



Se logra desarrollar una fibra cuantica

Investigadores del ICFO, Corning Incorporated, Micro Photon Devices y Politecnico di Milano demuestran con exito el transporte de estados cuanticos de dos fotones a traves de una fibra optica de localizacion de Anderson con separacion de fases.

November 23, 2022

La fibra optica de perdida muy baja fue creada en 1970 por Corning Incorporated y, desde entonces, se convirtio en el mejor medio para enviar informacion de manera muy eficiente, sin perdida alguna, a grandes distancias, de un punto a otro. Hoy en dia, la forma mas comun de transmision de datos es a traves de fibras opticas convencionales, es decir, un solo canal central se encarga de transmitir la informacion. Pero, con el aumento exponencial de la generacion de datos, estos sistemas estan alcanzando ya los limites de capacidad en transmision de informacion. Por tanto, los estudios recientes se estan enfocando en encontrar nuevas formas de utilizar todo el potencial de las fibras buscando analizar su estructura interna y aplicar nuevos enfoques para mejorar la generacion y transmision de senales. Incluso, cabe destacar que la investigacion basada en luz clasica esta integrando luz cuantica, facilitando la generacion de nuevas aplicaciones basadas en tecnologias cuanticas.

A finales de los años 50, el físico Philip W. Anderson (quien también realizó importantes contribuciones a la física de partículas y la superconductividad) predijo lo que ahora se conoce con el nombre de localización de Anderson. Gracias a este descubrimiento, recibió el Premio Nobel de Física de 1977. En su formulación, Anderson mostró teóricamente bajo qué condiciones un electrón en un sistema desordenado puede moverse libremente a través del sistema como un todo o estar atado a una posición específica como un "electrón localizado". Este sistema desordenado puede ser, por ejemplo, un semiconductor con impurezas. Posteriormente, se aplicó el mismo enfoque teórico a una variedad de sistemas desordenados, y se dedujo que también la luz podía experimentar la localización de Anderson. Experimentos en el pasado han demostrado la localización de Anderson en fibras ópticas, realizando el confinamiento o la localización de la luz (luz clásica o convencional) en dos dimensiones mientras se propaga a través de la tercera dimensión. Si bien estos experimentos habían mostrado resultados exitosos con luz clásica, hasta ahora nadie había probado tales sistemas con luz cuántica, luz que consiste en estados cuánticos correlacionados. Es decir, no se había experimentado con luz cuántica hasta ahora. En un estudio publicado recientemente en *Communications Physics*, los investigadores de ICFO **Alexander Demuth, Robin Camphausen, Alvaro Cuevas**, dirigidos por el Prof ICREA en ICFO **Valerio Pruneri**, en colaboración con **Nick Borrelli, Thomas Seward, Lisa Lamberson y Karl W. Koch** de Corning, junto con **Alessandro Ruggeri** de Micro Photon Devices (MPD) y **Federica Villa y Francesca Madonini** del Politécnico di Milano, han podido demostrar con éxito el transporte de estados cuánticos de dos fotones en la luz a través de una fibra óptica de localización de Anderson (PSF) con separación de fases.

Una fibra óptica convencional frente a una fibra de localización de Anderson

A diferencia de las fibras ópticas modo simple o mono núcleo convencionales, donde los datos se transmiten a través de un solo núcleo, una fibra de fase separada (PSF) o fibra de localización Anderson de fase separada está hecha de muchos hilos de vidrio incrustados en una matriz de vidrio de dos índices de refracción diferentes. Durante su fabricación, a medida que el vidrio de borosilicato se calienta y se funde, se convierte en una fibra, donde una de las dos fases de diferentes índices de refracción tiende a formar hilos de vidrio alargados. Dado que hay dos índices de refracción dentro del material, esto genera lo que se conoce como un desorden lateral, que conduce a la localización transversal (2D) de Anderson de la luz en el material.

Como expertos en la fabricación de fibra óptica, Corning creó una fibra óptica que puede propagar múltiples haces ópticos en una sola fibra óptica aprovechando la localización de Anderson. A diferencia de los haces de fibra multinúcleo, esta PSF demostró ser muy adecuada para este tipo de experimentos, ya que muchos haces ópticos paralelos pueden propagarse a través de la fibra con un espacio mínimo entre ellos.

El equipo de científicos, expertos en comunicaciones cuánticas, quería transportar la información cuántica de la forma más eficiente posible a través de la fibra óptica de fase

separada fabricada por Corning. En el experimento, el PSF conecta un transmisor y un receptor. El transmisor es una fuente de luz cuantica (construida por ICFO). La fuente genera pares de fotones, correlacionados cuanticamente a traves de la conversion descendente parametrica espontanea (SPDC) en un cristal no lineal, donde un foton de alta energia se convierte en un par de fotones, cada uno con menor energia. Los pares de fotones de baja energia tienen una longitud de onda de 810 nm. Debido a la conservacion del impulso, surge la anticorrelacion espacial. El receptor es una camara de matriz de diodos de avalancha de foton unico (o Single Photon Array Detector -SPAD por sus siglas en ingles), desarrollada por Polimi y MPD. La camara SPAD, a diferencia de las camaras CMOS comunes, es tan sensible que puede detectar fotones individuales con un ruido extremadamente bajo; tambien tiene una resolucion temporal muy alta, de modo que puede detectar la hora de llegada de los fotones individuales con gran precision.

Luz Cuantica

El equipo de ICFO disenó el experimento optico con el fin de enviar luz cuantica a traves de la fibra de localizacion de Anderson PSF y detectar su llegada con la camara SPAD. La camara SPAD les permitio no solo detectar los pares de fotones, sino tambien identificarlos como pares, ya que llegan al mismo tiempo (se conocen con el nombre de fotones coincidentes). Como los pares estan correlacionados cuanticamente, con saber donde se detecta uno de los dos fotones nos permite instantaneamente saber la ubicacion del otro foton. Teniendo en cuenta esta tecnica, el equipo verifico esta correlacion justo antes y despues de enviar la luz cuantica a traves de la fibra PSF, demostrando con exito que la anti-correlacion espacial de los fotones se mantuvo.

Habiendo conseguido demostrar esto, el equipo de ICFO se dispuso a mostrar como mejorar sus resultados. Para ello, realizaron un analisis de escalado, con el fin de averiguar la distribucion optima del tamaño de las fibras de vidrio alargadas en el video correspondientes para la luz cuantica de 810 nm de longitud de onda. Tras un exhaustivo analisis con luz clasica, pudieron identificar las limitaciones actuales de la fibra PSF y proponer mejoras en su fabricacion, con el fin de minimizar la atenuacion y la perdida de resolucion durante el transporte.

Los resultados de este estudio han demostrado que este enfoque es potencialmente atractivo para procesos de fabricacion escalables en aplicaciones reales que puedan involucrar tecnicas de imagen cuanticas o comunicaciones cuanticas, especialmente para los campos de endoscopia de alta resolucion, distribucion de entrelazamiento y distribucion cantica de claves

Reference: Quantum light transport in phase-separated Anderson localization fiber, Alexander Demuth, Robin Camphausen, Alvaro Cuevas, Nick F. Borrelli, Thomas P. Seward III, Lisa Lamberson, Karl W. Koch, Alessandro Ruggieri, Francesca Madonini, Federica Villa & Valerio Pruneri, Communications Physics volume 5, Article number: 261 (2022).