

POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU

Głównym celem przedstawianego projektu jest poznanie fundamentalnych własności spinu i pseudospinu jasnych i ciemnych ekscytonów z energiami kontrolowanymi poprzez zmianę składu w ściśle dwuwymiarowych stopach dwuchalkogenków metali przejściowych (DCMP), mianowicie w $\text{Mo}_{1-x}\text{W}_x\text{Se}_2$. W materiałach tych, przerwa wzbroniona zmienia się ze skośnej na prostą przy pocienianiu do pojedynczej warstwy materiału. W pojedynczej warstwie minimum pasma przewodnictwa i maksimum pasma walencyjnego znajdują się w nierównoważnych punktach $\text{K}\pm$ dwuwymiarowej (2D) strefy Brillouina. Co więcej, wartość prostej przerwy energetycznej odpowiada falam elektromagnetycznym z zakresu widzialnego i bliskiej podczerwieni. Bardzo istotną cechą DCMP jest silne oddziaływanie spin-orbita prowadzące do rozszczepienia pomiędzy podpasмами jasnych i ciemnych stanów tzw. ekscytonu A, określonego przez wartość rozszczepienia spinowego pasma przewodnictwa Δ_{so} . Ekscytony utworzone przez parę elektron-dziura o takim samym spinie nazywamy jasnymi, natomiast przeciwne ustawienie spinów odpowiada ekscytonom ciemnym. Konsystentny obraz oddziaływania pomiędzy takimi kompleksami ekscytonowymi w dolinach o przeciwnych indeksach $\text{K}\pm$ jest wciąż niepełny. Dla lepszego zrozumienia własności ciemnych i jasnych stanów ekscytonowych, bardzo atrakcyjny wydaje się dwuwymiarowy system, w którym układ stanów spinowych ekscytonu może być przestrajalny energetycznie w kontrolowany sposób. Stopy $\text{Mo}_{1-x}\text{W}_x\text{Se}_2$ wydają się bardzo obiecujące pod tym kątem prowadzonych badań, ponieważ jak przewidują obliczenia teoretyczne, dla związków dwuskładnikowych z brzegów serii, mianowicie MoSe_2 i WSe_2 , spodziewana wartość rozszczepienia pasma przewodnictwa jest rzędu $|\Delta_{\text{so}}| \approx 20-40$ meV, natomiast znak Δ_{so} jest ujemny dla WSe_2 i dodatni dla MoSe_2 . Badania nad tak przestrajalnym układem fizycznym dają możliwość jednoczesnego badania własności spinu i pseudospinu ekscytonów oraz wpływu sprzężenia spin-orbita na rozszczepienie spinowe pasm, a w szczególności pasma przewodnictwa, którego wartość i znak są kluczowe pod kątem zastosowań aplikacyjnych, np. w spintronice, jak i badań fundamentalnych. Kontrolowanie własności stanów ekscytonowych i odpowiednie dopasowywanie pozwoli na lepsze zrozumienie efektów fizycznych, związanych z oddziaływaniem typu nośnik-nośnik (tzw. oddziaływanie wymiany) oraz z oddziaływaniem ekscytonu z jądrem, czy wzbudzeniami sieci krystalicznej (fononami). Spinowe sprzężenie elektronu z jądrem oparte o indeks dolinowy oraz oddziaływanie ekscyton-fonon nie zostało jeszcze scharakteryzowane dla tej klasy materiałów.

Pojedyncze warstwy do badań zostaną otrzymane z wysokiej jakości kryształów objętościowych $\text{Mo}_{1-x}\text{W}_x\text{Se}_2$ przy wykorzystaniu metod eksfoliacji mechanicznej. W badaniach zostaną wykorzystane zaawansowane techniki pomiarowe spektroskopii optycznej:

1. Porównawcze badania polaryzacyjnie rozdzielonych, zależnych temperaturowo (7-300K) widm fotoluminescencji (PL) i kontrastu odbicia (RC) dla różnych warunków otoczenia (wysoka próżnia, He, warunki pokojowe, N_2) przy pobudzaniu rezonansowym i nierezonansowym.
2. Badania polaryzacyjnie rozdzielonych widm Ramana monowarstw $\text{Mo}_{1-x}\text{W}_x\text{Se}_2$ przy pobudzaniu laserami o różną długościach fali (532 nm, 633 nm) w $T = 295$ K, w warunkach wysokiej próżni, w otoczeniu He, warunkach normalnych oraz w otoczeniu N_2 .
3. Badania rozdzielonych w czasie widm fotoluminescencji (PL).
4. Połączone badania widm fotoluminescencji i ODMR i ODNMR.