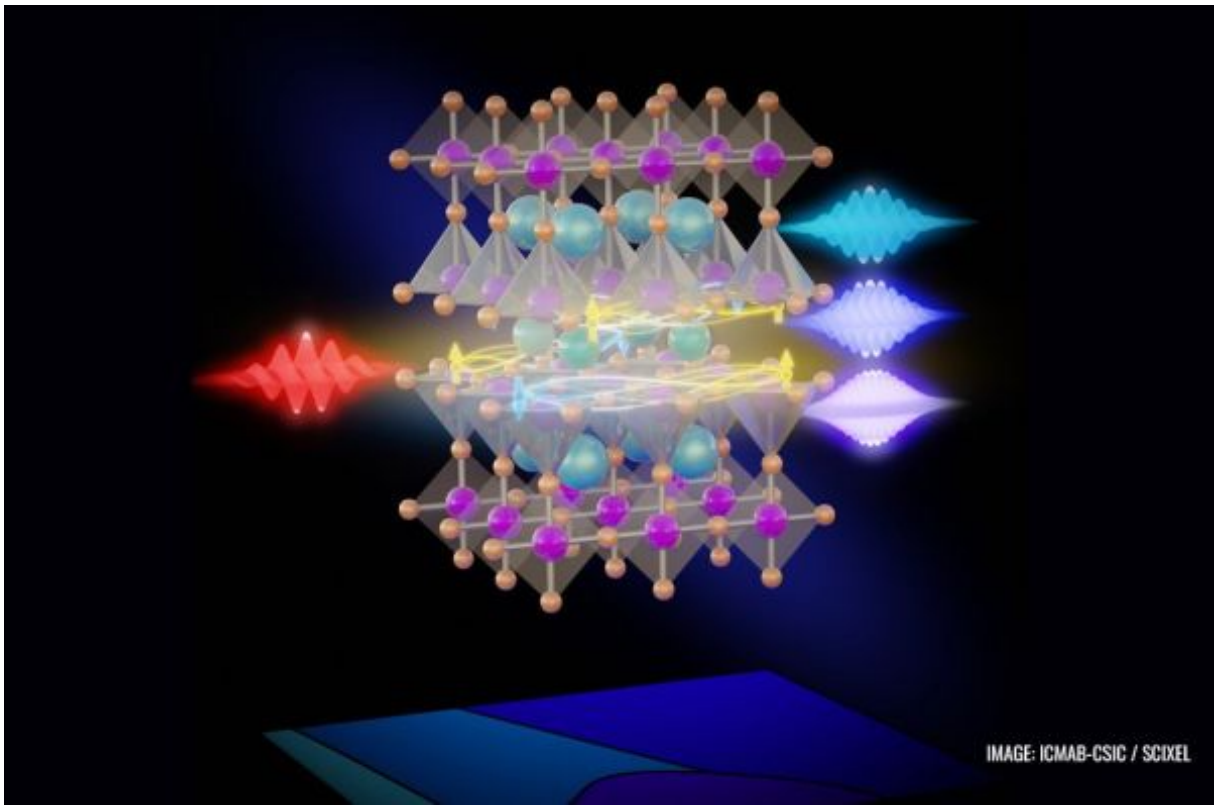


L'espectroscopia d'alts harmonics revela les transicions de fase dels superconductors d'alta temperatura

Investigadors del ICFO, el ICMAB-CSIC i el Guangdong Technion-Israel Institute of Technology han desenvolupat una nova metodologia per a investigar i mesurar les transicions de fase quantiques d'un superconductor d'alta temperatura mitjancant l'espectroscopia d'alts harmonics.

September 27, 2022

Els superconductors son aquells materials capacos de conduir l'electricitat sense cap resistencia. Aquest fenomen es pot observar en materials refredats per sota de l'anomenada temperatura de transicio dels superconductors, sovint a temperatures molt baixes (uns pocs graus per sobre del 0 absolut). Entre aquests tipus materials es troben els anomenats superconductors d'alta temperatura que es comporten com a superconductors a temperatures superiors a 77K (el punt d'ebullicio del nitrogen liquid). Aquests materials s'estan mostrant com a essencials en el desenvolupament de nous dispositius electronics i

de processament de la informacio, tambe en el d'ordinadors quantics optics i fins i tot per a millorar l'eficiencia de les linies de distribucio electrica.
No obstant aixo, s'ha vist que la superconductivitat a alta temperatura esta estretament lligada al control de la seva dinamica microscopica. Fins ara, la deteccio de les diferents fases quantiques en aquests materials ha estat tot un repte. El coneixement dels processo fisics d'aquests estats dinamics es incomplet a causa de l'amplia gamma d'estats quantic que presenten. A mes, els metodes actuals utilitzats per a explorar aquestes dinamiques escales microscopiques no tenen la sensibilitat suficient. Per tant, es necessiten noves eine per tal de comprendre millor l'evolucio dinamica de les fases d'aquesta mena d superconductors
Ara, en un estudi internacional, els investigadors de l'ICFO Utso Bhattacharya, Ugaitz Elu Tobias Grass, Piotr T. Grochowski, Themistoklis Sidiropoulos, Tobias Steinle i Igor *Tyulnev dirigits pels professors de ICREA Jens Biegert i Maciej Lewenstein, en col·laboracio amb ls investigadors de l' ICMAB-CSIC, Jordi Alcala i Anna Palau, i Marcelo Ciappina, del Guangd ng Technion-Israel Institute of Technology, proposen una nova metodologia basada en l'us de l'espectroscopia d'alts harmonics (HHS per les seves sigles en angles) per a investigar es transicions entre les diferents fases del YBCO, un material ceramic format per oxids de coure, iode i bari i que es un conegut superconductor d'alta temperatura. Es la prim ra vegada que s'utilitza una metodologia de diagnostic i deteccio no lineal i no pertorbadora er a comprendre el comportament de materials fortament correlaciona s. Veient els resultats experimentals obtinguts, els investigadors han anat mes enlla i presen en en el treball publicat ara un nou model teoric per tal d'identificar la connexio entre ls espectres optics mesurats i les transicions entre els diferents estats quantics del YB O: metall estrany, i¿½pseudogapi¿½ i supercon uctor. L'estudi s'ha publicat recentment a la revist PNAS. Els investigadors van utilizar en el seu experiment pel·licules molt fines (d'uns 00 nm de gruix) de YBCO col·locat sobre un micro refrigerador. Primer, van caracteritzar les ropietats superconductores de les pel·licules de YBCO per a confirmar la qualitat de les mostres. A continuacio, mitjancant polsos ultracurts de laser infraroig, els autors de l'estudi va induir la generacio d'alts harmonics en les mostres del material, col·locades dins d'una ca bra de buit i refredades a una tempera ura de 77K. Els alts harmonics son els fotons d'alta energia emesos pels electrons d'un istema quan aquest es col·loca en un camp laser intens. Aquests fotons emesos tenen u a freqüencia molt superior a la del camp la er conductor. Els investigadors van registrar la radiacio reflectida amb un espectrograf per a oder estudiar l'espectre harmonic, que es son es poden distinguir i¿½les petjadesi¿½ 'aquesta resposta optica no lineal. D'aquesta manera van veure que l'espectre esta elacionat amb les tr nsicions de fase. En veure aquests resultats experimentals en el laboratori i tenin

en compte que no disposaven d'una teoria que pogues explicar allo que s'observava e la practica, els investigadors van desenvolupar un nou model aproximat de Hubbard de ca p fort per tal de comprendre la relacio existent entre els alts harmonics mesurats i la form cio de l'anomenat i¿½parell de Cooperi¿½, es a dir, els electrons acoblats r sponsables de la fase superco
ductora del material. Els espectres d'alts harmonics calculats amb el nou model teoric van c incidir amb les dades experimentals registrades al laboratori. "El model reprodueix fidelment la forma funcional de les dades mesurades en tot el rang de temperatures i per a dive sos ordres de magnitud d'amplitud harmonica", escriuen els autors en l'article. Aquest nou enfocament, segons assenyalen, ha permes establir una connexio teorica entre les esures obtingudes i la dinamica microscopica subjacent, proporcionant una "nova i p tent metodologia per a estudiar les transicions de fase quantiques" en materials fo tament correlacionats. Finalment, l'equip destaca que el seu treball proporciona un "pr mer exemple notablei¿½ sobre com l'espectroscopia d'alts harmonics pot utilitzar-se per a dist ngir les diferents fases correlacionades de la materia. Tambe consideren que la recerc marca el cami cap a una "comprensio refinada dels processos fisics que ocorren dins de s superconductors d'alta temperatura".