

Gdy myślimy o dużych kryształach objętościowych, wpływ powierzchni na ich globalne właściwości jest zwykle znikomy. Jednak im mniejszy element, tym większy stosunek powierzchni do objętości i tym większy wpływ właściwości powierzchni na parametry całego układu. Tak więc, dla obiektów o zmniejszonej wymiarowości i rozmiarach nanometrycznych, właściwości powierzchni stały się priorytetowym przedmiotem badań. Jednocześnie struktury quasi-jednowymiarowe – nanodrut – są rozważane jako możliwy fundament rozwoju półprzewodnikowych źródeł światła, takich jak żarówki LED, które są rutynowo kupowane do oświetlania naszych domów czy biur. Obecnie zawierają one zestawy małych układów półprzewodnikowych, „kanapek” złożonych z warstw półprzewodników azotkowych, takich jak GaN, o odpowiednio dobranych właściwościach elektrycznych i zamieniających energię elektryczną w światło niebieskie, które z kolei, jest przetwarzane w materiale fosforyzującym na światło obejmujące szerszy obszar widzialny tak, byśmy mogli je zaakceptować jako „ciepłe”, białe światło przydatne do zastosowań domowych. Wciąż jednak istnieją istotne zjawiska fizyczne i przeszkody technologiczne, które ograniczają wydajność przetwarzania energii elektrycznej na światło widzialne w dotychczas produkowanych urządzeniach. Wytworzenie doskonałych, pozbawionych defektów cienkich warstw półprzewodników azotkowych na tanim podłożu o innych parametrach sieci krystalicznej jest nie lada wyzwaniem. Jednym z poważnie rozważanych rozwiązań jest zastąpienie w urządzeniach emitujących światło ciągłych warstw półprzewodników „szczotką” cienkich prętów – nanodrutów – wyrastających z podłoża. W tak wąskich strukturach łatwiejsze jest zrelaksowanie naprężeń wynikających z niedopasowania sieci krystalicznej względem podłoża i uniknięcie defektów. Jednocześnie wspomniane zjawiska powierzchniowe (stany elektronowe na powierzchni, defekty strukturalne itp.) mają istotny wpływ na właściwości nanodrutów, z zasięgiem oddziaływania porównywalnym ze średnicą nanodrutów. Wpływ może być tak silny, że część nanodrutu dostępna dla transportu ładunku, wstrzykiwania nośników ładunku i generowania światła jest znacznie ograniczona. Dlatego celem tego projektu jest rozpoznanie i zrozumienie zjawisk zachodzących na powierzchni nanodrutów GaN/AlGaIn, które mogą być wykorzystane do zmniejszenia wpływu powierzchni na transport nośników i luminescencję w nanodrutach, będącego istotnym czynnikiem pogarszającym właściwości urządzeń wbudowanych w nanodrut. Zdecydowana większość opublikowanych dotychczas badań korelowała modyfikacje powierzchni nanodrutów półprzewodnikowych bezpośrednio z globalną charakterystyką zespołów nanodrutów lub opartych na nich urządzeń. Istotą naszego projektu jest zbadanie problemu na poziomie pojedynczych nanodrutów i ich powierzchni, badanych technikami o nanometrycznej rozdzielczości przestrzennej, nanometrycznej czułości powierzchniowej i selektywności pierwiastkowej. Proponujemy skoncentrować nasze badania na fizycznym mechanizmie modyfikacji powierzchni na poziomie atomowym, molekularnym, selektywnie dla różnych części nanodrutów zawierających heterostrukture lub nanourządzenia. Części nanodrutów o różnym składzie chemicznym lub o przeciwnym typie domieszkowania (p lub n) w różny sposób reagują na zastosowane zabiegi chemiczne lub pokrycie otoczką tlenkową. Zatem dopiero badanie pojawiających się zmian z nanometryczną rozdzielczością pozwoliłoby na dobór odpowiednich metod prowadzących do poprawy właściwości całego złożonego układu. Zamierzamy:

- rozpoznać i zbadać powierzchniowe procesy poprawiające stan powierzchni nanodrutów GaN, AlGaIn, GaN/AlGaIn podczas pasywacji przez wzrost powłoki tlenkowej lub obróbkę chemiczną,
- ocenić ich wpływ na luminescencję i właściwości elektronowe nanodrutów, ich poszczególnych części o różnym składzie i wbudowanych w nie heterostruktur,
- wykazać, że można je wykorzystać do uzyskania wydajniejszych nano-źródeł światła w nanodrutach azotkowych.

Właściwości powierzchni byłyby modyfikowane: metodą chemiczną (np. przez pasywację w roztworze KOH), powlekaniami tlenkami ( $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$ ,  $ZrO_2$ ,  $HfO_2$ ,  $ZnO$ ) metodą osadzania warstw atomowych oraz powlekaniami fragmentów nanodrutów powłoką AlGaIn o zawartości Al większej niż w rdzeniu nanodrutu.

Otrzymane układy byłyby badane z wykorzystaniem technik powierzchniowo czułych – rentgenowskiej spektroskopii fotoelektronów oraz zależnej od polaryzacji rentgenowskiej spektroskopii absorpcyjnej (w modzie powierzchniowo czułym). Właściwości optyczne i elektroniczne poszczególnych nanodrutów byłyby badane za pomocą spektroskopii i mikroskopii katodoluminescencyjnej oraz pomiarów prądu indukowanego wiązką elektronów (EBIC). Zgromadzoną wiedzę na temat modyfikacji powierzchni wywołanych wybranymi procedurami technologicznymi, wykorzystamy do testowania możliwości poprawy wydajności nano-diód luminescencyjnych wbudowanych do nanodrutów GaN/AlGaIn.

Zasadniczym wynikiem realizacji projektu będą wnioski dotyczące podstawowych właściwości fizycznych powierzchni nanodrutów półprzewodnikowych. Oprócz nich projekt powinien dostarczyć informacji niezbędnych do optymalizacji technologii jednowymiarowych systemów azotkowych oraz efektywnych źródeł światła tworzonych na ich bazie. Ponieważ znaczna część zużycia energii przez człowieka związana jest ze sztucznym oświetleniem, oszczędzanie jakiegokolwiek jego części przyczynia się do ograniczenia efektu cieplarnianego i wspiera zrównoważony rozwój cywilizacji.