

Ondas térmicas observadas en materiales semiconductores

- Un estudio publicado en *Science Advances* informa, por primera vez, de la inesperada observación de ondas térmicas en germanio, un material semiconductor.
- Este descubrimiento podría permitir una mejora significativa del rendimiento de nuestros dispositivos electrónicos en un futuro no muy lejano.
- El estudio está liderado por investigadores del Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona (ICMAB, CSIC) en colaboración con investigadores de la Universidad Autónoma de Barcelona, y la Universidad de Cagliari.

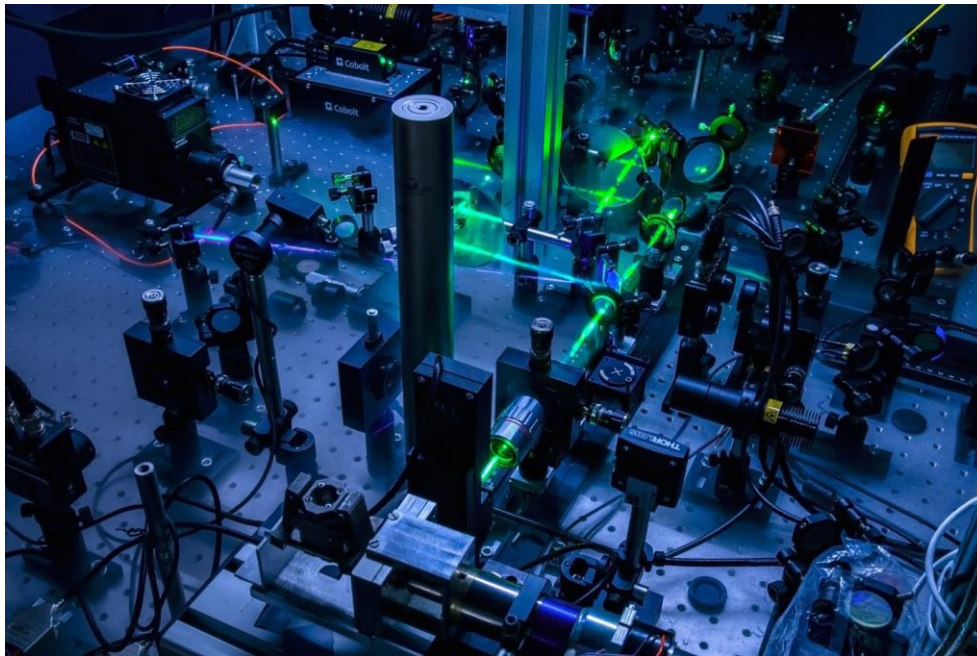


Figura: Montaje de termorreflexión en el dominio de la frecuencia utilizado para estudiar la existencia del segundo sonido en germanio. Se enfocan dos láseres diferentes sobre la superficie de las muestras utilizando un objetivo de microscopio. Una combinación de elementos ópticos permite controlar y modificar el tamaño y la forma del punto de contacto, así como la potencia y la modulación armónica de los láseres. Se utiliza gas nitrógeno frío para una mejor visualización del recorrido óptico de los láseres. | ICMAB, CSIC

El calor, tal y como lo conocemos, se origina cuando los átomos vibran, y se transfiere por difusión, a temperatura ambiente. Por desgracia, el calor es bastante difícil de controlar, y las estrategias para manipularlo resultan bastante ineficaces. Por ejemplo, es común que se acumulen grandes cantidades de calor residual en nuestros ordenadores, teléfonos móviles y, en general, en la mayoría de los dispositivos electrónicos.

Sin embargo, si el calor se transportara a través de ondas, como la luz, ofrecería nuevas alternativas para poderlo controlar, especialmente gracias a las propiedades únicas e intrínsecas de las ondas.

Hasta ahora, las ondas térmicas sólo se habían observado en unos pocos materiales, como en el helio sólido o, más recientemente, en el grafito. Ahora, el estudio publicado en *Science Advances* por investigadores del Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona (ICMAB, CSIC) en colaboración con investigadores de la Universidad Autónoma de Barcelona, y de la Universidad de Cagliari, presenta la observación de ondas térmicas en germanio sólido, un material semiconductor utilizado habitualmente en electrónica, similar al silicio, y a temperatura ambiente. "No esperábamos encontrar estos efectos ondulatorios, conocidos como segundo sonido, en este tipo de material, ni en estas condiciones", afirma Sebastián Reparaz, investigador del ICMAB en el Grupo de Materiales Nanoestructurados para la Optoelectrónica y la Captación de Energía (NANOPTO) y líder de este estudio.

El descubrimiento se produjo al estudiar la respuesta térmica de una muestra de germanio bajo el efecto de un láser, produciendo una onda térmica oscilante de alta frecuencia en su superficie. Los experimentos demostraron que, contrariamente a lo que se creía hasta ahora, el calor no se disipaba por difusión, sino que se propagaba en el material a través de ondas térmicas.

Aparte de la observación en sí, en el estudio se desvela el enfoque para conseguir observar las ondas térmicas, posiblemente en cualquier sistema material.

Qué es el segundo sonido y cómo puede observarse en cualquier material

Observado por primera vez en la década de 1960 en el helio sólido, el transporte térmico a través de ondas, conocido como segundo sonido, ha sido un tema recurrente en la comunidad científica, que ha intentado demostrar repetidamente su existencia en otros materiales. Las recientes demostraciones exitosas de este fenómeno en el grafito han revitalizado su estudio experimental.

"El segundo sonido es el régimen térmico en el que el calor puede propagarse en forma de ondas térmicas, en lugar del régimen difusivo observado con frecuencia. Este tipo de transporte térmico en forma de onda tiene muchas de las ventajas que ofrecen las ondas, como la interferencia y la difracción", afirma el investigador del ICMAB Sebastián Reparaz.

"Estos efectos ondulatorios se pueden desbloquear introduciendo el sistema en un campo de temperatura que varía rápidamente. En otras palabras, un campo de temperatura que varía rápidamente fuerza la propagación del calor en el régimen ondulatorio", explica Reparaz, y añade: "La interesante conclusión de nuestro trabajo es que estos efectos ondulatorios podrían ser potencialmente observados en la mayoría de los materiales a una frecuencia de modulación del campo de temperatura suficientemente grande. Su observación no se limita a algunos materiales específicos, lo cual es muy interesante".

Aplicaciones del segundo sonido en un futuro próximo

"Las posibles aplicaciones del segundo sonido son ilimitadas", afirma Sebastián Reparaz. Sin embargo, será necesario conocer a fondo las formas de controlar este régimen de propagación térmica en cualquier material para conseguir aplicarlas. Poder controlar la propagación del calor a través de las propiedades de las ondas abre nuevas vías para diseñar las próximas generaciones de dispositivos térmicos, de forma similar a los ya desarrollados y establecidos para la luz. "En concreto, el régimen de ondas térmicas podría utilizarse para replantear cómo tratamos el calor residual", añade.

Desde el punto de vista teórico, "estos hallazgos permiten unificar el modelo teórico actual, que hasta ahora consideraba que los materiales en los que se observaba este tipo de comportamiento ondulatorio (como el grafito) eran muy diferentes de los materiales semiconductores que se utilizan actualmente en la fabricación de chips electrónicos (como el silicio y el germanio)", afirma F. Xavier Álvarez, investigador de la UAB. "Ahora todos estos materiales pueden describirse utilizando las mismas ecuaciones. Esta observación establece un nuevo marco teórico que nos permitirá, en un futuro no muy lejano, una mejora significativa en el rendimiento de nuestros dispositivos electrónicos", añade Álvarez.

Artículo de referencia

Observation of second sound in a rapidly varying temperature field in Ge

Albert Beardo, Miquel López-Suárez, Luis Alberto Pérez, Lluc Sendra, Maria Isabel Alonso, Claudio Melis, Javier Bafaluy, Juan Camacho, Luciano Colombo, Riccardo Rurali, F. X. Alvarez, Juan Sebastián Reparaz

Science Advances 2021