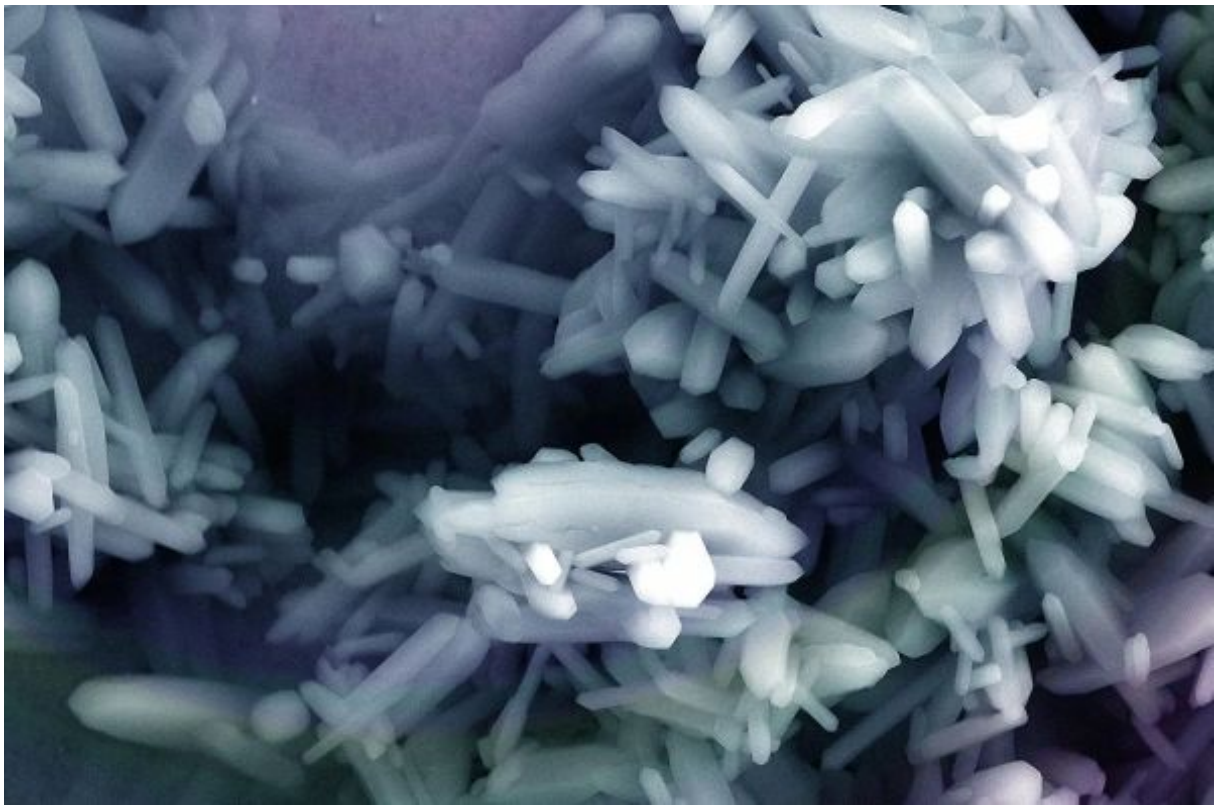


Las excitaciones de baja frecuencia podrian pronto mapearse con precision nanometrica

Investigadores del ICFO han propuesto una tecnica que podria, por primera vez, detectar excitaciones de baja frecuencia en materiales no lineales y, al mismo tiempo, localizarlas espacialmente con resolucion nanometrica. Mediante ejemplos realistas, demuestran como su metodo podria identificar huellas moleculares del infrarrojo lejano a escala nanometrica. Este marco teorico, publicado en Nature Communications, podria implementarse utilizando luz visible y microscopios electronicos ya existentes.

January 27, 2026

Los atomos nunca permanecen completamente fijos, ni siquiera dentro de los materiales solidos. En cambio, vibran alrededor de sus posiciones de equilibrio, dando lugar a excitaciones colectivas conocidas como fonones. Estas y otras excitaciones fundamentales

son extremadamente dificiles de medir con una resolucion espacial de nanometros, principalmente porque sus frecuencias son tan bajas que las tecnicas opticas convencionales no alcanzan a resolverlas. De hecho, aun no existe un metodo capaz de acceder a informacion en el regimen que va desde el infrarrojo lejano hasta los terahercios con resolucion nanometrica.

Ahora, investigadores del ICFO, **Leila Prelat** y el **Dr. Eduardo Dias**, dirigidos por el **Prof. ICREA F. Javier Garcia de Abajo**, han propuesto a nivel teorico una **nueva tecnica** denominada **catodoluminiscencia por mezcla de ondas** (wave-mixing cathodoluminescence, abreviado **WMCL**) para **mapear excitaciones de baja frecuencia** (del infrarrojo lejano a los terahercios) **en materiales no lineales con resolucion nanometrica**. El enfoque, descrito en Nature Communications, usa exclusivamente **luz visible**, eliminando la necesidad de fuentes y detectores especializados de baja frecuencia.

El metodo WMCL comienza dirigiendo un haz de electrones hacia la muestra, lo que da lugar a excitaciones de baja frecuencia, como vibraciones de fonones. Al mismo tiempo, la muestra se ilumina con luz laser visible. Debido a la respuesta optica no lineal del material, la luz laser y las excitaciones de baja frecuencia interactuan en lugar de evolucionar de forma independiente, mezclandose a traves de un proceso llamado mezcla de ondas. Esta interaccion produce un desplazamiento de frecuencia diminuto pero detectable en la luz laser dispersada, que, no obstante, permanece en el rango visible.

Asi, **en el pequeno desplazamiento de frecuencia esta codificada informacion del rango de los terahercios, aunque la luz detectada siga siendo visible**. i¿½En otras palabras, la mezc a no lineal permite que excitaciones de baja frecuencia invisibles se impriman en foton s visiblesi¿½, explica Leila Prelat, primera autora del articulo. El profesor Javier Garcia de Ab jo, investigador principal del estudio, anade: i¿½Este metodo abre un nuevo canal de me ida a baja frecuencia en un campo en el que ninguna tecnica existente cumple con la combi acion requerida de resolucion espacial y espectr

li¿½. El equipo tambien ha mostrado como el WMCL podria utilizarse para identificar d stintos componentes quimicos dentro de capas moleculares delgadas depositad s sobre nanoestructuras. En particular, analizaron nanobarras de plata (nanoest ucturas unidimensionales alargadas) recubiertas de una capa molecular de retinal. Ahora se ecesita una realizacion experimental para validar estas predicciones y explorar apli aciones adicionales, entre ellas la extension de WMCL mas alla de las vibraciones moleculares lo que permitiria sondear otros tipos de excitaciones de baja fre

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

Agradecimientos:
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.