



Desarrollan la primera fuente cuantica de pares de fotones basada en una fibra de nucleo de silicio

Un equipo de investigadores del ICFO y del Royal Institute of Technology (KTH) de Suecia ha presentado en la revista *APL Photonics* la primera demostracion de una fuente de pares de fotones basada en una fibra de nucleo de silicio. Esta nueva plataforma ofrece una combinacion unica de bajas perdidas de propagacion, una alta no-linealidad y compacidad. Todos estos elementos la convierten en una candidata prometedora para aplicaciones cuanticas escalables.

October 01, 2024

Las tecnologias cuanticas exigen fuentes de fotones con unas caracteristicas determinadas: alta luminosidad, perdidas minimas y una alta escalabilidad. Si bien las opticas voluminosas y los circuitos integrados fotonicos de silicio (PICs por sus siglas en ingles) han sido las opciones tradicionales cuando se utilizan los efectos parametricos no lineales de tercer

orden, a menudo estos no cumplen con todos los criterios necesarios de forma simultánea. Sin embargo, las fibras de núcleo de silicio están demostrando tener un gran potencial como plataforma de aplicaciones cuánticas, especialmente en el ámbito de las comunicaciones cuánticas. El material altamente no lineal del núcleo, es decir, el silicio, junto con las bajas pérdidas de propagación y acoplamiento de la estructura de la fibra, hacen que estas fibras de núcleo de silicio sean una opción atractiva para alcanzar los estándares requeridos por las tecnologías cuánticas.

Los investigadores del ICFO, y miembros del proyecto NANO-GLASS, Davide Rizzotti, Stefano Signorini y el profesor ICREA Valerio Pruneri, junto con Clarissa Harvey y Michael Fokine, investigadores del Royal Institute of Technology (KTH) de Suecia, han podido fabricar y demostrar por primera vez una fuente cuántica de fotones basada en la mezcla espontánea de cuatro ondas (SFWM por sus siglas en inglés) en una fibra de núcleo de silicio. Los autores han descrito la fabricación y caracterización del nuevo dispositivo en un estudio publicado recientemente en la revista *APL Photonics*. La nueva fuente cuántica combina las bajas pérdidas y el bajo coste de la plataforma de fibra con la alta no linealidad y compatibilidad de los PICs de silicio.

Para llevar a cabo el experimento, los investigadores fabricaron una fibra de núcleo de silicio de 58 mm de largo con un núcleo de silicio cristalino de 1 μ m de diámetro. Un revestimiento de sílice puro rodeaba al núcleo. Al bombear la fibra con un láser de onda continua a 1551 nm (una longitud de onda que se utiliza en las telecomunicaciones), generaron pares de fotones a través de SFWM. Mediante un sistema de filtros, se separaron los fotones de señal y los inactivos en dos canales de telecomunicaciones, y se utilizaron dos detectores para recogerlos por separado. Finalmente, un dispositivo de etiquetado de tiempo midió las coincidencias entre los detectores de fotones, una técnica estándar para estudiar la correlación entre los pares de fotones generados.

Para caracterizar las pérdidas de la fibra de núcleo de silicio al ser utilizada como fuente de luz cuántica, el equipo desarrolló un nuevo método que estima directamente las pérdidas de acoplamiento y propagación. Este nuevo enfoque permitió estimar las pérdidas sin la necesidad de fibras auxiliares o técnicas destructivas, como la técnica estándar de corte. La fibra de núcleo de silicio rindió de forma excepcional, operando a temperatura ambiente alcanzando un brillo intrínseco de 570 kHz/nm/mW² y bajas pérdidas de propagación, situadas en los 0,3 dB/cm, unas cifras más bajas que las que las exhibidas por los actuales PICs de silicio. Además, una relación de coincidencia a accidental (CAR) medida de 133, un parámetro que estima la relación señal-ruido de las fuentes de pares de fotones, muestra que el dispositivo desarrollado cumple con los requisitos para aplicaciones cuánticas prácticas. Según escriben los autores del estudio, estas bajas pérdidas de propagación "allanan el camino para fuentes cuánticas basadas en fibras efectivas en la banda de telecomunicaciones". Además, destacan también el potencial de esta plataforma "para futuras aplicaciones, particularmente en el campo de las comunicaciones cuánticas".

.Al caracterizar el brillo y las pérdidas de propagación de la fuente de pares de fotones, hemos demostrado como las fibras de núcleo de silicio pueden cerrar la brecha tecnológica y de aplicación existente entre los PICs y las fibras ópticas", explica Davide Rizzotti, el primer autor del estudio. "Las nuevas fuentes basadas en fibras de núcleo de silicio tienen un gran potencial como fuente cuántica gracias a la alta no linealidad del silicio y el potencial que tienen de integrarse sin pérdidas en la red de fibra óptica existente".

"Esta claro que en la fotonica cuántica no existe una plataforma de material ideal, y se necesitan soluciones híbridas para garantizar dispositivos escalables y eficientes. Este estudio destaca el potencial de la fibra de núcleo de silicio como componente clave en las futuras tecnologías cuánticas híbridas", anade Stefano Signorini, investigador de ICFO y coautor del artículo.

"Si bien se necesitan esfuerzos adicionales para reducir las pérdidas y mejorar la escalabilidad de la plataforma, nuestro estudio representa un paso significativo hacia la realización del pleno potencial de las fibras de núcleo de silicio en aplicaciones cuánticas prácticas, especialmente en el campo de las comunicaciones cuánticas", concluye Valerio Pruneri, profesor ICREA en ICFO y coautor del estudio.

Este trabajo se ha realizado como parte del proyecto de investigación individual de Davide Rizzotti dentro del proyecto europeo NANO-GLASS. La investigación de Rizzotti se centra en el estudio y desarrollo de nuevos dispositivos de fibra para comunicaciones cuánticas, con el objetivo de alcanzar dispositivos de muy baja pérdida. De hecho, las bajas pérdidas de propagación y acoplamiento pueden traer beneficios significativos en la preservación de las señales cuánticas y aumentar la eficiencia de las comunicaciones cuánticas. Esta investigación se ha realizado también en el marco del consorcio Quantum Secure Network Partnership (QSNP), un proyecto europeo impulsado por la iniciativa Quantum Flagship que tiene como objetivo desarrollar una nueva tecnología de criptografía cuántica para realizar la transmisión y el intercambio de información a través de Internet de forma segura.

Acknowledgements

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation program under the Marie Skłodowska-Curie Grant Agreement No. 956419. This work was funded by the Swedish Foundation for Strategic Research (Grant No. RMA15-0135), the Horizon 2020 Framework Program (Grant Nos. 820466 and 820405), and the European Union (Grant Nos. QSNP 101114043 and ONAIR 101065309). Views and opinions expressed are, however, those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union, European Commission-EU or European Research Executive Agency (REA). Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them. This project is funded by the Departament de Recerca i Universitats de la Generalitat de Catalunya (2021 SGR 01458). This work was partially funded by CEX2019-000910-S (MCIN/AEI/10.13039/501100011033), Fundacio Cellex, Fundacio Mir-Puig, and Generalitat de

Catalunya through CERCA. This study was supported by MCIN with funding from European Union NextGenerationEU(PRTR-C17.11)- Plan Complementario de Comunicaciones Cuánticas - and by Generalitat de Catalunya.

Artículo Original

Davide Rizzotti, Stefano Signorini, Clarissa Harvey, Michael Fokine and Valerio Pruneri. (2024)

Silicon core fibers: a new platform for quantum light generation. APL Photonics. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0220647>