

Półprzewodnik azotek galu (GaN) oraz jego związki z atomami In (InGaN) i Al (AlGaN) służą do wytwarzania niebieskich, zielonych i ultrafioletowych diod elektroluminescencyjnych (Light Emitting Diode - LED), a także niebieskich i zielonych diod laserowych (Laser Diode - LD). LEDy połączone z luminoforem, np. YAG, są źródłem światła białego i są powszechnie wykorzystywane do oświetlenia zarówno domów, jak i zewnętrznego, mostów czy ulic. Przyrządy oparte o GaN służą do komunikacji za pomocą światła (Li-Fi), wykorzystywane są w odtwarzaczach „blue ray”, w projektorach laserowych o wysokiej rozdzielczości barwnej (w przyszłości będą mogły być stosowane także do projekcji trójwymiarowej bez okularów). Lasery azotkowe są bazą dla wielu urządzeń medycznych, militarnych, a także dla urządzeń kwantowych, takich jak sensory masy, zegary atomowe, czy urządzenia kryptograficzne.

Tematem wnioskowanego projektu są warstwy InGaN, tworzące „serce” przyrządów optoelektronicznych emitujących światło niebieskie i zielone, czyli studnie kwantowe. InGaN jest trudny do wytworzenia z dwóch powodów: (1) im większe zawartości In chcemy osiągnąć tym bardziej niezbędne staje się stosowanie niskich temperatur wzrostu studni kwantowych, oraz (2) ze względu na dużą różnicę w odległościach międzyatomowych In-N i Ga-N. Obydwa czynniki powodują, że w warstwach InGaN ind jest rozłożony nierównomiernie przestrzennie oraz posiadają one dużą koncentrację defektów rozciągniętych oraz punktowych. Fluktuacje indu i defekty mają zasadniczy wpływ na własności optyczne InGaN-u, a przez to na parametry emisji światła w LED-ach czy laserowania przyrządów w diodach laserowych.

Konstrukcja przyrządów (zarówno LED jak i LD) wymaga wytwarzania warstw półprzewodników GaN typu p powyżej studni kwantowych InGaN. Ponieważ dokonuje się to w wysokich temperaturach, powoduje to dyfuzję indu czy defektów punktowych w obrębie studni kwantowych, prowadzącą w pewnych warunkach do homogenizacji, a w innych wręcz do rozkładu studni kwantowych InGaN.

Zjawiska fizyczne i chemiczne zachodzące podczas wzrostu struktur epitaksjalnych i prowadzące do powstawania i anihilacji defektów, do homogenizacji i rozkładu InGaNu, są badane w dziesiątkach laboratoriów na świecie, a w Polsce w Instytucie Wysokich Ciśnień PAN oraz w firmie TopGaN Lasers (spin-off z IWC PAN).

W proponowanym Projekcie chcemy znacznie zintensyfikować nasze badania poprzez współpracę z instytutem KIT (Karlsruhe Institute of Technology) i wykorzystanie unikatowego w skali europejskiej (trzeciego w świecie, po Japonii i USA) urządzenia do badania in-situ próbek hodowanych metodą z materiałów metaloorganicznych (MOVPE- Metalorganic Chemical Vapour Phase Epitaxy) poprzez wykorzystanie synchrotronowego promieniowania rentgenowskiego i zjawiska dyfrakcji. W naszych tradycyjnych badaniach, hodujemy próbkę, następnie chłodzimy ją i badamy używając szeregu metod analitycznych. Jest to straszliwie pracochłonne i kosztowne, a jednocześnie nie mamy żadnej informacji, co tak naprawdę dzieje się podczas wzrostu. W urządzeniu in-situ możemy daną warstwę InGaN badać w czasie rzeczywistym w czasie jej wzrostu w funkcji temperatury, ciśnienia, czasu, przepływu reagentów i gazu nośnego. Urządzenie in-situ MOVPE zostało skonstruowane przez IWC PAN i TopGaN na zlecenie KIT. Umożliwia ono zarówno wzrosty struktur poza dyfraktometrem, jak i przy zainstalowaniu reaktora na wielokołowym dyfraktometrze umieszczonym na rentgenowskiej wiązce promieniowania synchrotronu ANKA w Karlsruhe.

Wielką wartością dodaną do naszych badań jest nie tylko możliwość wykorzystania urządzenia in-situ, ale i współpraca z trojgiem najwybitniejszych naukowców europejskich zajmujących się badaniami dyfraktometrycznymi: Vaclavem Holy, Tilo Baumbachem i Sondas Bauer. Dzięki Nim będziemy mogli znacznie rozszerzyć metodykę badań rentgenowskich, w dużej mierze możliwych tylko przy użyciu niezwykle intensywnego promieniowania rentgenowskiego. Na przykład, będziemy w stanie badać nie tylko siatkę krystalograficzną wewnątrz próbek, ale i ułożenie atomów na powierzchni.

Oprócz wielu aspektów czysto naukowych (poznawczych) oczekujemy, że wyniki badań przełożą się na ulepszoną technologię azotkowych diod laserowych produkowanych w Polsce.