

*“Kompleksowe badania tlenku galu implantowanego jonami metali ziem rzadkich na poczet przyszłych zastosowań w urządzeniach optoelektronicznych”*

W obecnych czasach badania materiałowe są napędzane przez nowe technologie, które mają na celu ulepszenie istniejących materiałów lub zastąpienie ich tańszymi i wydajniejszymi odpowiednikami. Od kilkudziesięciu lat technologia związków półprzewodnikowych doskonale wpisuje się w ten trend. Ta technologia jest niezastąpiona w zastosowaniach optoelektronicznych, takich jak lasery, wyświetlacze czy białe diody LED, gdzie wszechobecny krzem nie może być zastosowany ze względu na swoją pośrednią i niezbyt szeroką przerwę energetyczną.

Tlenek galu w stabilnej termicznie fazie beta ( $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ ) to przezroczysty półprzewodnik z bardzo szerokim pasmem wzbronionym około  $\sim 4,9$  eV, znacznie większym niż inne przezroczyste szerokoprzewowe materiały tlenkowe. Ostatnie prace wykazały wielki potencjał tego półprzewodnika w zastosowaniach optoelektronicznych i elektronicznych, głównie w urządzeniach dużej mocy, diodach elektroluminescencyjnych (LED), laserach, przezroczystych „inteligentnych” oknach i ogniwach słonecznych. Bardzo szeroka przerwa wzbroniona tego materiału jest przyczyną zwiększonej odporności termicznej i chemicznej, co sprawia, że materiał ten jest mniej podatny na zniszczenie w warunkach dużego napromieniowania, zatem idealny do zastosowań w przestrzeni kosmicznej i dla systemów wojskowych. Co więcej, wraz z rozwojem technologii wzrostu dużych monokryształów  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$  i możliwościami osadzania cienkich warstw  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ , materiał ten stał się też perspektywą dla przyszłej taniej produkcji i zastosowań na skalę przemysłową.

Podstawowa emisja światła z  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$  leży w obszarze ultrafioletu, ale można je stosunkowo łatwo przestroić do obszaru widzialnego domieszkując ten materiał jonami metali ziem rzadkich (RE od ang. Rare Earth).  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$  jest doskonałym gospodarzem dla jonów RE, gdyż ze względu na swoją najszerszą przerwę wzbronioną pozwala uzyskać najwydajniejszą i najintensywniejszą luminescencję od domieszki. Domieszkowanie  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$  jonami RE na etapie wzrostu jest bardzo trudne ze względu na ich niską rozpuszczalność w fazie beta, co prowadzi do segregacji atomów i wytrącenia się innych faz. Alternatywną metodą domieszkowania jest technika implantacji jonów. Mimo wielu zalet, istotnym ograniczeniem tej techniki implantacji jest wprowadzanie zaburzeń sieci krystalicznej (defektów) ze względu na balistyczny charakter tego procesu. Defekty strukturalne tłumią luminescencję jak również niekorzystnie wpływają na żywotność urządzeń zbudowanych na bazie zdefektowanego materiału. Dlatego w celu odbudowy uszkodzonego implantacja kryształu konieczne jest wygrzewanie termiczne. Wygrzewanie, z kolei prowadzi do interakcji defektów, tworzenia się klastrów i wielu innych ciekawych zjawisk. Dlatego znajomość podstawowych właściwości  $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$  implantowanego różnymi jonami RE, natury powstałych defektów jak również mechanizmu ich transformacji ma kluczowe znaczenie dla przyszłych możliwych zastosowań  $\text{Ga}_2\text{O}_3\text{:RE}$  jako wydajnych monochromatycznych emiterów światła białego, które działałyby nawet w trudnych warunkach.