

ОПТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕВТЕКТИЧНИХ КОМПОЗИТІВ $Al_2O_3/YAG:Ce$ ЯКІ ОТРИМАНІ МЕТОДОМ ГОРИЗОНТАЛЬНО СПРЯМОВАНОЇ КРИСТАЛІЗАЦІЇ

Сірик Ю.В., Вовк О.М., Гринь Л.О., Баранов В.В., Ворона І.О., Ніжанковський С.В.

Інститут монокристалів НАН України, Харків, Україна, lab15oxydal@gmail.com

Евтектичний композит $Al_2O_3/YAG:Ce$ є перспективним матеріалом для потужних світлодіодів завдяки його здатності ефективно розсіювати світло. Структура цього матеріалу складається з переплетення фаз YAG і Al_2O_3 , які мають різні показники заломлення, це забезпечує ефективне розсіювання світла та підвищує загальну світловіддачу пристрою [1]. Крім своїх оптичних властивостей, евтектичний композит $Al_2O_3/YAG:Ce$ також демонструє гарні механічні властивості, такі як висока в'язкість до руйнування та стійкість до термічного удару [2]. Ці властивості роблять його придатним матеріалом для використання в суворих середовищах і високопотужних світлодіодах, де матеріал повинен витримувати екстремальні температури та механічні навантаження.

У даній роботі досліджено оптичне пропускання евтектичних композитів Al_2O_3/YAG та $Al_2O_3/YAG:Ce$, отриманих методом горизонтально спрямованої кристалізації (ГСК), та їх залежність від домішки Ce, товщини та мікроструктури зразків.

Методом ГСК було отримано злитки евтектичних композитів Al_2O_3/YAG та $Al_2O_3/YAG:Ce$ з різною концентрацією домішки, умови кристалізації представлені у таблиці. Мікроструктуру евтектики спостерігали за допомогою оптичного мікроскопа ZEISS Primotech, характеристика мікроструктури зразків проводилась модифікованим методом хорд [3]. Спектри пропускання отриманої евтектики записувались на оптичному абсорбційному спектрофотометрі OPTIZEN3220 UV для зразків розміром 5x5 мм різної товщини (0.05 - 0.56 мм).

Таблиця

Режими одержання та характерний евтектичний інтервал для евтектик Al_2O_3/YAG та $Al_2O_3/YAG:Ce$ з концентрацією Ce 0,25 ат. %.

Швидкість витягування, v , мм/год	Температура розплаву, T , °C	Гradient температури у зоні затвердіння, G , °C	Характерний евтектичний інтервал λ_{eut} , мкм	
			Al_2O_3/YAG	$Al_2O_3/YAG:Ce$
5	1925	45	11,4±0,8	28,4±0,7
15			6,5±0,9	18,5±1,1
30			4,7±0,9	8,6 ±0,8
50			3,9±0,8	7,7±1,4

Аналізуючи спектри пропускання евтектик Al_2O_3/YAG та $Al_2O_3/YAG:Ce$ (рис. 1а, б) спостерігаємо чітку залежність пропускання від розміру мікроструктури (характерного евтектичного інтервалу), зменшення λ_{eut} призводить до збільшення довжини міжфазної границі, що своєю чергою викликає зменшення пропускання світла. В спектрах евтектики $Al_2O_3/YAG:Ce$ присутні три основні смуги поглинання іона Ce^{3+} в кристалічному полі YAG, а саме, 226 нм, 340 нм і 458 нм, які відповідають переходам з основного 4f рівня на збуджені 5d рівні. Також в зразках евтектик Al_2O_3/YAG та $Al_2O_3/YAG:Ce$ спостерігається тенденція до збільшення пропускання при зміщенні в довгохвильову частину спектра.

На рис. 1с зображено спектри пропускання зразків евтектики $Al_2O_3/YAG:Ce$ з концентрацією Ce 1 ат. % різної товщини. Зі зменшенням товщини зразка пропускання світла зростає більш ніж у 17 разів з 2,26% для зразка товщиною 0,56 мм до 39,99% для зразка товщиною 0,05 мм (на довжині хвилі $\lambda = 580$ нм). Також нами була розрахована залежність оптичного пропускання від товщини зразка $T(h)$ на довжинах хвиль 450 та 580 нм:

$$T(h)_{450} = \frac{0.3}{\sqrt{h^3}} \text{ та } T(h)_{580} = \frac{1.5}{h}, \text{ відповідно.}$$

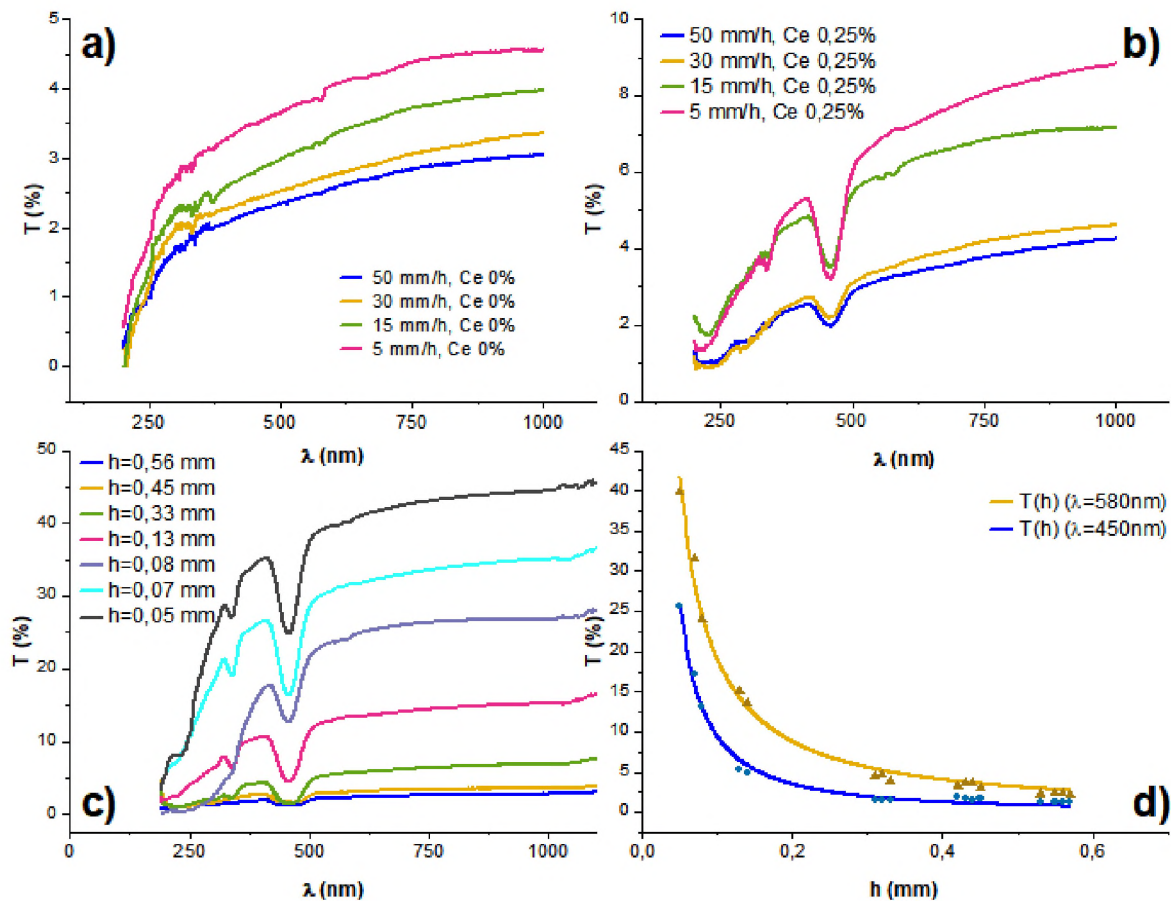


Рис. 1 Спектри оптичного пропускання зразків евтектик *a* - $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{YAG}$, *b* - $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{YAG}:\text{Ce}$ з концентрацією Ce 0,25 ат.%, отриманих при швидкості витягування 5, 15, 30 та 50 мм/год, товщиною 0,2 мм, *c* - $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{YAG}:\text{Ce}$ з концентрацією Ce 1 ат.%, отриманої при швидкості витягування 15 мм/год, товщиною від 0,07 до 0,56 мм та *d* - залежність оптичного пропускання на довжинах хвиль 450 та 580 нм від товщини зразка

Таким чином, встановлено, що пропускання світла в значній мірі залежить від розсіяння на міжфазних границях: довжина міжфазних границь зменшується зі зменшенням товщини зразка і швидкості витягування. Показано, що оптичними характеристиками евтектик $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{YAG}:\text{Ce}$, що отримано методом ГСК, можна керувати шляхом зміни умов кристалізації евтектики, концентрації домішки Ce та підбору потрібної товщини зразка.

1. Shakhno A., Zorenko T., Witkiewicz-Łukaszek S., Cieszko M., Szczepański, Z., Vovk O., Nizhankovskyi, S., Siryk, Y., Zorenko, Y. Ce^{3+} Doped Al_2O_3 -YAG Eutectic as an Efficient Light Converter for White LEDs // *Materials*– 2023. – 16, – P. 2701.

2. Nie Y., Zhang M., Liu Y., Zhao Y. Microstructure and mechanical properties of $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{YAG}$ eutectic ceramic grown by horizontal directional solidification method // *Journal of Alloys and Compounds* – 2016. – 657. – P. 184-191

3. Saltikov S.A. Determination of the structure of polycrystals by the method of random sections // *Soviet Physics Crystallography*. – 1958. – 2. – P. 329-334.