

Spektroskopia piezoodbiciowa kryształów i heterostruktur van der Waalsa

Celem tego projektu jest zbudowanie układu po pomiarów widm piezoodbicia z rozdzielczością przestrzenną na poziomie kilku mikrometrów a następnie wykorzystanie tego układu w badaniach kryształów van der Waalsa (vdW) oraz heterostruktur vdW wytworzonych na bazie tych kryształów w celu zrozumienia właściwości optycznych takich układów półprzewodnikowych.

Kryształy vdW są podobne do grafitu z którego poprzez proces eksfoliacji można wydzielić pojedyncze warstwy tj. warstwy grafenu, które charakteryzują się interesującymi właściwościami elektrycznymi (np. bardzo dużą ruchliwość nośników) i przez to mogą mieć zastosowanie w elektronice. W przypadku kryształów vdW sytuacja jest podobna z tą różnicą, że są to materiały półprzewodnikowe z otwartą przerwą energetyczną, która daje perspektywy zastosowań tych materiałów w optoelektronice, tj. obszarze łączącym właściwości optyczne i elektryczne półprzewodników gdzie podstawowymi przyrządami półprzewodnikowymi są detektory światła, diody emitujące światło lub lasery. Obecnie świat naukowy bardzo interesuje się heterostrukturami vdW (MX_2/YPS_3 : gdzie $M = Mo$ lub W ; $Y = Fe, Ni, Mg, Co, \dots$), w których łączy się ze sobą pojedyncze warstwy różnych kryształów vdW. Właściwości takich heterostruktur zależą od kąta między tymi warstwami, który odpowiedzialny jest za różne wzory Moiré w takich heterostrukturach. Właśnie takie heterostrukture będą przedmiotem badań w niniejszym projekcie. Do tego celu chcemy zastosować piezoodbicie, które powinno być bardzo czułą metodą do badania takich heterostruktur ale jak dotąd nie było do nich stosowane.

Piezoodbicie należy do metod modulacyjnych, których działanie polega na periodycznych zmianach danego parametru w badanej próbce (w piezoodbiciu jest to naprężenie), który powoduje zmiany w widmie odbicia badanej próbki. Stosując fazoczułą metodę detekcji sygnału można mierzyć te zmiany z czułością na poziomie $\Delta R/R \sim 10^{-6}$. Dzięki różnicowemu charakterowi tej metody całe tło jest eliminowane i tylko tam gdzie spodziewamy się przejść optycznych można obserwować zmiany sygnału odbicia. W pomiarach piezoodbicia głównym wyzwaniem jest przyłożenie periodycznych naprężeń do badanej próbki. Dla próbek makroskopowych robi się to dość łatwo klejąc próbkę na piezoceramikę, której rozmiary można zmieniać przykładając napięcie do piezoceramiki. W ten sposób zmiany rozmiarów piezoceramiki przenoszą się na przyklejoną próbkę. W przypadku pojedynczych warstw kryształów vdW trudno sobie wyobrazić aby próbkę o rozmiarach kilku mikrometrów i grubości kilku nanometrów przyczepiać do piezoceramiki za pomocą kleju. Jednak nasze ostatnie badania pokazały nam, że takie próbki bardzo mocno przyczepione są do podłoża dzięki oddziaływaniom elektrostatycznym [1]. Dlatego przeprowadziliśmy eksperyment w którym eksfoliowaliśmy MoS_2 bezpośrednio na wypolerowaną piezoceramikę i zaobserwowaliśmy, że tą drogą jesteśmy w stanie modulować naprężenia w MoS_2 i mierzyć widma piezoodbicia. Ta obserwacja jest podstawą niniejszego projektu w którym chcemy opracować metodę przykładania periodycznych naprężeń do heterostruktur vdW o mikrometrycznych rozmiarach i wykorzystać zalety metody piezoodbicia w badaniu tego typu heterostruktur.

[1] R. Oliva, T. Wozniak, P. E. Faria Jr, F. Dybala, J. Kopaczek, J. Fabian, P. Scharoch, and R. Kudrawiec, *Strong Substrate Strain Effects in Multilayered WS_2 Revealed by High-Pressure Optical Measurements*, ACS Applied Materials & Interfaces 14, 19857–19868 (2022).