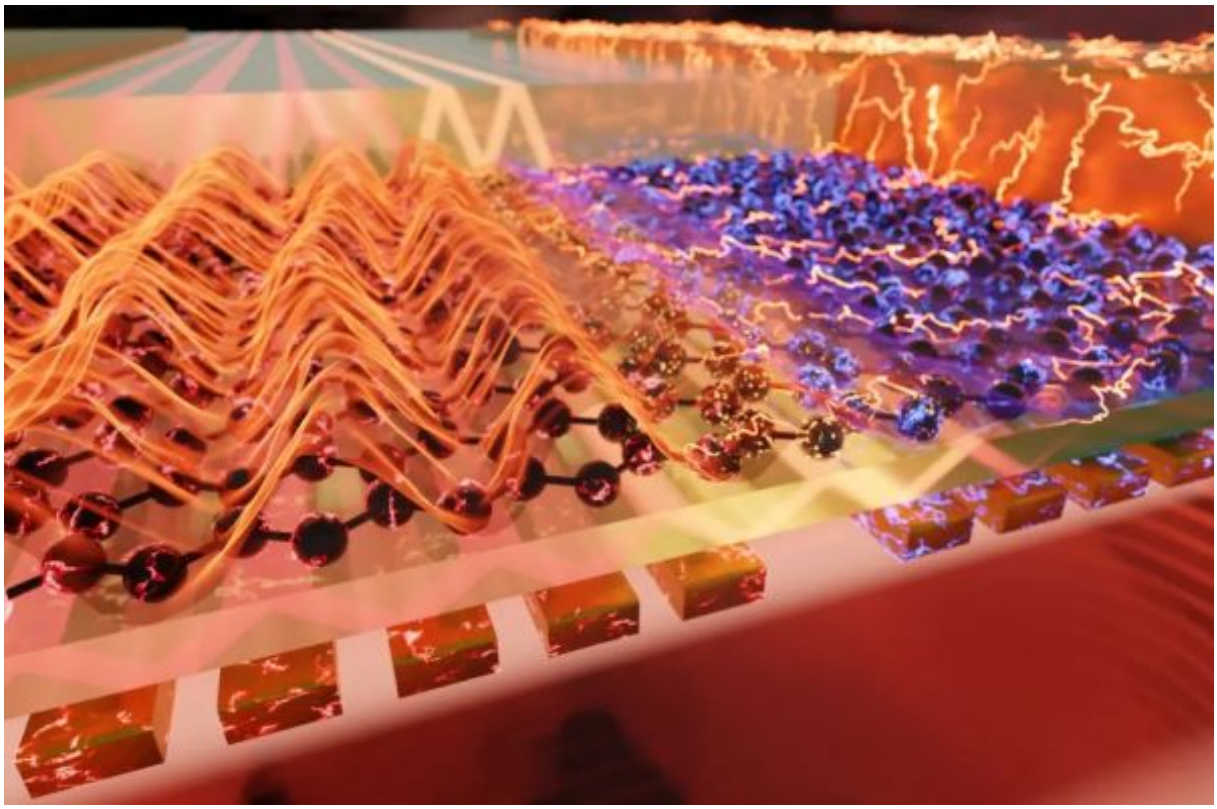


Nueva plataforma de electro-polaritones 2D para futuros espectrometros miniaturizados

En un reciente articulo de Nature Communications, el ICFO junto con un equipo internacional de investigadores presentan la integracion de un sistema de deteccion y una plataforma polaritonica en el mismo material 2D, permitiendo por primera vez la deteccion de nanoresonadores polaritonicos 2D con resolucion espectral. El dispositivo es adecuado para la miniaturizacion y muestra niveles record en confinamiento lateral y factores de alta calidad simultaneamente.

October 21, 2024

Los polaritones son excitaciones de ondas electromagneticas acopladas con particulas cargadas o bien con vibraciones en la red atomica de un material dado. Se utilizan ampliamente en nanofotonica debido a su capacidad para confinar la luz en volumenes extremadamente pequenos, del orden de nanometros, lo cual es esencial para mejorar las

interacciones luz-materia. Los materiales bidimensionales (es decir, materiales de un solo atomo de grosor) se utilizan comunmente para este proposito, ya que los polaritones que pueden alojar muestran un confinamiento aun mas extremo, menores perdidas de energia -resultando en vidas mas largas- y mayor capacidad de adaptacion en comparacion con los materiales voluminosos. Para lograr un control aun mayor sobre el confinamiento de la luz y mejorar aun mas las propiedades polaritonicas, se pueden emplear estructuras a nanoescala llamadas nanoresonadores. Ademas, cuando la luz interactua con un nanoresonador, los polaritones se excitan. Entonces oscilan y resuenan a unas frecuencias especificas, que vienen determinadas por la geometria y las propiedades del material del resonador, permitiendo la manipulacion precisa de la luz en la nanoescala.

Si bien el uso de polaritones para el confinamiento de la luz ya es una practica establecida, aun hay margen de mejora en cuanto a los metodos para sondearlos. En los ultimos anos, las mediciones opticas se han vuelto la opcion mayoritaria, pero sus detectores voluminosos requieren equipos externos. Esto limita la miniaturizacion del sistema de deteccion y la claridad de la senal (conocida como la relacion senal-ruido) que se puede obtener de las mediciones, lo que a su vez dificulta la aplicacion de las propiedades polaritonicas en areas donde estas dos caracteristicas son esenciales, como la deteccion molecular.

Ahora, investigadores de ICFO, el **Dr. Sebastian Castilla**, el **Dr. Hitesh Agarwal**, el **Dr. David Alcaraz**, el **Dr. Adria Grabulosa**, **Matteo Ceccanti**, el **Dr. Roshan Krishna Kumar**, liderados por el **Prof. ICREA Frank Koppens**; la Universidad de Ioannina; la Universidade do Minho; el Laboratorio Iberico Internacional de Nanotecnologia; la Universidad Estatal de Kansas; el Instituto Nacional de Ciencia de Materiales (Tsukuba, Japon); POLIMA (de la Universidad del Sur de Dinamarca); y URCI (Instituto de Ciencia de Materiales y Computacion, Ioannina), han demostrado en un articulo de Nature Communications la integracion de polaritones 2D con un sistema de deteccion en el mismo material bidimensional. **El dispositivo integrado permite, por primera vez, la deteccion electrica con resolucion espectral de nanoresonadores polaritonicos 2D y marca un paso significativo hacia la miniaturizacion de estos dispositivos**.

El equipo aplico espectroscopia electrica a una pila de tres capas de materiales 2D, en concreto, una capa de hBN (nitrato de boro hexagonal) colocada sobre grafeno, que a su vez se dispuso sobre otra lamina de hBN. Durante los experimentos, los investigadores identificaron varias ventajas de la espectroscopia electrica en comparacion con las tecnicas opticas comerciales. En el primer caso, el rango espectral cubierto es significativamente mas amplio (es decir, se abarca un rango mayor de frecuencias, incluyendo los rangos del infrarrojo y terahercios), el equipo requerido es considerablemente mas pequeno y las mediciones presentan una mayor relacion senal-ruido.

Esta plataforma electro-polaritonica representa un avance en el campo debido principalmente a dos caracteristicas. En primer lugar, el detector externo para realizar espectroscopia, requerido por la mayor parte de tecnicas opticas, deja de ser necesario. **Un**

solo dispositivo funciona al mismo tiempo como fotodetector y plataforma polaritonica, lo que **permite una mayor miniaturizacion del sistema**. Y en segundo, aunque en general un mayor confinamiento de la luz es perjudicial para la calidad de este confinamiento (ya que, por ejemplo, se acorta el tiempo de retencion de la luz), el dispositivo integrado supera con exito esta limitacion. i¿½**Nuestras plataformas presentan una calidad excepcional, logrando un confinamiento optico lateral record y factores de calidad de hasta aproximadamente 200**. Este nivel excepcional de confinamiento y calidad del grafeno mejora significativamente la eficiencia de la fotodeteccioni¿½, explica el Dr. Sebastian Castilla, primer coautor d
l articul
. Ademas, el enfoque de la espectroscopia electrica permite investigar nanoresonador
s polaritonicos 2D extremadamente pequenos (con tamanos laterales de alrededor de
0 nanometros). i¿½Eso era muy dificil de detectar con tecnicas convencionales debido a
las limitaciones de resolucion impuestasi¿½, anade el investi
ador. Castilla ahora reflexiona sobre los futuros descubrimientos que podria desbloquear su nuevo enfoque. i¿½Hay aplicaciones en deteccion, imagen hiperespectral y espectrometri
optica que podrian beneficiarse de esta plataforma integrada electro-polaritonica. Por eje
plo, la deteccion electrica de moleculas y gases en el propio chip podria hacerse pos
blei¿½, sugiere. i¿½Creo que nuestro trabajo abrira la puerta a muchas aplicaciones que l
naturaleza voluminosa de las plataformas comerciales estandar ha estado obstac

Referencia:
Castilla, S., Agarwal, H., Vangelidis, I. et al. Electrical spectroscopy of polaritonic nanoresonators. Nat Commun 15, 8635 (2024). https://doi.org/10.1038/s41467-024-52838-w

Acknowledgements:
The authors thank Hanan Herzig Sheinfux, Krystian Nowakowski, and Iacopo Torre for fruitful discussions. F.H.L.K. acknowledges financial support from the Spanish Ministry of Economy and Competitiveness, through the i¿½Severo Ochoai¿½ Program for Centers of Excellenc
in R&D (SEV-2015-0522), support by Fundacio Cellex Barcelona, Generalitat de Catal
nya through the CERCA program, and the Agency for Management of University and Rese
rch Grants (AGAUR) 2017 SGR 1656. Furthermore, the research leading to these results
has received funding from the European Union Seventh Framework Program under g
ant agreements no.785219 and no. 881603 Graphene Flagship forCore2 and Core3.
.C. acknowledges financial support from the Barcelona Institute of Science and Techno
ogy (BIST), the Secretaria d'Universitats i Recerca del Departament d'Empresa i Coneixemen
de la Generalitat de Catalunya and the European Social Fund (L'FSE inverteix en el teu futu
) - FEDER. N.M.R.P. acknowledges support from the Independent Research Fund Denmark (g
ant no. 2032-00045B) and the Danish National Research Foundation (Project No. DNRF1
5). Y.V.B., M.I.V., and N.M.R.P. acknowledge support by the Portuguese Foundation for Sci

nce and Technology (FCT) in the framework of the Strategic Funding UIDB/ 04650/2020. .W. and T.T. acknowledge support from the JSPS KAKENHI (Grant Numbers 21H05233 and 23H02052) and World Premier International Research Center Initiative (WPI), MEXT, Japan, for the growth of h-BN crystals. Funding for hBN crystal growth by E.J. and J.H.E. was prov ded by the Office of Naval Research, Award no. N00014-22-1-2582. F.H.L.K. and S.C. acknowl dge funding from the European Union (ERC, POLARSENSE, 101123421).