Studenci UW odwrócili kota Schrödingera ogonem

1 lipca 2023

Metodę, która pozwala na dokonywanie cząstkowej transformaty Fouriera impulsów optycznych, wykorzystując do tego pamięć kwantową, opracowali studenci Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego (UW) i naukowcy z Centrum Optycznych Technologii Kwantowych QOT.

Jak poinformowała uczelnia, to dokonanie unikatowe w skali świata, gdyż zespół jako pierwszy przedstawił doświadczalną implementację wspomnianej transformacji w tego typu układach.

W swojej pracy studenci przetestowali wykonanie cząstkowej transformaty Fouriera za pomocą podwójnego impulsu optycznego, znanego również jako „kot Schrödingera”. Wyniki badań zostały opublikowane w „Physical Review Letters”.

„Przed bezpośrednim zastosowaniem w telekomunikacji metoda musi być najpierw zmapowana na inne długości fali i zakresy parametrów. Cząstkowa transformata Fouriera może okazać się jednak kluczowa w odbiornikach optycznych w najnowocześniejszych sieciach, między innymi w przypadku

optycznej komunikacji satelitarnej. Procesor światła kwantowego opracowany na UW pozwala znajdować i testować takie nowe protokoły w efektywny sposób” – zapewniają naukowcy w materiale prasowym Wydziału Fizyki (FUW).

Jak przypomniano w komunikacie, fale, takie jak światło, posiadają swoje charakterystyczne właściwości – czas trwania impulsu oraz częstotliwość (odpowiadającą w przypadku światła jego barwie). Okazuje się, że cechy te związane są ze sobą poprzez operację zwaną transformatą Fouriera, umożliwiającą przechodzenie z opisu fali w czasie na opis jej widma w częstotliwościach.

Cząstkowa transformata Fouriera jest uogólnieniem transformaty Fouriera, umożliwiającym częściowe przejście od opisu fali w czasie do opisu w częstotliwości. Intuicyjnie można ją rozumieć jako obrót rozkładu (na przykład chronocyklicznej funkcji Wignera) rozważanego sygnału o pewien kąt w domenie czasowo-częstotliwościowej.

Okazuje się, że transformacje tego typu są niezwykle użyteczne przy projektowaniu specjalnych filtrów spektralno-czasowych, eliminujących szum, oraz umożliwiają stworzenie algorytmów pozwalających na wykorzystanie kwantowej natury światła do rozróżniania impulsów o różnych częstotliwościach precyzyjniej niż tradycyjne metody. To szczególnie ważne w spektroskopii, która pomaga badać własności chemiczne materii, oraz telekomunikacji, która wymaga przekazywania i przetwarzania informacji z wysoką precyzją i szybkością.

Zwykła szklana soczewka jest w stanie skupić padającą na nią monochromatyczną wiązkę światła do niemalże pojedynczego punktu (ogniska). Zmiana kąta padania światła na soczewkę skutkuje zmianą położenia ogniska. Dzięki temu możemy zamienić kąty padania na położenia, uzyskując analogię transformacji Fouriera, w przestrzeni kierunków i położeń. Klasyczny spektrometr bazujący na siatce dyfrakcyjnej wykorzystuje ten efekt, żeby przekształcić informację o długości fali światła

na położenia, pozwalając na rozróżnienie między liniami spektralnymi.

Analogicznie jak w przypadku soczewki szklanej, soczewki czasowe i częstotliwościowe pozwalają na zamianę czasu trwania impulsu na jego rozkład widma, czyli w efekcie wykonują transformatę Fouriera w przestrzeni czasu i częstotliwości. Odpowiednie dobranie mocy takich soczewek pozwala na wykonanie cząstkowej transformaty Fouriera. W przypadku impulsów optycznych działanie soczewek czasowych i częstotliwościowych odpowiada nałożeniu na sygnał kwadratowych faz.

Do przetworzenia sygnału badacze wykorzystali pamięć kwantową – a właściwie pamięć wyposażoną dodatkowo w elementy procesora światła kwantowego – opartą na chmurze atomów rubidu umieszczonej w pułapce magnetooptycznej. Atomy schłodzono do temperatury rzędu kilkudziesięciu milionowych stopnia powyżej zera absolutnego. Pamięć była umieszczona w zmieniającym się polu magnetycznym, co pozwoliło na zapisanie składowych o różnych częstotliwościach w różnych częściach chmury atomów. Impuls w trakcie zapisu i odczytu był poddany operacji soczewki czasowej, a w trakcie przechowywania działała na niego soczewka częstotliwościowa.

Urządzenie powstałe na UW pozwala na implementację takich soczewek w bardzo szerokim zakresie parametrów i w programowalny sposób. Podwójny impuls jest bardzo podatny na dekoherencję, stąd często porównuje się go do słynnego kota Schrödingera – stanu makroskopowej superpozycji bycia martwym i żywym, praktycznie niemożliwego do osiągnięcia eksperymentalnie. Mimo to zespołowi udało się zaimplementować wierne operacje na tych delikatnych stanach podwójnego impulsu.

Publikacja była efektem pracy w Laboratorium Urządzeń Kwantowo-Optycznych i Laboratorium Pamięci Kwantowych w centrum Quantum Optical Technologies przy udziale dwóch magistrantów: Stanisława Kurzyny i Marcina Jastrzębskiego,

dwóch studentów studiów licencjackich: Bartosza Niewelta i Jana Nowosielskiego, dr. Mateusza Mazelanika oraz kierowników laboratoriów: dr. hab. Michała Parniaka i dr. hab. Wojciecha Wasilewskiego, prof. UW. Wyniki znalazły też uznanie Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego, które przyznało Bartoszowi Nieweltowi nagrodę za prezentację plakatu podczas niedawnej konferencji DAMOP w stanie Waszyngton.

Autorstwo: PAP
Zdjęcie: S. Kurzyna i B. Niewelt
Źródło: NaukawPolsce.pl