

## Streszczenie

Rozprawa doktorska dotyczy badań fundamentalnych własności fizycznych ściśle dwuwymiarowych kryształów dwuchalkogenków metali przejściowych (DCMP) grupy 6. ( $\text{MoS}_2$ ,  $\text{MoSe}_2$ ,  $\text{WS}_2$  oraz  $\text{WSe}_2$ ) oraz kryształów o różnej grubości z grupy 7. ( $\text{ReS}_2$ ). Opanowanie metody wytwarzania pojedynczych warstw DCMP oraz jej rozwinięcie o możliwość prowadzenia transferu w sposób deterministyczny pozwoliło na wytworzenie struktur o wysokiej jakości. Umożliwiło to badanie subtelnych efektów, w szczególności oddziaływań elektron-elektron oraz elektron-fonon w tych materiałach będących wynikiem silnego ograniczenia przestrzennego ekscytonów oraz zredukowanego ekranowania dielektrycznego.

Badania oddziaływań elektron-elektron przeprowadzono w pomiarach widm fotoluminescencji, pobudzania fotoluminescencji oraz kontrastu odbicia w szerokim zakresie temperatur. Na podstawie otrzymanych wyników badań dokonano analizy porównawczej obserwowanych kompleksów ekscytonowych, które zinterpretowano pod względem energii wiązania, stopnia lokalizacji przestrzennej oraz konfiguracji spinowo-dolinowej nośników wchodzących w skład kompleksu. Przedstawiono różnice wynikające z przeciwnych znaków rozszczepienia dna pasma przewodnictwa między związkami molibdenu oraz wolframu oraz zaproponowano wyjaśnienie natury niskoenergetycznych linii obserwowanych w widmach fotoluminescencji związków wolframu. W przypadku monowarstwy  $\text{WS}_2$  szczegółowa analiza widm kontrastu odbicia pozwoliła na zaproponowanie schematu struktury subtelnej trionu. Ponadto zaobserwowano, że silne sprzężenie ekscyton-fonon w DCMP prowadzi do wielofononowej up-konwersji fotoluminescencji oraz pokazano, że proces ten silnie zależy od koncentracji dwuwymiarowego gazu elektronowego (2DEG). W przypadku objętościowych kryształów  $\text{ReS}_2$  zaobserwowano grupę przejść optycznych, które dzięki pomiarom rozdzielonym polaryzacyjnie zinterpretowano jako dwie serie ekscytonów Rydberga związane z tą samą przerwą energetyczną. Przeanalizowano również zależność energii dwóch stanów podstawowych ekscytonów w funkcji ilości warstw.

Zbadano również wpływ koncentracji 2DEG na oddziaływanie elektron-fonon w pomiarach widm rozpraszania Ramana monowarstw  $\text{MoS}_2$ . Przy pobudzaniu rezonansowym odpowiadającym energii podstawowego stanu ekscytonu  $A$ , zaobserwowano dyspersyjny mod  $'b'$ , będący wynikiem procesu rozpraszania drugiego rzędu z udziałem fononów  $LA$  i  $TA$  z punktu  $K$  dwuwymiarowej strefy Brillouina. Na podstawie analizy otrzymanych widm ramanowskich przedstawiono silną zależność dyspersji modu  $'b'$  od koncentracji 2DEG, która była zmieniana poprzez zmianę warunków otoczenia. Ponadto poprzez pomiar widm fotoluminescencji oraz rozpraszania Ramana na różnych podłożach pokazano istotny wpływ docelowego podłoża na koncentrację 2DEG w dwuwymiarowej strukturze.