



Un nou dispositiu en xip utilitza raigs de llum exòtica en materials 2D per detectar molècules

Investigadors han desenvolupat un detector altament sensible per identificar molècules mitjançant la seva empremta vibracional en l'infraroig. Publicat a *Nature Communications*, aquest innovador detector converteix la llum infraroja incident en "nanollum" ultra-confinada en forma de polaritons fonònics dins de l'àrea activa del detector. Aquest mecanisme compleix dues funcions crucials: augmenta la sensibilitat general del detector i millora l'empremta vibracional d'una capa molecular de nanometres de gruix col·locada sobre el detector, cosa que permet que aquesta empremta molecular es detecti i analitzi més fàcilment.

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

November 19, 2024

Les molècules tenen una mena d'"empremtes dactilars", característiques úniques que poden utilitzar-se per diferenciar-les. Cada tipus de molècula, quan s'il·lumina amb la llum adequada, vibra a una freqüència característica (la seva freqüència de ressonància, que generalment es troba en el rang infraroig) i amb una intensitat específica. De manera semblant al que es fa amb les empremtes dactilars humanes, aquesta informació es pot utilitzar per distingir entre diferents tipus de molècules o gasos. Això també pot protegir-nos de perills potencials, identificant substàncies o gasos tòxics i perillosos en lloc de crims. Un enfocament convencional és l'espectroscòpia d'empremtes infraroges, que utilitza espectres de reflexió o transmissió d'infrarojos per identificar diferents molècules. No obstant, la petita mida de les molècules orgàniques en comparació amb la longitud d'ona de l'infraroig resulta en un senyal de dispersió feble, cosa que dificulta la detecció de petites quantitats de material. En els darrers anys, aquesta limitació s'ha abordat mitjançant l'espectroscòpia d'absorció infraroja millorada en superfície (SEIRA, per les seves sigles en anglès). L'espectroscòpia SEIRA aprofita la millora del camp proper infraroig proporcionada per superfícies metal·liques rugoses o nanoestructures metal·liques per amplificar els senyals vibracionals moleculars. El principal avantatge de SEIRA és la seva capacitat per mesurar i estudiar quantitats diminutes de material. Recentment, els polaritons fonònics (excitacions acoblades d'ones electromagnètiques amb vibracions de la xarxa atòmica), especialment els polaritons fonònics hiperbòlics (HPhP) en capes primes de nitrur de bor hexagonal (h-BN), han sorgit com a candidats prometedors per augmentar la sensibilitat de l'espectroscòpia SEIRA. "Anteriorment, vam demostrar que els polaritons fonònics poden aplicar-se a l'espectroscòpia SEIRA de capes moleculars de nanometres de gruix i a la detecció de gasos, gràcies a les seves llargues vides útils i ultr-alt confinament del camp", comenta el Prof. Rainer Hillenbrand de Nanogune. No obstant això, l'espectroscòpia SEIRA segueix sent una tècnica de camp lluny que requereix equips voluminosos, com ara fonts de llum, substrats SEIRA i, normalment, detectors d'infrarojos refredats amb nitrogen. Aquesta necessitat de gran instrumentació limita el seu potencial de miniaturització 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 fonònics poden detectar-se elèctricament i millorar la sensibilitat del detector", afegeix el Prof. Frank Koppens de l'ICFO. Combinant aquests avenços, ara un equip d'investigadors ha demostrat amb èxit la primera detecció SEIRA fonònica en xip de vibracions moleculars. Aquest resultat va ser possible gràcies als esforços experimentals conjunts dels investigadors de Nanogune i de l'ICFO, juntament amb el suport teòric dels grups del Dr. Alexey Nikitin al Centre Internacional de Física de Donostia i del Prof. Luis Martín-Moreno a l'Institut de Nanociència i Mat

rials d'Arago (CSIC-Universitat de Saragossa). Els investigadors van utilitzar HPhPs ultra-confinats per detectar empremtes moleculars en capes moleculars de nanometres de gruix directament en la fotocorrent d'un detector basat en grafe, eliminant la necessitat de detectors IR tradicionals i voluminosos. "Un dels aspectes més emocionants d'aquest enfocament és que aquest detector basat en grafe obre el camí cap a la miniaturització", comenta l'investigador de l'ICFO, Dr. Sebastian Castilla. I continua: "Integrant aquest detector amb canals microfluidics, podríem crear un veritable 'laboratori en xip', capaç d'identificar molècules específiques en petites mostres líquides, obrint el camí per a diagnòstics mèdics i monitoratge ambiental". En una perspectiva més ampla, l'investigador de Nanogune i primer autor de l'estudi, Dr. Andrei Bylinkin, creu que "els detectors d'infrarojos en xip que operen a temperatura ambient podrien permetre una identificació molecular ràpida, potencialment integrada en dispositius intel·ligents o dispositius electrònics portatils". A més, considera que "això ofereix una plataforma per a una espectroscòpia infraroja compacta, sensible i operativa a temperatura ambient".

Referència:

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>

Agraïments:

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-I00, 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).