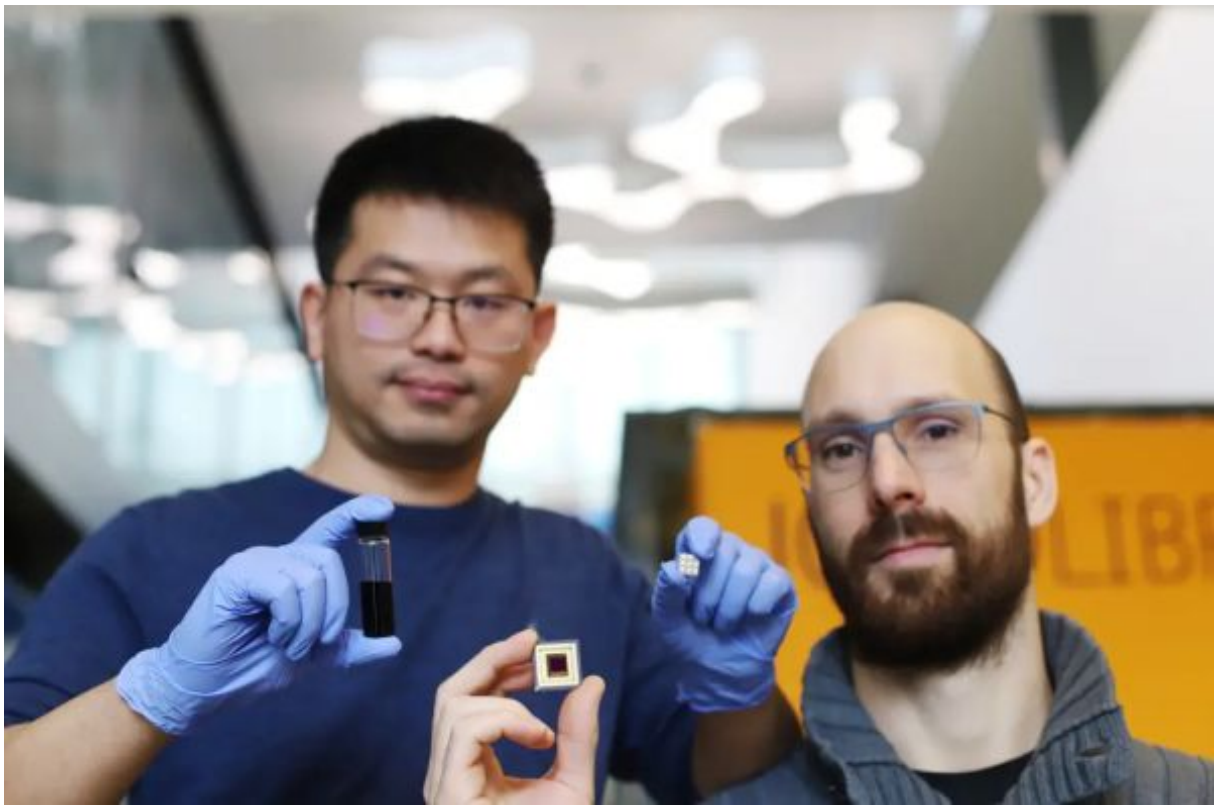


Los puntos cuanticos no toxicos abren el camino hacia los sensores CMOS infrarrojos de onda corta para la electronica de consumo

Un equipo de investigadores del ICFO y de Qurv han creado un nuevo sensor de imagenes de luz infrarroja de onda corta (SWIR por sus siglas en ingles) de alto rendimiento utilizando puntos cuanticos coloidales no toxicos. En un articulo publicado en Nature Photonics, los investigadores han descrito un nuevo metodo para sintetizar puntos cuanticos libres de fosfina compatibles e integrables con la tecnologia CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor).

January 03, 2024

Aunque es invisible a nuestros ojos, la luz infrarroja de onda corta (o SWIR, por sus siglas en ingles) puede permitir una viabilidad, funcionalidad y rendimiento sin precedentes de las aplicaciones de vision por computador de alto volumen para los mercados de la robotica de

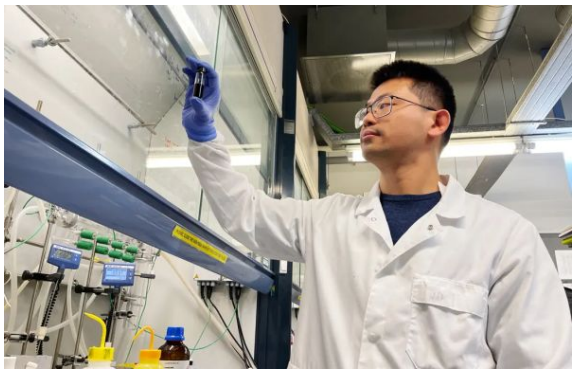
servicio, la automocion, y la electronica de consumo. Los sensores de imagen con sensibilidad en el espectro SWIR pueden operar bajo condiciones adversas como en situaciones con luz del sol muy brillante, en situaciones de niebla, bruma o incluso humo. Ademas, el rango SWIR proporciona fuentes de iluminacion segura para el ojo humano y da lugar a poder detectar las propiedades de los materiales a traves de la imagen molecular.
La tecnologia basada en los puntos cuanticos coloidales (CQD por sus siglas en ingles), ofrece una via tecnologica prometedora para el desarrollo de sensores de imagen SWIR. Los CQD, cristales semiconductores de tamano nanometrico, son una plataforma de solucion procesada que puede ser integrada con la tecnologia CMOS y permitir el acceso al espectro SWIR. Sin embargo, llevar el uso de los puntos cuanticos sensibles al SWIR a una tecnologia valida para aplicaciones orientadas al mercado tiene sus obstaculos, ya que a menudo estos CQD contienen metales pesados, como el plomo o el mercurio (semiconductores de calcogenuros IV-VI Pb, Hg). Estos de materiales estan sujetos a la Directiva Europea de Restriccion de Sustancias Peligrosas (RoHS), una normativa que regula su uso en aplicaciones comerciales de productos electronicos de consumo.
En un nuevo estudio publicado en la revista Nature Photonics, los investigadores del ICFO **Yongjie Wang, Lucheng Peng y Aditya Malla**, liderados por el profesor ICREA del ICFO **Gerasimos Konstantatos**, en colaboracion con los investigadores **Julien Schreier, Yu Bi, Andres Black y Stijn Goosens**, de Qurv, una spinoff del ICFO, han desarrollado unos fotodetectores infrarrojos de altas prestaciones y un sensor de imagen de luz infrarroja de onda corta (SWIR) que opera a temperatura ambiente y estan basados en el uso de los puntos cuanticos coloidales no toxicos. El trabajo publicado describe un nuevo metodo para poder sintetizar estos puntos cuanticos libres de fosfina y de tamano modulable, que preservan las propiedades de los puntos que si contienen metales pesados. De esta forma, se abre el camino a la introduccion de la tecnologia basada en los puntos cuanticos capaz de operar en el rango del SWIR en los mercados de gran volumen.
Mientras estaban investigando como sintetizar nanocristales de telururo de bismuto y plata (AgBiTe2) para aumentar la cobertura espectral del arseniuro de bismuto y azufre (AsBiS2) para mejorar el comportamiento de los dispositivos fotovoltaicos, los investigadores obtuvieron un subproducto: el Ag2Te. Este material mostro una absorcion de confinamiento cuantico fuerte y modulable, similar a la de los puntos cuanticos. Los investigadores se dieron cuenta de su potencial para desarrollar fotodetectores y sensores de imagen SWIR, y centraron entonces sus esfuerzos en obtener un nuevo metodo para sintetizar una version sin fosfina de puntos cuanticos de telururo de plata, ya que se ha visto que la fosfina tiene un impacto negativo sobre las propiedades optolectronicas de los puntos cuanticos relevante para la fotodeteccion.
Como parte de su nuevo metodo de sintesis, el equipo de investigadores utilizo diferentes compuestos libres de fosfina como precursores de la plata y el telurio. Obtuvieron puntos cuanticos con una buena distribucion por tamano y unos picos de excitacion a lo largo de un

rango muy amplio del espectro de luz. Despues de sintetizarlos y caracterizarlos, los puntos cuanticos mostraron un rendimiento notable, con picos excitonicos distintivos por encima de los 1500 nm, un logro sin precedentes en comparacion con tecnicas anteriores para la sintesis de puntos cuanticos basadas en la fosfina.
Los investigadores decidieron entonces implementar estos nuevos puntos cuanticos para fabricar un fotodetector (fotodiodo), a escala de laboratorio, sobre un substrato de vidrio con una fina capa de ITO (oxido de indio y estano) para caracterizar el dispositivo construido y medir sus propiedades. i¿½Estos dispositivos de laboratorio se operan mediante luz que incide desde la parte inferior. Para los CMOS formados por capas apiladas de puntos cuanticos, la luz se aplica de forma cenital, al ubicarse la parte electronica del CMOS en la zona inferiori¿½, comenta **Yongjie Wang**, investigador postdoctoral y primer autor del estudio. i¿½Asi que el primer reto que tuvimos que superar fue revertir la configuracion de la entrada de luz del fotosensor, algo que en teoria parece simple pero que resulto ser una tarea complejai¿?
. Inicialmente, el fotodiodo mostro un rendimiento bajo de deteccion de luz SWIR. Esto obli o a los investigadores a llevar a cabo un rediseno que incluyo la incorporacion de una ca a intermedia (buffer) en el corazon del dispositivo. Este ajuste mejoro significativamente l rendimiento del fotodetector. El fotodiodo SWIR resultante presentaba un rango espectr l que iba de los 350nm a los 1600nm, un rango dinamico linear que excedia los 118dB, n ancho de banda a de -3dB sobrepasando los 110khz y una capacidad de deteccion a temperatura ambiente del orden de los 1012 Jone
. i¿Hasta donde nosotros sabemos, los fotodiodos descritos en este trabajo representan por primera vez una solucion procesada y no toxica de fotodiodos SWIR que exhiben unos factores de merito similares a las versiones desarrolladas con puntos cuanticos que contienen metales pesadosi¿½, explica **Gerasimos Konstantatos**, profesor ICREA del ICFO y coautor del estudio. i¿½Estos resultados muestran que los puntos cuanticos de Ag2Te que hemos sintetizado son un material prometedor que cumple con la directiva RoHS para desarrollar aplicaciones de fotodeteccion de luz SWIR de alto rendimiento y bajo costei¿½.
Con el desarrollo exitoso de este fotodetector basado en puntos cuanticos libres de metales pesados, los investigadores dieron un paso mas en su trabajo. Iniciaron una colaboracion con la empresa Qurv, una spin-off del ICFO, para demostrar su potencial y se embarcaron en la construccion de una prueba de concepto de un sensor de imagen SWIR construido con puntos cuanticos no toxicos y capaz de operar a temperatura ambiente. El equipo integro el fotodiodo construido con un CMOS sobre un circuito integrado de lectura digital (ROIC) y un conjunto de plano focal (FPA) construyendo por primera vez la **prueba de concepto de un sensor de imagen SWIR baso en puntos cuanticos no toxicos capaces de operar a temperatura ambiente**. Los autores el trabajo probaron la capacidad del sensor de imagen de poder operar en el espectro SWIR tomando diferentes imagenes. En concreto, fueron capaces de obtener imagenes del contenido de una botella de plastico que era opaca bajo la

luz visible, como uno de los posibles ejemplos realizados.
i¿½Acceder al SWIR con una tecnologia de bajo coste para la electronica de consumo significa utilizar el potencial de este rango del espectro para numerosas aplicaciones, incluyendo sistemas de vision mejorada para la industria de la automocion que permitan la conduccion bajo condiciones climatologicas severasi¿½, explica Gerasimos Konstantatos. i¿½ La banda del SWIR entre las 1.35 m y las 1.40 m proporciona una ventana de seguridad pa a nuestros ojos, libre de luz de fondo en condiciones diurnas y nocturnas, permitiendo a deteccion y alcance de luz de largo alcance (LiDAR), imagenes tridimensionales pa a aplicaciones en el sector del automovil, de la realidad aumentada y realidad virtuái¿ ? Ahora los investigadores desean aumentar el rendimiento de los fotodiodos mediante l diseno y la modificacion del conjunto de capas que componen el dispositivo fotodetecto . Tambien quieren explorar nuevas superficies quimicas para los puntos cuanticos Ag2Te que permitan mejorar el rendimiento y la estabilidad termica y ambiental del material en su camino hacia el mercado.

Acknowledgements

G.K. acknowledges financial support from the European Research Council (ERC) under the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme (grant agreement no. 101002306), the Fundacio Joan Ribas Araquistain (FJRA), the Fundacio Privada Cellex, the program CERCA and ?Severo Ochoa' Centre of Excellence CEX2019-000910-S funded by the Spanish State Research Agency. Y.W. acknowledges support from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under the Marie Sk?odowska-Curie grant agreement no. 754558. L.P. acknowledges support from the Horizon Europe Framework Programme, the Marie Sk?odowska-Curie Postdoctoral Fellowships (grant agreement no. 101052595). S.G. acknowledges support from the Horizon-EIC action under the grant agreement no. 101113088-QSTACK. We would like to thank Y. Ren and D. Mandal for their help during the metal electrodes deposition and T. Khodkov for supplying the diced chips for the imager.



El investigador del ICFO, Yingjie Wang, sosteniendo una muestra de puntos cuanticos libres de metales pesados sintetizados. ©ICFO



Enlace al video