

Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych
Polskiej Akademii Nauk
im. Włodzimierza Trzebiatowskiego
we Wrocławiu



Streszczenie pracy doktorskiej

Właściwości luminescencyjne mieszanych granatów gadolinowo-glinowo-galowych domieszkowanych wybranymi jonami ziem rzadkich

mgr Tomasz Niedźwiedzki

Praca doktorska wykonana w Zakładzie
Spektroskopii Materiałów Laserowych INTiBS PAN
pod kierunkiem profesora dr. hab. Witolda Ryby-Romanowskiego

Wrocław 2017

Tematyka niniejszej pracy zalicza się do dziedziny spektroskopii laserowej i jest poświęcona badaniom właściwości luminescencyjnych monokryształów mieszanych granatów gadolinowo-glinowo-galowych $Gd_3(Al,Ga)_5O_{12}$ (GAGG), które zostały otrzymane metodą Czochralskiego. Analizowano następujące sekwencje: pojedynczo domieszkowane: GAGG:Ho³⁺, GAGG:Er³⁺, GAGG:Tm³⁺, GAGG:Dy³⁺, GAGG:Yb³⁺ oraz układy współdomieszkowane GAGG:Er³⁺ + Yb³⁺, GAGG:Ho³⁺ + Yb³⁺, GAGG:Ho³⁺ + Tm³⁺.

Kryształy tlenkowe, ze względu na dobre właściwości fizyko-chemiczne, okazują się być obiecującymi kandydatami zdolnymi do generacji promieniowania laserowego. Co więcej, nieuporządkowanie strukturalne matrycy GAGG ma korzystny wpływ na szerokości spektralne pasm absorpcyjnych i emisyjnych jonów domieszek, co powoduje zwiększenie wydajności pompowania optycznego oraz umożliwia przestrajanie długości fali potencjalnej generacji.

Oprócz wiedzy czysto poznawczej przez pryzmat laserów krystalicznych widzi się szeroki potencjał aplikacyjny. Monokryształy tlenkowe domieszkowane jonami lantanowców znajdują zastosowania jako luminofory i detektory. Szerokie możliwości wykorzystania materiałów laserowych szczególnie w medycynie i telekomunikacji, a tak-

że w przemyśle i także w nauce stale kierują uwagę naukowców na zakres w podczerwieni.

Główną uwagę poświęcono badaniu mechanizmów transferów energii w tym określeniu kanałów dystrybucji energii wzbudzenia między poziomem wzbudzonym a poziomem laserowym, właściwości luminescencyjnych i wreszcie możliwości wykorzystania kryształu jako potencjalnego materiału laserowego ze szczególnym naciskiem na emisję w podczerwieni.

Celem nadrzędnym było spektroskopowe oszacowanie potencjału absorpcyjnego i emisyjnego kryształów. Zostały przeprowadzone badania spektroskopowe obejmujące analizę widm absorpcji i emisji otrzymanych w zakresie od 5 K do 500 K. Wyniki umożliwiły określenie energii, intensywności oraz charakterystyk spektralnych przejść wewnątrz konfiguracyjnych $4f^N$ jonów lantanowców, które wprowadzono intencjonalnie do matrycy jako domieszkę. Wzbudzenie poprzez impulsy laserowe umożliwiło poznanie dynamiki obsadzania i relaksacji stanów wzbudzonych. Pomiar zależności intensywności zintegrowanej luminescencji anty-stokesowskiej w funkcji mocy wzbudzenia pozwoliło ustalać mechanizm konwersji promieniowania.

W celu uzyskania ilościowego opisu zjawisk użyto teorii Judda-Ofelta dla układów GAGG: Ln^{3+} , gdzie $\text{Ln}^{3+} = \text{Ho}^{3+}, \text{Er}^{3+}, \text{Tm}^{3+}, \text{Dy}^{3+}$. Dla pogłębienia rozumienia analizowanych zjawisk korzystano z modeli fenomenologicznych jak teoria Kinglsey, Guyota, Inokutiego i Hirayamy, Füchtbauera-Ladenburga. Otrzymano w ten sposób parametry spektroskopowe jak wydajności kwantowe, współczynniki rozgałęzienia luminescencji oraz przekroje czynne na emisje.

Układy GAGG: $\text{Er}^{3+} + \text{Yb}^{3+}$, GAGG: $\text{Ho}^{3+} + \text{Yb}^{3+}$, GAGG: Tm^{3+} okazują się być obiecującymi kandydatami jako materiały laserowe emitujące w podczerwieni. Natomiast spektroskopowe właściwości układu GAGG: Dy^{3+} uzasadniają podjęcie prób generacji w zakresie światła widzialnego. Analiza transferów energii w układzie GAGG: $\text{Ho}^{3+} + \text{Tm}^{3+}$ pokazała, że tu może pełnić rolę efektywnego donora dla lasera na bazie holmu w zakresie podczerwonym.

Wyniki zaprezentowane w rozprawie pokazują, że badane krystaliczne materiały laserowe stanowią interesujący temat nie tylko w kontekście badań podstawowych, ale również wskazują na możliwości aplikacyjne.