

Streszczenie

Postęp w wytwarzaniu monowarstw dichalkogenków metali przejściowych pozwala uzyskiwać próbki o coraz większym rozmiarze, lepszej jakości optycznej i większej stabilności próbki w czasie. W szczególności obłożenie monowarstw heksagonalnym azotkiem boru skutkuje zawężeniem obserwowanych linii emisyjnych w widmie fotoluminescencji. W przypadku materiałów z rodziny ciemnych – takich jak WS_2 czy WSe_2 , umożliwia to rozdzielenie licznych linii obecnych w widmie oraz ich dokładne badanie w funkcji mocy czy przyłożonego zewnętrznego pola magnetycznego. Badania takie pozwalają na analizę obecnych w materiale kompleksów ekscytonowych. Zawężenie linii umożliwia także obserwacje wyjaśnienia ciemnych kompleksów ekscytonowych w polu magnetycznym przyłożonym w płaszczyźnie badanej monowarstwy.

Głównym celem badań prowadzonych w ramach niniejszej rozprawy była analiza kompleksów ekscytonowych w monowarstwach dichalkogenków metali przejściowych. Jasne kompleksy ekscytonowe były możliwe do obserwacji w badaniach optycznych, takich jak fotoluminescencja, kontrast odbicia czy pobudzanie fotoluminescencji. By wyznaczyć położenie ciemnych kompleksów ekscytonowych w monowarstwie WS_2 obłożonej hBN, zbadano widmo fotoluminescencji w zewnętrznym polu magnetycznym przyłożonym w płaszczyźnie próbki. W takim eksperymencie mieszanie stanów ciemnych i jasnych spowodowało wyjaśnienie i obserwację optycznej rekombinacji z tych pierwszych. Do identyfikacji replik fononowych wzbronionych kompleksów ekscytonowych posłużyło badanie g-czynników obserwowanych linii emisyjnych w przyłożonym zewnętrznym polu magnetycznym. Dodatkowo sprawdzono, jak na widmo fotoluminescencji monowarstwy wpływa jej otoczenie dielektryczne. W tym celu zbadane zostały monowarstwy WS_2 oraz WSe_2 , które częściowo były obłożone hBN, a częściowo tylko odłożone na hBN lub odłożone na podłożu Si/SiO₂ i przykryte hBN.

Praca rozpoczyna się od wstępu będącego przeglądem literatury oraz podsumowaniem aktualnego stanu wiedzy o kompleksach ekscytonowych w dichalkogenkach metali przejściowych. Kolejny rozdział prezentuje próbki, a także techniki oraz układy pomiarowe użyte w realizowanych badaniach.

Rozdziały 3 – 8 zawierają wyniki badań prowadzonych w ramach niniejszej rozprawy doktorskiej wraz z analizą. Pracę rozpoczyna charakteryzacja podstawowych jasnych kompleksów ekscytonowych (rozdział 3) w widmie fotoluminescencji oraz kontrastu odbicia. Rozdział 4 dotyczy oddziaływania ekscytonów z fononami. Oddziaływanie to powoduje wzmocnienie modów ramanowskich i umożliwia obserwacje bogatego widma fononowego. Kolejne trzy rozdziały poświęcone są badaniu monowarstwy WS_2 obłożonej hBN. Najpierw zaprezentowane są ciemne kompleksy ekscytonowe obserwowane

w tej próbkę (rozdział 5). Rozdział 6 dotyczy analizy pozostałych linii emisyjnych obecnych w jej widmie: replik fononowych, bieksytonu naładowanego oraz trionu półciemnego. W rozdziale 7 zostały podsumowane uzyskane wyniki g-czynników linii emisyjnych w WS_2 obłożonej hBN oraz porównane z obliczeniami teoretycznymi. W rozdziale tym prezentowana jest również metoda wyznaczenia g-czynników pasm w tym materiale. W ostatnim rozdziale z wynikami (rozdział 8) analizowany jest wpływ otoczenia dielektrycznego na widmo fotoluminescencji, obserwacje ciemnych kompleksów ekscytonowych oraz obecność replik fononowych w monowarstwach WS_2 oraz WSe_2 .

Zakończenie zawiera podsumowanie głównych wyników uzyskanych w pracy oraz przedstawienie dorobku naukowego Autorki.