

Wpływ ciśnienia hydrostatycznego i temperatury na polarony, ekscytyny oraz przejścia fazowe w wybranych hybrydowych organiczno-nieorganicznych perowskitach

Ciśnienie hydrostatyczne jest jednym z czynników, które może w znaczący sposób zmieniać właściwości optyczne, elektryczne i strukturalne kryształów. Przy dostatecznie dużym ciśnieniu hydrostatycznym, które można uzyskać w kowadłach diamentowych, można spektralnie przestroić emisję światła z kryształu, nieprzewodzący kryształ można "zamienić" w przewodzący metal, lub można uzyskać strukturalną przemianę fazową tj. zmienić ułożenie atomów w kryształ.

W niniejszym projekcie planujemy przeprowadzać kompleksowe badania optyczne, elektryczne i strukturalne w wysokich ciśnieniach hydrostatycznych (do ~10 GPa) dla hybrydowych organiczno-nieorganicznych perowskitów. Tego typu kryształy są bardzo wdzięczne do tego typu badań ze względu na swoją dużą miękkość w porównaniu z innymi kryształami półprzewodnikowymi takimi jak półprzewodniki grupy III-V lub II-VI. Z powodu dużej miękkości swobodne ładunki w kryształach perowskitowych zaburzają ułożenie atomów, tj. przyciągają (lub odpychają) atomy do (od) siebie w zależności od ładunku, i dlatego w miejsce takich kwazicząstek jak elektrony i dziury ze swoimi charakterystycznymi masami efektywnymi mogą pojawić się ujemne i dodatnie polarony tj. elektrony (dziury) sprzężone z fononami (kwazicząstkami, które opisują drgania atomów), a te charakteryzują się dużo większymi masami efektywnymi. W konsekwencji takie kwazicząstki jak ekscytyny (tj. związane kulombowsko elektrony i dziury) mogą być bardzo różne bo mogą w ich tworzeniu uczestniczyć zarówno swobodne nośniki (elektrony i dziury) jak i ujemne/dodatnie polarony.

Zakładamy, że ciśnienie hydrostatyczne będzie miało wpływ na energie formowania się polaronów w badanych kryształach, a tym samym będzie wpływać na położenie spektralne ekscytonów w emisji i absorpcji. Aby to zbadać niezbędne są komplementarne pomiary emisyjne (fotoluminescencja) oraz absorpcyjne (pomiary odbicia) w funkcji ciśnienia hydrostatycznego wykonane w niskich temperaturach ponieważ ekscytyny są wyraźnie widoczne w widmach PL oraz R dopiero w niskich temperaturach. Obserwowane zmiany w widmach PL oraz odbicia mogą być związane tworzeniem/znikaniem polaronów, pojawianiem się defektów punktowych albo strukturalnymi przemianami fazowymi. Aby mieć pewność co do braku lub obecności przemiany fazowej w danym ciśnieniu planujemy równoległe badania strukturalne metodą XRD oraz Ramana. Takie badania umożliwią nam konstruowanie pełnych wykresów fazowych P-T dla badanych perowskitów.

Oczekujemy, że wynikiem realizacji niniejszego projektu będzie zrozumienie mechanizmu formowania się takich kwazicząstek jak polarony i ekscytyny we względnie miękkiej materii tj. hybrydowych organiczno-nieorganicznych perowskitach. Ponadto wynikiem realizacji projektu będzie rozwinięcie metod badawczych, tj. pomiarów w wysokim ciśnieniu hydrostatycznym w niskich temperaturach. To jest szczególnym wyzwaniem dla pomiarów XRD i dlatego nie ma wielu doniesień literaturowych na temat przejść fazowych w perowskitach pod ciśnieniem w niskich temperaturach.