

CHARAKTERYZACJA METODY DETEKЦИИ POJEDYNCZYCH FOTONÓW Z WYSOKĄ ROZDZIELCZOŚCIĄ CZASOWĄ OPARTEJ NA ODWZOROWANIU Z CZASU DO CZĘSTOTLIWOŚCI

Streszczenie popularnonaukowe

Filip Soński, Michał Karpiński

Fizyka kwantowa opisuje najmniejsze istniejące cząstki, np. atomy czy fotony. Wraz z jej rozwojem odkrywane są nowe efekty, takie jak kwantowa superpozycja, czyli np. istnienie cząstki w dwóch miejscach jednocześnie albo splątanie kwantowe, odpowiedzialne za możliwość przeprowadzenia teleportacji kwantowej lub obliczeń kwantowych. Obliczenia takie polegają na zakodowaniu informacji kwantowej w pojedynczej cząstce, np. fotonie – kwantowym impulsie światła. Porusza się on z prędkością światła, więc staje się również idealny do przesyłania informacji kwantowej. Aby zakodować ją w fotonie należy wybrać jeden z parametrów go opisujących. Może to być polaryzacja, położenie, kształt czy w końcu kolor (długość fali światła) pojedynczego fotonu lub czas jego nadejścia oraz detekcji. W tym projekcie skupiamy się na dwóch ostatnich, gdyż możemy ich użyć do przesyłania informacji kwantowej w już istniejącej sieci światłowodowej. Jednakże, aby użyć takiego rodzaju kodowania musimy najpierw rozwinąć metody bezpośredniego pomiaru czasu przybycia fotonu oraz jego koloru.

Obecnie istniejące techniki pomiarowe pozwalają na zmierzenie długości fali fotonu z dużą rozdzielczością, niezależnie od jego barwy. Pomiar taki nazywamy bezpośrednim, gdy jesteśmy w stanie stwierdzić jakiego koloru jest każdy jeden zmierzony pojedynczy foton. Mierzenie długości fali światła kwantowych impulsów światła nie stanowi obecnie dużego problemu, jednakże bezpośredni pomiar czasu przyjścia fotonu jest wciąż wyzwaniem. Wynika to z faktu, że detektory pojedynczych fotonów mają niewystarczającą rozdzielczość czasową. Z kolei istniejące techniki pomiarowe są zwykle pośrednie, np. przez interferencję, i wymagają zmierzenia dużej liczby fotonów, inaczej mówiąc, zebrania większej statystyki, aby móc powiedzieć cokolwiek o czasach detekcji pojedynczych fotonów. Inne techniki z kolei potrafią bezpośrednio zmierzyć czas nadejścia tylko w z góry zadanej chwili, ale nie są w stanie monitorować dłuższego przedziału czasu.

Celem tego projektu jest scharakteryzowanie nowego sposobu pomiaru pojedynczych fotonów w czasie. Metoda ta opiera się na mapowaniu z dziedziny czasu do dziedziny częstotliwości, tj. w zależności od czasu przyjścia pojedynczego fotonu, jego kolor jest odpowiednio zmieniany. Następnie mierząc barwę fotonu można stwierdzić w jakim czasie został on zarejestrowany. Ponieważ taki pomiar długości fali charakteryzuje się bardzo dużą rozdzielczością, a także nie zależy od mierzonego koloru, w bardzo prosty sposób można otrzymać bezpośredni wysoko-rozdzielczy pomiar pojedynczych fotonów w czasie. W szczególności w ramach projektu zostanie skonstruowane urządzenie do dowolnego kształtowania w czasie kwantowych impulsów światła. Przy jego użyciu zostanie przeprowadzona charakteryzacja metody odwzorowania dziedziny czasu w dziedzinie częstotliwości.

Uzyskane wyniki pozwolą na powiększenie zasobu narzędzi eksperymentalnych w dziedzinie charakteryzacji pojedynczych fotonów. Ponieważ układ eksperymentalny powyżej opisanej metody jest znacznie mniej skomplikowany od już istniejących metod, wpłynie on na nasz stan wiedzy o otaczającym nas świecie kwantowym, gdyż będzie mógł być zastosowany w wielu laboratoriach badawczych. Ponadto z aplikacyjnego punktu widzenia, będzie mógł być on wykorzystany w komunikacji lub kryptografii kwantowej, wpływając na rozwój technologiczny, np. zwiększając bezpieczeństwo korespondencji elektronicznej. W szczególności zapewnia on pełną kompatybilność z optyką zintegrowaną - procesorami optycznymi, a także z już istniejącą siecią światłowodową, gdyż sam układ może być zbudowany z tylko elementów światłowodowych.