

Magnetyczne materiały warstwowe w warunkach ekstremalnych

dr hab. Maciej Molas, prof. UW

Dwuwymiarowe (2D) warstwowe materiały magnetyczne (WMM) tworzą nowo powstającą klasę atomowo-cienkich materiałów van der Waalsa (vdW) o niezwykłych właściwościach fizycznych, doskonale nadających się do nowoczesnych urządzeń opartych na właściwościach optycznych, spinowych oraz orbitalnych. Rodzina WMM rozrosła się szybko ze względu na poszukiwania materiału, który może posiadać stabilny porządek magnetyczny w temperaturze pokojowej. Do chwili obecnej teoretycznie przewidziano kilkaset WMM, a dziesiątki z nich zsyntetyzowano i scharakteryzowano. Największe grupy WMM to: di- i trihalogenki (np. CrI₃), TMD (np. 1T-VS₂), tri- i tetrachalkogenki (np. FePS₃ i CrPS₄), halogenki metali-chalkogenu (np. CrSBr) i tlenochlorki (np. VOCl). Podstawowym problemem charakteryzacji WMM, ze względu na ich wyjątkowo małą grubość, jest eksperymentalne odkrywanie uporządkowania momentów magnetycznych w skali mikro, który określa makroskopowe właściwości materiałów i temperaturę magnetycznego przejścia fazowego.

W tym projekcie będziemy modyfikować właściwości magnetyczne i zbadamy pełny diagram fazowy WMM zarówno w formie objętościowej, jak również cienkich warstw, poprzez strojenie odległości międzywarstwowej. Planowane są badania właściwości optycznych, wibracyjnych i magnetycznych poszczególnych materiałów magnetycznych vdW, np. CrSBr. Innowacyjny aspekt projektu polega na połączeniu różnych eksperymentalnych technik optycznych, takich jak fotoluminescencja (FL), kontrast odbicia (KO) i rozpraszanie Ramana (RR), z różnymi ekstremalnymi warunkami perturbacyjnymi, takimi jak temperatura, ciśnienie i pole magnetyczne. Wybór materiałów jest motywowany aktualnym stanem badań nad materiałami magnetycznymi 2D, który pozwala nam na dokonanie świadomych przewidywań potencjalnych odkryć naukowych.

Głównymi technikami eksperymentalnymi zastosowanymi w projekcie będą FL, KO i RR, które zostaną wykorzystane do badania właściwości optycznych, wibracyjnych i magnetycznych struktur WMM w szerokim zakresie warunków zewnętrznych, tj. od temperatury pokojowej do ciekłego helu, w zewnętrznych polach magnetycznych do 30 T i przy ciśnieniu zewnętrznym do 50 GPa. Najbardziej unikalnym aspektem projektu jest możliwość połączenia różnych technik (np. FL i RR) oraz różnych ekstremalnych warunków (np. T=5 K, B=30 T, P=10 GPa) podczas jednego zdjęcia studyjnego, które będzie dostępne w ramach planowanej współpracy z Krajowym Laboratorium Wysokich Pól Magnetycznych w Grenoble, Francja.

Badanie właściwości optycznych, wibracyjnych i magnetycznych dwuwymiarowych warstwowych materiałów magnetycznych będzie miało znaczący wpływ na rozwój fizyki ciała stałego i nauk o materiałach. Wiąże się to ze znacznym zainteresowaniem społeczności naukowej materiałami magnetycznymi vdW i wynikającą z tego potrzebą zrozumienia nowej fizyki kryjącej się za nowatorskimi funkcjonalnościami, zjawiskami i właściwościami materiałów na żądanie.