

JEDNOFOTONOWE IMPULSY ŚWIATŁA DLA ZASTOSOWAŃ W TECHNOLOGIACH KWANTOWYCH

Przesyłanie danych wzdłuż światłowodów, mechaniczna laserowa obróbka różnych materiałów czy precyzyjne pomiary oraz badania dynamiki procesów biologicznych to tylko niektóre z obecnych zastosowań światła. Do wszystkich tych zadań wykorzystywane są impulsy świetlne złożone z olbrzymiej ilości fotonów. Zupełnie nowe, fascynujące możliwości stwarza wykorzystanie impulsów światła składających się z zaledwie jednego lub kilku fotonów. Takimi jedno- i kilkofotonowymi impulsami zajmuje się dr Michał Karpiński z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, laureat programu FIRST TEAM Fundacji na rzecz Nauki Polskiej (konkurs 5/2018).

Sto lat temu odkryto prawa mechaniki kwantowej, które pozwoliły na wyjaśnienie działania mikroświata na poziomie atomów czy cząstek światła – fotonów. Od samego początku mechanika kwantowa zakładała istnienie szczególnych „paradoksów”, takich jak przebywanie obiektu w dwóch miejscach jednocześnie. Są one związane z podstawową zasadą odnoszącą się do obiektów kwantowych: zasadą superpozycji oraz wynikającym z niej zjawiskiem splątania kwantowego. Początkowo paradoksy te wydawały się zagadnieniami czysto akademickimi, jednak około 50 lat temu rozwój technik eksperymentalnych pozwolił na manipulowanie pojedynczymi obiektami kwantowymi: atomami, elektronami i fotonami, i dzięki temu zrealizowano serię fascynujących eksperymentów, które w pełni potwierdziły nieintuicyjne, frapujące przewidywania teorii kwantów. Obecnie staramy się wykorzystać te nieintuicyjne cechy pojedynczych obiektów kwantowych w praktyce i obserwujemy gwałtowny rozwój technologii kwantowych.

„Celem naszych badań jest opracowanie metody przekształcania jednofotonowych impulsów światła, tak by zmienić ich profil (przebieg) czasowy, za pomocą operacji czysto fazowych, oraz zaproponowanie zastosowań tego typu operacji. Operacje czysto fazowe to operacje, które nie powodują strat sygnału optycznego ani nie wprowadzają szumu w postaci dodatkowych fotonów. Podczas pracy z impulsami światła zawierającym tylko jeden foton niezbędne jest bowiem wykorzystanie operacji wprowadzających jak najniższe straty bez wprowadzania szumu. Przekształcenia pojedynczych fotonów będziemy realizować poprzez ich oddziaływanie ze zmiennym polem elektrycznym oraz z innymi wiązkami światła w ośrodkach optycznie nieliniowych. Połączenie tych dwóch technik jest istotnym i innowacyjnym aspektem projektu” – mówi dr Michał Karpiński.

Naukowiec przewiduje, że odpowiednio uformowane impulsy jedno- i kilkofotonowe będzie można wykorzystać jako niezwykle dokładne próbki. „Wykorzystanie kwantowych własności pojedynczych fotonów lub grup fotonów pozwala na uzyskanie precyzji pomiarów lepszej niż przy użyciu „zwykłego” światła laserowego. W ramach projektu będziemy konstruować urządzenia umożliwiające poprawę dokładności m.in. pomiarów spektroskopowych, co w rezultacie pozwoli na lepsze zrozumienie procesów biologicznych” – tłumaczy dr Karpiński.

Techniki kształtowania jedno- lub kilkofotonowych impulsów światła staną się również istotnym komponentem tzw. sieci kwantowych, kluczowych dla zbudowania komputera kwantowego. Komputer taki, wykorzystując superpozycje i splątanie kwantowe, będzie z łatwością rozwiązywał problemy zbyt złożone dla obecnych, klasycznych komputerów, kodujących informację wyłącznie

za pomocą zer i jedynek. Kształtowanie impulsów światła pozwoli na realizację wydajnych optycznych łączy pomiędzy poszczególnymi komponentami komputera kwantowego.

Podczas realizacji projektu dr Michał Karpiński planuje współpracę z grupami badawczymi: z Uniwersytetu Sorbonne w Paryżu, z Uniwersytetu Kraju Saary w Niemczech oraz z Uniwersytetu w Southampton w Wielkiej Brytanii. „Szczególnie istotna jest współpraca z Uniwersytetem Southampton, który jest jednym z głównych światowych centrów optyki stosowanej. Brytyjscy partnerzy mają duże doświadczenie w komercjalizacji wyników badań, dlatego współpraca z tą jednostką pozwoli na szybkie rozpoznanie możliwości komercyjnego wykorzystania wyników prowadzonych badań naukowych” – podkreśla dr Karpiński.

Dr Michał Karpiński kieruje Laboratorium Fotoniki Kwantowej w Zakładzie Optyki na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Ukończył studia magisterskie i obronił pracę doktorską na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, a staż podoktorski odbył na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Oksfordzkiego w Wielkiej Brytanii.

Program FIRST TEAM jest realizowany przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej ze środków UE pochodzących z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój, oś IV: Zwiększenie potencjału naukowo-badawczego, Działanie 4.4 Zwiększanie potencjału kadrowego sektora B+R.