

## 1. Cel projektu - CO?

Pamięć kwantowa jest urządzeniem zdolnym przechowywać i wytwarzać na żądanie kwantową superpozycję stanów. Jest ona tak niezbędna podczas przetwarzania kwantowej informacji, jak niezbędna jest pamięć RAM dla działania klasycznego komputera. Skonstruowana przez nas realizacja opiera się na nierezonansowym rozpraszaniu Ramana w gorących parach atomowych, w tym wypadku parach rubidu. Jej działanie jest następujące: w procesie zapisu świecimy na atomy silną wiązką laserową, w wyniku procesu rozpraszania otrzymując pojedyncze fotony, które rejestrujemy na czułej kamerze. Informacja o wzbudzeniach jest przechowywana w postaci tzw. fali spinowej - kolektywnego wzbudzenia przechowującego informację o wyemitowanych fotonach, a następnie w procesie odczytu emitowana w postaci fotonów, również rejestrowanych na kamerze. Cały proces ma charakter wielomodowy, to znaczy jesteśmy w stanie wytworzyć jednocześnie wiele niezależnych grup fotonów. Wielomodowy charakter przechowywania jest klasycznie równoważny posiadaniu tablicy rejestrów zamiast pojedynczego rejestru, co znacząco zwiększa pojemność takiej pamięci.

W ramach projektu chcemy pokazać, że możliwa jest manipulacja stanem kwantowym światła poprzez jego oddziaływanie z ośrodkiem atomowym. Wykorzystując zewnętrzne pola magnetyczne, zamierzamy przeprowadzić pomiary polegające na selektywnym adresowaniu i manipulacji wybranymi stanami. Planujemy dokonać: interferencji spójności obecnych podczas etapu przechowywania pamięci, selektywnego zapisu i odczytu stanów do/z pamięci, jak również sekwencyjnego odczytu dwóch przechowywanych modów.

## 2. Realizowane badania - JAK?

Dotychczasowe manipulacje stanami światła przechowywanymi w pamięciach kwantowych były wykonywane dla makroskopowych natężeń światła - do eksperymentów na pojedynczych fotonach należało dysponować zewnętrznym źródłem. Ponadto układy pamięci kwantowych wykorzystywane przez inne grupy badawcze pracują w trybie jednomodowym, co stanowi poważne ograniczenie na ich pojemność, jak również możliwość manipulacji różnymi stopniami swobody. Zbudowany przez nas układ wielomodowego generatora fotonów na szansę rozwinąć istniejące możliwości inżynierii kwantowej stanów atomowych.

Z bogatej struktury atomu rubidu zamierzamy wybrać kilka poziomów, które będą selektywnie adresowane wiązkami laserowymi, powodując wytworzenie wielu niezależnych wzbudzeń, przechowywanych w kontrolowany sposób wewnątrz pamięci. Następnie przy użyciu pola magnetycznego, wiązek laserowych oraz fal o częstościach radiowych, będziemy w stanie dokonywać konwersji spójności z jednego do innego stanu atomowego. Dzięki temu będzie możliwe m.in. sekwencyjne odtworzenie dwóch (lub więcej) wzbudzeń przechowanych w pamięci, jak również zmiana ich parametrów. Używając kamery sCMOS ze wzmacniaczem obrazu - unikatowego sprzętu skonstruowanego z podzespołów w naszym laboratorium - przy zastosowaniu systemu filtrów atomowych, jesteśmy w stanie obserwować pojedyncze fotony należące do różnych modów przestrzennych pamięci.

Do przeprowadzenia eksperymentów zamierzamy wykorzystać, działający w laboratorium na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, układ pamięci atomowej w gorących parach rubidu. Jednocześnie w 2016 roku planowana jest budowa układu pułapki magneto-optycznej (MOT), również opartej na rubidzie, co pozwoli rozszerzyć projekt o eksperymenty przeprowadzane na zimnych atomach. Będzie to doskonała okazja do porównania możliwości obu interfejsów światło-atomy, ważnego z punktu widzenia przyszłych zastosowań.

## 3. Powody podjęcia tematyki - DLACZEGO?

Proponowane idee mogą być wykorzystane do budowy kwantowych bramek logicznych, co stanowi pierwszy krok na drodze ku informatyce kwantowej. Łatwiejsza stanie się generacja stanów N-fotonowych produkowanych na żądanie w procesie odczytu pamięci. Rozwijanie techniki pamięci wielomodowych ma znaczenie dla zwiększenia pojemności kanałów informacyjnych, używanych do przesyłania pojedynczych fotonów na znaczne odległości (kwantowy Internet). Znajdzie też zastosowanie w dziedzinie kwantowych obliczeń, a także potencjalnie w ultraprecyzyjnych pomiarach. Dzięki kontrolowanym manipulacjom można wytwarzać splątane stany światła, zaś w przypadku użycia kilku różnych stopni swobody - tzw. hipersplątanie. Dzięki temu przetwarzanie informacji stanie się prostsze i bardziej wydajne.