

FOTÓNICA

>ALUMBRANDO UNA NUEVA REVOLUCIÓN

LA MIRADA DE...

LUIS MARTÍN MORENO

Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón

CONTROLAR FOTONES
Aprovechando las propiedades especiales de los fotones que componen la luz, la fotónica se ha propuesto iluminar una nueva revolución en este siglo XXI, con aplicaciones en ámbitos como la biofotónica o el uso médico de la luz.

Para Luis Martín Moreno, que forma parte del grupo Nanofotónica y circuitos cuánticos del ICMA, «se ha llegado lejos» en el ámbito de la fotónica. «En dispositivos electrónicos, la sustitución de electrónica por fotónica no es completa, pero no es desdeñable». Él es especialmente optimista con las mejoras de células solares, «que en muchos casos incorporan fotones nanométricamente diseñados».

Lo mismo ocurre con los dispositivos de iluminación. «En 2014 se dio el premio Nobel de Química a una investigación que permite iluminar y 'ver' estructuras nanométricas -algo que se creía imposible hace solo dos o tres décadas-». Este avance está revolucionando la biología «porque podemos ver incluso la mitosis celular (en tiempo real)», destaca. Recientemente, «se ha descubierto que introducir una sustancia en una cavidad para fotones puede variar la química de la cavidad por la interacción con los fotones, incluso cuando no hay fotones en la cavidad». Este es «otro más de estos efectos cuánticos que parecen imposibles pero que las matemáticas de la mecánica cuántica predicen».

«Hacia dónde camina la fotónica en la actualidad? En opinión de Martín, «la fuerza conductora es ver una reacción molecular de una sola molécula en tiempo real». Esto afecta a infinidad de problemas científicos. Por ejemplo, «queremos saber cómo se transfiere la energía entre cromóforos -la región molecular que absorbe la luz, de lo cual depende su color- y cómo llega al centro de reacción». Y, «ya que sabemos que algunos seres vivos consiguen capturar y 'mover' fotones de una forma que nosotros aún no somos capaces de imitar, tenemos que descubrir cómo lo hacen».

M. P. P. M.

Hay quien augura que la fotónica despegará de tal forma que dejará definitivamente atrás la era electrónica. Pero antes, habrá que conseguir controlar un fotón de la misma manera que hoy controlamos un electrón. Mientras tanto, hace tiempo que hemos domesticado la luz en láseres y fibra óptica y hacemos los primeros pinitos en nanofotónica y nanoóptica. Dominar los fotones sentaría las bases para los ordenadores cuánticos, una realidad hacia la que se camina muy paso a paso. El investigador Luis Martín Moreno arroja luz sobre este campo

EL SUEÑO CIENTÍFICO DE UN INVESTIGADOR EN MATERIALES

La lista a los Reyes Magos incluiría: superconductores a temperatura ambiente (de manera que podamos transportar energía eléctrica sin perderla por el camino, almacenarla, crear campos magnéticos intensísimos prácticamente gratis), mejores materiales biocompatibles para prótesis, células solares más eficientes, mejora en las propiedades de materiales de anchura atómica (reducción en el precio de producción, eliminación de defectos, manufactura a gran escala y dimensiones, lo que permitiría llevar a la práctica las interesantísimas propiedades que se predicen en ese caso), y mejores baterías y supercondensadores (que permitan almacenar energía en general e impulsar los coches eléctricos en particular).

Y lo que sea que nos acabe proporcionando un ordenador cuántico.



CONTROLAR FOTONES

04



FOTÓNICA > EL GENIO (INVISIBLE) DE LA LUZ

No podemos imaginar nuestro planeta sin la existencia de la luz: la Tierra sería estéril e inhabitable sin la luz del sol, la fotosíntesis o el oxígeno. Pero igualmente importante para el progreso de la civilización humana ha sido producir y controlar la luz artificial. La ciencia fija ahora su atención en la fotónica, que, aprovechando las propiedades especiales de los fotones que componen la luz, abrirá la puerta a una nueva revolución en este siglo XXI con aplicaciones en muchos ámbitos, como la biofotónica o el uso médico de la luz. TEXTO PATRICIA LUNA

ALUMBRADOS (Se enfadó al recibir su última factura de la luz y se le pasó por la cabeza por un segundo loco vivir sin electricidad? Es difícil imaginar la vida sin luz, pero la electricidad es solo una de las formas en que la humanidad ha logrado domesticar artificialmente este elemento, catalizador de nuestra modernidad.

«Ha pensado alguna vez cómo el dominio humano de la luz artificial ha cambiado nuestra vida? Seguramente no una de las particularidades de la luz es que a veces puede ser tremendamente elusiva e invisible, pues el ojo humano solo puede ver una parte, que abarca las longitudes de onda que van de los 390 hasta los 770 nanómetros, una milésima del milímetro (por encima se encuentra la luz infrarroja y por debajo, la ultravioleta).

El control artificial de la luz está presente en mucha de la tecnología que manejamos: sensores, teléfonos móviles táctiles, códigos de barras, láseres que permiten visualizar enfermedades, eliminar células cancerosas o que cortan materiales industriales, luces que detectan componentes tóxicos o sustancias de dopaje en sangre, o uno de los más importantes, la fibra óptica, un hilo extremadamente largo y fino de material transparente -vidrio o plástico-, por el que se envían pulsos de luz que transmiten datos para que usted pueda conectarse a internet vía wifi o que permitan que su ordenador se comunique remotamente con otro situado más allá del mundo para tener una conversación telefónica por Skype.

La luz tiene propiedades físicas fascinantes. Aunque está constituida por partículas elementales como los fotones, es una radiación de campos electromagnéticos que se transmite en ondas que se mueven a una velocidad constante de 300.000 kilómetros por segundo. No requiere de ningún medio de transmisión - pero, como implica su naturaleza de onda, al contrario que las partículas, no podemos atraparla; ahí se encuentra uno de sus principales desafíos.

FOTONES FANTASMALES «La luz viene en paquetes, que se denominan fotones, aunque no somos capaces de distinguir su estructura a simple vista», explica Luis Martín Moreno, del Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (ICMA, Universidad de Zaragoza-CSIC). «Los fotones son como fantasmas para otros fotones, si pasan uno al lado del otro no se ven, no interactúan, no se comunican. Eso es bueno porque podemos enviar muchas señales distintas con diferentes longitudes de onda y no interfieren, pero es malo porque no podemos controlar luz con luz».

«La luz no es más que una sonda exploratoria que llega a la materia y la interviene y, según lo que detecta, rebota y nos manda información sobre de qué está hecha esa materia. A esa interacción de la luz con la materia es a lo que llamamos fotónica», afirma Javier Alzpurúa, que dirige el grupo de Teoría de la Nanofotónica del Centro de Física de Materiales del CSIC y la Universidad del País Vasco. Su grupo, como el de Martín Moreno, desarrolla conceptos de física teórica que, al ser llevados a la práctica por grupos experimentales, determinan el descubrimiento de nuevas propiedades en materiales.

Los expertos vaticinan que el siglo XXI será el siglo de la fotónica, el que dejará atrás la era electrónica, una vez que se rompan las muchas barreras aún pendientes que nos impiden controlar un fotón de la misma forma que un electrón. Ahora, los sistemas de comunicación utilizan fotones que transportan información que ha sido transformada a electrones, mucho más lentos que siguen un circuito y no son tan eficientes en cuanto al uso de energía. Dominar los fotones será un salto cualitativo que sentará las bases para los ordenadores cuánticos, una realidad aún lejana para la ciencia, según los expertos consultados.

NANOFOTÓNICA Y NANÓPTICA Lo que se ha conseguido recientemente los científicos es vencer otro tipo de barreras. Los físicos llevaban más de 150 años dándose de bruces con las paredes del límite de difracción de la luz, aquella propiedad que hace que la luz se disperse al atravesar una superficie y que, entre muchas otras cosas, impide que fuera posible ver escalas inferiores a 200 nanómetros. Este límite impide distinguir la estructura de

CUANDO CONTROLAR UN FOTÓN SEA TAN FÁCIL COMO CONTROLAR UN ELECTRÓN, DARÁ COMIENZO LA ERA DE LA FOTÓNICA

la mayoría de los virus. Sin embargo, en las últimas décadas, la aparición de materiales con ciertas propiedades ha permitido romper esa barrera, dando lugar a una nueva revolución a escala molecular: la nanofotónica y la nanoóptica.

El descubrimiento de los plasmones de luz, grupos de electrones que tienden a acumularse en los metales y, al ser excitados, se agupan y captan la luz, abriendo de nanómetros a nivel molecular ha permitido manipular la luz a niveles ínfimos, los más pequeños que conocemos, en el orden de la división de más de mil veces el tamaño de un pelo, e iluminar así un campo de la ciencia que hasta ahora permanecía en la más absoluta oscuridad.

Ahora podemos utilizar esas nanonotas como sensores y eso abre la puerta para la detección de incluso la presencia ínfima de un microorganismo tóxico en alimentos. Y también multiplica las posibilidades de una forma nueva de entender la medicina.

Investigadores del ICMA han publicado recientemente un artículo en la revista 'Nature Photonics' sobre los últimos avances en el estudio de las aplicaciones de los plasmones, que tendrán grandes aplicaciones en sensores y nuevos láseres.

TM MARTES 18.ABR.2017 HERALDO DE ARAGÓN

EN PORTADA

FOTÓNICA > EL GENIO (INVISIBLE) DE LA LUZ

No podemos imaginar nuestro planeta sin la existencia de la luz: la Tierra sería estéril e inhabitable sin la luz del sol, la fotosíntesis o el oxígeno. Pero igualmente importante para el progreso de la civilización humana ha sido producir y controlar la luz artificial. La ciencia fija ahora su atención en la fotónica, que, aprovechando las propiedades especiales de los fotones que componen la luz, abrirá la puerta a una nueva revolución en este siglo XXI con aplicaciones en muchos ámbitos, como la biofotónica o el uso médico de la luz. TEXTO PATRICIA LUNA

ALUMBRADOS (Se enfadó al recibir su última factura de la luz y se le pasó por la cabeza por un segundo loco vivir sin electricidad? Es difícil imaginar la vida sin luz, pero la electricidad es solo una de las formas en que la humanidad ha logrado domesticar artificialmente este elemento, catalizador de nuestra modernidad.

«Ha pensado alguna vez cómo el dominio humano de la luz artificial ha cambiado nuestra vida? Seguramente no una de las particularidades de la luz es que a veces puede ser tremendamente elusiva e invisible, pues el ojo humano solo puede ver una parte, que abarca las longitudes de onda que van de los 390 hasta los 770 nanómetros, una milésima del milímetro (por encima se encuentra la luz infrarroja y por debajo, la ultravioleta).

El control artificial de la luz está presente en mucha de la tecnología que manejamos: sensores, teléfonos móviles táctiles, códigos de barras, láseres que permiten visualizar enfermedades, eliminar células cancerosas o que cortan materiales industriales, luces que detectan componentes tóxicos o sustancias de dopaje en sangre, o uno de los más importantes, la fibra óptica, un hilo extremadamente largo y fino de material transparente -vidrio o plástico-, por el que se envían pulsos de luz que transmiten datos para que usted pueda conectarse a internet vía wifi o que permitan que su ordenador se comunique remotamente con otro situado más allá del mundo para tener una conversación telefónica por Skype.

La luz tiene propiedades físicas fascinantes. Aunque está constituida por partículas elementales como los fotones, es una radiación de campos electromagnéticos que se transmite en ondas que se mueven a una velocidad constante de 300.000 kilómetros por segundo. No requiere de ningún medio de transmisión - pero, como implica su naturaleza de onda, al contrario que las partículas, no podemos atraparla; ahí se encuentra uno de sus principales desafíos.

FOTONES FANTASMALES «La luz viene en paquetes, que se denominan fotones, aunque no somos capaces de distinguir su estructura a simple vista», explica Luis Martín Moreno, del Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (ICMA, Universidad de Zaragoza-CSIC). «Los fotones son como fantasmas para otros fotones, si pasan uno al lado del otro no se ven, no interactúan, no se comunican. Eso es bueno porque podemos enviar muchas señales distintas con diferentes longitudes de onda y no interfieren, pero es malo porque no podemos controlar luz con luz».

«La luz no es más que una sonda exploratoria que llega a la materia y la interviene y, según lo que detecta, rebota y nos manda información sobre de qué está hecha esa materia. A esa interacción de la luz con la materia es a lo que llamamos fotónica», afirma Javier Alzpurúa, que dirige el grupo de Teoría de la Nanofotónica del Centro de Física de Materiales del CSIC y la Universidad del País Vasco. Su grupo, como el de Martín Moreno, desarrolla conceptos de física teórica que, al ser llevados a la práctica por grupos experimentales, determinan el descubrimiento de nuevas propiedades en materiales.

Los expertos vaticinan que el siglo XXI será el siglo de la fotónica, el que dejará atrás la era electrónica, una vez que se rompan las muchas barreras aún pendientes que nos impiden controlar un fotón de la misma forma que un electrón. Ahora, los sistemas de comunicación utilizan fotones que transportan información que ha sido transformada a electrones, mucho más lentos que siguen un circuito y no son tan eficientes en cuanto al uso de energía. Dominar los fotones será un salto cualitativo que sentará las bases para los ordenadores cuánticos, una realidad aún lejana para la ciencia, según los expertos consultados.

NANOFOTÓNICA Y NANÓPTICA Lo que se ha conseguido recientemente los científicos es vencer otro tipo de barreras. Los físicos llevaban más de 150 años dándose de bruces con las paredes del límite de difracción de la luz, aquella propiedad que hace que la luz se disperse al atravesar una superficie y que, entre muchas otras cosas, impide que fuera posible ver escalas inferiores a 200 nanómetros. Este límite impide distinguir la estructura de

CUANDO CONTROLAR UN FOTÓN SEA TAN FÁCIL COMO CONTROLAR UN ELECTRÓN, DARÁ COMIENZO LA ERA DE LA FOTÓNICA

la mayoría de los virus. Sin embargo, en las últimas décadas, la aparición de materiales con ciertas propiedades ha permitido romper esa barrera, dando lugar a una nueva revolución a escala molecular: la nanofotónica y la nanoóptica.

El descubrimiento de los plasmones de luz, grupos de electrones que tienden a acumularse en los metales y, al ser excitados, se agupan y captan la luz, abriendo de nanómetros a nivel molecular ha permitido manipular la luz a niveles ínfimos, los más pequeños que conocemos, en el orden de la división de más de mil veces el tamaño de un pelo, e iluminar así un campo de la ciencia que hasta ahora permanecía en la más absoluta oscuridad.

Ahora podemos utilizar esas nanonotas como sensores y eso abre la puerta para la detección de incluso la presencia ínfima de un microorganismo tóxico en alimentos. Y también multiplica las posibilidades de una forma nueva de entender la medicina.

Investigadores del ICMA han publicado recientemente un artículo en la revista 'Nature Photonics' sobre los últimos avances en el estudio de las aplicaciones de los plasmones, que tendrán grandes aplicaciones en sensores y nuevos láseres.

■ **De premio** El reportaje 'Fotónica. El genio (invisible) de la luz', escrito por Patricia Luna en Tercer Milenio, obtuvo el segundo premio de la primera edición de los galardones Fotón 2018 en su categoría Fotón Emitido, convocados por el Instituto de Óptica Daza de Valdés del CSIC, en colaboración con la Sociedad Española de Óptica.

TM MARTES 18.ABR.2017 HERALDO DE ARAGÓN



Tejido humano en una imagen médica multimodal. Lab-on-a-chip experimental.

BIOFOTÓNICA: EL LABORATORIO PLASMÓNICO, EN UN CHIP
CON UNA GOTITA DE SANGRE. La próxima revolución médica meterá los laboratorios dentro de un chip. Una sola gota de sangre humana, analizada hasta el paciente, y no al contrario como se hace ahora, el laboratorio como se hace ahora, el Instituto de Ciencias Fotónicas de Barcelona (ICFO). Señala tres ventajas: la rapidez en los resultados, que puede ser decisiva para curar ciertas enfermedades, el haber automatizado las pruebas, que los análisis convencionales, los demuestramos diagnosticar más gente antes y, por último, de forma mucho menos invasiva, con una sola gota de sangre, señala.

Rürgen Popp, director del Instituto de Tecnología Fotónica de Leibniz, en Alemania, líder en biofotónica, explica que «para detectar un patógeno, podemos reducir el tiempo de 48 horas a 120 minutos y, a la vez, determinar su resistencia a los antibióticos, el vez, podemos saber qué causa la enfermedad y el tratamiento adecuado en dos horas». Todo con una muestra de sangre de un paciente, y abrirá el camino a una medicina personalizada.

FOTOFÁRMACOS CONTRA EL CÁNCER «Con técnicas basadas en la luz -añade Popp- podremos ser mucho más rápidos en detectar el cáncer. Se pueden usar dispositivos de luz fluorescente para identificar los tejidos afectados».

MEDICINA ÓPTICA: UNA VENTANA AL INTERIOR DEL CUERPO
Se imagina que un aparato controla digitalmente la luz, abriendo de nanómetros a nivel molecular ha permitido manipular la luz a niveles ínfimos, los más pequeños que conocemos, en el orden de la división de más de mil veces el tamaño de un pelo, e iluminar así un campo de la ciencia que hasta ahora permanecía en la más absoluta oscuridad.

Ahora podemos utilizar esas nanonotas como sensores y eso abre la puerta para la detección de incluso la presencia ínfima de un microorganismo tóxico en alimentos. Y también multiplica las posibilidades de una forma nueva de entender la medicina.

Investigadores del ICMA han publicado recientemente un artículo en la revista 'Nature Photonics' sobre los últimos avances en el estudio de las aplicaciones de los plasmones, que tendrán grandes aplicaciones en sensores y nuevos láseres.

¿LA FOTÓNICA DEJARÁ ATRÁS A LA ELECTRÓNICA?
«En algunos casos ya lo ha hecho», cree Luis Martín Moreno. Y pone ejemplos tangibles: «Las conexiones entre ordenadores y entre procesadores es fotónica. También lo son la wifi y el bluetooth». En general, «ha habido una tendencia clara de reemplazar toda la electrónica que se pueda por fotónica, pero no es sencillo crear transistores solo con luz». En ordenadores clásicos, no cree que esto vaya a ocurrir en 25 años. Pero «se puede argumentar que las plataformas que se están considerando para ordenadores cuánticos son más fotónicas que electrónicas...», reflexiona.

Aún no sabemos cómo será ese deseado ordenador cuántico. Ahora

BIOFOTÓNICA: EL LABORATORIO PLASMÓNICO, EN UN CHIP

CON UNA GOTITA DE SANGRE. La próxima revolución médica meterá los laboratorios dentro de un chip. Una sola gota de sangre humana, analizada hasta el paciente, y no al contrario como se hace ahora, el laboratorio como se hace ahora, el Instituto de Ciencias Fotónicas de Barcelona (ICFO). Señala tres ventajas: la rapidez en los resultados, que puede ser decisiva para curar ciertas enfermedades, el haber automatizado las pruebas, que los análisis convencionales, los demuestramos diagnosticar más gente antes y, por último, de forma mucho menos invasiva, con una sola gota de sangre, señala.

Rürgen Popp, director del Instituto de Tecnología Fotónica de Leibniz, en Alemania, líder en biofotónica, explica que «para detectar un patógeno, podemos reducir el tiempo de 48 horas a 120 minutos y, a la vez, determinar su resistencia a los antibióticos, el vez, podemos saber qué causa la enfermedad y el tratamiento adecuado en dos horas». Todo con una muestra de sangre de un paciente, y abrirá el camino a una medicina personalizada.

FOTOFÁRMACOS CONTRA EL CÁNCER «Con técnicas basadas en la luz -añade Popp- podremos ser mucho más rápidos en detectar el cáncer. Se pueden usar dispositivos de luz fluorescente para identificar los tejidos afectados».

MEDICINA ÓPTICA: UNA VENTANA AL INTERIOR DEL CUERPO
Se imagina que un aparato controla digitalmente la luz, abriendo de nanómetros a nivel molecular ha permitido manipular la luz a niveles ínfimos, los más pequeños que conocemos, en el orden de la división de más de mil veces el tamaño de un pelo, e iluminar así un campo de la ciencia que hasta ahora permanecía en la más absoluta oscuridad.

Ahora podemos utilizar esas nanonotas como sensores y eso abre la puerta para la detección de incluso la presencia ínfima de un microorganismo tóxico en alimentos. Y también multiplica las posibilidades de una forma nueva de entender la medicina.

Investigadores del ICMA han publicado recientemente un artículo en la revista 'Nature Photonics' sobre los últimos avances en el estudio de las aplicaciones de los plasmones, que tendrán grandes aplicaciones en sensores y nuevos láseres.

¿LA FOTÓNICA DEJARÁ ATRÁS A LA ELECTRÓNICA?
«hay tres o cuatro plataformas en estudio. La que esta más avanzada involucra cables y circuitos superconductores, trabajando a temperaturas de milésimas de grado kelvin (unas 10.000 veces mas bajas que la temperatura ambiente)». En el ICMA, el grupo de Fernando Luis «está intentado sustituir los circuitos superconductores por moléculas diseñadas apropiadamente, para poder aumentar el numero de qubits». En los últimos cinco años se han hecho tremendos avances, «que nos acercan a la llamada 'supremacía cuántica'». Así se denomina el punto en que un ordenador cuántico sea mejor que uno clásico. «IBM puso a disposición del público en 2016 una plataforma con 5 qubits, que ya son 20, y está probando un prototipo con 50 qubits».

05

Por la generación de superconductores a temperatura ambiente, una propiedad de los metales, la luz sale por los aparatos de una cámara metálica al doble de frecuencia de la de entrada.



tados y ver el estado del tumor, detectar sus bordes de manera precisa y, en el futuro, incluso que con tecnología láser, eliminarlo directamente tras el diagnóstico.

El grupo de Quidant en el ICFO investiga el uso de nanopartículas contra el cáncer. «Utilizamos nanopartículas de oro para desarrollar laboratorios analíticos miniaturizados que pueden detectar bajas concentraciones de biomoléculas (la 'firma molecular' de un cáncer) en una gota de sangre. Esta tecnología ha sido validada en el laboratorio y estamos trabajando para llevarla a los hospitales», continúa. «En terapia, las mismas nanopartículas pueden utilizarse como eficientes nanoagentes de calor activados por la luz. La superficie de la nanopartícula está cubierta con biomoléculas capaces de concentrarse principalmente en el tejido canceroso. Después, la iluminación con láser calienta estas nanopartículas y se extrae el cáncer sin afectar a los tejidos sanos y sin los efectos secundarios de la quimioterapia. La técnica va camino de ser aprobada.

FOTOFÁRMACOS La optofarmacología utiliza la luz para controlar la actividad de los medicamentos. Un artículo publicado en la revista 'Elife' presenta el primer ejemplo de fotofármaco que actúa como analgésico en modelos animales in vivo. El primer fármaco actuado por la luz, para tratar el dolor ha sido diseñado por expertos de la Universidad de Barcelona, el Instituto de Investigación Biomédica de Bellvitge y el Instituto de Química Avanzada de Cataluña.

