



Warszawa, 25 maja 2023

Naukowcy z Wydziału Fizyki UW twórcami nowego, niezwykle efektywnego konwertera nośników informacji kwantowej

Badacze z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego opracowali nową, niezwykle efektywną technikę, która kilkadziesiąt razy zwiększa szybkość przesyłu informacji kwantowej. Wyniki badań, opublikowane na łamach prestiżowego czasopisma „Nature Photonics”, mogą przyczynić się do zbudowania – w niedalekiej przyszłości – superszybkich łącz kwantowego internetu.

Światło jest kluczowym nośnikiem informacji. Umożliwia ono szybką transmisję danych na całym świecie za pośrednictwem światłowodowych sieci telekomunikacyjnych. Ta zdolność przenoszenia informacji może zostać rozszerzona na przesyłanie informacji kwantowej poprzez kodowanie jej w pojedynczych cząstkach światła – fotonach. – *Aby fotony były efektywnie wczytywane do urządzeń przetwarzających informację kwantową, muszą posiadać konkretne własności: odpowiednią centralną długość fali, czyli częstotliwość, odpowiedni czas trwania oraz widmo, czyli spektrum częstotliwości* – tłumaczy dr Michał Karpiński kierownik Laboratorium Fotoniki Kwantowej Wydziału Fizyki UW, współautor pracy opublikowanej w „Nature Photonics”.

Opracowywane przez badaczy na całym świecie prototypy komputerów kwantowych budowane są z wykorzystaniem różnych technik – pułapkowanych jonów, kropek kwantowych, nadprzewodzących obwodów elektrycznych czy ultrachłodnych chmur atomowych. Te platformy przetwarzania informacji kwantowej działają w różnych skalach czasowych: od pikosekundowych, przez nano-, aż po mikrosekundowe.

Konwerter z soczewką czasową

Aby połączyć takie urządzenia w sieć kwantową, niezbędna jest aparatura umożliwiająca zmienianie cech przesyłanych kwantowych impulsów światła – pojedynczych fotonów. Prototyp takiego konwertera naukowcy z Wydziału Fizyki UW zaprezentowali już w 2016 roku we współpracy międzynarodowej na łamach „Nature Photonics”. – *Urządzenie to umożliwilo sześciokrotną zmianę czasu trwania impulsu optycznego, przy wydajności przekraczającej 30 procent* – precyzuje dr Michał Karpiński. Jak dodaje, technika, którą wtedy wykorzystał jego zespół – prosta modulacja elektrooptyczna – ma techniczne ograniczenia, które pozwalają na maksymalnie dziesięciokrotne skrócenie trwania impulsu. – *W naszej nowej publikacji prezentujemy konwerter, który pozwala na nawet 200-krotną zmianę czasu trwania impulsu, przy wydajności rzędu 25 procent. Oznacza to, że powstałe dzięki temu łącze kwantowego internetu mogłoby działać nawet 50 razy*

szybciej – mówi dr Karpiński.

Kluczowym elementem nowej techniki, opracowanej przez badaczy z Wydziału Fizyki UW, jest tzw. soczewka czasowa. - *Znana nam klasyczna soczewka przestrzenna zmienia rozmiar wiązki światła, skupia je albo rozprasza. Dla przykładu skupienie wiązki światła otrzymujemy poprzez użycie soczewki wypukłej, gdzie grubość soczewki (szkła), zmniejsza się wraz z odległością od jej środka. Na podobnej zasadzie soczewka czasowa potrafi skracać albo wydłużać impulsy światła, przy czym tutaj efektywna optyczna grubość szkła zmienia się w czasie, a nie w przestrzeni* – tłumaczy dr Filip Sośnicki z Laboratorium Fotoniki Kwantowej, który odpowiedzialny był za opracowanie eksperymentu.

- *Aby skupić szeroką wiązkę światła, soczewka musi być odpowiednio duża, co z kolei powoduje jej dużą wypukłość, znacznie zwiększając ilość, a więc i wagę, szkła wymaganego do jej wytworzenia. Zamiast tego możemy użyć, znanej już od XIX wieku, soczewki Fresnela, której specyficzny kształt zmniejsza grubość takiej soczewki do zaledwie kilku milimetrów lub mniej* – mówi dr Sośnicki. Z tego względu soczewki Fresnela stosowane są m.in. w reflektorach, latarniach morskich, sygnalizatorach kolejowych, czy nawet w aparatach telefonów komórkowych. - *W ramach naszych badań stworzyliśmy czasowy odpowiednik takiej właśnie soczewki Fresnela* – mówi dr Sośnicki

Silny efekt bez zniszczenia soczewki

Do stworzenia soczewki czasowej badacze skorzystali z efektu elektrooptycznego, występującego w niektórych kryształach. Pozwala on zmieniać współczynnik załamania światła w kryształach (w tym przypadku niobianie litu) w zależności od przyłożonego do niego zewnętrznego pola elektrycznego. Używając szybkich sygnałów elektrycznych można osiągnąć optyczną grubość kryształu zmienną w czasie, potrzebną do stworzenia soczewki czasowej. - *Ten efekt ma jednak swoje ograniczenia, gdyż zbyt silne pole elektryczne może spowodować zniszczenie kryształu realizującego soczewkę czasową.*

W opracowanej przez nas technice zwiększamy współczynnik załamania światła etapami, podobnie jak w przestrzennej soczewce Fresnela. Uzyskujemy w ten sposób silny efekt, nie niszcząc kryształu, co natomiast pozwala na znacznie większe modyfikacje kwantowych impulsów światła – tłumaczy dr Karpiński. Takie „etapowe” działania wymagają wykorzystania ultraszybkiej elektroniki mikrofalowej. - *Dla porównania - sieci 5G czy szybkie Wi-Fi działają na częstotliwościach od 3 do 5 GHz – nasze sygnały są ponad 7 razy szybsze, z częstotliwościami aż do 35 GHz* – dodaje dr Filip Sośnicki.

W dalszej pracy badawczej naukowcy z Wydziału Fizyki UW będą testować konwersję fotonów między różnego rodzaju platformami oraz zwiększać odległość przesyłu fotonów. - *Do tej pory przesyłaliśmy je między urządzeniami w jednym laboratorium, teraz będziemy próbować dokonywać takiego przesyłu między różnymi budynkami, a nawet miastami* – dodaje dr Michał Karpiński.

Prace prowadzone przez grupę dr Michała Karpińskiego są istotnym krokiem na drodze do budowania sieci kwantowych, zarówno niewielkich, które mogą tworzyć pojedynczy komputer kwantowy, jak i rozległych, umożliwiających znacznie bezpieczniejsze przesyłanie danych między komputerami kwantowymi w różnych miejscach świata, tworząc kwantowy Internet.

Dr Karpiński zaznacza, że praca została wykonana w całości na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. - *Warto także podkreślić, że prowadzimy badania w sprzyjającym lokalnym środowisku w zakresie badań i technologii zarówno kwantowych, jak i fonicznych* – dodaje. badacz. Wykonanie eksperymentów i opracowanie wyników badań było możliwe dzięki pracy międzynarodowego zespołu Laboratorium Fotoniki Kwantowej oraz finansowaniu ze strony Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej, Narodowego Centrum Nauki oraz programów sprzętowych, ze środków Unii Europejskiej.

Projekt został zrealizowany w części w ramach programu First TEAM (nr POIR.04.04.00-00-5E00/18) oraz programu Homing (nr POIR.04.04.00-00-1E2B/16) Fundacji na rzecz Nauki Polskiej współfinansowanego ze środków UE pochodzących z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój oraz w części w wyniku realizacji projektu badawczego QuantERA QulCHE (nr 2019/32/Z/ST2/00018) oraz projektu Preludium (nr. 2019/35/N/ST2/04434) finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki.

Fizyka i astronomia na Uniwersytecie Warszawskim pojawiły się w 1816 roku w ramach ówczesnego Wydziału Filozofii. W roku 1825 powstało Obserwatorium Astronomiczne. Obecnie w skład Wydziału Fizyki UW wchodzi Instytut: Fizyki Doświadczalnej, Fizyki Teoretycznej, Geofizyki, Katedra Metod Matematycznych oraz Obserwatorium Astronomiczne. Badania pokrywają niemal wszystkie dziedziny współczesnej fizyki, w skalach od kwantowej do kosmologicznej. Kadra naukowo-dydaktyczna Wydziału składa się z ok. 200 nauczycieli akademickich, wśród których jest 88 pracowników z tytułem profesora. Na Wydziale Fizyki UW studiuje ok. 1100 studentów i ponad 170 doktorantów.

PUBLIKACJA NAUKOWA:

Filip Sośnicki, Michał Mikołajczyk, Ali Golestani, Michał Karpiński, *Interface between picosecond and nanosecond quantum light pulses*, <https://www.nature.com/articles/s41566-023-01214-z>

KONTAKT:

dr Michał Karpiński
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
tel. +48 22 5532740, +48 22 5546872
email: michal.karpinski@fuw.edu.pl

dr Filip Sośnicki
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
tel. +48 22 5546872
email: filip.sosnicki@fuw.edu.pl

Agnieszka Fiedorowicz
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
email: agnieszka.fiedorowicz@fuw.edu.pl
Tel. +48 500535090

POWIĄZANE STRONY WWW:

<https://www.optics.fuw.edu.pl/grupy/laboratorium-fotoniki-kwantowej>
Strona Laboratorium Fotoniki Kwantowej Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

<https://www.fuw.edu.pl>
Strona Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

<https://www.fuw.edu.pl/informacje-prasowe.html>
Serwis prasowy Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

MATERIAŁY GRAFICZNE:

FUW230525b_fot01
https://www.fuw.edu.pl/tl_files/press/images/2023/FUW230525b_fot01.jpg
Obraz dra Michała Karpińskiego uzyskany za pomocą standardowej soczewki Fresnela (fot. Mirosław Kaźmierczak, źródło: Uniwersytet Warszawski).

FUW230525b_fot01
https://www.fuw.edu.pl/tl_files/press/images/2023/FUW230525b_fot02.jpg
Dr Filip Sośnicki ze standardową soczewką Fresnela. Jej czasowy analog został wykorzystany w przeprowadzonych badaniach (fot. Mirosław Kaźmierczak, źródło: Uniwersytet Warszawski).