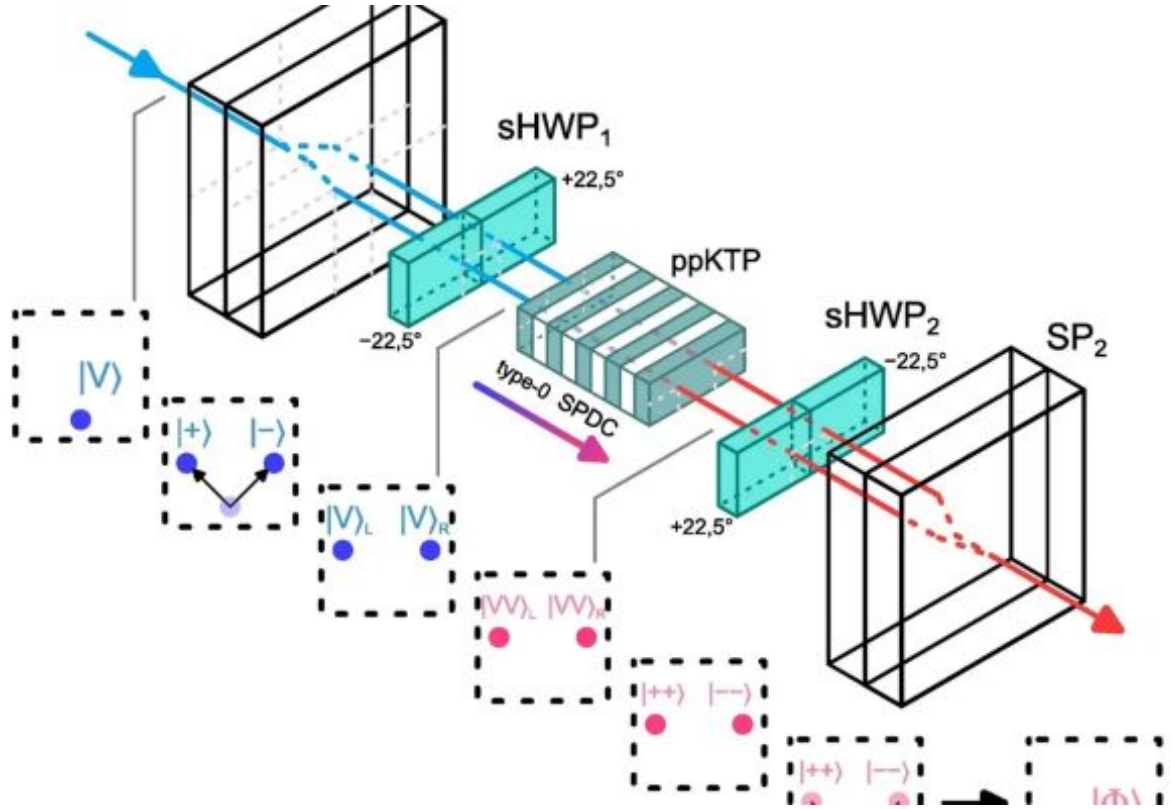

SPaDEs: Un vistazo a sus ventajas y rendimiento

Investigadores del ICFO introducen SPaDEs (Symmetric Parallel Displacement Entanglement Source) como un diseno innovador de fuente de fotones entrelazados por polarizacion (EPS, por sus siglas en ingles), que utiliza placas de Savart, y lo presentan como un avance significativo frente a los disenos tradicionales de EPS, especialmente aquellos basados en desplazadores de haz unicos.

April 14, 2025

Lo que distingue a SPaDEs es su capacidad para abordar de manera efectiva el problema del walk-off longitudinal, un problema comun en las EPS que emplean desplazamiento de haz. Este fenomeno, en el que diferentes modos de polarizacion experimentan desplazamientos espaciales distintos al pasar por elementos opticos, puede degradar significativamente la calidad del entrelazamiento. El articulo destaca el uso de las placas de Savart como un factor clave para mitigar este problema.

Los desplazadores de haz convencionales dividen un haz segun la polarizacion, pero no mantienen la superposicion espacial de los dos componentes de polarizacion despues del

desplazamiento. Esto da lugar a una situacion en la que los dos haces, despues de pasar por el desplazador, ya no estan perfectamente alineados en la direccion de propagacion. Esta desalineacion se conoce como walk-off longitudinal. Este walk-off puede ser especialmente perjudicial cuando se utilizan cristales no lineales para la conversion parametrica descendente espontanea (SPDC, por sus siglas en ingles). Idealmente, para una generacion eficiente de entrelazamiento, ambos modos de polarizacion deberian experimentar la misma interaccion no lineal dentro del cristal. Sin embargo, con el walk-off longitudinal, los dos modos pueden interactuar con regiones diferentes del cristal, generando una descoordinacion en los pares entrelazados generados y, por tanto, reduciendo la calidad del entrelazamiento.

SPaDEs enfrenta este desafio utilizando placas de Savart tanto para la separacion como para la recombinacion del haz de bombeo. Este diseno simetrico asegura que cualquier desplazamiento espacial introducido en un modo de polarizacion sea compensado con precision al recombinar los haces, eliminando efectivamente el efecto de walk-off. Los investigadores del ICFO, **Giacomo Paganini**, el **Dr. Alvaro Cuevas**, el **Dr. Robin Camphausen**, **Alexander Demuth**, dirigidos por el **Prof. ICREA Valerio Pruneri**, presentan evidencia experimental que respalda esta afirmacion, demostrando que el walk-off longitudinal en su configuracion SPaDEs es insignificante en comparacion con una configuracion que utiliza un desplazador de haz convencional.

El articulo, publicado en APL Photonics, enfatiza que la eliminacion del walk-off ofrece una ventaja significativa al trabajar con ciertos tipos de cristales no lineales, en particular aquellos con periodos de polarizacion no uniformes o de menor longitud. En estos cristales, incluso ligeras desalineaciones debidas al walk-off pueden afectar gravemente la eficiencia de la generacion de entrelazamiento. Al eliminar este efecto, SPaDEs amplia el rango de cristales no lineales utilizables, aumentando su versatilidad y adecuacion para diversas aplicaciones.

Los investigadores del ICFO han evaluado el rendimiento del sistema SPaDEs utilizando una variedad de metricas. Uno de los parametros clave analizados es el brillo, una medida de la eficiencia con la que la fuente produce pares de fotones entrelazados. El brillo alcanzado por SPaDEs, de (9.50 ± 0.03) × 10? pares/(s ? mW), es suficiente para aplicaciones practicas e comunicacion cuantica como QKD en espacio libre o por fibra optica. El articulo recono e que, si bien este brillo no es el mas alto, representa un equilibrio entre eficiencia y otr s caracteristicas deseables de la fuent

. Un aspecto critico de cualquier EPS es la calidad del entrelazamiento producido. En es e sentido, SPaDEs muestra un rendimiento excepcional, como lo demuestra su alta fidelidad, a cual mide que tan cerca esta el estado generado del estado entrelazado ideal. La fidelidad e 0.992 ± 0.001, derivada de la violacion de la desigualdad de Bell (cuantificada por el parametro CHSH de 2.82 ± 0.04), destaca la generacion de pares de fotones entrelazado de alta calidad. Esta fidelidad casi perfecta subraya la efectividad del diseno con placa

de Savart para minimizar efectos no deseados que puedan degradar el entrelazamie
to. Los investigadores tambien han identificado posibles areas de mejora futura. Una de ella
es el aumento de la eficiencia de anunciamiento de la fuente. La eficiencia de anunciamient
se refiere a la probabilidad de detectar con exito uno de los fotones de un par entrelazado
lo que indica la presencia del otro foton. Los autores sugieren que el uso de compone
tes opticos de mayor calidad podria aumentar esta eficien

Referencia:

Giacomo Paganini, Alvaro Cuevas, Robin Camphausen, Alexander Demuth and Valerio Pruneri, High-quality entangled photon source by symmetric beam displacement design. APL Photonics 10, 031302 (2025).