

Streszczenie

Półprzewodniki tlenkowe ze względu na ich szerokie zastosowanie, w tym w laserach, diodach świecących (LED), detektorach, itp.; są obiecującymi kandydatami w przemyśle półprzewodnikowym. W ostatnich dziesięcioleciach przeprowadzono szeroko zakrojone badania nad ZnO i pokrewnymi stopami, takimi jak ZnO-MgO i ZnO-CdO, jako potencjalne alternatywy dla układu GaN (m.in. AlGaN i InGaN). Jednak pomimo tej samej struktury krystalicznej CdO i MgO (sześcienna struktura soli kamiennej; $F\bar{m}3m$), eksploracja stopów na bazie CdO-MgO pozostaje jednym z najsłabiej zbadanych aspektów w układzie tlenków grupy II-IV. Warto zauważyć, że przestrajanie pasma wzbronionego CdO w zakresie od 2,3 do 7,5 eV poprzez tworzenie stopów z MgO zwiększa potencjalne zastosowania trójskładnikowych stopów na bazie CdO-MgO w zakresie długości fal od widzialnego do głębokiego ultrafioletu (UVC). Istnieją dwa możliwe podejścia do uzyskania stopów trójskładnikowych: stopy losowe (random) i stopy quasi-trójskładnikowe supersieci krótkookresowe. Losowe stopy trójskładnikowe oferują izotropowe właściwości strukturalne, optyczne i elektryczne, podczas gdy stopy quasi-trójskładnikowe zapewniają dostosowane właściwości fizyczne poprzez precyzyjną kontrolę grubości i składu każdej podwarstwy. Co więcej, wzrost stopów na różnych podłożach zapewnia dodatkowy stopień swobody, który wpływa na właściwości strukturalne i morfologiczne stopów trójskładnikowych.

Niniejsza rozprawa doktorska ma na celu zbadanie właściwości stopów na bazie CdO-MgO, zarówno losowych, jak i quasi-trójskładnikowych, hodowanych przy użyciu techniki wzrostu epitaksji z wiązek molekularnych wspomaganą plazmą (PA-MBE). MBE to zaawansowana technika wzrostu epitaksjalnego, która zapewnia ostre interfejsy, niski poziom zanieczyszczeń, niskie stężenie defektów i precyzyjną kontrolę wyhodowanych warstw. Głównym kluczowym celem rozprawy jest skupienie się na przestrajaniu pasma wzbronionego w trójskładnikowych stopach na bazie CdO-MgO hodowanych na różnych podłożach (w tym na różnych płaszczyznach szafiru, kwarcu, MgO i Si). Aby osiągnąć ten cel, stosuje się szereg technik charakteryzacji stopów trójskładnikowych, w tym XRD, SEM, EDX, AFM, SIMS, TEM, spektroskopię w zakresie widzialnym oraz UV i pomiary elektryczne.

Rozprawa doktorska podzielona jest na trzy główne części. Na początku omawiam różne właściwości fizyczne tlenku binarnego CdO na podłożach szafirowych w płaszczyźnie m , kwarcowych i krzemowych. Analizuję wpływ stechiometrii na właściwości strukturalne, morfologiczne i elektryczne warstw CdO. Przesunięcie pasma wzbronionego wraz ze zmianą warunków wzrostu jest dalej interpretowane za pomocą połączenia efektów Bursteina-Mossa, elektron-elektron i elektron-jon. W pracy przeprowadza się badanie pasma wzbronionego zależnego od temperatury dla próbek CdO/kwarcu i określa współczynnik temperaturowy pasma

wzbronionego. Ponadto przeprowadza się badania optyczne z wykorzystaniem widm odbicia w celu określenia parametrów optycznych warstw CdO/Si.

W drugiej części mojej rozprawy doktorskiej omówiono losowe stopy trójskładnikowe CdMgO hodowane na różnych płaszczyznach podłoża szafirowego, kwarcowego i krzemowego. Zawartość Cd i Mg w stopach jest kontrolowana poprzez zmianę warunków wzrostu. Optyczne pasmo wzbronione można dostroić poprzez zwiększenie zawartości Mg w stopach od obszaru żółtego do obszaru UVC. Badania strukturalne z wykorzystaniem XRD ujawniają, że różne podłoża, a także warunki wzrostu, wpływają na orientację losowych stopów CdMgO. Jednakże w przypadku wyższej zawartości Mg zaczynają pojawiać się dowody uzyskania mieszanego, niejednorodnego kryształu.

W ostatniej części rozprawy omawiam heteroepitaksjalne i homoepitaksjalne stopy quasi-trójskładnikowe {CdO/MgO}, krótkookresowe struktury supersieciowe (SL) hodowane odpowiednio na podłożach szafirowych i MgO. W strukturze SL grubość podwarstwy MgO jest ustalona na 4 monowarstwy (ML), natomiast grubość podwarstwy CdO waha się od 1 do 10 ML. Badania strukturalne i morfologiczne wykazały, że zmiana podłoża, a także grubości podwarstwy CdO wpływa na właściwości fizyczne struktury SL. Ponadto pasmo wzbronione można dostroić poprzez zmianę grubości podwarstwy CdO w strukturze SL. Uzyskane wyniki doświadczalne są dobrze poparte obliczeniami teoretycznymi. Co więcej, badanie pasma wzbronionego zależnego od ciśnienia przeprowadzono przy użyciu kowadeł diamentowych (DAC) i stwierdzono, że pasmo wzbronione można dostroić poprzez zastosowanie ciśnienia w komorze DAC. We wspomnianych badaniach wyznaczono współczynnik ciśnienia pasma wzbronionego, a uzyskane wyniki eksperymentalne porównano z wynikami teoretycznymi uzyskanymi z obliczeń teorii funkcjonału gęstości.

Abinash Adhikari.