

Streszczenie

Karolina Łempicka-Mirek

W ostatnich latach badania nad właściwościami emisyjnymi perowskitów w temperaturze pokojowej są intensywnie prowadzone w środowisku naukowym. Pomimo tego, jest to temat w dalszym ciągu niewystarczająco wyeksploatowany, w porównaniu do ich odpowiedników, materiałów półprzewodnikowych, w temperaturach kriogenicznych. Ze względu na niesamowite właściwości, m.in. silną i efektywną emisję w temperaturze pokojowej, wysoki współczynnik absorpcji, możliwość uzyskania laserowania na monokryształach perowskitów, dużą energię wiązania ekscytonu (rzędu kilkuset meV), możliwość strojenia emisji w zakresie światła widzialnego, poprzez zmianę kationu lub anionu w strukturze perowskitu, stały się idealnymi kandydatami w zastosowaniu do układów laserujących, badaniach zjawisk nieliniowych oraz obserwacji polarytonów ekscytonowych.

Polarytony ekscytonowe są kwazicząstkami powstałymi w wyniku silnych oddziaływań fotonu ze związanymi parami elektron-dziura. Wytwarzane są najczęściej w strukturze wnęki rezonansowej, w której to umieszcza się materiał aktywny optycznie. Badania realizowane w ramach niniejszej rozprawy doktorskiej skupiają się na obserwacji reżimu silnego sprzężenia światło-materia, a w konsekwencji zbadania nieliniowych zjawisk tj. kondensacji polarytonowej na perowskitach w temperaturze pokojowej. Zastosowanie perowskitów jako wydajnych emiterów otwiera szereg nowych możliwości w zastosowaniu ich w urządzeniach elektroluminescencyjnych, elektrooptycznych pracujących w temperaturze pokojowej.

Głównym celem niniejszej rozprawy było wytworzenie, zbadanie, opisanie materiałów perowskitowych zintegrowanych w strukturę wnęki optycznej oraz obserwacja polarytonów ekscytonowych i nierównowagowej kondensacji polarytonowej w temperaturze pokojowej. W konsekwencji otrzymane struktury docelowo miały posłużyć do konstrukcji prototypowych urządzeń emitujących wydajne światło w temperaturze pokojowej.

Niniejsza rozprawa składa się z ośmiu głównych rozdziałów:

Rozdział I zawiera ogólne wprowadzenie do tematyki badań oraz przegląd literatury na temat: perowskitów, mikrownęk optycznych oraz reżimu silnego sprzężenia światło-materia i kondensacji polarytonowej. Zaprezentowano w nim poszczególne elementy składające się na budowę mikrownęki z perowskitem, a w szczególności przedstawiono podstawy fizyczne opisujące zachowanie się ekscytonów uwięzionych w mikrownęce optycznej. Omówiono obrazowo techniki doświadczalne pozwalające na obserwację i detekcję polarytonów ekscytonowych oraz kondensacji polarytonowej.

Rozdział II poświęcony jest opisom syntezy wytworzonych materiałów perowskitowych. Szczegółowo podano przepisy na uzyskanie dobrej jakości polikryształów i monokryształów perowskitów, zarówno hybrydowych organiczno-nieorganicznych, jak i nieorganicznych. Omówiono procedury: ścieniania warstw (eksfoliacji) w monokryształach hybrydowych perowskitów oraz krystalizację monokryształów perowskitów w specjalnych szablonych z PDMS o zadanej geometrii mikrodrutu. Wytworzone materiały poddano szczegółowej charakteryzacji w celu sprawdzenia poprawności wykonanych perowskitów oraz ocenie w kierunku dalszych badań we wnękach optycznych.

Rozdział III prezentuje różne sposoby realizacji reżimu silnego sprzężenia światło-materia w temperaturze pokojowej, w monokryształach perowskitów oraz w strukturze mikrownęki optycznej

z materiałem perowskitowym (w polikrystalicznej i monokrystalicznej formie). Ponadto przedstawiono kondensację polarytonową na mikrodrutach monokryształów CsPbBr_3 .

Rozdział IV skupia się na wykorzystaniu polikrystalicznego perowskitu PEPI w zastosowaniu do tworzenia elastycznych, zawieszonych folii poliimidowych z perowskitem. W rezultacie zaprezentowano milimetrowe urządzenie emitujące wydajne światło oraz pracujące w reżimie silnego sprzężenia w temperaturze pokojowej.

W rozdziale V przedstawiono nowatorskie badania polikrystalicznych perowskitów domieszkowanych jonami manganu. Uzależniono obserwowane efekty od zawartości jonów manganu wprowadzanych w strukturę perowskitu. Wykonano badania emisji zależne od temperatury oraz pomiary magnetoptyczne potwierdzające występowanie rozszczepienia Zeemena dla niskich wartości koncentracji Mn:PEPI.

Rozdział VI zawiera badania reżimu silnego sprzężenia światło-materia we wnękach ciekłokrystalicznych wypełnionych dwuwymiarowym hybrydowym perowskitem. Przedstawiono wpływ perowskitu na własności wnęki z ciekłym kryształem, omówiono różne sposoby porządkowania wnęki i obserwację krzywizny Berry'ego we wspomnianej strukturze.

Rozdział VII prezentuje przestrajalny laser polarytonowy emitujący chiralne światło o dwóch wiązках spolaryzowanych kołowo. Urządzenie wykonano na bazie mikrownęki ciekłokrystalicznej z nieorganicznym perowskitem CsPbBr_3 pracujące w temperaturze pokojowej.

Rozdział VIII stanowi podsumowanie rozprawy wraz z perspektywami dalszych badań i rozwoju omawianej tematyki.