

Nr umowy: 2018/31/B/ST8/03390

Tytuł: Nowoczesne kompozytowe detektory scyntylacyjne i termoluminescencyjne na bazie struktur epitaksjalnych ortokrzemianów i granatów

Cel projektu

Ogólnym celem projektu jest rozwój nowych materiałów luminescencyjnych, wytworzonych w formie warstw monokrystalicznych oraz kompozytowych struktur typu warstwa-podłoże na bazie roztworów stałych granatów i ortokrzemianów z zastosowaniem metody epitaksji z fazy ciekłej. Realizacja projektu opiera się na syntezie i badaniu materiałów scyntylacyjnych i termoluminescencyjnych (TL), które przetwarzają promieniowanie jonizujące na emisję w zakresie widzialnym lub UV. Oprócz scyntylatorów i detektorów TL, obszary zastosowań badanych w projekcie materiałów obejmują ekrany katodoluminescencyjne, lasery oraz konwertyory fotoluminescencyjne diod białych.

Kryształy z mieszanym składem kationów stały się teraz bardzo ważnym trendem w tworzeniu nowych scyntylatorów. Kryształy roztworów stałych domieszkowanych jonami Ce^{3+} złożonych ortokrzemianów $(LuY)_2SiO_5:Ce$ (LYSO) i $(LuGd)_2SiO_5:Ce$ (LYSO) są dobrze znanymi scyntylatorami wykorzystywanymi w Pozytronowej Emisyjnej Tomografii (PET) z wydajnością scyntylacyjną rzędu 35-45 tys. fotonów/MeV. W ciągu ostatnich dziesięciu lat została także stworzona cała seria nowych materiałów scyntylacyjnych opartych na roztwory stałe mieszanych granatów $(GdLu)_3(AlGa)_5O_{12}$ z domieszką Ce^{3+} , posiadających znakomitą wydajność świetlną rzędu 60-65 tys. fotonów/MeV oraz bardzo wysoką rozdzielczość energetyczną rzędu 5-6%.

Metoda epitaksji z fazy ciekłej pozwala na produkcję kompozytowych scyntylatorów i detektorów TL typu „phoswich” („kanapka fosforów”) w celu rejestracji różnych składników złożonego promieniowania jonizującego, m. in. analizy zawartości cząstek i kwantów w mieszanych wiązkach takiego promieniowania. Taki kompozytowy detektory są strukturami epitaksjalnymi, która składają się z jednej lub dwóch cienkich warstw monokrystalicznych, dedykowanych do rejestracji cząstek α i β , mających mały przebieg w materiałach detektora, oraz z grubego kryształu-podłoża, służącego do rejestracji kwantów X lub γ z wysoką zdolnością przenikania w tych materiałach.

Matryce ortokrzemianów LSO i LGSO i granatów LuAG i LGAGG mają znacząco wyższą gęstość (6.74-7.4 g/ cm³) i efektywną liczbę atomową (61-66) w porównaniu z granatami YAG i GGG obecnie stosowanymi do produkcji scyntylatorów w postaci warstw. Dlatego oparte o ciężkie kationy ziem rzadkich ortokrzemiany i granaty są także bardzo obiecującymi materiałami na scyntylatory w postaci cienkich warstw, oraz kompozytowe ekrany scyntylacyjne typu warstwa-podłoże w celu wizualizacji obrazów rentgenowskich o rozdzielczości rzędu submikronów.

W ramach naszego projektu planujemy zastosować metodę epitaksji z fazy ciekłej do stworzenia nowych kompozytowych detektorów typu warstwa-podłoże, w tym: 1) kompozytowych scyntylatorów na bazie warstw roztworów stałych domieszkowanych jonami Ce^{3+} ortokrzemianów $Lu_{2-x}R_xSiO_5$ ($R= Gd, Y; x=0\div 2$) i granatów $Lu_{3-x}R_xAl_{5-y}Ga_yO_{12}$ ($R= Gd, Tb, Y; x=0\div 3; y=0\div 5$) kompozytowych ekranów scyntylacyjnych na bazie warstw w/w ortokrzemianów i granatów, domieszkowanych jonami Ce^{3+} , Tb^{3+} i Eu^{3+}) kompozytowych detektorów termoluminescencyjnych na bazie warstw roztworów stałych domieszkowanych jonami Ce^{3+} , Tb^{3+} , Eu^{3+} i Mn^{2+} mieszanych ortokrzemianów i granatów. Przy produkcji tych kompozytowych detektorów scyntylacyjnych i termoluminescencyjnych będą użyte odpowiednio podłoża z kryształów domieszkowanych jonami Ce^{3+} ortokrzemianów Y_2SiO_5 (YSO), LYSO i LGSO oraz granatów YAG, LuAG i GAGG.

Planujemy także porównać właściwości scyntylacyjne i termoluminescencyjne badanych materiałów w postaci warstw z ich analogami w postaci kryształów, otrzymanych metodami mikrowyciągania (MPD) i Czochralskiego.

W projekcie będzie wykorzystana nowoczesna kompleksowa metoda wytwarzania materiałów scyntylacyjnych i termoluminescencyjnych polegająca na kombinacji inżynierii przerwy energetycznej badanych związków ortokrzemianów i granatów oraz inżynierii położenia radiacyjnych poziomów jonów Ce^{3+} , Tb^{3+} i Eu^{3+} w przerwie energetycznej tych tlenków, a także zwiększenia efektywności transferu energii wzbudzenia przez kationy ziem rzadkich. Ta metoda będzie zastosowana do znanych materiałów – ortokrzemianów YSO i LSO oraz granatów YAG i LuAG z domieszkami jonów Ce^{3+} , lub Tb^{3+} i Eu^{3+} i będzie polegać na wymianie kationów sieci granatów (Lu, Y i Al) na jony Gd, Tb i Ga oraz kationów sieci ortokrzemianów (Lu, Y i Si) na jony Gd. Planujemy, że taka inżynieria struktury energetycznej matrycy i domieszki Ce^{3+} , lub Tb^{3+} i Eu^{3+} będzie powodować zmianę wpływu defektów sieci wymienionych związków i domieszki na procesy scyntylacyjne lub termoluminescencyjne oraz prowadzić do optymalizacji właściwości scyntylatorów i detektorów TL.