

Los cristales líquidos permiten ajustar los estados ligados en el continuo

Investigadores del ICFO han demostrado una forma de ajustar las propiedades de los estados ligados en el continuo inducidos por anisotropía -estados que pueden mantener la luz dentro de una estructura en lugar de dejarla escapar- utilizando cristales líquidos.

July 14, 2025

Cuando la luz está dentro de una estructura, se propaga hacia el espacio abierto mediante un proceso radiativo. Este rango de luz saliente es continuo, lo que significa que incluye todas las frecuencias dentro de él. Todas las frecuencias, excepto aquellas correspondientes a los llamados **estados ligados en el continuo (BICs)**, por sus siglas en inglés). Los BICs son la excepción que confirma la regla. A estas frecuencias específicas, sorprendentemente la estructura no pierde energía por radiación; en cambio, mantiene la luz atrapada en su interior. Esto hace que los BICs sean interesantes en contextos donde se requieren anchos de banda extremadamente estrechos, así como capacidades eficientes de almacenamiento y transmisión de energía, como ciertos tipos de sensores, cavidades láser y filtros.

Los BICs típicamente existen en una frecuencia específica y cuando la luz se propaga en una dirección concreta, con ambos aspectos determinados por el índice de refracción del material y su geometría. Estas características estructurales quedan fijas durante el proceso de fabricación, y lo mismo ocurre con los BICs. Si los BICs están fijados, resulta difícil adaptarse a diferentes condiciones operativas o corregir errores que puedan surgir durante la fabricación, lo que podría llevar a una frecuencia o dirección no deseadas.

Los investigadores del ICFO, la **Dra. Marlin Baral**, el **Dr. Samyabrata Mukherjee**, **Pilar Pujol-Closa**, el **Prof. del ICFO y la UPC Lluís Torner**, y el **Dr. David Artigas**, han explorado una nueva plataforma que permite un control más dinámico sobre estos estados. En una publicación reciente en *Optica*, informaron, por primera vez, de la observación de un tipo particular de BIC (BIC por interferencia inducida por anisotropía), cuya existencia fue elucidada por ellos mismos hace ocho años. Además, mediante una configuración específica basada en guías de onda especialmente diseñadas y un núcleo de cristal líquido, el equipo logró cambiar a voluntad la frecuencia de los BICs detectados.

Para conseguir esto, el equipo utilizó cristales líquidos, materia que puede fluir como un líquido pero que también posee cierto orden molecular, similar al de un cristal. Los investigadores aprovecharon el hecho de que las propiedades ópticas del cristal pueden cambiar en respuesta a estímulos externos. Luego demostraron que, dependiendo de estas propiedades, también cambia la frecuencia del BIC.

Específicamente, aplicaron un voltaje para reorientar las moléculas del cristal líquido. Esta reorientación modificó las condiciones bajo las cuales se propaga la luz, sin alterar en absoluto la geometría ni los materiales del sistema. De este modo, el equipo fue capaz de seleccionar un BIC u otro tras el proceso de fabricación, a la práctica eligiendo que frecuencia quedaba capturada dentro de la estructura.

Sin embargo, los exitosos resultados no surgieron de la nada. *¿Ya teníamos la idea en mente desde la publicación del artículo teórico, sobre el 2017?* *¿Comenzamos a trabajar en ello ese mismo año, y con más intensidad en los últimos tres años, cuando Marlin aportó su experiencia en cristales líquidos al grupo?* *Reconoce que el proceso no fue sencillo. Tuvieron que enfrentarse a nuevos desafíos cada día, desde la fabricación de las muestras hasta la interpretación de los resultados, que, como recuerda David, inicialmente no se ajustaban a la teoría. ¿Ha sido una carrera de fondo, toda una maratón?* *¿Al final, la concentración de esfuerzos dio sus frutos, y el equipo logró el objetivo largamente perseguido de modificar dinámicamente la frecuencia de los BICs inducidos por anisotropía. Ahora, los investigadores del ICFO buscan formas de ampliar y desarrollar aún más el método propuesto; por ejemplo, para incluir el control sobre la dirección de propagación de la luz, algo que ya han demostrado que es posible.*

Referencias:

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

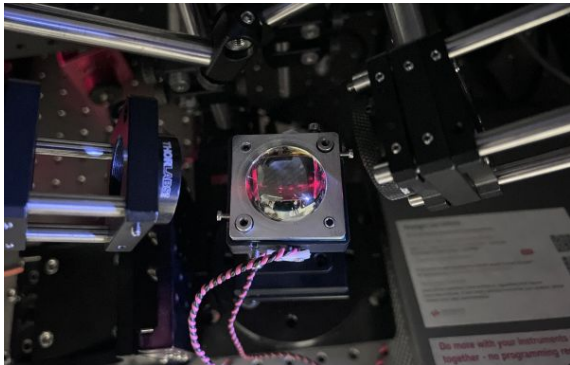
Mukherjee, J. Gomis-Bresco, P. Pujol-Closa, et al., *Topological properties of bound states in the continuum in geometries with broken anisotropy symmetry*, *Phys. Rev. A* 98, 063826 (2018).

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>

Agradecimientos:

Agencia Estatal de Investigación, (PID2022-138280NB-I00), Fundacion Carmen y Severo 296 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 Economía y Competitividad, 298 funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, by and Generalitat de Catalunya (CERCA).



Guía de ondas utilizada en el estudio. Credito: ICFO.