

Streszczenie

Optoelektronika to dziedzina nauki zajmująca się interakcjami między światłem a materią, w tym generowaniem, przetwarzaniem i detekcją światła. Konstrukcja nowatorskich urządzeń fotonicznych jest ważnym elementem rozwoju optoelektroniki, ponieważ pozwala na stworzenie nowych rozwiązań technologicznych, które mogą mieć zastosowanie w różnych dziedzinach, takich jak telekomunikacja, medycyna, przemysł czy nauka. Nowe urządzenia fotoniczne mogą pozwolić na poprawę parametrów istniejących rozwiązań lub na stworzenie nowych funkcjonalności.

Jednym z szeroko stosowanych układów są wnęki optyczne, które pozwalają na zlokalizowanie fali elektromagnetycznej w strukturze i wzmacnianie efektów opartych na stymulacji optycznej, zwłaszcza przy efektach nieliniowych pojawiających się w związku z lokalizacją przestrzenną światła. Korzystają one zarówno ze wzrostu natężenia rezonansowego pola optycznego wprowadzanego przez wnękę, jak również selektywności długości fali, co pozwala m.in. na miniaturyzację urządzeń optoelektronicznych.

Niniejsza praca poświęcona jest badaniom nad oddziaływaniem spinowo-orbitalnym światła w mikrownękach wypełnionych materiałem dwójłomnym. Opisane badania przedstawiają zalety nowej konstrukcji wnęki optycznej, polegającej na wypełnieniu wnęki materiałem ciekłokrystalicznym, jako potencjalnej nowej platformy dla urządzeń optoelektronicznych, w których możliwe będzie badanie wpływu efektywnego pola magnetycznego i symulacja hamiltonianów opisujących zjawiska znane m.in. z fizyki ciała stałego. W przedstawionej pracy rozpatrywane są wnęki ciekłokrystaliczne, w których kontrolując parametry takie jak: dwójłomność, grubość warstwy ciekłokrystalicznej, czy początkowa orientacja średniego kierunku ułożenia molekuł, możliwe jest dostrojenie energetyczne rezonansów modów optycznych do różnych reżimów. Każdy z reżimów przedstawia inny efekt związany z oddziaływaniem spinowo-orbitalnym światła we wnękach.

Celem pracy jest eksperymentalna demonstracja i teoretyczna analiza efektów obserwowanych we wnękach ciekłokrystalicznych:

- przestrajalności modów fotonowych napięciem,
- strojonego spinowego optycznego efektu Halla,
- optycznego efektu Rashby-Dresselhausa,
- stanu optycznej trwałej helisy spinowej oraz fotonicznego analogu eksperymentu Sterna-Gerlacha,
- przetestowanie integracji różnego rodzaju emiterów światła z wnękami ciekłokrystalicznymi.

W rozdziale 1 tej rozprawy przedstawione zostały podstawy fizyki światła spolaryzowanego, oddziaływania spinowo-orbitalnego światła oraz opis budowy

i właściwości (w szczególności właściwości optycznych) ciekłych kryształów i wnęk optycznych.

W rozdziale 2 zostały opisane wykorzystane w trakcie badań metody eksperymentalne. Przedstawione zostały pomiary widm odbicia, transmisji i fotoluminescencji w przestrzeni rzeczywistej i odwrotnej, a także techniki przygotowania próbek.

W rozdziale 3 omówiona została możliwość dostrojenia wnęki do kolejnych rezonansów modów optycznych na podstawie wyników eksperymentalnych. Jednocześnie wprowadzona została klasyfikacja (nazewnictwo) kolejnych reżimów pracy wnęki.

Rozdział 4 zawiera opis teoretyczny badanych reżimów. Został przedstawiony opis symetrii w układzie w zależności od ułożenia molekuł we wnęcie, jak również propozycja opisu za pomocą efektywnych hamiltonianów, która pozwoliła na powiązanie konkretnych obserwacji doświadczalnych z efektami znanymi z innych działów fizyki.

W rozdziale 5 opisano strojony optyczny spinowy efekt Halla. Pokazano, że dzięki wykorzystaniu wnęki ciekłokrystalicznej możliwe jest zaobserwowanie nowych wzorów polaryzacji spinowej.

W rozdziale 6 zaprezentowane zostały wyniki eksperymentalne pokazujące optyczny odpowiednik efektu Rashby-Dresselhausa. Wyniki otrzymane zostały dla wielomodowej strojonej wnęki optycznej.

Rozdział 7 przedstawia optyczną trwałą helisę spinową oraz optyczny odpowiednik eksperymentu Sterna-Gerlacha. Rozdział ten zawiera zarówno opis teoretyczny jak również wyniki eksperymentalne otrzymane dla różnych warunków pobudzenia.

Przedstawione w rozdziałach 5, 6 i 7 wyniki eksperymentalne zostały omówione w kontekście efektywnych hamiltonianów wprowadzonych w rozdziale 4.

Rozdział 8 zawiera opis struktur hybrydowych zawierających emiter umieszczony na powierzchni jednego z luster (monowarstwy MoSe_2) oraz zawierających emiter wewnątrz wnęki (białko fluorescencyjne mCherry lub barwnik laserowy Prromethene 580).

W ostatnim rozdziale 9 zebrane w pracy wyniki zostały podsumowane. Omówione zostały również możliwe kierunki rozwoju przedstawionych w rozprawie badań.