

Strzeszczenie

Modyfikacja własności pojedynczych fotonów i ich pomiar są kluczowe z punktu widzenia przetwarzania informacji oraz komunikacji kwantowej. Opracowanie technik kształtowania impulsów jednofotnowych to istotne zagadnienie w ramach technologii kwantowych, gdyż powinny to być operacje spójne, które zachowują stan kwantowy fotonów. Różne stopnie swobody pojedynczych fotonów mogą być wykorzystane do przetwarzania informacji kwantowej. W tej pracy rozważany jest stopień czasowo-widmowy, gdyż umożliwia wielowymiarowe kodowanie informacji. Do realizacji czasowo-widmowego kształtowania impulsów w optycznym przetwarzaniu sygnałów zwykle stosuje się metody optyki nieliniowej, które nie mają zastosowania dla słabych sygnałów. W tej pracy wykorzystano elektro-optyczną modulację fazy do realizacji przekształceń pojedynczych fotonów w domenie czasowo-widmowej. To podejście umożliwia realizację spójnych i deterministycznych przekształceń, które można zastosować zarówno dla klasycznych, jak i kwantowych impulsów światła.

Pierwszym zadaniem było scharakteryzowanie procesu czasowej modulacji fazy. W tym schemacie elektrooptyczny modulator fazy jest sterowany przez zmienny w czasie sygnał elektroniczny wytwarzany przez szybką fotodiodę, który jest wzmacniany, a następnie synchronizowany z impulsem optycznym przechodzącym przez modulator. Charakteryzacja została przeprowadzona przy użyciu techniki próbkowania elektro-optycznego.

W kolejnej części pracy przedstawiono metodę pomiaru obwiedni impulsu pojedynczego fotonu. Opracowano interferometryczny układ optyczny, w którym impuls optyczny jest wykorzystywany do pomiaru samego siebie. Impuls przechodzi przez zrównoważony interferometr Macha-Zehndera. W jednym ramieniu interferometru impuls jest przesuwany widmowo: częstotliwość impulsu jest skanowana względem sygnału w ramieniu odniesienia. Następnie fotodioda na wyjściu interferometru mierzy scałkowaną energię na impuls w funkcji przesunięcia widmowego. W wyniku pomiaru uzyskuje się prążki interferencyjne w domenie widmowej. Transformata Fouriera prążków pozwala otrzymać obwiednię energii impulsu w dziedzinie czasu. Technikę tę wykorzystano do pomiaru obwiedni zarówno klasycznych, jak i kwantowych impulsów światła. Ta nowa technika pozwala mierzyć czas trwania krótkich impulsów optycznych bez wykorzystania detekcji z rozdzielczością czasową i spek-

tralną. Ponadto jest niezależna od centralnej długości fali sygnału i wolna od szumów optycznych.

W ostatniej części pracy opisano fabrykację i charakteryzację pasywnych struktur periodycznych do kształtowania impulsów światła. Jedną z obiecujących platform do realizacji takich przekształceń są światłowodowe siatki Bragga ze zmiennym okresem (ang. chirped fiber Bragg gratings, CFBG). CFBG można zaprojektować tak, aby zapewniały dowolne profile dyspersji i odpowiedzi widmowej. Możliwe jest zastosowanie apodyzacji kontrastu struktury CFBG w celu uzyskania pożądanej odpowiedzi widmowej dla sygnałów odbitych od struktury. Ponadto możliwe jest kontrola dyspersji prędkości grupowej poprzez odpowiednie pozycjonowanie struktur braggowskich wzdłuż światłowodu. Opisano wytwarzanie światłowodowych siatek Bragga o określonych dyspersjach, współczynnikach odbicia oraz pasmach dla telekomunikacyjnych długości fali oraz dla długości fali powyżej 2 μm .

Podsumowując, pracowałem nad rozwojem podejścia elektro-optycznego do modyfikacji krótkich impulsów optycznych, które ma zastosowanie zarówno dla sygnałów klasycznych, jak i kwantowych. Przedstawione podejście umożliwia aktywne kształtowanie impulsów optycznych. W oparciu o to podejście wprowadzono technikę przestrajalnej interferometrii z przesunięciem widmowym do pomiaru impulsów jednofotnowych. Ponadto wyprodukowano światłowodowe siatki Bragga do pasywnego kształtowania impulsów optycznych. Opracowane techniki i struktury optyczne otwierają nowe możliwości kształtowania impulsów optycznych na potrzeby kwantowego przetwarzania informacji i komunikacji kwantowej.