

Oddziaływania światła z materią w diamencie przy zastosowaniu pojedynczych fotonów

Celem powstającego świata technologii kwantowych jest tworzenie i rozwój praktycznych narzędzi, bazujących na konsekwencjach płynących z zasad fizyki kwantowej. Pośród nich można wyróżnić kwantową komunikację, obliczenia kwantowe, kwantową metrologię, czy też obrazowanie kwantowe. Głównym zadaniem świata technologii kwantowych jest zaproponowanie oraz implementacja rozwiązań korzystających z przewag zjawisk kwantowych, takich jak superpozycja czy splątanie kwantowe. Te jednakże, mogą prowadzić do bardzo zaskakujących i nieintuicyjnych implikacji, których badanie jest ciekawe zarówno z fundamentalnego, jak i praktycznego punktu widzenia.

Projekt przewiduje badania nad oddziaływaniem światła z materią, przy użyciu pojedynczych fotonów oraz centrów barwnych w diamencie. Istnieje wiele sposobów generowania pojedynczych fotonów, pośród których można wyróżnić źródła takie jak kropki kwantowe, centra azot-wakancja lub osłabione wiązki laserowe. W proponowanym projekcie, użyte zostanie obwieszczane źródło pojedynczych fotonów bazujące na procesie parametrycznego podziału częstości (od ang. *spontaneous parametric down-conversion* – SPDC). Proces SPDC zachodzi, gdy podczas oddziaływania z ośrodkiem nieliniowym jeden wysokoenergetyczny foton rozpada się na dwa niskoenergetyczne. Detekcja tak powstałych fotonów może być następnie przeprowadzona niezależnie, a rejestracja jednego fotonu z pary obwieszcza istnienie drugiego. Obwieszczane w ten sposób pojedyncze fotony mogą być generowane i następnie skierowane na bogatą w centra barwne diamentową próbkę. Centra azot-wakancja (od ang. *nitrogen-vacancy* – NV) są szczególnie interesujące ze względu na specyficzne własności optyczne umożliwiające relatywnie łatwy dostęp przy użyciu pojedynczych fotonów.

W pierwszej części projektu przeanalizowana i zademonstrowana zostanie superradiancja centrów barwnych w diamencie przy oświetleniu ich pojedynczymi fotonami. Superradiancja jest zjawiskiem kwantowym, w którym poprzez oddziaływanie z polem elektromagnetycznym pojawiają się kolektywne zachowania emiterów zamiast klasycznie oczekiwanej niezależnej emisji fluorescencji. Druga część projektu skupia się na weryfikacji możliwości pobicia limitu dyfrakcyjnego przy zastosowaniu przestrzennie skorelowanych fotonów, generowanych przez źródło oparte o proces SPDC. Rozdzielczość w standardowych mikroskopach fluorescencyjnych jest fundamentalnie ograniczona. Uważa się jednak, że korelacje kwantowe między fotonami generowanymi w procesie SPDC pokonają klasyczne ograniczenia, poprawią rozdzielczość i pozwolą na dokładniejsze obrazowanie.