

Platforma fotoniczna do badania i funkcjonalizacji nowych emiterów kwantowych

Postęp w nanotechnologii i fotonice umożliwia transfer informacji kwantowej zawartej w spinie pojedynczego stanu elektronowego do pojedynczego fotonu, który to foton można przesyłać na duże odległości, zachowując zakodowaną w fotonie informację w nienaruszonym stanie. Ten postęp umożliwił fascynujące eksperymenty, takie jak ten przeprowadzony w ostatnich latach przez grupę badaczy w Delft. Korzystając z centrum barwnego (pewnej klasy defektu atomowego) w diamentcie jako z nośnika spinu oraz przy użyciu prostego obiektu fotonicznego - mikroskopijnej soczewki diamentowej - przeprowadzili eksperyment [1], który pozwolił odrzucić fundamentalne założenie naukowe zwane lokalnym realizmem, sprzeczne wcześniej z pewnymi przewidywaniami mechaniki kwantowej. To samo podejście, które zastosowano w tym eksperymencie, może posłużyć do implementacji protokołów kwantowego przesyłu informacji, umożliwiających bezpieczną komunikację, nawet jeśli używane urządzenia nie są zaufane przez użytkowników. Budowa takiej sieci kwantowej motywuje wielu badaczy do pracy nad centrami barwnymi w diamentcie oraz innymi emiterami kwantowymi.

Pojedyncze fotony można również wykorzystywać w obwodach fonicznych i wykonywać obliczenia kwantowe zwane próbkowaniem bozonów. Podobny schemat został zastosowany bardzo niedawno przez grupę naukowców z Chin [2] aby zademonstrować wyższość obliczeń kwantowych nad klasycznymi (na razie w bardzo specyficznym zastosowaniu) przy użyciu gaussowskiego próbkowania bozonów, które wykorzystywały inny kwantowy stan światła zwany stanem ściśniętym.

Aby wyjść poza demonstracyjne lecz mało praktyczne eksperymenty i wykazać potencjał do rzeczywistych zastosowań, należy dokonać znacznych postępów technologicznych. Postęp hamują dwa podstawowe czynniki. Po pierwsze, środowisko kryształu półprzewodnika jest źródłem szumu magnetycznego i elektrycznego, który zaburza interesujące nas właściwości kwantowe. Po drugie, wyzwaniem pozostaje wydajna ekstrakcja pojedynczych fotonów w pożądanym kierunku. Pomimo znaczącego potencjału, jak dotąd nie istnieje źródło pojedynczych fotonów dające wydajny interfejs pomiędzy spinem i fotonem, który wykazywałby zdatność do powszechnego zastosowania praktycznego. Chociaż istnieją platformy o wystarczającej koherencji spinowej, takie jak centra barwne w diamentcie, lub o bardzo wysokiej jasności, np. w postaci półprzewodnikowych kropek kwantowych, nie ma idealnej platformy łączącej oba te aspekty.

Projekt ten ma na celu zrealizowanie wydajnego interfejsu światło-materia na poziomie pojedynczych obiektów kwantowych w nowo odkrytych, bardzo obiecujących emiterach. Jednym z tych emiterów są defekty w monowarstwach półprzewodnikowych dichalkogenków metali przejściowych, klasie materiałów o interesujących właściwościach optycznych i elektronowych. Materiały te posiadają szereg ekscytujących właściwości, które są już intensywnie badane w wielu laboratoriach na całym świecie. Mimo to interakcje rządzące zanikiem zarówno koherencji, jak i kwantowego wzbudzenia tych emiterów muszą zostać zrozumiane, aby ocenić ich przydatność do technologii kwantowych. Spodziewamy się, że sprzężenie z mikrowną zapewni nowe narzędzie do badania emiterów, umożliwiając nam uzyskanie nowego wglądu w ich interesujące właściwości fizyczne. Będziemy wykorzystywać i dalej rozwijać otwarte mikrownę Fabry-Perot, które dzięki ich uniwersalności oferują otwarty dostęp do różnych próbek. Wreszcie, naszym celem jest rozwiązanie problemów uniemożliwiających skalowalność otwartych mikrownęk.

Równolegle, w oparciu o kryteria wstępne dotyczące pożądanых właściwości elektrycznych i magnetycznych, które wpływają na pożądaną właściwość spinów, będziemy badać stosunkowo nowe emitory jak np. defekty atomowe z grupy IV układu okresowego w diamentcie. W kolejnym etapie wykorzystamy opracowaną platformę wnękową do zbadania tych nowych emiterów.

Oczekujemy, że wyniki tego projektu dadzą odpowiedzi dotyczące przydatności proponowanych emiterów dla użycia w technologiach kwantowych. Po zidentyfikowaniu pożądanых właściwości, takich jak długi czas koherencji spinu, wydajna emisja i ekstrakcja fotonów, spodziewamy się, że uzyskany system przewyższy istniejące emitory pojedynczych fotonów, dając interesujące perspektywy zastosowań i badań różnych zjawisk fizycznych wynikających ze wzmocnionej interakcji światło-materia.

[1] B. Hensen *et al.*, *Loophole-Free Bell Inequality Violation Using Electron Spins Separated by 1.3 Kilometres*, *Nature* **526**, (2015).

[2] H. Sen Zhong *et al.* *Quantum Computational Advantage Using Photons*, *Science* (80-.). **370**, 1460 (2020).