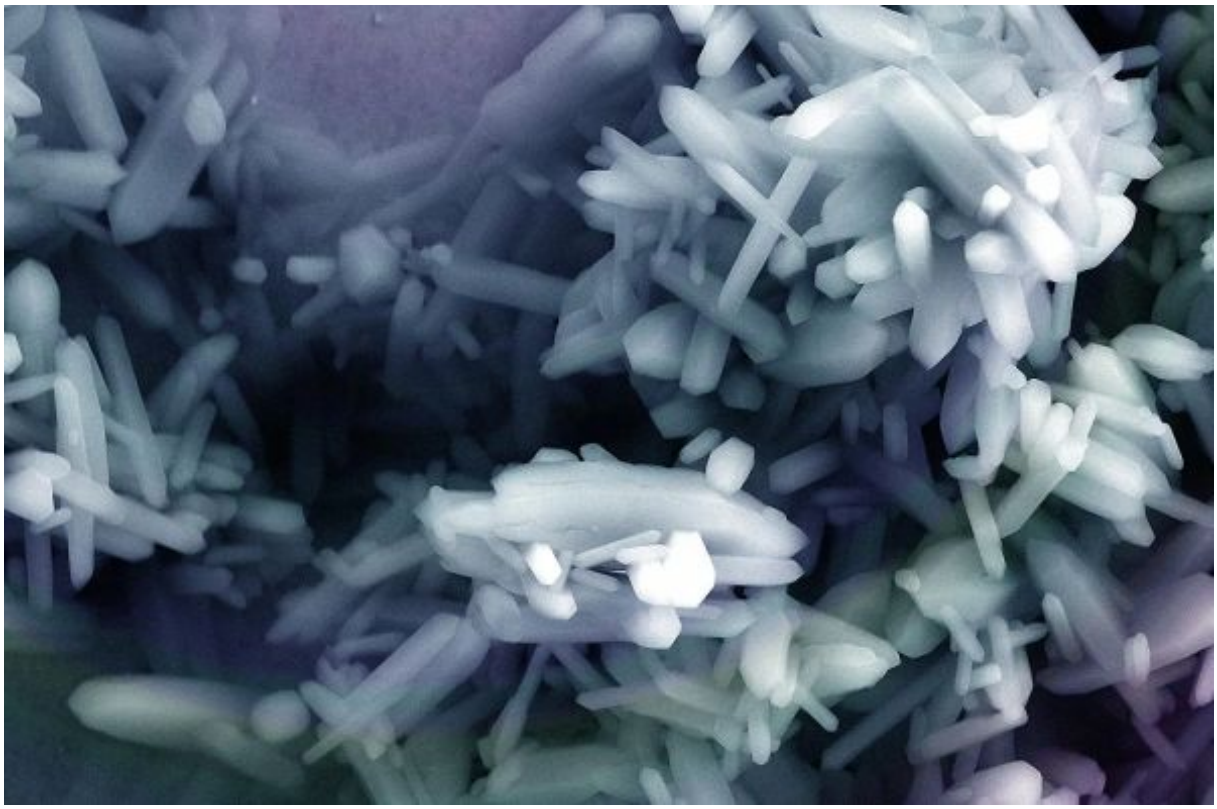


Les excitacions de baixa freqüencia podrien aviat mapar-se amb precisio nanometrica

Investigadors de l'ICFO han proposat una tecnica que podria, per primera vegada, detectar excitacions de baixa freqüencia e materials no lineals i, alhora, localitzar-les espacialment am resolucio nanometrica. Mitjancant exemples realistes, mostre com el seu metode podria identificar empremtes moleculars d l'infraroig llunya a escala nanometrica. Aquest marc teoric publicat aNature Communications, podria implementar-se utilitzant llum visible i microscopis electronics ja existents.

January 27, 2026

Els atoms mai romanen completament fixos, ni tan sols dins dels materials solids. En lloc d'aixo, vibren al voltant de les seves posicions d'equilibri, fet que origina excitacions col·lectives conegudes com a fonons. Aquestes i altres excitacions fonamentals so extremadament dificils de mesurar amb una resolucio espacial de nanometres, principalmen

perque les seves freqüencies son tan baixes que les tecniques optiques convencionals no l s poden resoldre. De fet, encara no existeix cap metode capac d'accedir a informacio en l regim que va de l'infraroig llunya fins als terahercis amb resolucio nanometric . Ara, investigadors de l'ICFO, la **Leila Prelat** i el **Dr. Eduardo Dias**, dirigits pel **Prof. ICREA F. Javier Garcia de Abajo**, han proposat en l'ambit teoric una **nova tecnica** anomenada **catodoluminescencia per mescla d'ones** (wave-mixing cathodoluminescence, **WMCL**) per **mapar excitacions de baixa freqüencia** (de l'infraroig llunya als terahercis) **en materials no lineals amb resolucio nanometrica**. L'enfocament, descrit a Nature Communications, utilitza exclusivament **llum visible**, eliminant la necessitat de fonts i detectors especialitzats de baixa freqüencia

El metode WMCL comenca dirigint un feix d'electrons cap a la mostra, cosa que dona lloc excitacions de baixa freqüencia, com ara vibracions de fonons. Alhora, la mostra s'il·lum na amb llum laser visible. A causa de la resposta optica no lineal del material, la llum laser i es excitacions de baixa freqüencia interactuen en lloc d'evolucionar de manera independ nt, mesclant-se a traves d'un proces anomenat mescla d'ones. Aquesta interaccio produei un desplacament de freqüencia diminut pero detectable en la llum laser dispersada, qu , no obstant aixo, es mante dins del rang vis ble. Aixi, **el petit desplacament de freqüencia hi ha codificada informacio del rang del terahercis, encara que la llum detectada continui sent visible** i¿½En altres paraules, la mesc a no lineal permet que excitacions de baixa freqüencia invisibles s'imprimeixin en fot ns visiblesi¿½, explica la Leila Prelat, primera autora de l'article. El professor Javier Garc a de Abajo, investigador principal de l'estudi, afegeix: i¿½Aquest metode obre un nou c nal de mesura a baixa freqüencia en un camp en que cap tecnica existent complei amb la combinacio requerida de resolucio espacial i espec rali¿½. L'equip tambe ha mostrat com el WMCL podria utilitzar-se per identificar diferents components quimics dins de capes moleculars fines dipositades sobre nanoestru tures. En particular, van analitzar nanobarres de plata (nanoestructures unidimensionals a largades) recobertes amb una capa molecular de retinal. Ara cal una realitzacio experi ental per validar aquestes prediccions i explorar aplicacions addicionals, entre elles l'ex ensio del WMCL mes enlla de les vibracions moleculars, la qual cosa permetria sondejar al res tipus d'excitacions de baixa f

Referencia:
Prelat, L., Dias, E.J.C. & Garcia de Abajo, F.J. Wave-mixing cathodoluminescence microscopy of low-frequency excitations. Nat Commun **16**, 11551 (2025).
DOI: https://doi.org/10.1038/s41467-025-67288-1

Agraiments:

This work was supported by the European Research Council (Adv. Grant 101141220-QUEFES), the European Commission (FET-Proactive 101017720-eBEAM), the Spanish MICIU (PID2024-157421NB-I00 and Severo Ochoa CEX2024-001490-S), and the CERCA program.