

Półprzewodniki azotkowe, takie jak azotek galu (GaN), azotek indu (InN) i azotek glinu (AlN), oraz ich stopy AlInGaN, należą do grupy materiałów znanych z zastosowań w elektronice oraz optoelektronice. Urządzenia te są szeroko stosowane w wielu dziedzinach, od medycyny, przez ekologię, aż po przemysł obronny. Są niezbędne dla rozwiązywania nie tylko problemów technicznych, ale także społecznych XXI wieku. Służą do rozwoju nowoczesnych, mobilnych oraz energooszczędnych technologii informacyjnych.

Urządzenia oparte o półprzewodniki azotkowe najczęściej budowane są na obcych podłożach (szafir, krzem, węgiel krzemu) pokrytych cienkimi (od kilkuset nanometrów do kilku mikrometrów) warstwami azotków (tzw. templates). Aby potencjał stworzonej architektury urządzeń mógł być wykorzystany w pełni, używane podłoża powinny charakteryzować się możliwie najniższą gęstością defektów, a ich powierzchnie winny być atomowo gładkie. Stąd coraz częściej mówi się o zastępowaniu obcych podłoży podłożami z GaN i AlN; zwłaszcza przy budowie tranzystorów wysokiej mocy, czy też laserów lub diod ultrafioletowych. Z uwagi na złożoność struktury takich urządzeń, powinny one być budowane na rodzimych (azotkowych) podłożach o niezwykle wysokiej jakości strukturalnej. Dla potrzeb wytwarzania struktur opartych na warstwach AlGaIn, niezbędne wydaje się użycie wysokiej jakości podłoży AlN i AlGaIn. Aktualnie podłoża AlN są komercyjnie dostępne. Objętościowe kryształy AlN otrzymuje się, w ekstremalnie wysokich temperaturach (~2400°C) metodą PVT (Physical Vapor Transport). Z drugiej strony, wzrost objętościowego GaN realizuje się głównie metodą HVPE (Halide Vapor Phase Epitaxy) w temperaturach dużo niższych (~1000°C). Wynika to z faktu, że GaN swoją termodynamiczną stabilność traci w temperaturze 800°C (w ciśnieniu atmosferycznym). Jednakże w metodzie HVPE w temperaturach ~1000°C (w ciśnieniu atmosferycznym) termodynamiczna stabilność GaN zapewniona jest dzięki obecności amoniaku (NH₃). Pomimo, iż temperatury te są zbyt niskie dla efektywnej krystalizacji AlN, wydają się odpowiednie dla krystalizacji stopu azotku glinowo-galowego. **Niemniej jednak, krystalizacja objętościowa AlGaIn nie została nigdy zaprezentowana. Stanowi to ogromne wyzwanie dla badań podstawowych, jak i technologicznych.**

Głównym celem niniejszego projektu jest zbadanie procesu krystalizacji grubych warstw azotku glinowo-galowego metodą HVPE i zademonstrowanie, po raz pierwszy w świecie, objętościowego kryształu AlGaIn o wysokiej jakości strukturalnej. Podłoża z azotku galu (GaN) o najwyższej jakości strukturalnej zostaną użyte jako zarodzie w procesie krystalizacji. Otrzymane warstwy AlGaIn, o grubości do 300 μm będą charakteryzowały się jednorodną koncentracją Al nie przekraczającą 30% atomowych oraz będą wolne od pęknięć. AlGaIn o takich właściwościach jest niezbędny do otrzymywania urządzeń emitujących w zakresie UV.

Projekt przewiduje zbadanie wzrostu warstw HVPE-AlGaIn w temperaturze rzędu 1100°C. W celu ustalenia najkorzystniejszych parametrów krystalizacji przed pierwszymi procesami wzrostu przeprowadzona zostanie obliczeniowa optymalizacja strefy wzrostu reaktora. Parametry procesu oraz konfiguracja strefy wzrostu reaktora zostaną określone w oparciu o analizę dynamiki płynów. Celem prowadzonych symulacji będzie ustalenie optymalnych warunków dla otrzymania jednorodnej koncentracji reagentów (AlCl₃, GaCl i NH₃) oraz właściwego przesycenia na powierzchni rosnącego kryształu. Zapewni to wzrost jednorodnych pod względem kompozycji warstw AlGaIn. Parametry takie jak: temperatura wzrostu, ciśnienie, stosunek użytych prekursorów (Ga/Al/NH₃) oraz ich przepływy, mające bezpośredni wpływ na kompozycję osadzanej warstwy, jej morfologię, jakość strukturalną i tempo wzrostu, zostaną dobrane i ustalone eksperymentalnie. Do krystalizacji zastosowane zostaną zarodzie o różnej polarności. W celu uniknięcia naprężeń pomiędzy zarodziem GaN i warstwą AlGaIn zostaną użyte zarodzie z odpowiednio dobranymi stałymi sieci (możliwie bliskimi do stałych sieci AlGaIn o zadanym składzie). Planowane są procesy wzrostu AlGaIn ze stopniowo rosnącym składem Al. Aby zminimalizować wpływ niedopasowania stałych sieci pomiędzy GaN i AlGaIn, zastosowana zostanie innowacyjna, wieloetapowa procedura wzrostu. Po każdym procesie HVPE warstwa AlGaIn będzie badana pod kątem składu Al, a następnie powierzchnia warstwy przygotowana zostanie do kolejnego wzrostu. Dodatkowo, po każdym opisanym etapie będzie częściowo usuwana mechanicznie zarodź GaN. **Postępowanie takie jest absolutnie nowatorskie i pozwoli na otrzymanie wolnego od pęknięć kryształu AlGaIn.**