

Tak zwane LEDowe żarówki powszechnie kupowane do oświetlania mieszkań czy biur zawierają zestawy małych układów półprzewodnikowych, skomponowanych z warstw półprzewodników o odpowiednio dobranych właściwościach, przetwarzających energię elektryczną w strumień niebieskiego światła, które z kolei jest przetwarzane w fosforyzującym materiale na światło obejmujące szerszy obszar widzialny tak, byśmy mogli je zaakceptować 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 rozwoju ekonomicznie i energetycznie wydajnych źródeł światła, a raczej otworzyło drogę dla nowych pomysłów i udoskonalień. Wciąż widać zjawiska fizyczne i techniczne problemy, które ograniczają, w produkowanych dziś urządzeniach, wydajność przetwarzania energii elektrycznej w światło poniżej teoretycznie osiągalnego limitu. Między innymi wytwarzanie cienkich ale doskonałych krystalicznie warstw azotków na taniach podłożach pozostaje istotnym wyzwaniem. Jednym z poważnie rozważanych rozwiązań jest zastąpienie w takich urządzeniach niektórych ciągłych warstw półprzewodników „szczotką” cienkich prętów wyrastających z podłoża. Ponieważ ich średnice są rzędu 100 nm lub mniej, nazywane są nanodrutami. W tak wąskich strukturach łatwiejsze jest zrelaksowanie naprężeń wynikających z niedopasowania sieci krystalicznych względem podłoża i uniknięcie powstawania defektów. Co więcej, kolejne pomysły mogą być zastosowane w urządzeniach, takie jak wykorzystanie wnęk rezonansowych czy zjawiska światłowodowego. Niemniej pojawiają się także nowe problemy. Jeśli chcemy kontrolować i poprawiać właściwości całego urządzenia, musimy znać i rozumieć właściwości, zwłaszcza elektronowe i optyczne, nanodrutów z submikronową lub nanometrową rozdzielczością, która z kolei pozwoli ustalić właściwości takich podstruktur nanodrutów jak studnie kwantowe, bariery czy złącza p-n w heterostrukturach. Dlatego planujemy zbadać zjawiska powodujące nieregularności we wzroście nanodrutów, prowadzące do modyfikacji ich struktury i blokujące wydajne przetwarzanie energii w urządzeniach opartych na nanodrutach. Planujemy także rozważyć zjawiska naturalnie występujące podczas wzrostu nanodrutów, takie jak naprężenia wywołane niedopasowaniem sieci krystalicznych, i wykorzystać je jako narzędzia do wpływania na istotne parametry struktur, na przykład energię emitowanego światła.

W naszych badaniach mamy zamiar użyć epitaksji z wiązek molekularnych jako dobrze kontrolowalnej metody wzrostu zespołów nanodrutów z azotków galu, glinu lub azotku galowo-glinowego, zaś metod spektroskopii i obrazowania opartych na wykorzystaniu skaningowej mikroskopii elektronowej jako narzędzi do badania właściwości układu elektronowego nanodrutów azotkowych. Metody te to przede wszystkim spektroskopia i obrazowanie katodoluminescencji (luminescencji wzbudzonej wiązką elektronową) oraz pomiary prądu wzbudzonego wiązką elektronową. Połączenie nanometrowej lub submikronowej rozdzielczości powierzchniowej tych metod (dzięki silnemu ogniskowaniu wiązki elektronowej mikroskopu) z wysoką rozdzielczością energetyczną pozwoli na rozstrzygające badanie wspomnianych wyżej parametrów pojedynczych nanodrutów.

Zasadniczym wynikiem realizacji projektu będą wnioski dotyczące podstawowych właściwości fizycznych złożonych jednowymiarowych układów półprzewodnikowych, takich jak mechanizmy generacji światła w takich układach, czy rola i możliwość relaksowania naprężeń w nanodrutach z wbudowanymi osiowymi lub radialnymi heterostrukturami. Poza tymi, istotnymi z punktu widzenia badań podstawowych wnioskami, realizacja projektu dostarczy informacji niezbędnych do optymalizacji technologii jednowymiarowych struktur azotkowych i ewentualnego ulepszenia efektywnych energetycznie i ekonomicznie źródeł światła. Ponieważ istotna część energii wykorzystywanej przez ludzkość przeznaczana jest na sztuczne oświetlenie, jakiegokolwiek jej zredukowanie przyczynia się do ochrony środowiska naturalnego, ograniczenia efektu cieplarnianego i podtrzymania zrównoważonego rozwoju cywilizacji.