

Otrzymanie czerwonej luminescencji z półprzewodników szeroko-przerwowych takich jak GaN lub ZnO jest kluczową technologią dla zrealizowania nowych źródeł światła, w tym zintegrowanych wyświetlaczy szerokoformatowych. Aktualnie urządzenia optoelektroniczne oparte o powszechnie używane stopy InGaN, osiągnęły wysoką wydajność w szerokim zakresie długości fali od nadfioletu do koloru zielonego. Użycie InGaN w czerwonym obszarze spektralnym jest trudne ze względu na degradację jakości krystalicznej studni kwantowych InGaN oraz występowanie silnych lokalnych wewnętrznych pól elektrycznych w przypadku warstw zorientowanych w kierunku c , podstawowej orientacji dla właściwie wszystkich urządzeń zawierających GaN i jego stopy, a więc diod świecących, laserów i tranzystorów o wysokiej ruchliwości nośników. Ze względu na trudności w wykonaniu dobrej jakości czerwonych diod z wykorzystaniem stopów InGaN, w tym projekcie proponuje się całkowicie inne podejście. Proponujemy wykorzystanie ZnO jako podstawowego półprzewodnika oraz jego stopów ZnMgO i ZnCdO domieszkowanych jonami europu. Charakterystyczna o wysokiej czystości czerwona emisja wewnątrz-atomowa jonów Eu może zostać wykorzystana w urządzeniach optoelektronicznych. Tlenek cynku jest półprzewodnikiem o właściwościach w istocie rzeczy korzystniejszych dla zastosowań w urządzeniach świecących niż GaN. Inną zaletą ZnO jest jego niski koszt w porównaniu z GaN i w związku z tym możliwość wykorzystania krystalicznych podłoży ZnO do osadzania warstw. Niedawne badania GaN domieszkowanego Eu pokazały, że umieszczenie tej domieszki w studniach kwantowych, a więc w bardzo cienkich warstwach GaN otoczonych barierami potencjału np. z AlGaN, jest korzystne dla otrzymania wysokiej wydajności czerwonej emisji jonów Eu. Jednakże postęp prac w tym kierunku jest ograniczony zbyt silnym gaszeniem tej emisji w temperaturze pokojowej. Z drugiej strony wstępne badania emisji jonów Eu w nano-słupkach ZnO pokazały, że ich czerwona luminescencja rośnie z temperaturą aż do 200°C, co jest nadzwyczajną właściwością. Jednakże spontaniczny wzrost nano-słupków jest niepowtarzalny od procesu do procesu. Dlatego wspomniana niezwykle cenna właściwość Eu w ZnO motywuje nas do podjęcia szerokiego programu badań tej domieszki w strukturach kwantowych zawierających ZnO. Wykorzystana zostanie technologia epitaksji z wiązek molekularnych (MBE), wysoce powtarzalna i pozwalająca na wzrost struktur warstwa atomowa po warstwie atomowej. Domieszka Eu może więc zostać precyzyjnie umieszczona w bardzo ograniczonej przestrzeni w cienkich studniach kwantowych, zarówno pojedynczych, jak i w układach wielu studni, lub supersieci.

Wydaje się, że podstawowym mechanizmem wzmocnienia emisji domieszkowej jest zwiększenie koncentracji nośników prądu w studniach kwantowych zawierających domieszkę. Zwiększenie koncentracji nośników związane jest z tym, że nośniki prądu generowane w barierach spadają do studni kwantowej. Zwiększenie wydajności emisji wewnątrz-atomowej Eu jest problemem złożonym i wymaga rozwiązania problemu przekazu energii od wzbudzonych optycznie lub elektrycznie elektronów i dziur. Energia stanu wzbudzonego domieszki może zostać wyemitowana w postaci fotonu albo zwrócona (przekaz powrotny energii) do macierzystego kryształu. W tym projekcie chcemy zbadać zarówno mechanizmy wzbudzenia domieszki Eu, jak i mechanizmy przekazu powrotnego. Celem projektu jest znalezienie optymalnego materiału w rodzinie ZnO i optymalnej struktury dla maksymalizacji wzbudzenia i minimalizacji de-ekscytacji domieszki. W tym celu zbadanych zostanie szereg prostych pojedynczych studni kwantowych domieszkowanych jonami Eu, a także złożonych supersieci ze studniami kwantowymi. Te struktury to ZnMgO/ZnO:Eu/ZnMgO oraz ZnO/ZnCdO:Eu/ZnO. Technologia struktur ZnMgO/ZnO jest w naszym laboratorium dobrze opanowana, natomiast technologia ZnCdO znajduje się w fazie rozwojowej, ponieważ Cd wykazuje tendencję do szybkiej dyfuzji i segregacji na powierzchni podczas depozycji warstw. Z tego powodu wzrost warstw ZnCdO musi być prowadzony w niskich temperaturach. Obok wyjaśnienia mechanizmów przekazu energii do i od domieszki Eu celem projektu jest w jego końcowej opracowanie diody emitującej czystą, czerwoną barwę światła o długości około 620 nm. Analiza wstępnych wyników sugeruje, że otrzymanie diod o tej charakterystyce jest w pełni wykonalne. Tematyka jest nowatorska praktycznie we wszystkich jej aspektach i w związku z tym najważniejsze pomysły i rozwiązania technologiczne zostaną opatentowane.