

Streszczenie

Przedłożona rozprawa doktorska stanowi cykl pięciu artykułów dotyczących badań właściwości strukturalnych, oscylacyjnych oraz luminescencyjnych materiałów krystalicznych Bi_3TeBO_9 domieszkowanych wybranymi jonami ziem rzadkich: Nd^{3+} , Yb^{3+} i/lub Er^{3+} . W szczególności, badania te miały na celu określenie wpływu aktywnych jonów domieszek na dynamikę sieci, transfer energii oraz mechanizm luminescencji w materiałach krystalicznych Bi_3TeBO_9 domieszkowanych wyżej wymienionymi jonami.

W ramach rozprawy doktorskiej zsyntetyzowano mikrokryształiczne proszki $\text{Bi}_3\text{TeBO}_9:\text{Nd}^{3+}$, $\text{Bi}_3\text{TeBO}_9:\text{Yb}^{3+}$, $\text{Bi}_3\text{TeBO}_9:\text{Er}^{3+}$ oraz $\text{Bi}_3\text{TeBO}_9:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}$ zmodyfikowaną metodą Pechiniego oraz wykonano ceramiki $\text{Bi}_3\text{TeBO}_9:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}$ metodą wysokociśnieniowego, niskotemperaturowego spiekania. Charakterystyka strukturalna badanych materiałów obejmowała analizę wyników wykonanych metodą dyfrakcji rentgenowskiej pozwalającą na ocenę jednorodności fazowej oraz określenie struktury krystalograficznej ww. materiałów. Morfologia i skład atomowy badanych materiałów został określony przy wykorzystaniu elektronowego mikroskopu skaningowego oraz metody spektroskopii rentgenowskiej z dyspersją energii. Badania dynamiki sieci wykonano metodą spektroskopii Ramana i spektroskopii w podczerwieni. Analiza spektralna widm Ramana i widm w podczerwieni dotyczyła aktywności drgań związanych z grupami BO_3 , TeO_6 oraz jonami Bi^{3+} (Nd^{3+} , Yb^{3+} i/lub Er^{3+}) i Te^{6+} . Wykazano, że niska energia fononów matrycy Bi_3TeBO_9 sprzyja efektywnemu transferowi energii między jonami domieszek, minimalizując straty wynikające z relaksacji wielofononowej.

Właściwości luminescencyjne materiałów Bi_3TeBO_9 domieszkowanych wybranymi jonami ziem rzadkich (Nd^{3+} , Yb^{3+} i/lub Er^{3+}) badano metodami spektroskopii absorpcyjnej, emisyjnej oraz przez pomiar i analizę czasów zaniku luminescencji aktywnych jonów Bi^{3+} , Nd^{3+} , Yb^{3+} i/lub Er^{3+} . W mikrokryształicznych proszkach $\text{Bi}_3\text{TeBO}_9:\text{Nd}^{3+}$ zarejestrowano emisję promieniowania z maksimum intensywności około 1064 nm związaną z konwersją energii z zakresu widzialnego do bliskiej podczerwieni. W przypadku materiałów $\text{Bi}_3\text{TeBO}_9:\text{Yb}^{3+}$, $\text{Bi}_3\text{TeBO}_9:\text{Er}^{3+}$ oraz $\text{Bi}_3\text{TeBO}_9:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}$ zarejestrowano intensywną emisję w zakresie bliskiej podczerwieni około 975 oraz 1531 nm, która jest skutkiem efektywnego transferu energii pomiędzy jonami Bi^{3+} , Yb^{3+} i/lub Er^{3+} . Ponadto, w przypadku $\text{Bi}_3\text{TeBO}_9:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}$ zaobserwowano efekt konwersji energii w górę, prowadzący do emisji w zakresie widzialnym z maksimum intensywności około 523, 540 oraz 653 nm.

Dodatkowo, przeanalizowano wpływ parametrów spiekania wysokociśnieniowego na strukturę i właściwości luminescencyjne ceramiek $\text{Bi}_3\text{TeBO}_9:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}$. W tym celu z mikrokryształicznego proszku $\text{Bi}_3\text{TeBO}_9:\text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}$ przygotowano próbki w postaci ceramiek przy zastosowaniu ciśnienia 2, 4, 6 lub 8 GPa. Stwierdzono, że wzrost ciśnienia spiekania prowadzi do poprawy krystaliczności, zmniejszenia defektów strukturalnych oraz zwiększenia intensywności emisji luminescencji jonów Er^{3+} .

Wykonane badania mają charakter podstawowy, poszerzając wiedzę na temat mechanizmów luminescencji i transferu energii w mikrokryształicznych materiałach boranowych Bi_3TeBO_9 domieszkowanych wybranymi jonami ziem rzadkich Nd^{3+} , Yb^{3+} i/lub Er^{3+} , a także aplikacyjny – badane materiały mogą znaleźć zastosowania jako optyczne konwertery promieniowania z konwersją energii w górę lub dół do zastosowań w fotowoltaice, optoelektronice lub fotonice.