

Głównym celem projektu jest poznanie mechanizmu pasożytniczych strat energii poprzez badanie procesu konwersji energii w górę pod wpływem wzbudzenia w zakresie podczerwonym w materiałach o strukturze granatu domieszkowanych jonami Cr^{3+} . Do realizacji projektu wybrano związki o wzorze ogólnym $\text{C}_3\text{A}_2\text{D}_3\text{O}_{12}$, (gdzie $\text{C} = \text{Y}^{3+}, \text{Lu}^{3+}, \text{Gd}^{3+}, \text{La}^{3+}$; $\text{A} = \text{Al}^{3+}, \text{Cr}^{3+}, \text{Ga}^{3+}, \text{Sc}^{3+}$; $\text{D} = \text{Al}^{3+}, \text{Ga}^{3+}$) domieszkowane różnym stężeniem jonów Cr^{3+} . Zmiana składu chemicznego matrycy pozwoli na modulowanie siły pola krystalicznego oraz energii fononów prowadzących do redukcji negatywnego wpływu jonów Cr^{3+} na właściwości laserowe.

Od czasu opracowania pierwszego urządzenia laserowego na bazie rubinu w 1960 roku, lasery na ciele stałym zrewolucjonizowały dziedzinę urządzeń optycznych. Postęp był szczególnie wyraźny po opracowaniu laserów opartych na kryształach granatu $\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$ o długości fali 1,064 μm . Jednak pomimo postępów w układach laserowych z ciągłym trybem pracy, nadal istnieje duży potencjał rozwoju laserów impulsowych. Lasery impulsowe składają się z elementu aktywnego (zwykle $\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$) sprzężonego z absorberem $\text{Cr}^{4+}:\text{YAG}$, pełniącym rolę Q-switch. Głównym czynnikiem limitującym wydajność takiego systemu jest stosunkowo niska wydajność absorbera $\text{Cr}^{4+}:\text{YAG}$. Brak jest znanej alternatywy dla laserów dużej mocy, ponieważ $\text{V}^{3+}:\text{YAG}$ jest stosowany dla laserów o niższej energii fali emitującej, a $\text{LiF}:\text{F}^{2-}$ szybko degraduje. Działanie lasera impulsowego jest oparte na wprowadzeniu nasycających strat (przez jony Cr^{4+}) w rezonatorze, co pozwala na zgromadzenie energii w elemencie aktywnym ($\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$). Po pewnym czasie następuje nasycenie absorbera, co prowadzi do uwolnienia energii nagromadzonej przez element aktywny i generowania impulsu. Energia takiego impulsu jest bezpośrednio proporcjonalna do różnicy między nasycającymi i nienasycającymi stratami wprowadzonymi przez absorber ($\text{Cr}^{4+}:\text{YAG}$). Zwiększenie wydajności laserów impulsowych opartych na $\text{Cr}^{4+}:\text{YAG}$ badane jest głównie w kierunku wzrostu stężenia jonów Cr^{4+} , tudzież strat nasycających. Nasze ostatnie badania wykazują, że Cr^{3+} jest w stanie absorbować energię światła z energią fotonów poniżej pasma absorpcji, a zatem wprowadza nienasycone centrum absorbujące, zmniejszając moc wyjściową laserów opartych na $\text{Cr}^{4+}:\text{YAG}$. Wpływ jonów Cr^{3+} na właściwości laserowe może być dominujący, ponieważ ich stężenie jest dość wysokie (aż do kilku procent atomowych). Synteza granatów domieszkowanych jedynie jonami Cr^{4+} wydaje się być nierealne. Jak pokazują badania współtowarzyszy mu zazwyczaj chrom na +3 stopniu utlenienia. Redukcja efektu pasożytnego jonów Cr^{3+} jest możliwa poprzez zrozumienie natury zjawiska konwersji energii w górę, co pozwoli nam poprawić wydajność lasera impulsowego opartego na granatach domieszkowanych chromem.

Zrozumienie natury konwersji energii w górę w granatach domieszkowanych chromem jest możliwe dzięki analizie właściwości spektroskopowych serii stężeniowej granatów $\text{Cr}:\text{C}_3\text{A}_2\text{D}_3\text{O}_{12}$. Właściwości spektroskopowe układów Cr^{3+} zależą bezpośrednio od siły pola krystalicznego (Dq/B), które określa energie dwóch najniższych stanów wzbudzonych (2E_g i ${}^4T_{2g}$). Modulowanie pola krystalicznego jest możliwe poprzez zmianę składu chemicznego granatów, na przykład Dq/B monokryształów granatu może wynosić od 2,2 dla LaSGG do 2,8 dla LuAG . Ponadto, przyjmując założenie, że konwersja energii w górę w jonach Cr^{3+} zachodzi za pośrednictwem przejść wibronowych, można wnioskować że zmiana energii fononów, ze zmiana matrycy, będą miały wpływ na to zjawisko. Projekt zostanie podzielony na dwie części. Pierwsza część projektu będzie poświęcona badaniu wpływu składu matrycy oraz stężenia jonów chromu na wydajność konwersji energii w górę jonów Cr^{3+} . Polikrystaliczne granaty z domieszką chromu zostaną syntetyzowane metodą zol-żel. Zbadana zostanie mikrostruktura i właściwości optyczne materiału. Na podstawie uzyskanych wyników będzie przygotowana seria ceramiek przezroczystych granatów domieszkowanych chromem. Analiza wyników badań pozwoli nam zaproponować mechanizm konwersji energii w górę w granatach domieszkowanych chromem, a w efekcie znaleźć sposób na zminimalizowanie jego negatywnych efektów na wydajność laserów impulsowych.