

Dynamiczny postęp technologiczny ostatnich lat napawa optymizmem i pozwala snuć śmiałe wizje przyszłości, w których człowiek może się wspierać na coraz inteligentniejszych systemach. Sama idea oraz pomysły proponowane przez autorów science-fiction, a nawet teoretycznie zaprojektowane urządzenia nie miałyby jednak racji bytu, gdyby nie solidne podstawy eksperymentalne i rzeczywiste materiały wykazujące oczekiwane właściwości. To z tych materiałów budowane są działające układy, a potem składane nasze smartfony, komputery a nawet całe rakiety kosmiczne. Nowe materiały są więc niezaprzeczalnym fundamentem dla nowych technologii, a umożliwienie badań nad nimi i opracowanie metod wielkoskalowej produkcji powinno być jednym z głównych celów dzisiejszej nauki. Taki jest również nasz cel. W ramach niniejszego projektu będziemy zajmować się badaniem i opracowywaniem nowych metod ulepszania przyszłościowego materiału jakim jest dwuwymiarowy azotek boru (BN).

Na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego już od ponad 10 lat zajmujemy się badaniami nad dwuwymiarowym azotkiem boru. Jest to materiał, którego heksagonalne pierścienie zbudowane są z naprzemiennie poukładanych atomów azotu i boru. Jego niezwykle właściwości takie jak ogromna odporność na warunki zewnętrzne (chemiczne, temperaturę), przerwa energetyczna w okolicy 6 eV czy elastyczność, czynią go materiałem idealnym do różnego rodzaju zastosowań (m.in. jako źródło światła w ultrafiolecie, bariera izolująca, podłoże do wzrostu innych materiałów 2D, detektor neutronów, filtr wody itp.). Z roku na rok pojawia się coraz więcej nowych pomysłów na zastosowania, których realizacja wymaga opracowania skutecznych i powtarzalnych metod produkcji dużych ilości tego materiału o wysokiej jakości.

Celem projektu jest przeprowadzenie szeregu procesów homoepitaksjalnych za pomocą Metalooorganicznej Epitaksji z Fazy Gazowej (MOVPE) na płatkach eksfoliowanych z materiału objętościowego oraz dokładne zbadanie otrzymanych próbek. Idea sama w sobie jest nowatorska, ponieważ oprócz pracy naszej grupy, brak jest innych doniesień o tego typu procesach prowadzonych w innych laboratoriach. Homoepitaksja azotku galu lata temu przyniosła znakomite rezultaty. Poprawiła się dzięki niej jakość optyczna epitaksjalnego materiału - linie ekscytonowe zwęziły się od meV do pojedynczych μeV , a różne techniki rozrastania materiału epitaksjalnego są wykorzystywane podczas produkcji laserów działających w zakresie ultrafioletu do dziś. Naszym zadaniem nadrzędnym jest osiągnięcie takiego samego sukcesu dla azotku boru. Kluczową innowacją w badaniach będzie zastosowanie jako płatków podłożowych materiału z izotopowo czystym borem ^{10}BN . Ze względu na różniącą się od naturalnego BN charakterystyczną energię drgań, dużo łatwiej będzie odróżnić w pomiarach ramanowskich materiał epitaksjalny od materiału podłożowego płatka. To pozwoli jednoznacznie określić co udało nam się wyhodować w trakcie procesu, a jak w tym samym czasie zachowywał się sam płatek. Czy zmienił się pod wpływem wysokiej temperatury i reagentów, czy zaczął się trawić albo rozrastać na szafir, poza swoimi granicami, utrzymując lepszą jakość? Nowym pomysłem jest też strukturyzowanie takich płatków w celu uzyskania różnych grubości, kątów ścięcia oraz kształtów. To z kolei pozwoli sprawdzić czy indywidualny płatek – jego kształt i grubość, są w stanie wpływać na właściwości azotku boru rosnącego na nim. Wstępne badania wskazują, że między innymi, można w taki sposób sterować politypem, a co za tym idzie ferro lub piezo-elektrycznością takiej struktury.

Próbki powstałe w ramach procesów homoepitaksjalnych zostaną dokładnie scharakteryzowane za pomocą mikroskopii sił atomowych (AFM), dyfrakcji rentgenowskiej (XRD), skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) oraz spektroskopii ramanowskiej i fotoluminescencji w ultrafiolecie. Dzięki badaniom dowiemy się: 1. Czy możemy za pomocą strukturyzacji płatków sterować wzrostem tak, żeby uzyskać określone właściwości BN-u? 2. Czy płatki są w stanie zarodkować wzrost również na szafirze i poprawiać jakość materiału epitaksjalnego na całym podłożu? 3. Czy badanie prostego przypadku homoepitaksji BN/BN umożliwi nam zrozumienie mechanizmów wzrostu i zastosowanie tej wiedzy w bardziej złożonych procesach heteroepitaksjalnych, takich jak wzrost BN/ Al_2O_3 ? Odpowiedzi na te pytania, oprócz wyjaśnienia wymagającej zrozumienia epitaksji materiałów warstwowych, znacząco przybliżą nas do transferu technologii wzrostu BN z laboratoriów badawczych na „taśmę produkcyjną”.