

Plasmones del grafeno, una luz para los dispositivos de nueva generación

*** Investigadores de CIC nanoGUNE han desarrollado una plataforma tecnológica basada en antenas que permite lanzar y controlar la luz que se propaga a lo largo del grafeno, abriendo nuevas vías para el desarrollo de dispositivos y circuitos fotónicos extremadamente miniaturizados.**

*** Demuestran que la luz atrapada en grafeno, un material formado por una sola capa de átomos de carbono, se puede enfocar y curvar.**

*** El trabajo fue publicado ayer en la prestigiosa revista científica *Science*.**

Donostia-San Sebastián (País Vasco), 23 de mayo de 2014. Investigadores de nanoGUNE, en colaboración con el ICFO y Graphenea, proponen una plataforma tecnológica basada en antenas metálicas que permiten atrapar y controlar la luz en grafeno, un material de un solo átomo de espesor. Los experimentos muestran que la luz guiada en el grafeno, extremadamente confinada al mismo, puede ser dirigida y curvada, siguiendo los principios fundamentales de la óptica convencional. Por tanto, el trabajo, publicado ayer en la prestigiosa revista científica *Science*, abre nuevas oportunidades para el desarrollo de dispositivos y circuitos fotónicos más pequeños y más rápidos.

Los circuitos y dispositivos ópticos podrían realizar el procesamiento de señales y la computación mucho más rápidamente. "Sin embargo, aunque la luz es muy rápida, necesita demasiado espacio", explica Rainer Hillenbrand, profesor Ikerbasque en nanoGUNE y la UPV/EHU. De hecho, la propagación de la luz necesita al menos el espacio de la mitad de su longitud de onda, que es mucho más grande que los componentes electrónicos básicos de última generación en nuestros ordenadores. Por esa razón, surge el desafío de comprimir la luz y controlar su propagación en la nanoescala a través de un material dado.

El asombroso grafeno, material de una sola capa de átomos de carbono con propiedades extraordinarias, puede ser la solución. La longitud de onda de la luz capturada por una capa de grafeno puede ser reducida considerablemente, en un factor de 10 a 100, en comparación con la luz que se propaga en el espacio libre. Como consecuencia, esta luz que se propaga a lo largo de la capa de grafeno —llamada plasmón del grafeno— requiere mucho menos espacio.

Sin embargo, la transformación de manera eficiente de la luz en plasmones del grafeno y su manipulación con un dispositivo compacto es todo un reto tecnológico. Un equipo de investigadores de nanoGUNE, ICFO y Graphenea —miembros del Grafene Flagship de la UE— demuestra ahora que el concepto de antena comúnmente utilizado para las ondas de radio podría ser una solución prometedora. El equipo muestra que una barra de metal de tamaño nanométrico colocada sobre el grafeno puede captar luz infrarroja (actuando como una antena para la luz) y transformarla en plasmones del grafeno, de forma análoga a una antena de radio que convierte las ondas de radio en ondas electromagnéticas en un cable metálico.

"Presentamos una plataforma tecnológica versátil, basada en antenas ópticas resonantes, para el lanzamiento y el control de la propagación de plasmones del grafeno, lo que representa un paso esencial para el desarrollo de circuitos plasmónicos con grafeno", comenta el líder del equipo, Rainer Hillenbrand. Pablo Alonso-González, quien llevó a cabo los experimentos en nanoGUNE, destaca algunas de las ventajas que ofrece el dispositivo de antena: "La excitación de los plasmones del grafeno es puramente óptica, el dispositivo es compacto y la fase y los frentes de onda de los plasmones se pueden controlar directamente mediante la adaptación de la geometría de las antenas. Esto es esencial para el desarrollo de aplicaciones ópticas basadas en el enfoque y guiado de luz".

El equipo de investigación también realizó estudios teóricos. Alexey Nikitin, Ikerbasque Fellow en nanoGUNE y autor de los cálculos, explica que "de acuerdo a la teoría, la operación de nuestro dispositivo es muy eficiente, y

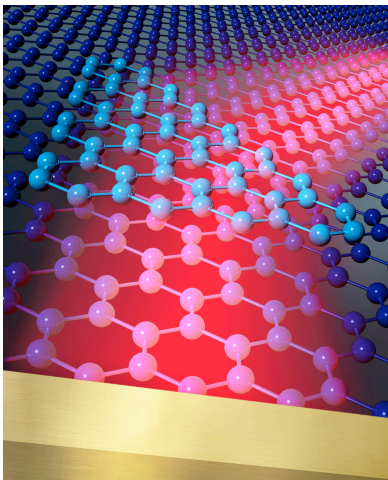
www.nanogune.eu



todas las futuras aplicaciones tecnológicas dependerán, esencialmente, de las limitaciones en la fabricación y la calidad del grafeno".

Basándose en los cálculos de Nikitin, el grupo de Nanodispositivos de nanoGUNE, liderado por los investigadores Ikerbasque Luis Hueso y Félix Casanova, fabricó nanoantenas de oro sobre grafeno proporcionado por Graphenea. Posteriormente, el grupo de Nanoóptica utilizó el microscopio de campo cercano NEASPEC para visualizar cómo los plasmones del grafeno se ponen en marcha y se propagan a lo largo de la capa de grafeno. En las imágenes, los investigadores vieron que, efectivamente, las ondas sobre el grafeno se propagan lejos de la antena, de la misma forma que se propagan las olas en una superficie de agua cuando se lanza una piedra a la misma.

Con el fin de probar si la propagación de luz a lo largo de una capa de carbono de un solo átomo de grosor sigue las leyes de la óptica convencional, los investigadores diseñaron distintos experimentos para enfocar y refractar la luz. Para el experimento de enfoque, curvaron la antena. Las imágenes resultantes mostraron que los plasmones del grafeno se concentran a una cierta distancia de la antena, como cuando un haz de luz se focaliza con una lente o espejo cóncavo.



marcha por una antena de oro minúsculo - al pasar por un prisma de un solo átomo de espesor (nanoGUNE).

El grupo también observó que los plasmones del grafeno se refractan (cambian de dirección) cuando pasan a través de una doble capa de grafeno en forma de prisma, de forma análoga a como se flexiona un haz de luz al pasar a través de un prisma de cristal. "La principal diferencia es que el prisma de grafeno es de solo dos átomos de espesor. Es el prisma óptico refractor más delgado que se conoce", dice Rainer Hillenbrand. Curiosamente, los plasmones del grafeno cambian de dirección porque la conductividad es mayor en el prisma de dos átomos de espesor que en la capa de un solo átomo que lo rodea. En el futuro, tales cambios de conductividad en el grafeno podrían ser establecidos por medios electrónicos simples, lo que permitiría un control altamente eficiente de la refracción, entre otros, para aplicaciones de guiado de luz.

En definitiva, los experimentos muestran que los principios fundamentales y más importantes de la óptica convencional también se aplican a los plasmones del grafeno, es decir, a luz extremadamente comprimida que se propaga a lo largo de una sola capa de átomos de carbono. Los futuros desarrollos basados en estos resultados podrían conducir a circuitos y dispositivos ópticos extremadamente miniaturizados que podrían ser utilizados en aplicaciones de detección y computación.

Publicación original

P. Alonso-González¹, A.Y. Nikitin^{1,5}, F. Golmar^{1,2}, A. Centeno³, A. Pesquera³, S. Vélez¹, J. Chen¹, G. Navickaite⁴, F. Koppens⁴, A. Zurutuza³, F. Casanova^{1,5}, L.E. Hueso^{1,5} and R. Hillenbrand^{1,5}. "Controlling grapheme plasmons with resonant metal antennas and spatial conductivity patterns" Science (2014) DOI: 10.1126/science.1253202

¹ CIC nanoGUNE, 20018 Donostia-San Sebastián, España.

² I.N.T.I-CONICET and ECyT-UNSAM, San Martín, Buenos Aires, Argentina.

³ Graphenea SA, 20018 Donostia-San Sebastián, España.

⁴ ICFO-Institut de Ciències Fotoniques, Mediterranean Technology Park, 08860 Casteldefells, Barcelona, España.

⁵ IKERBASQUE, Basque Foundation for Science, 48011 Bilbao, España.

CIC nanoGUNE

El Centro de Investigación Cooperativa 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 económica del País Vasco.

GRAPHENEA S.A.

www.nanogune.eu

CIC nanoGUNE Consolider
Tolosa Hiribidea, 76
E-20018 Donostia – San Sebastian
+34 943 574 000 · nano@nanogune.eu



Graphenea es una start-up pionera en la producción de grafeno fundada en 2010 por inversores privados y CIC nanoGUNE. La compañía produce y comercializa películas de grafeno realizadas mediante la tecnología de deposición química de vapor y polvos de grafeno mediante técnicas de exfoliación química.

ICFO

ICFO es una institución de investigación de reciente creación situada en Barcelona cuyo objetivo es avanzar en los límites mismos de los conocimientos en Fotónica, a saber, la ciencia y la tecnología de aprovechamiento de la luz. Sus programas de investigación se dirigen a la vanguardia mundial de la fotónica, y tienen como objetivo hacer frente a importantes desafíos a los que se enfrenta la sociedad en general. ICFO está centrada en los problemas actuales y futuros de la salud, la energía, la información, la seguridad y el cuidado del medio ambiente.

Para 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 Consolider
Tolosa Hiribidea, 76
E-20018 Donostia – San Sebastian
+34 943 574 000 · nano@nanogune.eu