

Investigadores vascos ponen la luz “patas arriba”

Donostia-San Sebastian. 27 de Febrero de 2018. Investigadores de CIC nanoGUNE en colaboración con el Donostia International Physics Center (DIPC) y la Universidad Estatal de Kansas (EEUU) publican en la prestigiosa revista Science el desarrollo de una “metasuperficie hiperbólica” en la cual las ondas de luz se propagan con una forma invertida. Este logro científico hace posible un control más preciso de la luz y avanza en el desafío tecnológico de la miniaturización de dispositivos ópticos para la detección y el procesamiento de señales.

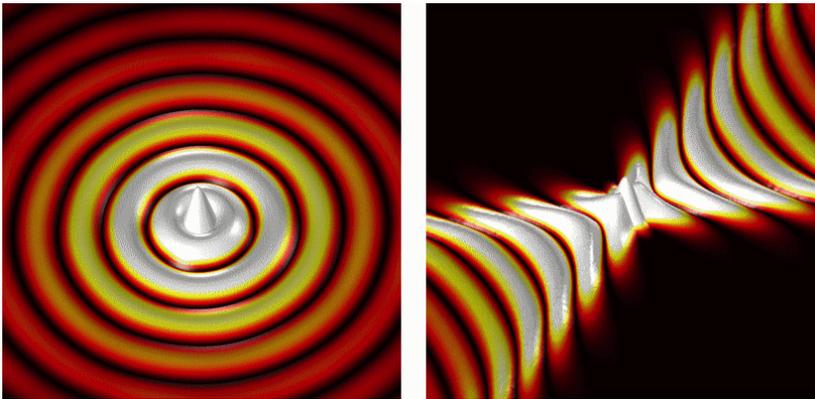


Ilustración de ondas propagándose desde una fuente puntual. Izquierda: Propagación normal de ondas en una superficie. Derecha: Propagación inusual de ondas en una metasuperficie hiperbólica (P. Li, CIC nanoGUNE)

Las ondas ópticas que se propagan desde una fuente puntual normalmente exhiben frentes de onda circulares. “Como las ondas en una superficie de agua cuando se arroja una piedra”, explica Peining Li, investigador postdoctoral en nanoGUNE y primer autor del artículo. La razón de esta propagación circular es que el medio a través del cual viaja la luz es típicamente homogéneo e isotrópico, es decir, uniforme en todas las direcciones.

Los científicos ya habían predicho teóricamente que determinadas superficies estructuradas pueden poner la luz “patas arriba” cuando se propaga a lo largo de ellas. “En estas superficies, conocidas como ‘metasuperficies hiperbólicas’, las ondas emitidas por una fuente puntual viajan sólo en determinadas direcciones y además, con frentes de onda abiertos (cóncavos)”, explica Javier Alfaro, estudiante de doctorado en nanoGUNE y coautor del artículo. Debido a su propagación direccional y a que su longitud de onda es mucho más pequeña que la de la luz en el espacio libre o en fibras ópticas, estas ondas podrían ayudar a miniaturizar los dispositivos ópticos para la detección y el procesamiento de señales.

Ahora, los investigadores han desarrollado una metasuperficie para la luz infrarroja. Esta metasuperficie está hecha de nitruro de boro, un material bidimensional similar al grafeno, que posee una extraordinaria capacidad para manipular la luz infrarroja a escalas extremadamente pequeñas. Esta propiedad puede ser empleada para el desarrollo de sensores químicos miniaturizados o para el control de la transmisión de calor en nanodispositivos. Por otro lado, han logrado observar por primera vez frentes de onda cóncavos en el infrarrojo gracias a un microscopio óptico muy especial.

La fabricación de metasuperficies hiperbólicas es compleja ya que requiere de una estructuración extremadamente precisa de dimensiones nanométricas. Irene Dolado, estudiante de doctorado en nanoGUNE, y Saül Velez, ex investigador postdoctoral en nanoGUNE (ahora en ETH Zürich), han superado este reto utilizando técnicas avanzadas como la litografía por haz de electrones y el grabado en pequeñas láminas de nitruro de boro de alta calidad proporcionado por la Universidad Estatal de Kansas. “Después de varias optimizaciones, hemos logrado la precisión requerida y hemos obtenido una rejilla con un espaciado tan pequeño como 25 nm”, apunta Irene Dolado. “Los mismos métodos de fabricación

www.nanogune.eu

CIC nanoGUNE
Avenida de Tolosa, 76
E-20018 Donostia-San Sebastián
+34 943 574 000· nano@nanogune.eu



también se pueden aplicar a otros materiales y podrían utilizarse para realizar metasuperficies artificiales con propiedades ópticas a medida”, añade Saül Vélez.

De la teoría a la realidad

Para observar cómo se propagan las ondas en la metasuperficie, los investigadores han usado una técnica de nanoimagen infrarroja de vanguardia que ha sido desarrollada por el propio grupo de Nanoóptica de nanoGUNE. Primero colocaron una nanoantena de oro sobre la metasuperficie. “De este modo, la nanoantena genera ondas de la misma manera que lo hace una piedra cuando la tiramos al agua”, comenta Peining Li. La nanoantena concentra la luz infrarroja incidente en un pequeño foco que lanza las ondas que se propagan sobre la metasuperficie. Los investigadores tomaron las imágenes de las ondas utilizando un microscopio óptico de barrido de campo cercano (s-SNOM). “Fue increíble ver las imágenes. Mostraban la curvatura cóncava de los frentes de onda que se propagaban desde la nanoantena de oro, exactamente tal y como predice la teoría”, dice Rainer Hillenbrand, investigador Ikerbasque en nanoGUNE, quien ha dirigido la investigación.

Estos prometedores resultados abren la puerta a la utilización de otros exóticos materiales bidimensionales como plataforma para realizar nanocircuitos y metasuperficies hiperbólicas. Además, demuestran que la microscopía de campo cercano puede emplearse para revelar fenómenos ópticos en materiales anisótropos y en metasuperficies.

La investigación ha sido financiada principalmente por subvenciones individuales de las acciones Marie Sklodowska-Curie de la Unión Europea y los programas de becas de investigación predoctoral del Gobierno Vasco y el Gobierno Español, así como de la National Science Foundation americana, y se ha llevado a cabo en consonancia con los proyectos de nanoGUNE dentro de la iniciativa europea Graphene Flagship.

Referencia

Infrared hyperbolic metasurface based on nanostructured van der Waals materials

Peining Li, Irene Dolado, Francisco Javier Alfaro-Mozaz, Felix Casanova, Luis E. Hueso, Song Liu, James H. Edgar, Alexey Y. Nikitin, Saül Vélez, Rainer Hillenbrand
Science **359**, 6378, 892. DOI: 10.1126/science.aag1704

CIC nanoGUNE

El Centro de Investigación Cooperativa en Nanociencia, CIC nanoGUNE, situado en Donostia / San Sebastián, es un centro de investigación creado con la misión de llevar a cabo investigación de excelencia en nanociencia y nanotecnología, con el objetivo de incrementar la competitividad empresarial y el desarrollo económico del País Vasco. NanoGUNE es, además, una Unidad de Excelencia "María de Maeztu" (2017-2021) reconocida por la Agencia Estatal de Investigación.

www.nanogune.eu

Más información: com@nanogune.eu

Irati Kortabitarte (Gabinete de comunicación - Elhuyar): 688 860 706
Itziar Otegui (Responsable de comunicación - nanoGUNE): 943 574 000

www.nanogune.eu

CIC nanoGUNE
Avenida de Tolosa, 76
E-20018 Donostia-San Sebastián
+34 943 574 000 · nano@nanogune.eu