n colaboracion con el Prof. Ermin Malic y el Dr. Roberto Rosati de la Universidad e Marburgoi¿½, comenta la Dra. Lo Gerfo Morganti. Estas simulaciones coincidi ron elegantemente con los resultados experimentales, confirmando aun mas que tanto el gr sor del material como el acoplamiento con el sustrato son parametros fundamentales que r gen los mecanismos de transporte a nivel atomico y subatom co. Segun la investigadora, **Este conocimiento es crucial para aplicaciones optoelectronicas, como los fotodetectores ultrarrapidos y las celulas solares eficientes**, donde el control preciso de la dinamica de los portadores de carga es esencial para el rendimiento y diseno del dispositivoi¿?

. De cara al futuro, los investigadores planean extender su enfoque a monocapas suspendid s de otros materiales TMDC, lo que podria revelar nuevos fenomenos de transporte a esca a nanometrica. i¿½Nuestras simulaciones ya estan listas. Ahora solo necesitamos ver si los datos experimentales correspondientes coinciden con ellasi¿½, 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 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. 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 - FastTra k). This work is part of the ICFO Clean Planet Program supported by Fundacio Joan R bas Araquistain (FJRA). S.V. and D.S.R. acknowledge the support of the Spanish Ministr of Economy through FPI-SO2018 and FPI-SO2019, respectively. K.J.T. acknowledges fun ing from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programunder G ant 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 Spa ish 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 pro ect 542873285. The authors acknowledge Pawel Wozniak for his contribution in the first stag

of the paper and the acquisition of some preliminary results.