

Ultraszybka Optyka Kwantowa z Rozdzielczością Spektralną

STRESZCZENIE

Fotony w domenie optycznej stanowią wyjątkowe i niezawodne nośniki informacji, ale również doskonałe i niezwykle czułe sondy materii. Czasowo-spektralny stopień swobody (StSw) fotonu odgrywa w tych własnościach istotną rolę. W kontekście rozwijających się technologii kwantowych oraz po części w kontekście zjawisk fundamentalnych niniejsza praca stanowi eksplorację spektralnego StSw szerokopasmowego światła pojedynczo-fotonowego, oraz o natężeniu zbliżonym do pojedynczego fotonu.

Niniejsza praca jest oparta na serii publikacji omawiających stosunkowo szeroki zakres problemów optyki kwantowej i ultraszybkiej. Ultrasłabe światło o modzie czasowym ultrakrótkiego impulsu (spektralnie szerokopasmowe) jest "wspólnym mianownikiem" tych prac. Jak również jest nim unikalne narzędzie pomiarowe w nich użyte i dla nich stworzone – bardzo szybka kamera czuła na pojedyncze fotony. Jej opracowanie i charakteryzacja umożliwiły lub znacznie uprościły wiele z przedstawionych eksperymentów. Jako dosyć uniwersalne narzędzie badawcze, kamera ciągle ma duży potencjał do dalszych zastosowań.

Prezentowane tutaj, w znacznej części doświadczalne, badania obejmują 5 prac. W pierwszej z nich charakteryzujemy hybrydowe splątanie pomiędzy poprzecznym i spektralnym StSw pary fotonów wygenerowanych w niekolinearnym procesie parametrycznego podziału częstości typu I. Druga praca stanowi eksplorację interferencji dwufotonowej z rozdzieloną-spektralnie detekcją pojedynczych fotonów, jako metody dyspersyjnego próbkowania oddziaływań światło-materia. W trzecim eksperymencie przechodzimy od pojedynczych fotonów do słabych stanów koherentnych (natężenie zbliżone do pojedynczego fotonu) i przedstawiamy wariant elektrooptycznej interferometrii ścinania, jednakże opartej o pomiar korelacji natężeniowej drugiego rzędu i szczególnie dostosowanej do ultrakrótkich impulsów w bliskiej podczerwieni. Czwarta praca ukazuje kompatybilną z natężeniem zbliżonym do pojedynczego fotonu, elektrooptyczną, ultraszybką implementację koherentnej czasowo-spektralnej transformacji – Częstkowej Transformaty Fouriera (CTF), która jest interesująca sama w sobie jako generalizacja zwykłej Transformaty Fouriera, oraz stanowi nieodzowny element składowy kolejnego eksperymentu. W ostatniej części przechodzimy do metrologii kwantowej w dziedzinie częstości i demonstrujemy metodę nadrozdzielczości spektralnej umotywowaną intensywnym w ostatnim czasie rozwojem kwantowo-inspirowanych metod daleko-polowego obrazowania nadrozdzielczego. Prezentowaną metodę można uznać za implementację idei interferometrii inwersji obrazu. W porównaniu z pomiarem spektralnego natężenia redukuje ona ilość wymaganych zasobów do estymacji separacji pomiędzy dwoma obiektami spektralnymi.