

Poprawa widzialności interferencji dwufotonowej za pomocą soczewki czasowej

J. Krzyżanowski^{1, †}, J. Szuniewicz¹, S. Kapoor¹, F. Sośnicki^{1,2}, M. Karpiński¹

¹Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, Pasteura 5, 02-093 Warszawa

²Integrated Quantum Optics, Institute for Photonic Quantum Systems (PhoQS), Paderborn University, Warburger Str. 100, 33098 Paderborn, Niemcy

†email: Jan.Krzyzanowski@fuw.edu.pl

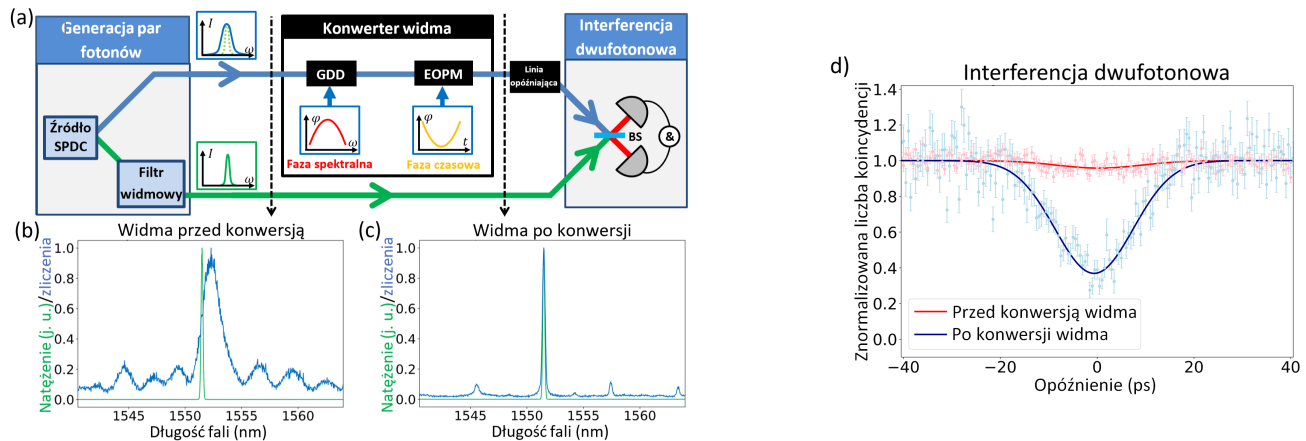
Nierozróżnialność pojedynczych fotonów jest kluczowa dla wielu fotonicznych technologii kwantowych. Wpływa ona na widzialność interferencji dwufotonowej [1], która jest podstawą m.in. wymiany splątania i teleportacji kwantowej. Rozróżnialność fotonów zaburza wymianę informacji kwantowej między układami o różnych własnościach widmowych [2].

Wąskopasmowe filtrowanie spektralne jest powszechnie stosowane do przywracania nierozróżnialności fotonów, korygujących widmo [2], jednak znacząco zmniejszając liczbę zliczeń. Alternatywą, może być konwerter szerokości widmowej [3], który umożliwia wydajną modyfikację widma pojedynczych fotonów.

W niniejszej pracy pokazujemy, nieklasyczną interferencję dwufotonową fotonów poddanych kompresji spektralnej. Uproszczony schemat eksperymentu przedstawiliśmy na Rys. 1(a). Zaczynamy od pary fotonów o różnych szerokościach widmowych, generowanych w procesie spontanicznego parametrycznego podziału częstości (SPDC) w połączeniu z filtrowaniem widmowym jednego z nich. Widma na tym etapie eksperymentu są przedstawione na Rys. 1(b). Zmierzona widzialność interferencji dwufotonowej (Rys. 1(d).) dla tych widm wynosi $(4.2 \pm 1.9)\%$.

Do drugiego fotonu, o szerokim widmie, zastosowaliśmy konwerter widma oparty na soczewce czasowej. Skompresował on widmo o czynnik ok. 10, co umożliwiło dopasowanie go do widma wąskopasmowego fotonu. Widma fotonów na tym etapie eksperymentu przedstawiliśmy na Rys. 1(c). Po zastosowaniu konwertera widzialność interferencji dwufotonowej wzrosła do $(63.2 \pm 1.9)\%$, por. Rys. 1(d). Ten wynik pokazuje, że dopasowanie szerokości widmowych zwiększa widzialność interferencji dwufotonowej z praktycznie niewidocznego efektu $((4.2 \pm 1.9)\%)$ do powyżej progu 50% definiującego nieklasyczną interferencję. Ponadto transmisja używanego konwertera była ok. 10 razy wyższa od transmisji dającego analogiczny efekt filtra, co jest główną zaletą przedstawionej techniki.

Przedstawione rozwiązanie pozwala na efektywną integrację systemów kwantowych o różnych własnościach spektralnych, czyniąc krok w kierunku splątania fotonów z różnych źródeł i budowy sieci kwantowych. Może być również wykorzystane do ulepszenia technik obliczeń kwantowych i komunikacji opartych na interferencji dwufotonowej.



Rysunek 1: Uproszczony schemat eksperymentu (a). Para fotonów jest generowana w procesie SPDC. Jeden z fotonów jest filtrowany widmowo. Widma fotonów na tym etapie eksperymentu przedstawiliśmy w panelu (b). Do drugiego fotonu, o szerokim widmie, zastosowaliśmy konwerter widma oparty na soczewce czasowej. Nakłada on kwadratową fazę spektralną wykorzystując ośrodek z dyspersją prędkości grupowej (GDD) i kwadratową fazę czasową wykorzystując elektro-optyczny modulator fazy (EOPM). Widma fotonów za konwerterem przedstawiliśmy w panelu (c). Tak przygotowane fotony interferują na światłowodowym dzielniku wiązki 50:50 (BS) i są zliczane przez detektory (d) Wyniki interferencji dwufotonowej (na czerwono przed konwersją widma, na niebiesko po konwersji): znormalizowana liczba koincydencji pomiędzy wyjściami dzielnika wiązki w funkcji względnego opóźnienia między fotonami.

Literatura

- [1] C. K. Hong, Z. Y. Ou, L. Mandel, *Phys. Rev. Lett.* **59**, 2044 (1987).
- [2] T. Huber i in., *Quant. Sci. Technol.* **2**, 034016 (2017).
- [3] F. Sośnicki i in., *Nat. Photon.* **11**, 53 (2017); F. Sośnicki i in., *Appl. Phys. Lett.* **116**, 234003 (2020).