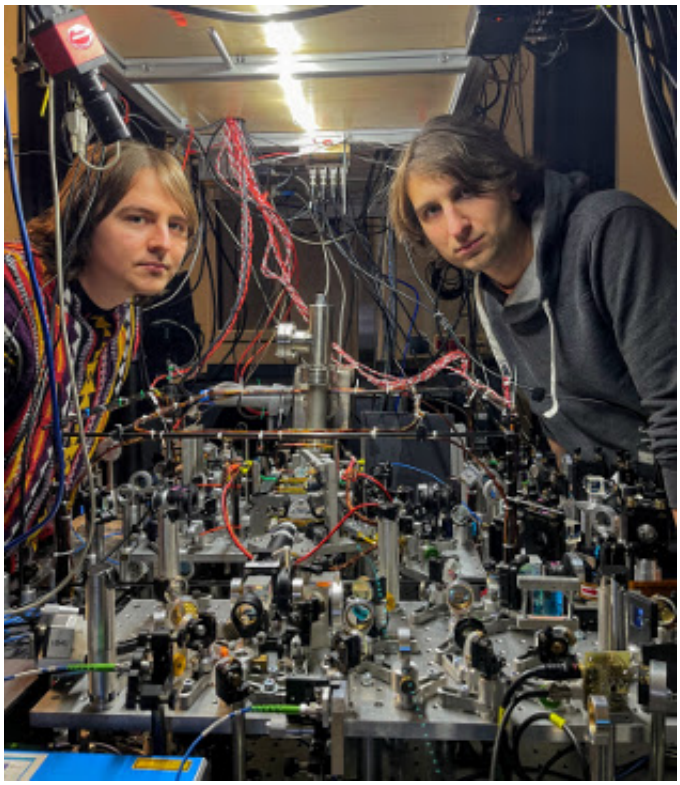
Procesor kwantowy znajduje praktyczne zastosowanie: usprawnia pomiary w spektroskopii

2022-02-11

Informacja za serwisem Centrum Nowych Technologii UW



Pierwszy autor pracy (z lewej) – Mateusz Mazelanik – i kierownik laboratorium Quantum Optical Devices – dr Michał Parniak – przy układzie pamięci i procesora kwantowego dla światła. (Źródło: Uniwersytet Warszawski)

Badacze z Uniwersytetu Warszawskiego zbudowali pierwszy w Polsce procesor kwantowy i wykorzystali go w praktyce – w spektroskopii. Pokazali, jak dzięki kwantowemu przetwarzaniu informacji można bardziej wydajnie wyciągać informacje o materii schowane w świetle.

Fizycy z Centrum Optycznych Technologii Kwantowych oraz z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, kilka lat temu zaprojektowali i zbudowali pierwszą w Polsce pamięć kwantową, która dzięki dalszemu rozwojowi stała się teraz też procesorem kwantowym.

– Nasz procesor oparty jest na chmurze zimnych atomów. Mogą one w wydajny sposób przechowywać i przetwarzać informacje ze światła – opisuje dr Michał Parniak, kierownik Laboratorium Urządzeń Kwantowo-Optycznych.

Teraz – w publikacji, która ukazała się w „Nature Communications” – doktoranci Mateusz Mazelanik i Adam Leszczyński wraz z doktorem Michałem Parniakiem pokazują, że urządzenie to może rozwiązywać realne problemy, z którymi nie poradziłyby sobie standardowe procesory: można go wykorzystać jako element superrozdzielczego spektrometru.

– Wyciskamy z pojedynczych fotonów tyle informacji, ile tylko się da. Pomiar staje się więc bardzo wydajny – komentuje pierwszy autor pracy Mateusz Mazelanik.

NIEZBYT MROCZNE WIDMO

W świetle, które dociera do nas z różnych obiektów, zaszytych jest mnóstwo informacji – m.in. o materii, z której te obiekty są zbudowane. Informacje te są widoczne w tzw. widmie światła (widmo widać np. po rozszczepieniu światła w pryzmacie).

I tak na przykład światło, które dochodzi do nas z jakiejś gwiazdy, zawiera informacje o pierwiastkach, z jakich ta gwiazda jest zbudowana (stąd wiemy, z czego zbudowane są gwiazdy w innych galaktykach). Zaś jeśli przepuścimy światło przez roztwór lub materiał, jesteśmy w stanie ustalić, z czego jest on złożony – np. czy zawiera jakieś toksyny. Nauka, która zajmuje się pozyskiwaniem i analizowaniem tego typu informacji, to spektroskopia (inaczej też spektrometria). Korzystają z niej na co dzień biolodzy, fizycy, astronomowie, chemicy czy lekarze.

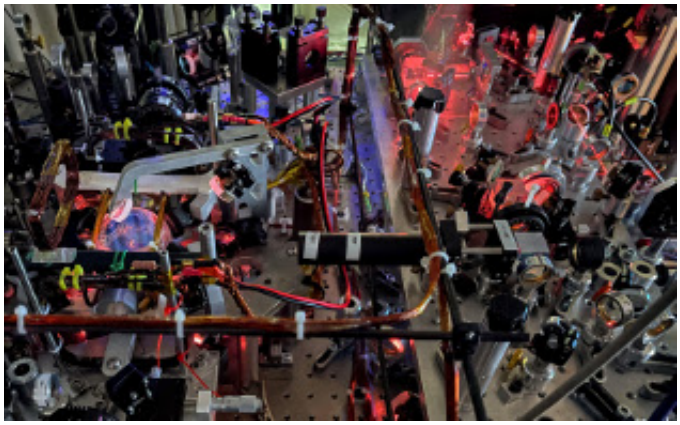
W spektroskopii jest jednak istotne ograniczenie – tzw. limit Rayleigha. Przewiduje on, że informacji ze światła nie można wyciągać z nieskończenie dużą dokładnością. Niektóre sygnały w widmie ukryte – tzw. linie spektralne – mogą być bowiem tak bardzo do siebie zbliżone, że tradycyjne spektrometry optyczne nie radzą sobie z rozróżnianiem ich.

– Nasze urządzenie i algorytm pozwalają nie tylko lepiej wydobywać informacje niesione przez światło, ale mogłyby pozwolić lepiej informację w świetle „upchnąć” – mówi dr Parniak. I zaznacza, że pomysł ten można by było też wykorzystać choćby w rozwiązaniach dla telekomunikacji, w której coraz bardziej istotne staje się jak najbardziej wydajne zapisywanie informacji w świetle i odczytywanie jej.

Choć na świecie pojawiły się już pomysły, jak obejść limity spektroskopii, to badacze z UW pokazali, jak zrobić to w zupełnie nieszablonowy sposób: za pomocą rozwiązań z zakresu informatyki kwantowej. Bo tam, gdzie fizyka klasyczna sobie nie radzi, fizyka kwantowa oferuje czasem całe spektrum nowych możliwości.

Fizycy z UW zbudowali urządzenie, które pozwala uzyskać w spektroskopii dużą rozdzielczość (15 kHz, lub też czterdzieści części na bilion) przy użyciu niewielkiej ilości światła z danego obiektu. – Nasz spektrometr bije klasyczny limit używając 20 razy mniej fotonów niż hipotetyczny tradycyjny spektrometr – mówi Mateusz Mazelanik. – Jednak nasz rekord jest też absolutny, bo klasyczne urządzenie o podobnej rozdzielczości właściwie nie istnieje.

OBLICZENIA W CHMURZE… ATOMÓW



Układ z chmurą chłodzonych laserowo atomów rubidu, które przetwarzają informację kwantową zawartą w świetle (z lewej). Układ przygotowania wiązki laserowej, która służy do programowania operacji kwantowych wykonywanych na świetle zapisanym w atomach (z prawej). (Źródło: Uniwersytet Warszawski)

Procesor, który powstał na UW, wykorzystuje do obliczeń logicznych chmurę złożoną z paru miliardów schłodzonych atomów rubidu umieszczonych w próżni (jest ich na tyle dużo, że widać je gołym okiem – na zdjęciu – czerwona plamka w lekko fioletowej szklanej komorze po lewej stronie urządzenia).

Jeśli atomy te umieści się w polu magnetycznym i odpowiednio oświetli laserem, można je kontrolować tak, żeby wykonywały konkretne operacje logiczne. W tym np. mogą one przetwarzać informacje o widmie światła, którym są oświetlone.

W obliczeniach wykorzystywane są efekty kwantowe, dlatego obliczenia „w zimnej atomowej chmurze" nie zastępują po prostu tradycyjnych obliczeń zero–jedynkowych, ale dają tu zupełnie nową jakość.

– Wpadliśmy na pomysł, jak procesor kwantowy wykorzystać do rozwiązania konkretnych problemów z zakresu spektroskopii – mówi dr Michał Parniak. I zaznacza, że dotąd wbrew pozorom znajdowanie praktycznych zastosowań dla procesorów kwantowych i projektowanie takich urządzeń z myślą o konkretnych rozwiązaniach wcale nie było czymś oczywistym.

Zespół fizyków doświadczalnych w Centrum Optycznych Technologii Kwantowych składa się ze specjalistów oraz studentów i doktorantów głównie z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Młody zespół nie tylko konstruuje unikalne urządzenia kwantowe na potrzeby praktyczne, ale również bada fundamentalne granice mechaniki kwantowej.

Centrum Optycznych Technologii Kwantowych jest Międzynarodową Agendą Badawczą finansowaną przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej, współfinansowaną z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego. Siedzibą jednostki jest Centrum Nowych Technologii Uniwersytetu Warszawskiego. Długie badania, które pozwoliły uzyskać najnowsze wyniki finansowane były też przez resort nauki poprzez Diamentowy Grant, którym kierował Mateusz Mazelanik, oraz Narodowe Centrum Nauki w ramach grantu PRELUDIUM kierowanego przez Adama Leszczyńskiego. Mateusz Mazelanik wspierany jest też przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej w ramach stypendium START.

KONTAKT:

Dr Michał Parniak
Centrum Optycznych Technologii Kwantowych, Centrum Nowych Technologii, Uniwersytet Warszawski
tel.: +48 22 55 43 786
email: m.parniak@cent.uw.edu.pl

PUBLIKACJA:

Mazelanik, M., Leszczyński, A. & Parniak, M. Optical-domain spectral super-resolution via a quantum-memory-based time-frequency processor. Nat Commun 13, 691 (2022).
https://doi.org/10.1038/s41467-022-28066-5
https://www.nature.com/articles/s41467-022-28066-5

LINKI:

http://qot.uw.edu.pl/
Strona Centrum Optycznych Technologii Kwantowych UW.

MATERIAŁY GRAFICZNE:

CeNT220211b_fot01
https://www.fuw.edu.pl/tl_files/press/images/2022/CeNT220211b_fot01.jpg
Zdjęcie 1: Układ z chmurą chłodzonych laserowo atomów rubidu, które przetwarzają informację kwantową zawartą w świetle (z lewej). Układ przygotowania wiązki laserowej, która służy do programowania operacji kwantowych wykonywanych na świetle zapisanym w atomach (z prawej). (Źródło: Uniwersytet Warszawski)

CeNT220211b_fot01
https://www.fuw.edu.pl/tl_files/press/images/2022/CeNT220211b_fot02.jpg
Zdjęcie 2: Pierwszy autor pracy (z lewej) – Mateusz Mazelanik – i kierownik laboratorium Quantum Optical Devices – dr Michał Parniak – przy układzie pamięci i procesora kwantowego dla światła. (Źródło: Uniwersytet Warszawski)