

Warszawa, 26 listopada 2014

Globalna komunikacja kwantowa przestaje być fikcją

Ani komputery kwantowe, ani kryptografia kwantowa nie mają szans na podbicie świata, jeśli nie powstaną układy pamięci zdolne łatwo i efektywnie operować informacją kwantową. Krokiem ku upowszechnieniu informatyki kwantowej jest atomowa pamięć o doskonałych parametrach pracy i wyjątkowo prostej konstrukcji, zbudowana na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

Po latach testów w laboratoriach fizycznych, pierwsze technologie kwantowe zaczynają powoli się upowszechniać. Jedną z nich jest kryptografia kwantowa, metoda szyfrowania gwarantująca praktycznie całkowite bezpieczeństwo przesyłanych danych, wdrażana obecnie przez banki i wojsko. Przetwarzanie informacji kwantowej i jej przesyłanie na duże odległości pozostawało jednak mocno ograniczone z uwagi na brak odpowiednich pamięci. Pokonanie tych ograniczeń jest w zasięgu ręki: na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego (FUW) powstała w pełni funkcjonalna atomowa pamięć kwantowa o prostej, niezawodnej budowie, nadająca się do wielu zastosowań, w tym telekomunikacyjnych.

„Największym wyzwaniem przy budowie naszej pamięci kwantowej był bardzo precyzyjny dobór parametrów pracy układu, pozwalający na efektywne zapisywanie informacji kwantowej, jej przechowywanie i późniejsze odczytywanie. W ciekawy sposób udało się nam także zredukować poziom szumów w procesie detekcji”, mówi dr Wojciech Wasilewski (FUW).

Współczesna komunikacja światłowodowa polega na przesyłaniu klasycznej informacji za pomocą światła laserowego propagującego się wewnątrz szklanego włókna – światłowodu. Tłumienie powoduje, że sygnał świetlny w światłowodzie słabnie wraz z przebytą odległością. Na długich liniach światłowodowych, mniej więcej co 100 km, montuje się więc wzmacniacze laserowe, które powielają docierające fotony. Dzięki nim słaby sygnał, zawierający mało fotonów, staje się silnym sygnałem o dużej liczbie fotonów.

W komunikacji kwantowej ważne są jednak pojedyncze fotony i ich stany kwantowe. Wzmocnienie sygnału nie polega tu na samym zwiększeniu liczby fotonów, lecz na tym, aby utrwalić ich pierwotny, niezaburzony stan kwantowy. Niestety, informacji kwantowej nie można bezkarnie powielać: samo sprawdzenie, w jakim stanie kwantowym znajduje się powielany foton, zaburzy jego początkowy stan. Zakaz klonowania, którego współodkrywcą jest polski fizyk prof. Wojciech Żurek, narzuca fundamentalne ograniczenia na operacje przeprowadzane z informacją kwantową.

W 2001 roku grupa fizyków z Uniwersytetu w Innsbrucku i Uniwersytetu Harvarda zaproponowała protokół transmisji DLCZ, umożliwiający przesyłanie informacji kwantowej na znaczne odległości. Zgodnie z nim, informacja kwantowa docierająca do każdego przekaźnika na linii przesyłowej musi być w nim przechowana tak długo, aż próby przesłania jej do kolejnego węzła zakończą się

sukcesem potwierdzonym zwykłym sygnałem. W tak skonstruowanym protokole kluczową rolę odgrywają pamięci kwantowe, w których informacja kwantowa musiałaby być przechowana przez odpowiednio długi czas.

„Dotychczasowe pamięci kwantowe wymagały skomplikowanych urządzeń laboratoryjnych i kłopotliwego chłodzenia do bardzo niskich temperatur, bliskich zeru absolutnemu. Atomowa pamięć kwantowa, którą udało się nam zbudować, działa w łatwej do uzyskania temperaturze kilkudziesięciu stopni Celsjusza”, zaznacza doktorant Radosław Chrapkiewicz (FUW), współautor publikacji w znanym czasopiśmie optycznym „Optics Express”.

Głównym elementem pamięci skonstruowanej przez fizyków z FUW jest szklana komora o średnicy 2,5 cm i długości 10 cm, zawierająca rubid osadzony na ściankach i wypełniona gazem szlachetnym. Po lekkim podgrzaniu, pary rubidu jednorodnie wypełniają wnętrze rurki, a gaz szlachetny spowalnia ich ruchy, ograniczając szumy. Podczas zapisu informacji kwantowej do tak skonstruowanej pamięci, fotony wiązki laserowej „odciskają” swoje stany kwantowe w wielu atomach rubidu. Jednocześnie emitowane są inne fotony, których zaobserwowanie jest potwierdzeniem aktu zapisu. Informację przechowywaną w pamięci można następnie „wydobyć” przy użyciu kolejnego, odpowiednio dobranego impulsu laserowego.

Przy zapisie i odczycie informacji kwantowej fizycy z FUW użyli zaawansowanych, zgłoszonych do opatentowania metod filtrowania światła i nowatorskiej kamery własnej konstrukcji. Kamera umożliwia detekcję pojedynczych fotonów, charakteryzuje się wyjątkowo niskim poziomem szumów i szybkością pracy kilkudziesięciokrotnie przewyższającą dotychczasowe kamery.

„Trwałość informacji kwantowej zapisanej w naszej pamięci sięga od kilku do kilkudziesięciu mikrosekund. Ktoś mógłby powiedzieć: co to za pamięć, skoro pamięta tak krótko? Trzeba jednak pamiętać, że wszystko zależy od zastosowań. W telekomunikacji mikrosekundy wystarczają do przeprowadzenia wielu prób przesłania sygnału kwantowego do kolejnej stacji przekaźnikowej”, podkreśla doktorant Michał Dąbrowski (FUW).

Co istotne, umiejętne wykorzystanie subtelnych zjawisk optyki kwantowej pozwoliło fizykom z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego wyraźnie zredukować poziom szumów w sygnale kwantowym. Podczas odczytu znaczna część szumu jest unoszona przez fotony emitowane z komórki pamięci w innym kierunku niż fotony niosące właściwą informację kwantową.

Pojedyncza komórka atomowej pamięci kwantowej, opracowanej na Wydziale Fizyki UW, może równocześnie przechowywać światło o wielu różnych modach (rodzajach drgań) przestrzennych. Dzięki temu ma największą pojemność ze wszystkich dotychczas istniejących rozwiązań. W realnych zastosowaniach w telekomunikacji kwantowej jedna nowa komórka mogłaby więc służyć jako pamięć buforowa dla co najmniej kilku światłowodów jednocześnie.

Prace nad atomową pamięcią kwantową sfinansowano 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 Fizyki 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. 1000 studentów i ponad 170 doktorantów.

PUBLIKACJE NAUKOWE:

„Hamiltonian design in readout from room-temperature Raman atomic memory”; M. Dąbrowski, R. Chrapkiewicz, W. Wasilewski; Optics Express, Vol. 22, Issue 21, pp. 26076-26091 (2014); <http://dx.doi.org/10.1364/OE.22.026076>

KONTAKTY:

mgr **Radosław Chrapkiewicz**

Instytut Fizyki Doświadczalnej Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

tel. +48 22 5532627 (sekretariat Instytutu)

email: radekch@fuw.edu.pl

dr **Wojciech Wasilewski**

Instytut Fizyki Doświadczalnej Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

tel. +48 22 5532627 (sekretariat Instytutu)

email: wojciech.wasilewski@fuw.edu.pl

POWIĄZANE STRONY WWW:

<http://www.fuw.edu.pl/>

Strona Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

<http://www.fuw.edu.pl/informacje-prasowe.html>

Serwis prasowy Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

MATERIAŁY GRAFICZNE:

FUW141126b_fot01s.jpg

HR: http://www.fuw.edu.pl/press/images/2014/FUW141126b_fot01.jpg

Atomowa pamięć do przechowywania informacji kwantowej (w pierwszym planie, świeci na zielono), skonstruowana na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, nadaje się do zastosowań telekomunikacyjnych. Od lewej doktoranci Michał Dąbrowski i Radosław Chrapkiewicz oraz dr Wojciech Wasilewski. (Źródło: FUW, R. Chrapkiewicz)