

Obecną sytuację w przemyśle półprzewodnikowym określa się często żartobliwie jako „GaNifikacja” ponieważ związki GaN-InN-AlN powodują wręcz rewolucję w wielu aplikacjach. Białe LEDy są produkowane w setkach milionów sztuk tworząc rynek wartości około 20 mld Eur, diody laserowe niebieskie i zielone znajdują zastosowania w projektorach o wręcz fantastycznej jakości obrazu. Oprócz tego, emiterzy azotkowe znajdują zastosowanie na wielu rynkach niszowych- w technologiach kwantowych (zegary atomowe, sensory grawitacji, kryptografia), do spawania miedzi i złota, i wielu innych. W związku z pandemią olbrzymim zainteresowaniem się cieszą emiterzy ultrafioletu C (UVC), które w niezwykle skuteczny sposób eliminują wirusy, bakterie i grzyby. Oprócz zastosowań optoelektronicznych, azotki znajdują zastosowanie w konstrukcji tranzystorów wysokich mocy i częstości w nowych generacjach radarów, samochodów elektrycznych i ogniw fotowoltaicznych.

W odróżnieniu jednak od innych półprzewodników, takich jak Si, Ge, GaAs, czy InP, azotki są niezwykle trudne do wyhodowania oraz stwarzają wiele problemów w processingu przyrządowym. Przyczyną główną tego stanu rzeczy jest konieczność otrzymywania kryształów i warstw azotków w temperaturach znacznie niższych niż temperatury topnienia. W niskich temperaturach wzrostu powstaje bardzo wiele defektów, a w szczególności wakansów metalu (Ga, In lub Al), które są tematem badawczym tego Projektu.

Wakanse w półprzewodnikach azotkowych wpływają na bardzo wiele parametrów istotnych dla funkcjonowania LEDów, diod laserowych i tranzystorów. Przede wszystkim, wakanse i ich kompleksy z atomami zanieczyszczeń obniżają efektywność zamiany prądu na światło. Jednocześnie ułatwiają dyfuzję atomów w czasie pracy przyrządów, obniżając ich czasy życia.

Badania wakansów są jednak niezwykle trudne, ponieważ nie są widoczne w standardowych badaniach używanych do charakteryzacji półprzewodników: mikroskopii elektronowej, dyfrakcji rentgenowskiej, czy mikroskopii sił atomowych. W badaniach luminescencji przypisuje się tzw., "żółtą luminescencję" wakansom galowym w GaN, jednak jest ona związana także z zanieczyszczeniem węglem, a także nie daje ona informacji ilościowych. Jedyną metodą detekcji i szacowania gęstości wakansów metalu w azotkach jest spektroskopia anihilacji pozytronów (PAS).

Metoda ta, stosowana zaledwie w kilku ośrodkach na świecie, będzie w Projekcie najważniejszą metodą badawczą wykonywaną przez grupę prof. Cizek z Uniwersytetu Karola w Pradze (Czechy). Próbki będą hodowane metodą MOVPE (Metalorganic Chemical Vapour Phase Epitaxy) w Instytucie Fizyki w Pradze oraz w Instytucie Wysokich Ciśnień PAN (IWC PAN). Metoda MOVPE posiada kilkanaście zależnych od siebie parametrów wzrostu- dlatego nie ma szans na przetestowanie wszystkich ich kombinacji. Warstwy GaN, AlGaIn, InGaIn, AlGaInN będą różnie domieszkowane, będą posiadały różną koncentrację defektów rozciągniętych (dyslokacji) i będą hodowane w różnych temperaturach, ciśnieniu i w różnych przepływach reagentów. Próbki będą charakteryzowane różnymi metodami określając ich własności optyczne, elektryczne i strukturalne. Wyniki tych badań będą konfrontowane z wynikami badań PAS, dzięki czemu będzie można zrozumieć, jak wakanse metalu powstają i jak wpływają one na działanie przyrządów azotkowych.

Instytut Fizyki w Pradze prowadzi badania w kierunku technologii azotkowej detektorów promieniowania jonizującego. Zainteresowania IWC PAN do tej pory koncentrowały się na niebieskich i zielonych diodach laserowych, jednak następnym kierunkiem będą LEDy UVC oraz ogniwa do rozczepiania wody światłem słonecznym (water splitting). Wspólny Projekt powinien przyczynić się do znacznie szybszego opracowania tych technologii.