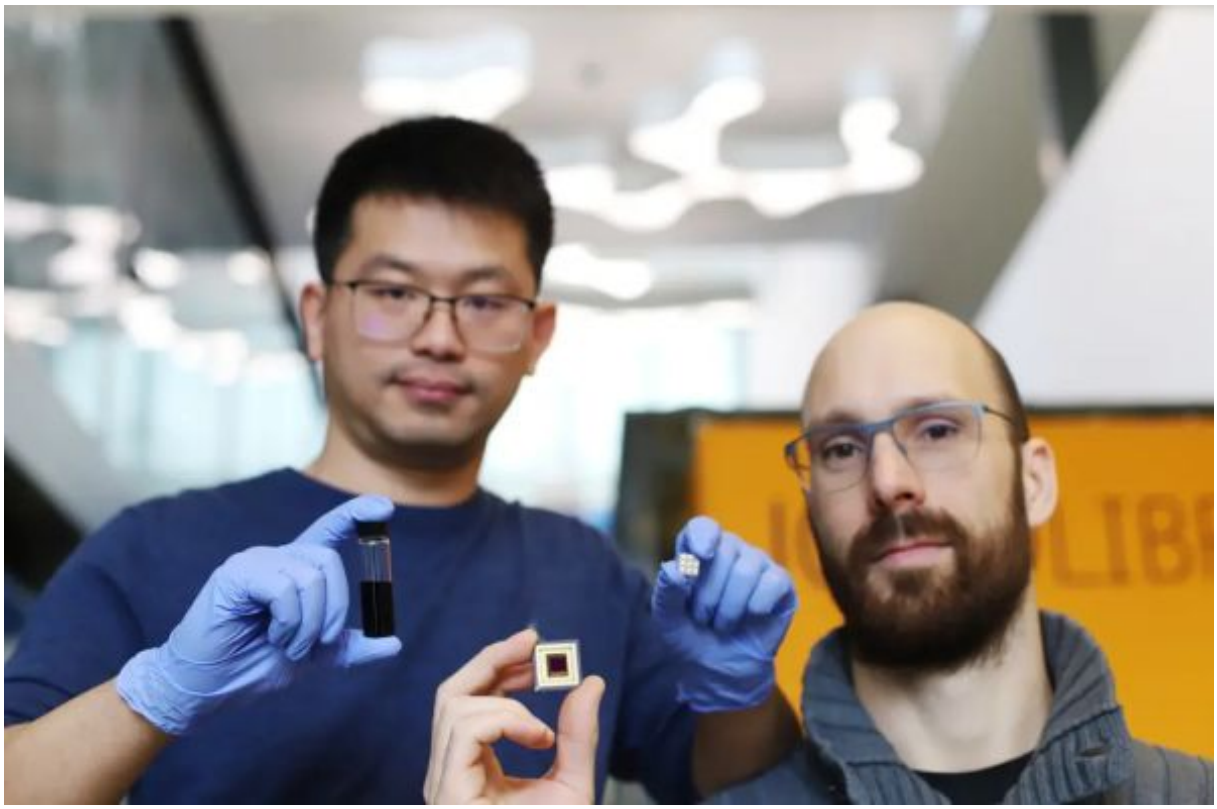


Els punts quantics no toxics obren el cami cap als sensors CMOS infrarojos d'ona curta per a l'electronica de consum

Un equip d'investigadors de l'ICFO i Qurv han creat un nou sensor d'imatges de llum infraroja d'ona curta (SWIR) d'alt rendiment utilitzant punts quantics col·loidals no toxics. En un articl publicat aNature Photonics, els investigadors descriuen un n u metode per a sintetitzar punts quantics lliures de fosfi a compatibles i integrables amb la tecnologia CM S (Complementary Metall-Oxidi-Semiconductor).

January 03, 2024

Encara que es invisible per als nostres ulls, la llum infraroja d'ona curta (SWIR per les seves sigles en angles) pot permetre la viabilitat, funcionalitat i rendiment sense precedents de les aplicacions de visio per computador per als mercats dels serveis robotics, de l'automobil, i de l'electronica de consum. Els sensors d'imatge sensibles a l'espectre SWIR poden operar

sota condicions adverses com ara la llum del sol brillant, la boira, la boira i el fum. A mes, el rang del SWIR proporciona fonts d'il·luminacio segura per a l'ull huma i obre la porta a l deteccio de les propietats dels materials a traves de la imatge molecular

La tecnologia basada en els punts quantics col·loidals (CQD per les seves sigles en angles , ofereix una via tecnologica prometedora per al desenvolupament de sensors d'imatge SWI . Els CQD, cristalls semiconductors de mida nanometrica, son una plataforma de soluc o processada que pot ser integrada amb la tecnologia CMOS i permetre l'acces a l'espect e SWIR. Tot i aixo, encara hi ha un obstacle per a traslladar l'us dels punts quantics sensibles l SWIR a una tecnologia valida per a aplicacions orientades al mercat. Els CQD conten n metalls pesants, com ara el plom o el mercuri (semiconductors de calcogenurs IV-VI Pb, Hg . Aquests materials estan subjectes a la Directiva Europea de Restriccio de Substanci s Perilloses (RoHS), una normativa que regula el seu us en aplicacions comercials de product s electronics de consu

. En un nou estudi publicat en la revista Nature Photonics, els investigadors del 'ICFO **Yongjie Wang, Lucheng Peng i Aditya Malla**, liderats pel professor ICREA a l'ICFO **Gerasimos Konstantatos**, en col·laboracio amb els investigadors **Julien Schreier**, **Yu Bi**, **Andres Black** i **Stijn Goosens**, de Qurv, una spinoff de l'ICFO, han desenvolupat uns fotodetectors infrarojos d'altes prestacions i un sensor d'imatge de llum infraroja d'ona curta (SWIR) que opera a temperatura ambient basats en l'us dels punts quantics col·loidals no toxics. El trebal publicat descriu un nou metode per a poder sintetitzar aquests punts quantics lliures d fosfina i de grandaria modulable que preserven les propietats dels punts que si contene metalls pesants. D'aquesta manera, s'obre el cami a la introduccio de la tecnologia basada e els punts quantics amb capacitat d'operar en el SWIR als mercats de gran volum

Mentre investigaven com sintetitzar nanocristalls de tel·lurur de bismut i plata ($AgBiTe_2$) per a augmentar la cobertura espectral de l'arsenur de bismut i sofre (AsBiS2) per a millorar el comportament dels dispositius fotovoltaics, els investigadors van obtenir un subproducte: el tel·lurur de plata (Ag2Te). Aquest material va mostrar una absorcio de confinament quantic fort i modulable, molt similar a la dels punts quantics. Els investigadors es van adonar del seu potencial per a desenvolupar fotodetectors i sensors d'imatge SWIR. Van centrar aleshores els seus esforcos a obtenir un nou metode per a sintetitzar una versio sense fosfina de punts quantics de Ag2Te, ja que s'ha vist que la fosfina te un impacte negatiu sobre les propietats optolectroniques dels punts quantics rellevant per a la capacitat de fotodeteccio.

Per al nou metode de sintesi, l'equip d'investigadors va utilitzar com a precursors del tel·lur diferents compostos lliures de fosfina. Van obtenir aixi punts quantics amb una bon distribucio de grandaria i amb uns pics d'excitacio al llarg d'un rang molt ampli de l'espectre Despres de sintetitzar-los i caracteritzar-los, els punts quantics van mostrar un rendimen notable, amb pics d'excitacio distintius per sobre dels 1500 nm, un assoliment sens precedents en comparacio amb tecniques anteriors per a la sintesi de punts quantic basades en la utilitzacio de la fosfina

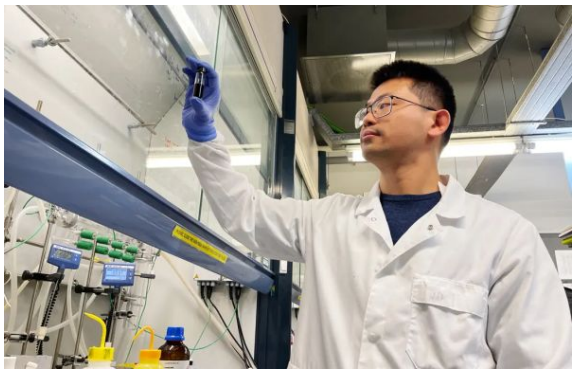
Els investigadors van decidir implementar aquests nous punts quantics per a construir u fotodectector (fotodiode) a escala de laboratori sobre un substrat de vidre amb una fina cap de ITO (oxid d'indi i estany) per poder caracteritzar els dispositius desenvolupats mesurar-ne les seves propietats. i¿½Aquests dispositius de laboratori s'operen mitjancant llum que incideix des de la part inferior. Per contra, per als CMOS amb piles de CQD integrades la llum prove de la part superior, en situar-se la part electronica del CMOS a la zona inferiori¿½, comenta **Yongjie Wang**, investigador post-doctoral i primer autor de l'estudi. i¿½Aixi que el primer repte que vam haver de superar va ser revertir la configuracio de l'entrada de llum del fotosensor, un fet que en teoria sembla simple pero que va resultar ser una tasca complexai¿?
. Inicialment, el fotodiode va mostrar un rendiment baix de deteccio de la llum SWIR. Aixo a obligar els investigadors a dur a terme un re-disseny amb la incorporacio d'una c pa intermedia (buffer) en el cor del dispositiu. Aquest ajust va millorar de forma significativa el rendiment del fotodetector. El fotodiode SWIR resultant presentava un rang espectral ue anava dels 350nm als 1600nm, un rang dinamic linear que excedia els 118dB, una amplada de banda de -3dB sobrepassant els 110khz i una capacitat de deteccio a temperatura ambient de l'ordre dels 1012 Jon
s. i¿½Mes on nosaltres sabem, els fotodiodes que descrivim en aquest treball representen per primera vegada una solucio processada i no toxica de fotodiodes SWIR que exhibeixen uns numeros meritoris similars a les versions desenvolupades amb punts quantics que si que contenen metalls pesantsi¿½, explica G**erasimos Konstantatos**, professor ICREA de l'ICFO i coautor de l'estudi. i¿½Aquests resultats mostren que els punts quantics de Ag2Te que hem sintetitzat son un material prometedor que compleix amb la directiva RoHS per a desenvolupar aplicacions de foto deteccio de llum SWIR d'alt rendiment i baix costi¿?
. Amb el desenvolupament exitos d'aquest fotodetector basat en punts quantics lliures e metalls pesants, els investigadors van decidir fer un pas mes. Van iniciar una col·labora io amb l'empresa Qurv, una spin-off del ICFO, per a demostrar el potencial d'aquests pu ts quantics i es van embarcar en la construccio d'una prova de concepte d'un sensor d'ima ge SWIR. L'equip va integrar el fotodiode construit amb un CMOS basat en un circuit integrat de lectura digital (ROIC) i un conjunt de pla focal (FPA), **construint per primera vegada un sensor d'imatge SWIR a partir de punts quantics no toxics capacos d'operar a temperatura ambient**. Els autors del treball van provar la capacitat del sensor d'imatge d'operar en l'espectre SWIR prenent diferents imatges. En concret, van ser capacos de, per exemple, obtenir imatges del contingut d'una ampolla de plastic que era opaca sota la llum visible.
i¿½Accedir al SWIR amb una tecnologia de baix cost alliberara el potencial d'aquest rang de l'espectre per a nombroses aplicacions per a l'electronica de consum, incloent-hi sistemes de visio millorada per a la industria de l'automobil que permetin la conduccio sota condicions climatologiques severesi¿½, explica Gerasimos Konstantatos. i¿½La banda del SWIR entre les 1.35 m i les 1.40 m proporciona una finestra de seguretat als nostres ulls, lliure de llum

e fons en condicions diürnes i nocturnes, permetent la deteccio i llum de llarg abast (LiDA), imatges tridimensionals per a aplicacions en el sector de l'automobil , de la reali at augmentada i realitat virtual.

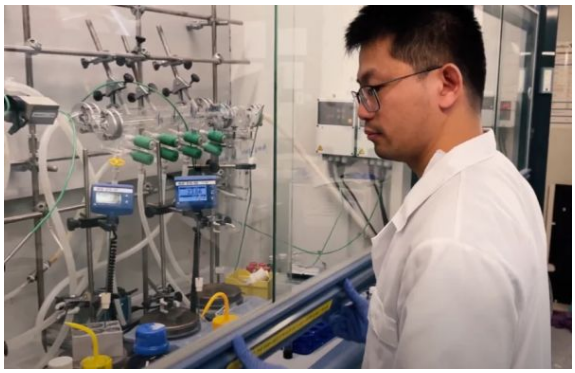
? Ara els investigadors volen augmentar el rendiment dels fotodiodes mitjancant l'enginyer a de la pila de capes que componen el dispositiu fotodetector. Tambe volen explorar nov s solucions quimiques per a la superficie dels punts quantics AgTe desenvolupats per a millorar-ne el rendiment i l'estabilitat termica i ambiental del material en el seu cami cap al mercat.

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.



L'investigador de l'ICFO, Yingjie Wang, sostenint una mostra de punts quantics lliures de metalls pesants sintetitzats. ©ICFO



Enllac a l'article