

Autor: Radosław Chrapkiewicz

Tytuł pracy doktorskiej:

"Generation and characterization of spatially structured few-photon states of light"

STRESZCZENIE

Niniejsza praca doktorska prezentuje wyniki badań poświęconych charakteryzacji struktury przestrzennej i właściwości statystyk kilkofotonowych stanów światła generowanych m.in. z użyciem nowego źródła opartego na wielomodowej pamięci atomowej. Praca składająca się z 9 rozdziałów podzielona jest na wstęp literaturowy i teoretyczny oraz trzy części zawierające merytoryczne wyniki badań.

Kolejno w części I prezentujemy i charakteryzujemy skonstruowany układ kamery sCMOS ze wzmacniaczem obrazu (I-sCMOS). Przedstawiamy teoretyczne modele nasycania detektorów różniących liczbę fotonów, które jakościowo odnoszą się do kamery. Przeprowadzamy eksperymentalną tomografię kamery I-sCMOS a jej wyniki wykorzystujemy do wiernej rekonstrukcji pierwotnych statystyk światła padającego na kamerę.

W części II prezentujemy układ pamięci atomowej w ciepłych parach rubidu, do której zapis i odczyt odbywa się w wyniku kolektywnego rozpraszania Ramana. Pamięć jest w stanie przechować informacje na temat przestrzennej struktury światła. Dokładnie opisujemy układ doświadczalny, w szczególności pod kątem układu filtrowania. Charakteryzujemy wielomodowe rozpraszanie Ramana oraz badamy zdolność przechowywania pamięci ograniczoną dekoherencją dyfuzyjną. Demonstrujemy korelacje przestrzenne pomiędzy opóźnionymi w czasie fotonami Stokesa i anty-Stokesa. Używając kamery I-sCMOS i zaawansowanego systemu filtrowania obserwujemy korelacje przestrzenne aż do reżimu pojedynczych wzbudzeń atomowych na mod pamięci.

W części III wykorzystujemy kamerę I-sCMOS do badania zjawiska interferencji dwufotonowej Hong-Ou-Mandela obserwowanego z rozdzielczością przestrzenną. Studiujemy wpływ skończonej widzialności przestrzennej na wynik interferencji, która służy nam do pomiaru lokalnej struktury przestrzennej pojedynczego fotonu.

Zaobserwowaliśmy i zbadaliśmy następujące słabo zbadane zjawiska. W części I badamy pozorne efekty nieklasyczne w statystykach zliczeń fotonów zmierzonych za pomocą kamery. W części II po raz pierwszy pokazujemy wielomodowe rozpraszanie Ramana w pamięciach atomowych. Natomiast w części III prezentujemy pierwszą obserwację efektu Hong-Ou-Mandela z rozdzielczością przestrzenną, którą następnie badamy pod kątem wpływu skończonej rozróżnialności przestrzennej interferujących fotonów.

Na potrzeby tej pracy zostały stworzone i opracowane następujące, nowe metodologie badawcze. Stosujemy nowego typu kamerę I-sCMOS, opracowujemy rekonstrukcje statystyk fotonów na podstawie tomograficznej charakteryzacji detektora. Konstruujemy skuteczny układ filtrowania fotonów w pamięci atomowej. Tworzymy nową dokładną metodę pomiaru współczynników dyfuzji w pamięci atomowej. Prezentujemy także własne metody charakteryzacji przestrzennej statystycznych właściwości światła. W końcu, pokazujemy zupełnie nowatorską metodę holograficznego pomiaru struktury fazy pojedynczego fotonu, wykorzystującą m.in. specjalnie stworzony algorytm rekonstrukcji fazy.

Zaprezentowane wyniki wpisują się w kontekst współczesnych badań w optyce kwantowej, a także posiadają szereg potencjalnych zastosowań, przedyskutowanych w podsumowaniu pracy.