

Ultracienkie piezoelektryczne membrany związków metali przejściowych o zdefiniowanej zawartości tlenu i chłogogenów

Celem naukowym przedłożonego projektu badawczego jest przeprowadzenie systematycznych badań piezoelektryczności w ultracienkich związkach metali przejściowych zdefiniowanej zawartości tlenu i chłogogenów. Piezoelektryczność w materiałach typu dichłogogenki metali przejściowych (TMDC) jest coraz częściej badana ze względu na ich unikatowy atomowy charakter i duży stosunek powierzchni do grubości. Zjawisko piezoelektryczne, a co za tym idzie materiały piezoelektryczne mają zastosowanie m.in. w sensorach czy układach związanych z wytwarzaniem i konwersją energii. Badania teoretyczne i eksperymentalne pozwoliły oszacować współczynniki piezoelektryczne pomiędzy $0,2-1 \text{ pmV}^{-1}$ dla grafenu i hBN, $2-10 \text{ pmV}^{-1}$ dla większości TMDC. Inną interesującą kategorią materiałów 2D są monowarstwy typu Janus, które mogą wykazywać silniejszą piezoelektryczność niż ich standardowe odpowiedniki TMDC.

Przykładowo, MoO_2 krystalizuje w jednoskośnej strukturze, która jest centrosymetryczna. To, wraz z delokalizacją elektronów na różnych długościach wiązań Mo-O, prowadzi do niezwyklego przewodnictwa metalicznego, wykluczając tym samym oczekiwania dotyczące konwencjonalnego zachowania piezoelektrycznego. Badania eksperymentalne wykazały, że MoO_2 wykazuje pozorne zachowanie piezoelektryczne i wykazano, że jest to związane z powstaniem tzw. stanu elektretowego. Zjawisko to jest powiązane z powstawaniem defektów w strukturze krystalicznej MO_2 związanej z syntezą CVD w wysokiej temperaturze. Powstające defekty działają jako główne punkty do wychwytywania ładunków przed zakończeniem procesu wzrostu i schłodzeniem próbki do temperatury pokojowej. W skrócie, płatki 2D posiadają zamrożone dipole.

Stawiamy tezę, że istnieje przejście między piezoelektrycznością w MoX_2 a pozorną piezoelektrycznością w MO_2 i stan ten zależy od składu mieszanej warstwy $\text{M}(\text{X}_x\text{O}_{1-x})_2$. W ramach projektu chcemy syntetyzować metodą CVD materiały MO_2 o określonej zawartości chłogogenu, a następnie zbadać ich odpowiedź piezoelektryczną. Dodatkowo chcemy opracować technologię wytwarzania materiałów takich jak Janus typu MSO o określonym składzie i opracować metody domieszkowania materiałów TMDC tlenem. Uważamy, że w tego typu materiałach efekt piezoelektryczny zależy od procentowej wymiany atomów S na O w warstwie MSO.

W celu weryfikacji postawionej hipotezy badawczej zamierzamy:

- i) wytwarzać ultracienkich membran z kryształów TMDC i TMO,
- ii) syntezować materiały TMDC i TMO o określonej liczbie warstw przy użyciu metod CVD,
- iii) syntezować związki mieszane typu Janus przy użyciu metod CVD wspomaganym plazmą,
- iv) syntezować hybrydy związków TMO/TMDC i TMO/Janus,
- v) prowadzić badania strukturalne oraz rozkładu naprężeń przy użyciu spektroskopii Ramana i metod XRD,
- vi) przeprowadzić charakterystykę powierzchni wytworzonych płatków przy użyciu metod mikroskopowych AFM i HR-S/TEM,
- vii) badać właściwości piezoelektryczne materiałów domieszkowanych,
- viii) badać i modelować in-situ naprężenia przy użyciu techniki HR-EBSD.

Takie połączenie technik związanych z syntezą jak i charakterystyką z wykorzystaniem metod mikroskopowych AFM, TEM, SEM oraz metod dodatkowych jak spektroskopia Ramana i dyfrakcja rentgenowska, pozwoli scharakteryzować wytworzone materiały oraz udowodnić postawioną w projekcie tezę.

Program badawczy będzie realizowany przez zespoły badawcze: Sieci Badawczej Łukasiewicz – PORT, którego liderem oraz kierownikiem projektu jest dr hab. inż. Alicja Bachmatiuk oraz Politechnikę Wrocławską – Katedrę Nanometrologii Wydziału Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki – kierowany przez dr hab. inż. Jarosława Serafińczuka.

Jesteśmy całkowicie przekonani, że dwu-wymiarowe kryształy van der Waalsa, a w szczególności membrany wykonywane na ich bazie są bardzo obiecującym tematem dającym możliwość przeprowadzenia wielu ciekawych i nowatorskich eksperymentów badawczych. Większość badań planowanych w ramach projektu będzie pionierskich dla tych materiałów. Jesteśmy przekonani, że tego typu materiały będą bardzo intensywnie badane w najbliższych latach, a proponowane technologie, przeprowadzone eksperymenty i opracowane techniki badawcze będą gwarancją wartościowych wyników naukowych.