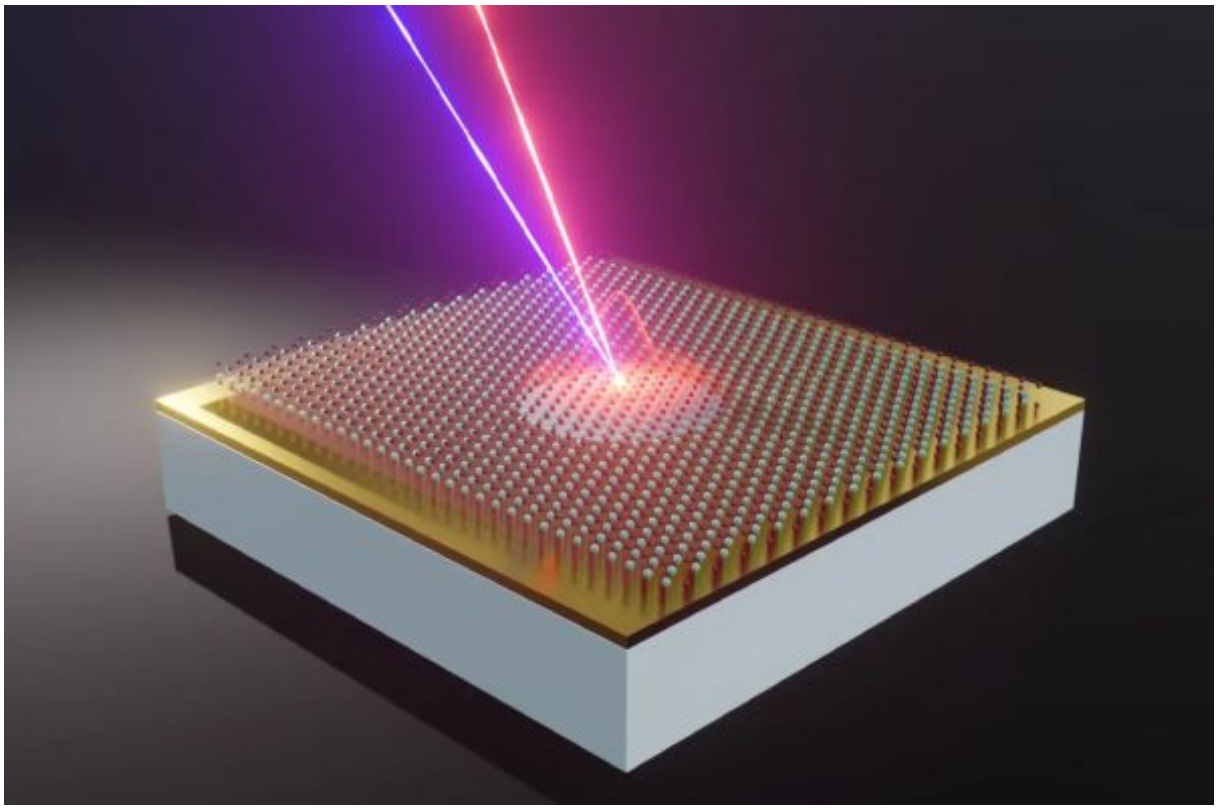

Investigadors de l?ICFO aborden un antic debat sobre el transport de portadors de carrega

Un equip liderat per l'ICFO ha aclarit els mecanismes de transport de portadors de carrega en el MoSe? (un material de gruix atomic), identificant els parametres clau que influeixen en el seu comportament, un aspecte fonamental per a una amplia gamma de dispositius optoelectronics.

July 09, 2025

Els dicalcogenurs de metalls de transicio (TMDC, per les seves sigles en angles) son semiconductors d'un sol atom de gruix que estan emergint com a components clau en una gran varietat de tecnologies avancades. Es poden utilitzar en electronica com a transistors, en optica com a emissors i detectors, entre moltes altres aplicacions. Per continuar avancant en aquest tipus de tecnologies, es vital entendre en profunditat els mecanismes que governen el transport de portadors de carrega electrica a traves del material.
En els darrers anys, nombrosos experiments han investigat les propietats del transport

ultrarapid en els TMDC, amb un emfasi especial en la seva **difusivitat** (la velocitat amb que les particules es dispersen, normalment desplacant-se des d'una regio de major a menor concentracio). Tanmateix, la proliferacio d'estudis en aquest camp ha donat lloc a una gran varietat de resultats aparentment inconsistents, generant controversies que, avui dia, encara persisteixen.
Investigadors de l'ICFO, la **Dra. Giulia Lo Gerfo Morganti**, el **Dr. Guillermo D. Brinatti Vazquez**, dirigits pel **Prof. ICREA Niek F. van Hulst**, en col·laboracio amb la Universitat de Marburg l'Institut Catala de Nanociencia i Nanotecnologia (ICN2) i la Universitat Tecnica d'Eindhoven han aportat recentment llum sobre aquesta qüestio. En un article publicat aNature Communications, presenten un estudi experimental sistematic, recolzat per un model microscopic unificat, sobre el transport de carrega i energia en el MoSe? (un TMDC). L'estudi reconcilia resultats previament contradictoris en destacar **dos factors critics: la dimensionalitat del material** (el nombre de capes d'un sol atom de gruix) **i la seva interaccio amb el substrat subjacent** (el material sobre el qual es diposita la mostra).

Les mesures nocturnes van donar el seu fruit

Per investigar aquests efectes, l'equip de l'ICN2 va fabricar mostres de MoSe? de diferents gruixos -algunes tan primes com un sol atom- i les va suspendre sobre un orifici de 15 micrometres per estudiar com es produia el transport en absencia de substrat. Tot seguit, l'equip de l'ICFO va utilitzar polsos laser ultrarapids i microscopia resolta en el temps per seguir el desplacament dels portadors de carrega a traves del material i al llarg del temps, obtenint finalment propietats de transport com la seva difusivitat.
Treballar amb monocapes suspeses va representar un gran repte tecnic a causa de la seva extrema fragilitat i debil resposta optica, fet que va complicar considerablement la recollida de dades. i¿½Vam superar aquest repte fent mesures prolongades durant la nit, repetint e s experiments en multiples regions de les mostres i analitzant rigorosament les dades p r garantir una interpretacio precisai¿½, comenta la Dra. Giulia Lo Gerfo Morganti, investiga ora de l'ICFO i primera autora de l'article. i¿½Aquestes precaucions van ser essencia s per generar resultats fiables i d'alta qualitat, encara que van allargar significativament la urada del projectei¿½,
fegeix. Finalment, l'equip va descobrir que la monocapa de MoSe? suspesa presenta una di usio de portadors de carrega extremadament rapida en comparacio amb les capes multipl s i les capes suportades en un substrat, i que aquesta difusio ultrarapida col·laps despres d'aproximadament 1 picosegon (10?¹² segons). A mes, tant el gruix com la resencia o absencia de substrat tambe influeixen significativament en com el sistema arri a a aquest regim de

Beneficis per a dispositius optoelectronics

i¿½Els nostres descobriments van ser recolzats per simulacions microscopiqu

s desenvolupades en col·laboracio amb el Prof. Ermin Malic i el Dr. Roberto Rosati de la Universitat de Marburgi¿½, comenta la Dra. Lo Gerfo Morganti. Aquestes simula ions concordaven elegantment amb els resultats experimentals, confirmant encara mes que tant el gruix del material com l'acoblament amb el substrat son parametres fonamental que governen els mecanismes de transport a nivell atomic i subat mic. Segons la investigadora, i¿½**Aquest coneixement es crucial per a aplicacions optoelectroniques, com ara els fotodetectors ultrarapids i les cel·lules solars eficients**, on el control precis de la dinamica dels portadors de carrega es essencial per al rendiment i el disseny del dispositiu.i¿ ? Mirant cap al futur, els investigadors preveuen estendre el seu enfocament a monocap s suspeses d'altres materials TMDC, la qual cosa podria revelar nous fenomens de transport a escala nanometrica. i¿½Les nostres simulacions ja estan llestes. Ara nomes cal veure si les dades experimentals corresponents coincideixen amb ellesi¿½, conclou 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

Agraiments:
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.