

## Streszczenie

Niniejsza rozprawa doktorska obejmuje badanie strukturalnych, mechanicznych, luminescencyjnych oraz fotokonwersyjnych właściwości struktur epitaksjalnych granatów, które znajdują zastosowanie jako monokrystaliczne fosfory-konwertory w elektroluminescencyjnych diodach emitujących światło białe (WLED). Głównym celem badawczym pracy było pogłębienie wiedzy na temat właściwości luminescencyjnych materiałów w postaci warstw monokrystalicznych i wybranych kryształów granatu, które stanowią podstawę efektywnych konwerterów fosfor-WLED. Ponadto w ramach pracy zoptymalizowano właściwości fotokonwersyjne tych materiałów, aby uzyskać wydajne źródła światła białego.

Do produkcji fosforów-konwerterów WLED zarówno w postaci warstw monokrystalicznych, jak i kompozytowych konwerterów typu "warstwa-kryształ", wykorzystano metodę epitaksji w fazie ciekłej (metodę LPE). M. in., przy użyciu metody LPE uzyskano domieszkowane jonami  $Ce^{3+}$  warstwy monokrystaliczne wybranych granatów, takich jak  $Lu_3Al_5O_{12}$  (LuAG:Ce),  $Tb_3Al_5O_{12}$  (TbAG:Ce) oraz  $Tb_{1.5}Gd_{1.5}Al_5O_{12}$  (TbGdAG:Ce). Hodowli warstw tych granatów dokonano z roztworów w stopie na bazie topnika  $PbO-B_2O_3$  na podłożach granatów  $Y_3Al_5O_{12}$  (YAG) oraz YAG:Ce o różnym stężeniu ceru.

Przeprowadzono także kompleksowe badania strukturalne tych warstw monokrystalicznych oraz kompozytowych struktur epitaksjalnych granatów za pomocą skaningowej mikroskopii transmisyjnej (STEM) oraz analizy dyfrakcji rentgenowskiej (XRD). Badania te pozwoliły uzyskać istotne informacje na temat struktury krystalicznej, morfologii i właściwości interfejsu "warstwa-kryształ" w strukturach epitaksjalnych opartych na granatach.

W ramach badań teoretycznych i numerycznych opracowano model opisujący propagację fal ultradźwiękowych w warstwowym strukturach epitaksjalnych. Model ten pozwolił na identyfikację właściwości sprężystych warstw i podłoży opartych na granatach. Przeprowadzono również badania eksperymentalne struktur epitaksjalnych typu "warstwa LuAG:Ce/kryształ YAG:Ce" z wykorzystaniem mikroskopii ultradźwiękowej w szerokim zakresie częstotliwości (35-200 MHz).

W celu identyfikacji właściwości mechanicznych (sprężystych) badanych warstw i podłoży, wyniki badań mikroskopii ultradźwiękowej zostały poddane analizie za pomocą algorytmu optymalizacyjnego, z wykorzystaniem opracowanego mikroskopowego modelu propagacji fali oraz analizę numeryczną. W pracy dokonano badań właściwości optycznych granatów poprzez pomiar ich widm absorpcji, katodoluminescencji oraz fotoluminescencji. Analiza ta pozwoliła na ocenę spektralnych charakterystyk luminescencyjnych tych materiałów, które są istotne dla ich zastosowania w WLED. Badania fotokonwersyjnych właściwości warstw, kryształów oraz struktur epitaksjalnych granatów

stanowiły także ważny aspekt pracy. Przeprowadzono pomiary współrzędnych barwowych (CC), temperatury barwowej (CCT), wskaźnika oddawania barw (CRI) oraz wydajności świetlnej (LE) zarówno dla warstw, jak i kompozytowych konwerterów. Te właściwości odgrywają kluczową rolę w określaniu jakości barwowej, temperatury i wydajności emitowanego światła, co przyczyniło się do optymalizacji składu konwerterów opartych na strukturach epitaksjalnych granatów do zastosowań w źródłach oświetleniowych.

W końcowej części pracy stworzono prototypy fotokonwerterów WLED opartych na domieszkowanych jonami  $Ce^{3+}$  warstwach monokrystalicznych granatów LuAG:Ce, TbAG:Ce oraz Tb<sub>1.5</sub>Gd<sub>1.5</sub>AG:Ce o różnej grubości, krystalizowanych metodą LPE na podłożach YAG. Opracowano także kompozytowe konwertery WLED oparte na warstwach monokrystalicznych granatów TbAG:Ce oraz Tb<sub>1.5</sub>Gd<sub>1.5</sub>AG:Ce, hodowanych przy użyciu metody LPE na podłożach YAG:Ce o różnym stężeniu ceru i grubości. Dodatkowo przeprowadzono badania fotokonwersyjnych właściwości opracowanych warstwowych i kompozytowych konwerterów oraz wybrano najlepsze składy tych konwerterów.