

Gdynia, 17.01.2024

Dr hab. Marcin Pawłowski, prof. UG
Międzynarodowe Centrum Teorii Technologii Kwantowych
Uniwersytet Gdański

Rada Dyscypliny Nauki Fizyczne
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Recenzja

Rozprawa doktorska magister Marii Gieysztor zatytułowana jest „DIAMOND-BASED FUNDAMENTAL RESEARCH ON LIGHT-MATTER INTERACTION WITH SINGLE PHOTONS”. Jest ona oparta na dwóch artykułach: „*Interaction of a heralded single photon with nitrogen-vacancy centers in a diamond*” oraz “*Microscopy with heralded Fock states*”, które oba ukazały się w czasopiśmie Optics Express. Doktorantka jest pierwszą autorką obu publikacji, a z załączonych oświadczeń wynika, że miała istotny wkład w ich powstanie. Oprócz wyżej wymienionych mrg. Gieysztor jest także współautorką pracy „*Probing the geometry of two-qubit state space by evolution*”, która ukazała się w czasopiśmie QIP, ale nie stanowi części rozprawy.

Praca składa się z ośmiu rozdziałów i to co jako pierwsze rzuca się w oczy to jej bardzo przejrzysty i estetyczny układ. W połączeniu z przystępnym językiem czyni to rozprawę łatwą w czytaniu i zrozumieniu. Jedyną krytyczną uwagą jaką mam odnośnie tego aspektu jest umieszczenie osobnej bibliografii dla każdego z rozdziałów. Utrudnia to trochę pracę z tą rozprawą. Niezależnie od bycia rozbitym, zbiór cytowanej literatury jest bardzo obszerny i doskonale dopasowany do tematyki pracy.

Pierwszy rozdział rozprawy stanowi krótki wstęp, w którym autorka dość skrótowo przedstawia dziedzinę oraz cel stawiany rozprawie.

Rozdział drugi skupia się na kwantowych właściwościach światła. Autorka rozpoczyna go przedstawiając standardową metodę kwantyzacji równań Maxwella. Jest to dość podstawowe zagadnienie, które jest bardzo dobrze opisane w wielu podręcznikach wliczając w to te, które autorka cytuje. Uważam, że w rozprawie doktorskiej autorka mogłaby śmiało pominąć ten fragment i skupić się na mniej oczywistych rozważaniach. Potem następuje opis źródeł pojedynczych fotonów, zarówno deterministycznych jak i probabilistycznych. Autorka skupia się na tych drugich bardzo dobrze opisując źródło HSPS. Później przedstawione są metody określania jakości źródeł pojedynczych fotonów oraz typy detektorów.

Rozdział trzeci poświęcony jest interakcji pomiędzy światłem a materią. Rozpoczyna się wyczerpującym opisem centrów NV w diamencie. Następnie autorka przechodzi do metod mikroskopii skupiając się na obrazowaniu koincydencyjnym (ang. *ghost imaging*), które jest jednym z obiektów jej oryginalnych badań.

Większą część rozdziału czwartego stanowi jedna z prac mgr. Gieysztor. Jest ona uzupełniona o krótki wstęp oraz określenie udziału doktorantki w przygotowanie tej pracy. Publikacja dotyczy

wspomnianego wcześniej obrazowania koincydencyjnego, w którym próbka jest oświetlana światłem w stanie Focka wytworzonym za pomocą źródła HSPS. Generowane przez SPDC pary fotonów są opisywane przez funkcję falową bifotonu, która jest dalej propagowana przez dany układ optyczny i analizowana na różnych etapach ścieżki propagacji. Analiza obejmuje nie tylko badanie profilu trybu przestrzennego, ale także badanie jego fazy. Te wyniki analityczne są poparte obliczeniami numerycznymi i kompleksową dyskusją z uwzględnieniem czynników praktycznych, takich jak optyka o skończonych rozmiarach i detektory jednofotonowe.

Rozdział piąty powraca do tematyki rozpoczętej w rozdziale trzecim, czyli interakcji pomiędzy światłem a materią. Rozdział ten zawiera bardzo dobry opis zjawiska nadpromienistości. Jednak, podobnie jak w rozdziale drugim, rozpoczyna się od dość standardowego, podręcznikowego opisu – w tym wypadku opisu dwupoziomowego atomu.

Rozdział szósty zawiera drugi z artykułów wchodzących w skład rozprawy. Podobnie jak w rozdziale czwartym, jest on uzupełniony wstępem oraz opisem udziału doktorantki w pracach nad publikacją. Publikacja opisuje eksperyment, w którym zademonstrowano interakcję pojedynczego fotonu z zespołem centrów NV. Pojedyncze fotony, które są generowane w procesie spontanicznej parametrycznej konwersji w dół (SPDC) mają dość dużą szerokość spektralną w porównaniu z profilami absorpcji układów atomowych, co skutkuje niską wydajnością absorpcji. Dynamika zespołu centrów NV jest modelowana przy użyciu proponowanego modelu analitycznego zakładającego szybki rozpad nieradiacyjny i następujący po nim rozpad radiacyjny. Uzyskane czasy rozpadu są porównywane z czasami rozpadu w przypadku pompowania koherentnym źródłem światła.

Rozdział siódmy zawiera opis nieopublikowanych wcześniej prac eksperymentalnych doktorantki dotyczących interakcji fotonu z więcej niż jednym centrem NV. Rozdział rozpoczyna się bardzo dokładnym opisem układu doświadczalnego oraz działań podjętych w celu charakteryzacji zarówno próbki jak i źródła światła. Następnie przedstawione są wyniki eksperymentu, podczas którego niestety nie udało zebrać się wystarczającej ilości danych do wyciągnięcia istotnych wniosków. Doktorantka przeprowadza także drugi eksperyment nieznacznie modyfikując układ doświadczalny w celu optymalizacji siły sygnału fluorescencyjnego. W tym układzie zbadane zostały trzy próbki charakteryzujące się różnym rozkładem centrów NV. Choć wyniki eksperymentów przedstawionych w tym rozdziale nie są jednoznaczne na szczególne uznanie zasługuje wysoka jakość analizy otrzymanych wyników.

Biorąc pod uwagę to oraz wysoką jakość dwóch opublikowanych prac uważam, że rozprawa magister Marii Gieysztor spełnia wymogi zarówno formalne jak i zwyczajowe stawiane pracom doktorskim. **Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydatki w dyscyplinie nauki fizyczne oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.** Wnioskuje o dopuszczenie jej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Z poważaniem,



Marcin Pawłowski