

Żarówki LED powszechnie stosowane do oświetlania naszych mieszkań czy biur zbudowane są z małych układów półprzewodnikowych, „kanapek” złożonych z warstw półprzewodników o odpowiednio dobranych charakterystykach elektrycznych. Przetwarzają one energię elektryczną w strumień światła niebieskiego, które z kolei jest przetwarzane w fosforyzującym materiale na światło obejmujące szerszy obszar widzialny tak, byśmy mogli zaakceptować je jako „ciepłe”, białe światło przydatne do zastosowań domowych. Opracowanie takich wydajnych energetycznie, przyjaznych środowisku i trwałych źródeł światła dało jego autorom, Akasakiemu, Amano i Nakamura, Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki w 2014 roku. Nie zakończyło to jednak poszukiwań sprawnych energetycznie i ekonomicznych źródeł światła. Przeciwnie, otworzyło drogę kolejnym pomysłom. Wciąż istnieją ograniczenia wydajności konwersji energii elektrycznej na światło, związane ze zjawiskami fizycznymi, bądź barierami technologicznymi. M.in. wytwarzanie cienkich i jednocześnie doskonałych krystalicznie warstw półprzewodników azotkowych na tanich podłożach pozostaje wyzwaniem. Jednym z rozwiązań badanym w laboratoriach czołowych koncernów elektronicznych jest zastąpienie w przyrządach warstw planarnych „szczotką” cienkich prętów półprzewodnikowych wyrastających z podłoża. Ponieważ ich średnice są rzędu ~ 100 nm lub mniej, nazywane są „nanodrutami”. W tak wąskich strukturach łatwiejsze jest elastyczne zrelaksowanie naprężeń wynikających z niedopasowania sieci krystalicznych względem podłoża i uniknięcie powstawania defektów.

Kontrola właściwości elektronicznych nanodrutów, w szczególności ich przewodności elektrycznej jest kluczowa dla konstrukcji przyrządów wyzwanych elektrycznie, takich jak diody LED. Zwykle dokonuje się tego poprzez wprowadzenie do kryształu obcych atomów zwanych domieszkami. Chociaż procesy wbudowywania domieszki do warstw ciągłych półprzewodników są dość dobrze poznane, stanowią jednak wyzwanie w obiektach 3D, takich jak nanodrut. Głównym problemem jest brak wiarygodnych metod pomiaru stężeń domieszek w tego typu strukturach. Co ważne, wnioskodawcy projektu mają dostęp do unikalnej metody, która doskonale nadaje się do pomiarów poziomu domieszek w nanodrutach z bardzo dużą czułością i dużą rozdzielczością przestrzenną. Wykorzystując tę metodę zbadane zostaną mechanizmy wbudowywania Mg i Si (najpowszechniejszych domieszek w półprzewodnikach azotkowych) do nanodrutów (Al,Ga,In)N podczas ich wzrostu metodą epitaksji z wiązek molekularnych. Przeanalizowana zostanie zależność poziomu domieszki od parametrów wzrostu, celem optymalizacji poziomu domieszki oraz jej rozkładu wzdłuż nanodrutu. Następnie sprawdzimy w jaki sposób domieszki wpływają na właściwości elektryczne i strukturalne materiału. Ostatecznie opracowane procedury domieszkowania zostaną wykorzystane do wyjaśnienia i kontroli mechanizmów powstawania złączy p-n w nanodrutach, co umożliwi ich zastosowanie w przyrządach.

Jesteśmy przekonani, że realizacja projektu przyczyni się do poprawy właściwości urządzeń opartych na nanodrutach azotkowych. Najważniejsze jest jednak to, że proponowane badania przyczynią się do głębszego zrozumienia procesów wzrostu kryształów, fizyki urządzeń półprzewodnikowych oraz ogólnej wiedzy na temat fizyki i technologii półprzewodników azotkowych grupy III, a także poszerzą naszą wiedzę specjalistyczną w tych obszarach. Wyniki uzyskane w ramach projektu będą punktem wyjścia do dalszych prac związanych z projektowaniem, produkcją i testowaniem nowych konstrukcji ogniw słonecznych, fotodetektorów i nanoLED opartych na strukturach nanodrutowych. Wierzymy, że nasze opracowania pozwolą znacząco poprawić właściwości takich urządzeń, w tym moc, wydajność i poszerzyć ich zakres widmowy.