

Streszczenie

Niniejsza rozprawa poświęcona jest badaniom planarnych ciekłokrystalicznych mikrownęk optycznych, stanowiących wyjątkową platformę, w której rezonator optyczny wypełniony jest silnie dwójłomnym materiałem ciekłokrystalicznym. Dzięki temu możliwa jest dynamiczna kontrola własności światła uwięzionego w mikrownęce, takich jak energia czy polaryzacja. Praca koncentruje się na dwóch głównych celach: badaniu nieliniowych zjawisk optycznych w reżimach słabego i silnego sprzężenia światło–materia oraz wprowadzeniu przestrzennie zmiennych potencjałów fotonicznych o różnej wymiarowości.

W reżimie słabego sprzężenia zaprezentowano wyniki dotyczące przestrzajalnego laserowania fotonowego w nematycznej mikrownęce ciekłokrystalicznej. Przestrzajalność ta pozwoliła uzyskać laserowanie fotonowe w reżimie sprzężenia spin-orbita Rashba-Dresselhaus, w którym przeciwnie kołowo spolaryzowane wiązki emitowane są pod różnymi kątami. Ich interferencja prowadzi do powstania optycznej trwałej spinowej helisy w warunkach nieliniowych.

W reżimie silnego sprzężenia uzyskano kondensat Bosego–Einstaina polarytonów ekscytonowych w temperaturze pokojowej, którego energia oraz polaryzacja mogą być kontrolowane za pomocą zewnętrznego pola elektrycznego oraz polaryzacji wiązki pobudzającej. Oddziaływanie spin–orbita prowadzi do pojawienia się polarytonowego prądu spinowego oraz modulacji gęstości kondensatu w przestrzeni – tak zwanej *fazy prążkowanej*. Przedstawiony mechanizm spontanicznego złamania symetrii oraz obserwacja wirów kwantowych w eksperymentach pojedynczych impulsów stanowią dowód na nadciekłość kondensatu. Współwystępowanie fazy prążkowanej i nadciekłości stanowi pierwszą pełną demonstrację fazy nadstałej (nadkrystalicznej) kondensatów polarytonów ekscytonowych oraz pierwszą jej demonstrację w temperaturze pokojowej w ogóle.

Dalsza część pracy poświęcona jest samoorganizującym się, przestrzennie zmiennym potencjałom fotonicznym. Dla zerowymiarowych pułapek fotonicznych z przestrzennie zmienną dwójłomnością układ ten może być traktowany jako optyczny analog atomu w syntetycznym polu magnetycznym. W tym ujęciu związany w pułapce stan podstawowy światła interpretowany jest jako optyczny analog poziomu Landaua. Laserowanie z tego stanu cechuje się charakterystycznymi właściwościami polaryzacyjnymi i niesie niezerowy orbitalny moment pędu.

Jedno- i dwuwymiarowe sieci fotoniczne prowadzą do powstania pasm energetycznych. W przypadku jednowymiarowej sieci, dwie niezależne struktury pasmowe dla ortogonalnych liniowych polaryzacji światła mogą być przestrzajane za pomocą napięcia elektrycznego. Wprowadzenie pochylenia molekuł skutkuje międzypasmowym sprzężeniem spin–orbita, które miesza pasma o odpowiednich symetriach.

W przypadku trójwymiarowego, samoorganizującego się kryształu fotonicznego, uzyskane laserowanie jest związane z określonymi kierunkami dyfrakcji, które zostały zmapowane eksperymentalnie. Własności polaryzacyjne oraz kątowe tego laserowania silnie zależą od geometrii pobudzenia względem struktury krystalicznej.

Przedstawione badania stanowią istotny krok w kierunku symulowania zjawisk fizyki ciała stałego z udziałem spinu przy użyciu światła, jak również obserwacji zjawisk kwantowych w temperaturze pokojowej. Zaproponowana platforma charakteryzuje się wysokim stopniem adaptowalności, skalowalności i przestrzajalności, co czyni ją obiecującym narzędziem zarówno dla badań podstawowych, jak i zastosowań aplikacyjnych.