

**Kształtowanie widmowe pojedynczych fotonów dla hybrydowych sieci kwantowych TSI-PHY**

dr Michał Karpiński

OPUS-LAP

Projekt TSI-PHY opracowuje wydajne interfejsy do interferencji fotonów z różnych źródeł w sieci kwantowej. Zostanie to osiągnięte poprzez aktywne kształtowanie czasowo-częstotliwościowe pakietów falowych zawierający pojedyncze fotony za pomocą zaawansowanych metod elektrooptycznych i nieliniowych metod optycznych.

Kontekst badawczy

Sieci kwantowe posłużą do przetwarzania informacji kwantowych w sposób rozproszony. Połączą układy kwantowe o różnych własnościach optycznych, takie jak pamięci kwantowe, źródła pojedynczych fotonów czy procesory kwantowe oparte na pułapkowanych jonach. Aby takie hybrydowe sieci kwantowe działały wydajnie, fotony emitowane lub pochłaniane przez jej węzły potrzebują zdolności do interferencji o wysokiej widzialności, czyli muszą pasować do siebie we wszystkich odpowiednich stopniach swobody. Ponieważ różne układy kwantowe emitują (absorbują) światło o różnych długościach fal, o różnych szerokościach widmowych i profilach widmowych, potrzebne są narzędzia do aktywnego modyfikowania właściwości widmowych światła na poziomie pojedynczego fotonu.

Hipotezy, pytania, cele

Naszym celem jest eksperymentalne zrealizowanie dwóch scenariuszy dopasowania profili widmowych fotonów poprzez aktywne kształtowanie spektralno-czasowe. W szczególności postaramy się zademonstrować dwufotonową interferencję pomiędzy pojedynczymi fotonami emitowanymi z różnych źródeł: najpierw dla fotonów o tej samej centralnej długości fali, ale bardzo różnych szerokościach spektralnych, a później dla fotonów z zarówno centralną długością fali, jak i szerokością początkowo niedopasowaną. W drugim scenariuszu dążymy również do widmowego dopasowania fotonów do standardów telekomunikacyjnych, które są idealne do wydajnej komunikacji na duże odległości. Dokonamy też teleportacji kwantowego bitu przez taki hybrydowy interfejs kwantowy.

Metody

Pierwszy cel zostanie osiągnięty poprzez elektrooptyczną modulację jednofotonowych pakietów falowych. Wąskopasmowe pojedyncze fotony o długości fali około 800 nm, emitowane przez półprzewodnikowe kropki kwantowe, będą interferować z początkowo szerokopasmowymi, a następnie skompresowanymi spektralnie, zwiastowanymi pojedynczymi fotonami pochodzącymi ze spontanicznego parametrycznego podziału częstości. Dalsze badania obejmą jednoczesną konwersję częstości i poszerzenie widmowe fotonów z kropek kwantowych do długości fal telekomunikacyjnych poprzez generowanie częstości różnicowej za pomocą impulsów optycznych ze świergotem, a następnie interferencję ze zwiastowanymi fotonami na telekomunikacyjnej długości fali.

Oryginalność

Istniejące podejścia do tych celów obejmują albo samo pasywne filtrowanie widmowe (bardzo nieefektywne) albo nieliniową konwersję bez kształtowania widma (skuteczne tylko dla emiterów fotonów o początkowo kompatybilnych szerokościach widmowych). Nasze podejście będzie pierwszym, które umożliwi jednoczesne dopasowanie centralnej długości fali i szerokości widmowej fotonów. Jednocześnie aktywne kształtowanie szerokości widmowej powoduje znacznie mniejsze straty niż wyłącznie pasywne filtrowanie widmowe. Dlatego przewidujemy, że wyniki tego projektu mogą stanowić kluczowe elementy budulcowe przyszłych sieci kwantowych.

Główni naukowcy

- Michał Karpiński, Uniwersytet Warszawski, Polska
- Robert Keil, Uniwersytet w Innsbrucku, Austria