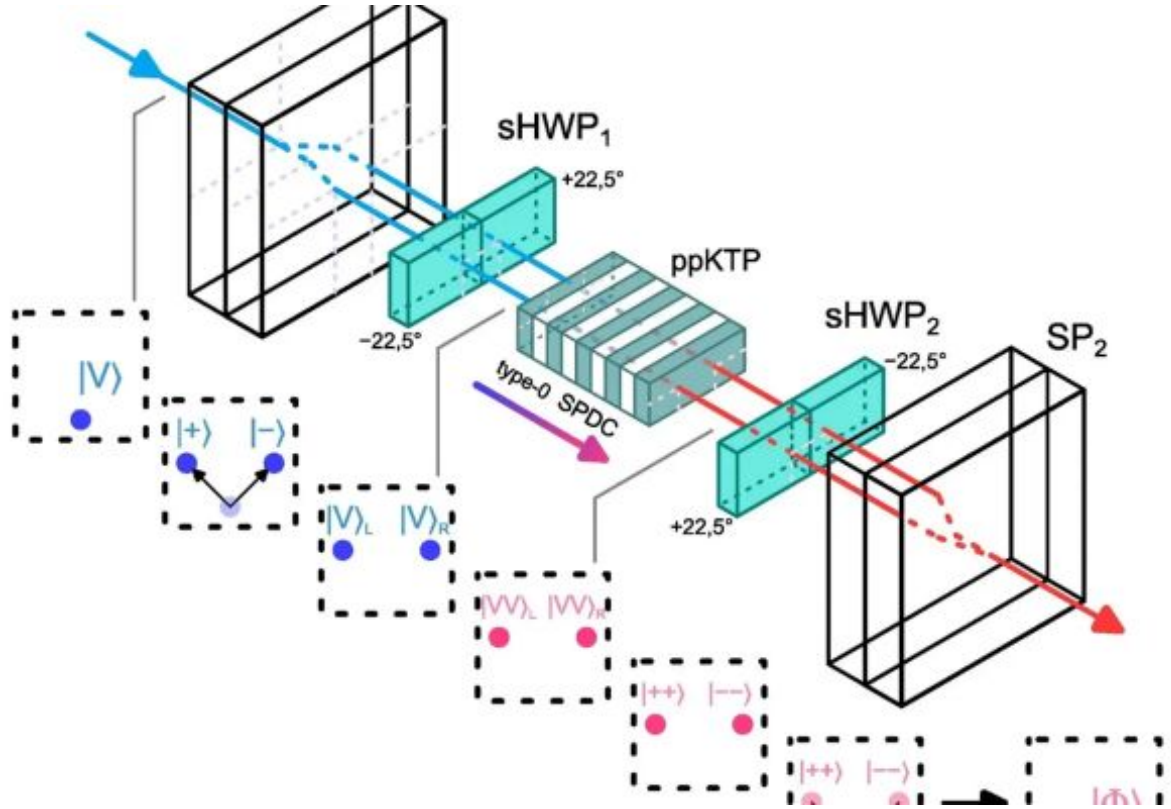


SPaDEs: Una cop d?ull a les seves avantatges i rendiment

Investigadors de l'ICFO introdueixen SPaDEs (Symmetric Parallel Displacement Entanglement Source) com un disseny innovador de font de fotons entrellacats per polaritzacio (EPS, per les seves sigles en angles), que utilitza plaques de Savart, i el presenten com un avenc significatiu respecte als dissenys tradicionals d'EPS, especialment aquells basats en desplacadors de feix unics.

April 14, 2025

Allo que diferencia SPaDEs es la seva capacitat per abordar de manera efectiva el problema del walk-off longitudinal, un problema comu en les EPS que utilitzen desplacament de feix. Aquest fenomen, en que diferents modes de polaritzacio experimenten desplacaments espacials diferents en passar per elements optics, pot degradar significativament la qualitat de l'entrellacament. L'article destaca l'us de les plaques de Savart com un factor clau per mitigar aquest problema.

Els desplacadors de feix convencionals divideixen un feix segons la polaritzacio, pero no mantenen la superposicio espacial dels dos components de polaritzacio despres del

desplacament. Aixo dona lloc a una situacio en que els dos feixos, despres de passar pel desplacador, ja no estan perfectament alineats en la direccio de propagacio. Aquesta desalineacio es coneix com a walk-off longitudinal. Aquest efecte pot ser especialment perjudicial quan s'utilitzen cristalls no lineals per a la conversio parametrica descendent espontania (SPDC, per les seves sigles en angles). Idealment, per a una generacio eficient d'entrellacament, ambdos modes de polaritzacio haurien d'experimentar la mateixa interaccio no lineal dins del cristall. No obstant aixo, amb el walk-off longitudinal, els dos modes poden interactuar amb regions diferents del cristall, generant una descoordinacio en els parells entrellacats generats i, per tant, reduint la qualitat de l'entrellacament.
SPaDEs afronta aquest desafiament utilitzant plaques de Savart tant per a la separacio com per a la recombinacio del feix de bombeig. Aquest disseny simetric assegura que qualsevol desplacament espacial introduit en un mode de polaritzacio sigui compensat amb precisio quan es recombinen els feixos, eliminant efectivament l'efecte de walk-off. Els investigadors de l'ICFO, en **Giacomo Paganini**, el **Dr. Alvaro Cuevas**, el **Dr. Robin Camphausen**, l'**Alexander Demuth**, dirigits pel **Prof. ICREA Valerio Pruneri**, presenten evidencia experimental que dona suport a aquesta afirmacio, demostrant que el walk-off longitudinal en la seva configuracio SPaDEs es insignificant en comparacio amb una configuracio que utilitza un desplacador de feix convencional.
L'article, publicat a APL Photonics, subratlla que l'eliminacio del walk-off ofereix un avantatge significatiu quan es treballa amb certs tipus de cristalls no lineals, en particular aquells amb periodes de polaritzacio no uniformes o de menor longitud. En aquests cristalls, fins i tot petites desalineacions causades pel walk-off poden afectar greument l'eficiencia de la generacio d'entrellacament. En eliminar aquest efecte, SPaDEs amplia la gamma de cristalls no lineals utilitzables, augmentant la seva versatilitat i adequacio per a diverses aplicacions.
Els investigadors de l'ICFO han avaluat el rendiment del sistema SPaDEs utilitzant una varietat de metriques. Un dels parametres clau analitzats es la brillantor, una mesura de l'eficiencia amb que la font produeix parells de fotons entrellacats. La brillantor assolida per SPaDEs, de (9.50 ± 0.03) × 10? parells/(s ? mW), es suficient per a aplicacions practiques de comunicac o quantica com QKD en espai lliure o per fibra optica. L'article reconeix que, tot i que aques a brillantor no es la mes alta, representa un equilibri entre eficiencia i altres caracteristiqu s desitjables de la fon
. Un aspecte critic de qualsevol EPS es la qualitat de l'entrellacament produit. En aquest senti , SPaDEs mostra un rendiment excepcional, com ho demostra la seva alta fidelitat, la qu l mesura com de prop esta l'estat generat de l'estat entrellacat ideal. La fidelitat de 0.992 ± 0.001, derivada de la violacio de la desigualtat de Bell (quantificada pel parametre CHSH de 2.82 ± 0.04), destaca la generacio de parells de fotons entrellacats d'alta qualitat. Aqu sta fidelitat gairebe perfecta subratlla l'efectivitat del disseny amb plaques de Savart per minimitzar els efectes no desitjats que poden degradar l'entrellacam nt. Els investigadors tambe han identificat possibles arees de millora futura. Una d'elle

es l'augment de l'eficiencia d'anunciament de la font. L'eficiencia d'anunciament fa referenc
a a la probabilitat de detectar amb exit un dels fotons d'un parell entrellacat, cosa que indic
la presencia de l'altre foto. Els autors suggereixen que l'us de components optics de m
jor qualitat podria augmentar aquesta 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).