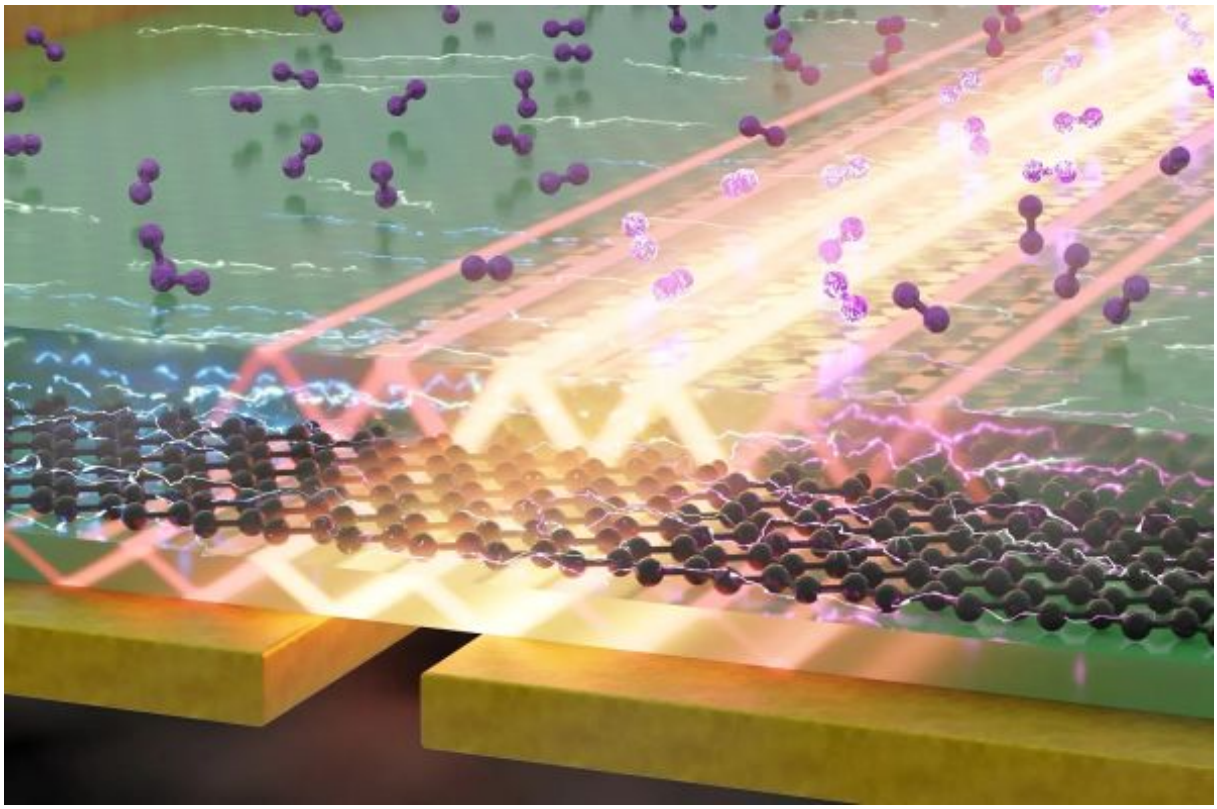
ICFO



Un nou dispositiu en xip utilitza raigs de llum exotica en materials 2D per detectar molecules

Investigadors han desenvolupat un detector altament sensible per identificar molecules mitjancant la seva i¿½empremtai ?½ vibracional en l'infraroig. Publicat a Nature Communicati ns, aquest innovador detector converteix la llum infraroja inciden en "nanollum" ultra-confinada en forma de polaritons fononics ins de l'area activa del detector. Aquest mecanisme compleix ues funcions crucials: augmenta la sensibilitat general del detect r i millora l'empremta vibracional d'una capa molecula de nanometres de gruix col·locada sobre el detector, cos que permet que aquesta empremta molecular es detecti i analitz mes facilment.

El disseny compacte i l'operacio a temperatura ambient del dispositiu prometen el desenvolupament de plataformes ultra-compactes per a aplicacions de deteccio molecular i de gasos.

November 19, 2024

Les molecules tenen una mena d'"empremtes dactilars", caracteristiques uniques que poden utilitzar-se per diferenciar-les. Cada tipus de molecula, quan s'il·lumina amb la llu adequada, vibra a una freqüencia caracteristica (la seva freqüencia de ressonancia, ue generalment es troba en el rang infraroig) i amb una intensitat especifica. De man ra semblant al que es fa amb les empremtes dactilars humanes, aquesta informacio es ot utilitzar per distingir entre diferents tipus de molecules o gasos. Aixo tambe pot protegir- os de perills potencials, identificant substancies o gasos toxics i perillosos en lloc de crimina s. Un enfocament convencional es l'espectroscopia d'empremtes infraroges, que utili za espectres de reflexio o transmissio d'infrarojos per identificar diferents molecules. No obstant, la petita mida de les molecules organiques en comparacio amb la longitud d'ona de l'infraroig resulta en un senyal de dispersio feble, cosa que dificulta la deteccio de peti es quantitats de material. En els darrers anys, aquesta limitacio s'ha abordat mitjanc nt l'espectroscopia d'absorcio infraroja millorada en superficie (SEIRA, per les seves sigles en angles). L'espectroscopia SEIRA aprofita la millora del camp proper infraroig proporcion da per superficies metal·liques rugoses o nanoestructures metal·liques per amplificar els se yals vibracionals moleculars. El principal avantatge de SEIRA es la seva capacitat per mesu ar i estudiar quantitats diminutes de mate
ial. Recentment, els polaritons fononics (excitacions acoblades d'ones electromagnetique amb vibracions de la xarxa atomica), especialment els polaritons fononics hiperbolics (HPhP) en capes primes de nitrur de bor hexagonal (h-BN), han sorgit com a candidats prometedor per augmentar la sensibilitat de l'espectroscopia SEIRA. "Anteriorment, vam demostrar qu els polaritons fononics poden aplicar-se a l'espectroscopia SEIRA de capes molecula s de nanometres de gruix i a la deteccio de gasos, gracies a les seves llargues vides utils i ultr -alt confinament del camp", comenta el Prof. Rainer Hillenbrand de Nano
une. No obstant aixo, l'espectroscopia SEIRA segueix sent una tecnica de camp lluny que requereix equips voluminosos, com ara fonts de llum, substrats SEIRA i, normal ent, detectors d'infrarojos refredats amb nitrogen. Aquesta necessitat de gran instrumen acio limita el seu potencial de miniaturitzacio i aplicacions en xip. Paral·lelament, "hem estat investigant detectors d'infrarojos basats en grafe que operen a temperatura ambient, i hem demostrat que els polaritons fononics poden detectar-se electricament i millo ar la sensibilitat del detector", afegeix el Prof. Frank Koppens de l
ICFO. Combinant aquests avencos, ara un equip d'investigadors ha demostrat amb exit la p imera deteccio SEIRA fononica en xip de vibracions moleculars. Aquest resultat va ser po sible gracies als esforcos experimentals conjunts dels investigadors de Nanogune i de l ICFO, juntament amb el suport teoric dels grups del Dr. Alexey Nikitin al Centre Internacio al de Fisica de Donostia i del Prof. Luis Martin-Moreno a l'Institut de Nanociencia i Mat

rials d'Arago (CSIC-Universitat de Saragossa). Els investigadors van utilitzar HPhPs ultra-con inats per detectar empremtes moleculars en capes moleculars de nanometres de gruix directament en la fotocorrent d'un detector basat en grafe, eliminant la necessi at de detectors IR tradicionals i volumi osos. "Un dels aspectes mes emocionants d'aquest enfocament es que aquest detector ba at en grafe obre el cami cap a la miniaturitzacio", comenta l'investigador de l'ICFO, Dr. Seb stian Castilla. I continua: "Integrant aquest detector amb canals microfluidics, podriem cr ar un veritable 'laboratori en xip', capac d'identificar molecules especifiques en petites m stres liquides, obrint el cami per a diagnostics medics i monitoratge ambie tal". En una perspectiva mes amplia, l'investigador de Nanogune i primer autor de l'estud , Dr. Andrei Bylinkin, creu que "els detectors d'infrarojos en xip que operen a temperatura a bient podrien permetre una identificacio molecular rapida, potencialment integrada en te efons intel·ligents o dispositius electronics portatils". A mes, considera que "aixo oferi ia una plataforma per a una espectroscopia infraroja compacta, sensible i operativa a temp ratura am

Referencia:
Bylinkin, A., Castilla, S., Slipchenko, T.M. et al. On-chip phonon-enhanced IR near-field detection of molecular vibrations. Nat Commun **15**, 8907 (2024). Featured in the journal's Editors' Highlights
DOI: https://doi.org/10.1038/s41467-024-53182-9

Agraiments:
The work was financially supported by the European Union's Horizon 2020 research and innovation program under grant agreement Nos. 785219 and 881603 (GrapheneCore2 and GrapheneCore3 of the Graphene Flagship). R.H., F. Casanova, and L.E.H. acknowledge funding by the Spanish MICIU/AEI/10.13039/501100011033 (grant CEX2020-001038-M). R.H. acknowledges funding by the Spanish MICIU/AEI and ERDF/EU (grants RTI2018-094830-B-I00 and PID2021-123949OB-I00). F. Casanova and L.E.H. acknowledge funding by the Spanish MICIU/AEI and ERDF/EU (grant PID2021-122511OB-I00). F.H.L.K. acknowledges funding by the Spanish MICIU/AEI (grants FIS2016-81044, PID2019-106875GB-100, CEX2019-000910-S, PCI2021-122020-2A and PDC2022-133844-100). A.N. acknowledges funding by the Spanish MICIU/AEI and ERDF/EU (grants PID2020-115221GB-C42 and PID2023-147676NB-I00); by the Department of Education of the Basque Government (grant PIBA-2023-1-0007). L.M.-M and T.S. acknowledge funding by the Spanish MICIU/AEI (grants PID2020-115221GB-C41 and CEX2023-001286-S); by the Government of Aragon through Project Q-MAD. F.H.L.K, S.C., and V.P. acknowledge funding by the European Union (ERC, POLARSENSE, 101123421).