

Els cristalls líquids permeten ajustar els estats lligats en el continu

Investigadors de l'ICFO han demostrat una manera d'ajustar les propietats dels estats lligats en el continu induïts per anisotropia -estats que poden mantenir la llum dins d'una estructura en lloc de deixar-la escapar- utilitzant cristalls líquids.

July 14, 2025

Quan la llum es troba dins d'una estructura, es propaga cap a l'espai obert mitjançant un procés radiatiu. Aquest rang de llum sortint és continu, és a dir, inclou totes les freqüències dins seu. Totes les freqüències, excepte aquelles que corresponen als anomenats **estats lligats en el continu (BICs)**, per les seves sigles en anglès. Els BICs són l'excepció que confirma la regla. A aquestes freqüències específiques, sorprenentment l'estructura no perd energia per radiació; en canvi, manté la llum atrapada en el seu interior. Això fa que els BIC siguin interessants en contextos on es requereixen amples de banda extremadament estrets així com capacitats eficients d'emmagatzematge i transmissió d'energia, com en certs tipus de sensors, cavitats laser i filtres.

Els BICs solen existir a una freqüència específica i quan la llum es propaga en una direcció

o concreta, ambdós aspectes determinats per l'índex de refracció del material i la seva geometria. Aquestes característiques estructurals queden fixes durant el procés de fabricació, i el mateix passa amb els BICs. Si els BICs estan fixats, resulta difícil adaptar-se a diferents condicions operatives o corregir errors que puguin sorgir durant la fabricació, fet que podria portar a una freqüència o direcció no desitjada.

s. Els investigadors de l'ICFO, **Dra. Marlin Baral**, el **Dr. Samyabrata Mukherjee**, **Pilar Pujol-Closa**, el **Prof. de l'ICFO i de la UPC Lluís Torner**, i el **Dr. David Artigas**, han explorat una nova plataforma que permet un control més dinàmic d'aquests estats. En una publicació recent a *Optica*, han informat, per primera vegada, de l'observació d'un tipus particular de BIC (BIC per interferència induïda per anisotropia), l'existència del qual ja havia estat elucidada per ells mateixos fa vuit anys. A més, mitjançant una configuració específica basada en guies d'ona especialment dissenyades i un nucli de cristall líquid, l'equip ha aconseguit canviar a voluntat la freqüència dels BICs detectats.

Per aconseguir-ho, l'equip va utilitzar cristalls líquids, una matèria que pot fluir com un líquid però que també té un cert ordre molecular, similar al d'un cristall. Els investigadors van aprofitar el fet que les propietats òptiques del cristall poden canviar en resposta a estímuls externs. A continuació, van demostrar que, en funció d'aquestes propietats, també canviava la freqüència del BIC.

Concretament, van aplicar un voltatge per reorientar les molècules del cristall líquid. Aquesta reorientació va modificar les condicions sota les quals es propaga la llum, sense alterar ni absolutament la geometria ni els materials del sistema. Així, l'equip va ser capaç de seleccionar un BIC o un altre després del procés de fabricació, triant a la pràctica quina freqüència quedava capturada dins l'estructura.

Tanmateix, aquests bons resultats no van sorgir del no-res. «Ja teníem la idea al cap de la publicació de l'article teòric, cap al 2017», comenta el Dr. David Artigas, autor principal de l'article. «Vam començar a treballar-hi aquell mateix any, i amb més intensitat durant els darrers tres anys, quan la Marlin va aportar la seva experiència en cristalls líquids al grup». Reconeix que el procés no va ser fàcil. Van haver d'enfrontar-se a nous reptes cada dia, des de la fabricació de les mostres fins a la interpretació dels resultats, que, com recorda en David, inicialment no encaixaven amb la teoria. «Ha estat una cursa de fons, tota una marató».

«», afegeix. Finalment, la concentració d'esforços va donar els seus fruits, i l'equip va aconseguir l'objectiu llargament perseguit de modificar dinàmicament la freqüència dels BICs induïts per anisotropia. Ara, els investigadors de l'ICFO busquen formes d'ampliar i desenvolupar encara més el mètode proposat; per exemple, per a incloure el control sobre la direcció de propagació de la llum, cosa que ja han demostrat que és possible.

Referències:

Gomis-Bresco, D. Artigas, and L. Torner, *Anisotropy-induced photonic bound states in the continuum*, *Nat. Photon.* 11, 232-236 (2017).

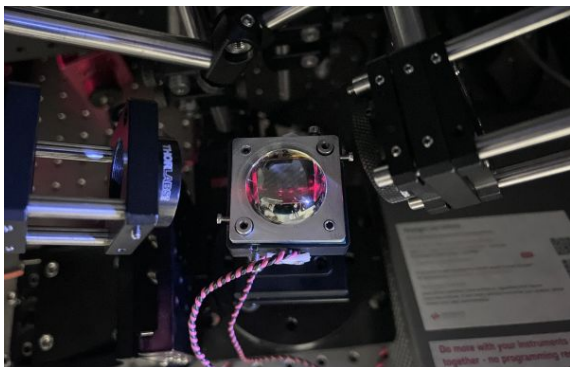
Mukherjee, J. Gomis-Bresco, P. Pujol-Closa, et al., *Topological properties of bound states in the continuum in geometries with broken anisotropy symmetry*, *Phys. Rev. A* 98, 063826 (2018).

Marlin Baral, Samyabrata Mukherjee, Pilar Pujol-Closa, Lluís Torner, and David Artigas, "Dynamic tuning of anisotropy-induced bound states in the continuum in liquid crystal waveguides," *Optica* 12, 1061-1067 (2025). DOI: <https://doi.org/10.1364/OPTICA.558590>

Agraiments:

Agencia Estatal de Investigacion, (PID2022-138280NB-I00), Fundacion Carmen y Severo Ochoa (CEX2019-000910-S) Agencia de Gestio d'Ajuts Universitaris i de Recerca (2021 SGR 01448).

This work was partially supported by the Ministerio de Economia y Competitividad, funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, by and Generalitat de Catalunya (CERCA).



Guia d'ones utilitzada a l'estudi. Credit: ICFO.