

Streszczenie

Tlenek cynku przyciąga zainteresowanie na całym świecie dzięki swojej szerokiej prostej przerwie wzbronionej 3.3 eV (w 300 K) oraz dużej energii wiązania ekscytonu 60 meV w pokojowej temperaturze, co pozwala z sukcesem stosować ten materiał w urządzeniach optoelektronicznych dedykowanych na zakres UV-niebieski (jak LED czy detektory) oraz sprawia, że jest on poważną konkurencją dla powszechnie używanego azotku galu. Materiał ten jest przejrzysty i bezbarwny, wykazuje wysoką koncentrację elektronów i może być stosowany jako kontakt w transparentnej elektronice. Jednakże jest to naturalny półprzewodnik typu n, co sprawia, że uzyskanie przewodności typu p w tym materiale jest pewnym wyzwaniem. Pierwiastki grupy V wydają się być dobrym kandydatem na domieszki typu p i wiele doniesień to potwierdza, aczkolwiek geneza przewodnictwa typu p w ZnO domieszkowanym grupą V nie do końca została w pełni zrozumiana, w związku z czym temat ten wciąż wymaga badań.

Spomiędzy wszystkich dostępnych epitaksjalnych metod wzrostu, Epitaksja z Wiązki Molekularnej (ang. Molecular Beam Epitaxy - MBE) wydaje się być szczególnie interesująca dzięki swojej wysokiej czystości i możliwości kontroli każdego aspektu procesu wzrostu. Zastosowanie MBE w badaniach dotyczących domieszek pozwala więc zminimalizować wpływ nieintencjonalnych nieczystości i zaprojektować w szczególności proces wzrostu, skupiając się na samych domieszkach bez obaw o czystość badanych struktur.

Spektroskopia Ramana z kolei jest potężnym narzędziem, które daje wgląd w strukturalne właściwości badanych materiałów. Technika ta stosuje nieelastyczne rozpraszanie światła na fononach w materiale w celu uzyskania informacji o jego składzie, wewnętrznych naprężeniach, jakości krystalicznej i zanieczyszczeniu. Metoda ta jest bardzo czuła na złamanie symetrii sieci krystalicznej, w związku z czym wydaje się być idealna do badania materiałów domieszkowanych, ponieważ wprowadzenie domieszek do struktury krystalicznej skutkuje złamaniem jej symetrii.

W tej pracy przeprowadzona została kompleksowa analiza rozpraszania Ramana w tlenku cynku wzrastanym z użyciem MBE i domieszkowanym pierwiastkami grupy V. Badanymi domieszkami były antymon, arsen i azot. Udowodnionym jest, że wprowadzenie MgO do struktury ZnO wpływa na wbudowywanie się domieszek w strukturę krystaliczną ZnO, w związku z czym próbki ZnMgO były również badane w rozprawie. Próbki były wzrastane na dwóch rodzajach podłoży: *a*-Al₂O₃ i *r*-Al₂O₃, co skutkowało wzrostem warstw zorientowanych odpowiednio w kierunku *c* i *a*. Próbki były wzrastane z użyciem tej samej, wysoce czystej metody, tj. MBE, co pozwoliło na obiektywną analizę porównawczą otrzymanych wyników. Badane struktury były zaprojektowane w taki sposób, by dać bezpośrednią odpowiedź na to, jaki wpływ ma domieszkowanie, magnez oraz wybór podłoża.

Studia skupiły się na dwóch głównych kierunkach: badaniu parametrów modów E₂ ZnO, które były podstawą do obliczeń naprężeń i analizy nieporządku, oraz badaniu dodatkowych modów pojawiających się w widmach. Naprężenia były liczone na podstawie położenia modu E₂^{high}, a szerokość połówkowa (ang. Full width at half-maximum – FWHM) obu modów E₂ dała wgląd w nieporządek w warstwach. Parametry dodatkowych modów były analizowane pod względem

wbudowanej domieszki, dodatku magnezu oraz wpływu wygrzewania. Pochodzenie dodatkowych modów było również w szczególności dyskutowane.

07.06.2021