

Nota de prensa

Investigadores del Consejo Superior de Investigaciones Científicas en el INMA participan en la creación de un material en un estado mixto luz- materia.

- El descubrimiento podría sentar las bases para el futuro desarrollo de **dispositivos optoelectrónicos e infrarrojos de próxima generación**.
- La investigación ha sido publicada en la prestigiosa revista internacional **NaturePhotonics**.

(Zaragoza, 14 de diciembre de 2020) Un equipo internacional en el que participan investigadores del CSIC y del Centro Universitario de la Defensa (CUD) de Zaragoza en el Instituto de Nanociencia y Materiales de Aragón, INMA, (Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC – Universidad de Zaragoza UZ), ha desarrollado un material que contiene luz infrarroja atrapada en sus átomos, incluso cuando no está iluminado.

Los resultados obtenidos en esta investigación, liderada en la parte teórica por el INMA (CSIC-UZ) y en la experimental por la Universidad de Minnesota, podrían permitir el desarrollo de nuevos dispositivos optoelectrónicos (que combinan luz y electrónica) de nueva generación, basados en tecnologías cuánticas.

La gran importancia de los resultados de la investigación ha permitido su publicación en la prestigiosa revista internacional NaturePhotonics.

La física cuántica estudia los fenómenos naturales de la luz y la materia en las escalas más pequeñas. En este estudio, los investigadores han desarrollado un proceso innovador que permite un "acoplamiento ultrafuerte" entre la luz infrarroja (fotones) y las vibraciones atómicas de la materia (fonones) al atrapar la luz en pequeños agujeros anulares, de unos 2 nanómetros de diámetro (25.000 veces más pequeños que el ancho de un cabello humano), en una fina lámina de oro. Estas nanocavidades, similares a una versión muy reducida de los cables coaxiales que se utilizan para enviar señales eléctricas (como los cables de entrada a los televisores), se rellenaron de dióxido de silicio, que es esencialmente el material que compone el vidrio de una ventana. Gracias al uso de las tecnologías empleadas en el diseño de los chips de los ordenadores se lograron producir millones de estas cavidades que exhibían, todas ellas y de manera simultánea, este acoplamiento fotón-vibración ultrafuerte.

"Es fascinante que, en este régimen de acoplamiento, el vacío no está vacío. En cambio, contiene fotones con longitudes de onda determinadas por las vibraciones moleculares. Además, estos fotones están extremadamente confinados y son compartidos por un número mínimo de moléculas", comenta uno de los autores principales del artículo, el profesor Luis Martín-Moreno profesor de investigación del CSIC en el Instituto de Nanociencia y Materiales de Aragón (CSIC-UZ), y miembro del Grupo de Excelencia del Gobierno de Aragón "Quantum Materials and Devices" (QMAD).

"Normalmente, pensamos en el vacío como básicamente nada, pero resulta que esta fluctuación de vacío siempre existe", indica el otro autor principal del estudio, Sang-Hyun Oh, profesor de ingeniería eléctrica e informática de la Universidad de Minesota. "Este es un paso importante para aprovechar esta denominada fluctuación de energía cero para hacer algo útil".

"Las nanocavidades que hemos diseñado nos permiten modificar el modo en que luz y materia interactúan. Variando de forma controladas sus dimensiones, podemos pasar del régimen de acoplamiento débil al ultrafuerte. Nuestro siguiente objetivo es emplear estos dispositivos como "nanolaboratorios", donde probaremos diversos materiales y evaluaremos nuevas teorías" comenta otro de los autores, el Dr. Fernando de León-Pérez, Profesor Contratado Doctor del Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza y doctor vinculado en el INMA (CSIC-UZ).

La interacción entre la luz y la materia es fundamental para la vida en la tierra: posibilita que las plantas conviertan la luz solar en energía y nos permite ver los objetos que nos rodean. La luz infrarroja, con longitudes de onda mucho más largas de lo que podemos ver con nuestros ojos, interactúa con las vibraciones de los átomos en los materiales. Por ejemplo, cuando un objeto se calienta, los átomos que forman el objeto comienzan a vibrar más rápido, emitiendo más radiación infrarroja, lo que permite la obtención de imágenes térmicas con cámaras de visión nocturna.

A la inversa, las longitudes de onda de la radiación infrarroja que son absorbidas por los materiales dependen de qué tipo de átomos componen los materiales y de cómo están dispuestos, de modo que los químicos pueden usar la absorción infrarroja como una "huella dactilar" para identificar diferentes sustancias químicas.

Estas y otras aplicaciones pueden mejorarse aumentando la intensidad con la que la luz infrarroja interactúa con las vibraciones atómicas de los materiales. Esto, a su vez, se puede lograr atrapando la luz en un pequeño volumen. Atrapar la luz puede ser tan simple como hacer que se refleje múltiples veces entre un par de espejos, pero se pueden obtener interacciones mucho más fuertes si se utilizan estructuras metálicas a escala nanométrica, o "nanocavidades", para confinar la luz en regiones de longitud ultrapequeñas.

Cuando esto sucede, las interacciones pueden ser lo suficientemente fuertes como para que entren en juego la naturaleza mecano-cuántica de la luz y las vibraciones. En tales condiciones, la luz (fotones) en las nanocavidades y las vibraciones atómicas (fonones) en el material intercambian su energía tan rápidamente que ya no puedan distinguirse. Cuando esto ocurre, estos modos fuertemente acoplados dan como resultado un comportamiento que es en parte luz y en parte vibración al mismo tiempo, formando nuevos objetos mecánico cuánticos conocidos como "polaritones".

Cuanto más fuerte se vuelve la interacción, más singulares y sorprendentes son los efectos cuánticos que pueden ocurrir. Si la interacción se vuelve lo suficientemente fuerte (en el régimen conocido como "ultrafuerte") puede ser posible crear fotones a partir del vacío o hacer que las reacciones químicas se desarrollen de formas que de otro modo serían imposibles.

Sang-Hyun Oh indica que “Otros han estudiado el fuerte acoplamiento de la luz y la materia, pero con este nuevo proceso para diseñar una versión de cables coaxiales de tamaño nanométrico, estamos llegando a situaciones de acoplamiento ultrafuerte, lo que significa que estamos descubriendo nuevos estados cuánticos donde la materia y la luz pueden tener propiedades muy diferentes a las que presentan cotidianamente y, de hecho, observamos que comienzan a suceder cosas completamente inusuales”. “Este acoplamiento ultrafuerte de luz y vibraciones atómicas, abre todo tipo de posibilidades para desarrollar nuevos dispositivos cuánticos o modificar reacciones químicas”.

La investigación ha sido desarrollada por un equipo interdisciplinar hispano-estadounidense formado por Fernando de León-Pérez, Profesor Contratado Doctor del Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza y doctor vinculado en el INMA; Luis Martín-Moreno, Profesor de investigación del CSIC en el INMA (CSIC-UZ); Sang-Hyun Oh, Profesor de ingeniería eléctrica e informática de la Universidad de Minnesota; Matthew Pelton de la Universidad de Maryland; Markus B. Raschke de la Universidad de Colorado Boulder y Joshua D. Caldwell de la Universidad de Vanderbilt.

La investigación del grupo del INMA (CSIC-UZ) ha sido financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad de España y por el Gobierno de Aragón.

Contacto

Luis Martín Moreno
Imm@unizar.es
669574746

Fernando de León-Pérez
fdlp@unizar.es
695023674