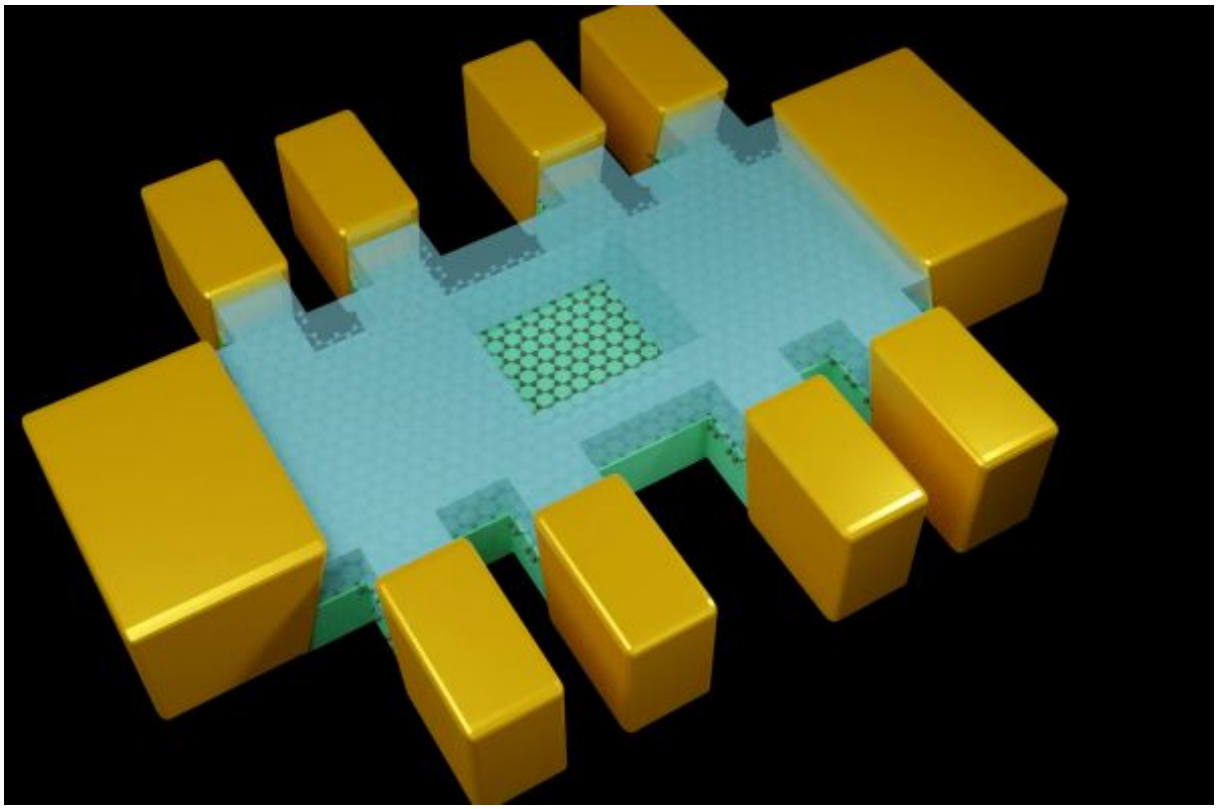


Aconsegueixen exposar la superficie del grafe sense comprometre?n la qualitat

La sintesi de nitrur de bor hexagonal (hBN) d'alta qualitat va marcar un punt d'inflexio en la recerca de materials bidimensionals (2D). En encapsular un material 2D (per exemple, grafe) entre capes d'hBN, el material queda protegit de la degradacio ambiental, preservant aixi la seva maxima qualitat i propietats uniques.

Tanmateix, algunes aplicacions requereixen un acces directe a la superficie del grafe. Eliminar l'hBN, pero, no sol ser una opcio, ja que aixo compromet greument la seva qualitat. Per superar aquesta limitacio, els investigadors de l'ICFO han desenvolupat una nova tecnica capac d'eliminar selectivament la capa superior d'hBN, tot preservant alhora la qualitat electronica del grafe. El seu enfocament, publicat a the Journal of Physics: Materials, obre la porta a una amplia gamma d'aplicacions, com ara la caracteritzacio d'alta resolucio, la deteccio bioquimica i la

plasmonica.

October 24, 2025

Els experiments amb materials bidimensionals, d'un sol atom de gruix, solen requerir capes protectores que els encapsulin per mantenir-ne les excepcionals propietats electroniques. Una configuracio habitual consisteix a col·locar grafe entre dues capes de nitrur de bo hexagonal (hBN): la capa inferior protegeix el grafe dels substrats rugosos, mentre que l superior l'ailla de l'entorn, maximitzant el rendiment dels dispositius resultants

Tot i que aquesta estrategia d'encapsulacio funciona notablement be, per a certe aplicacions cal poder accedir directament a la superficie del grafe, per exemple, pe estudiar-la amb tecniques d'alta resolucio o en aplicacions de deteccio bioquimica. N obstant aixo, eliminar parcialment l'hBN per exposar la superficie degrada drasticament l qualitat electronica del grafe, un preu a pagar que, per als investigadors, es massa alt

Ara, els investigadors de l'ICFO, e**Dr. Hitesh Agarwal**, el **Dr. Antoine Reserbat-Plantey**, el **Dr. David Barcons Ruiz**, el **Dr. Karuppasamy Pandian Soundarapandian**, el **Dr. Geng Li**, el **Dr. Vahagn Mkhitaryan**, el **Dr. Johann Osmond**, la **Dra. Helena Lozano** i el **Dr. Petr Stepanov**, dirigits pel **professor ICREA Frank Koppens** i el **Dr. Roshan Krishna Kumar**, han demostrat un metode fiable per eliminar selectivament la capa superior d'hBN de dispositius de grafe sense comprometre significativament l'excepcional qualitat electronica d'aquest material. D'aquesta manera, la tecnica supera per primera vegada l'antic compromis entre proteccio i accessibilitat. Els resultats, publicats a the Journal of Physics: Materials, es van obtenir en col·laboracio amb la Universite Cote d'Azur, el National Institute for Materials Scienc (Tsukuba, Japo) i la University of Notre Dame

Per aconseguir-ho, l'equip primer va fabricar dispositius completament encapsulats de graf entre dues capes d'hBN. A continuacio, van definir les regions on posteriorment s'exposari el grafe. Abans de procedir al gravat, els investigadors van netejar amb cura la superfici mitjancant un proces en dues fases: primer, eliminant els residus del vernis fotosensible i segon, escombrant mecanicament els contaminants de l'hBN superior. Tot seguit, utilitzan l'anomenat metode de i¿½gravat ionic reactiu amb SF?i¿½, van eliminar selectivament la capa superior d'hBN en les arees previament definides, deixant intactes el grafe subjacent i 'hBN infe

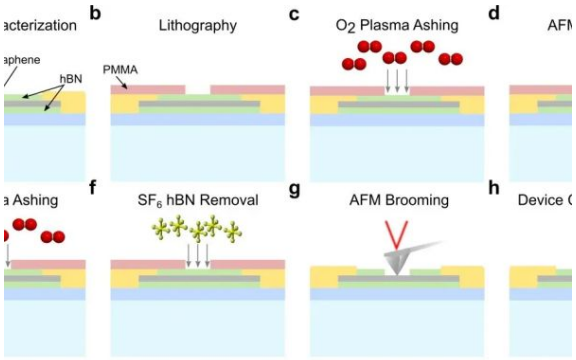
ior. i¿½Ens van sorprendre molt les mesures de transport quantic d'en Hitesh, que mostra en que els electrons del grafe continuen movent-se de manera balistica despres d'aquest pas de gravati¿½, explica el Dr. Roshan Krishna Kumar, autor principal de l'estudi. i¿½Va se aleshores quan ell ens va convencer del potencial i les capacitats d'aquesta tecnica, no omes per a aplicacions en dispositius, sino tambe per a estudis fonamentalsi?

½, afegeix. **El metode de gravat va demostrar ser altament eficac, permetent una exposicio controlada i neta de regions seleccionades**. i¿½Ara els investigadors podran fabric

r dispositius de grafe encapsulats en hBN i posteriorment exposar el grafe localment, so a demanda, tot preservant-ne la qualitat intrinsecai¿½, afirma el Dr. Hitesh Agarwal, pr mer autor de l'article. i¿½Crec que el següent pas per al camp hauria de ser aplicar questa tecnica tant a estudis fonamentals de materials com a l'enginyeria de nous disposit

Referencia:
Hitesh Agarwal et al, In situ engineering hexagonal boron nitride in van der Waals heterostructures with selective SF6 etching, J. Phys. Mater. 8 045006 (2025).
DOI: 10.1088/2515-7639/adfd15

Agraiments:
We would like to thank Carmen Rubio-Verdu (ICFO), Tymofiy Khodkov (ICFO), Lene Gammelgaard (DTU), Juan Sierra, Patricia Aguilar, Sergio Valenzuela (ICN2) and Qian Yang (University of Manchester) for important insights and useful discussions. We further thank Matteo Ceccanti for making the illustration presented in figure 1. H.A. acknowledges funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under Marie Sk?odowska-Curie grant Agreement No. 665884. A.R.-P. acknowledges funding from ANR JCJC NEAR-2D and Welcome Package Idex (UniCA) as well as AAP Tremplin Complex 2023 ?2DNEUROTWIST' (ANR-15-IDEX-01). R.K.K. acknowledges funding by MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and by the ?European Union NextGenerationEU/PRTR' PCI2021-122020-2A within the FLAG-ERA grant [PhotoTBG], by ICFO, RWTH Aachen and ETHZ/Department of Physics. R. K. K. also acknowledges support from the Ramon y Cajal Grant RYC2022-036118-I funded by MICIU/AEI/10.13039/501100011033 and by ?ESF+'. F.H.L.K. acknowledges support from the Gordon and Betty Moore Foundation through Grant GBMF12212, and the Government of Spain (QTWIST RD0768/2022, PID2022-141081NB-I00; Severo Ochoa CEX2019-000910-S, and CEX2024- 001490-S [MCIN/EI/10.13039/501100011033). This work was also supported by the European Union NextGenerationEU/PRTR (PRTR-C17.I1) and EXQIRAL 101131579, Fundacio Cellex, Fundacio Mir-Puig, Generalitat de Catalunya (CERCA, Department of Digital Policies and Territory, AGAUR, 2021 SGR 014431656), and BBVA Foundation 2022 Fundamentals Program (An Electronic Quantum Simulator).



a-h) Esquemes del flux de treball presentat en aquest estudi. Font: the Journal of Physics: Materials.