

УДК 535.012

ТЕРМИЧЕСКОЕ РАСШИРЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО КРИСТАЛЛА $\text{Nd}:\text{La}_2\text{Be}_2\text{O}_5$ Аспирант Герцова А. В.¹Д-р физ.-мат. наук, профессор Юмашев К. В.¹, кандидат техн. наук, доцент Трусова Е. Е.²¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь²Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь

Кристалл бериллата лантана $\text{La}_2\text{Be}_2\text{O}_5$, активированный ионами редкоземельных элементов (Nd, Tm, Ho, Ce) находит применение в качестве высокоэффективных активных лазерных сред и быстрых неорганических сцинтилляторов. Одним из важных параметров таких материалов является температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР). В настоящей работе исследуется анизотропия ТКЛР кристалла $\text{Nd}^{3+}:\text{La}_2\text{Be}_2\text{O}_5$, который является моноклинным (пространственная группа $C2/c$).

Для измерения ТКЛР использовался образец из кристалла $\text{Nd}^{3+}:\text{La}_2\text{Be}_2\text{O}_5$ в форме прямоугольного параллелепипеда размером $11,4 \times 9,7 \times 8,0$ мм³. Ребра параллелепипеда были параллельны (с точностью около 2') кристаллографическим осям c (11,4 мм), b (9,7 мм) и a^* (8,0 мм). Направление a^* перпендикулярно плоскости, в которой лежат оси b и c . Ориентация образца достигалась путем определения направлений кристаллографических осей с помощью дифракции рентгеновских лучей в геометрии обратного рассеяния Лауэ (с точностью 0,4°). Содержание неодима в кристалле составляло 4,5 ат. %.

ТКЛР α_c , α_b , and α_{a^*} получены на основе зависимости изменения длины образца от температуры (температурного расширения, $\Delta L/L_{298\text{K}}$). Измерения $\Delta L/L_{298\text{K}}$ выполнены с помощью горизонтального дилатометра Netzsch DIL 402 РС в диапазоне температур 298–950 К. Погрешность в определении ТКЛР составила $\sim 0,4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

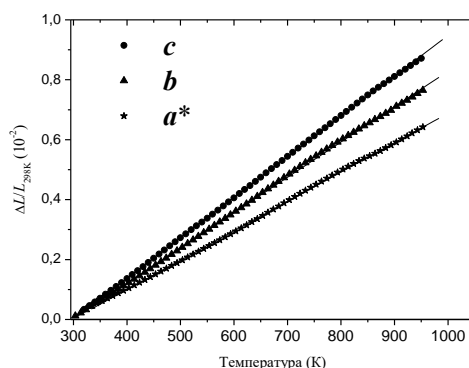


Рис. 1. Температурное расширение $\Delta L/L_{298\text{K}}$ вдоль направлений c , b и a^* кристалла $\text{Nd}^{3+}:\text{La}_2\text{Be}_2\text{O}_5$. Символы – экспериментальные данные, прямые – аппроксимация экспериментальных

На рис. 1 показано температурное расширение $\Delta L/L_{298\text{K}}$ кристалла $\text{Nd}^{3+}:\text{La}_2\text{Be}_2\text{O}_5$ вдоль осей c , b и a^* . ТКЛР определялись по наклону линейной зависимости, описывающей изменение $\Delta L/L_{298\text{K}}$ с температурой, по формуле $\alpha_l = \Delta L/L_{298\text{K}}/(T - 298)$. Полученные значения $\alpha_c = 13,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, $\alpha_b = 11,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, $\alpha_{a^*} = 9,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ качественно согласуются с ранее полученными данными, хотя количественно несколько превышают их: $\alpha_c = 9,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ и $\alpha_b = 7,9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ [1]. Среднее значение ТКЛР $(\alpha_c + \alpha_b + \alpha_{a^*})/3$ составляет $11,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. В качестве меры анизотропии термического расширения кристалла $\text{Nd}^{3+}:\text{La}_2\text{Be}_2\text{O}_5$ можно выбрать отношения $\alpha_c/\alpha_b = 1,14$, $\alpha_c/\alpha_{a^*} = 1,38$ и $\alpha_b/\alpha_{a^*} = 1,20$. Для сравнения, величина α_c/α_b для некоторых моноклинных кристаллов составляет 8,14 (KGdW) [2], 9,37 (KYW) [2], 8,09 (KYbW) [2], 1,56 (CYBO) [3], 1,72 (CGdBO) [4].

Литература

1. Rapoport, W. R. Laser And Laser Related Characteristics Of Nd: BEL / W. R. Rapoport, T. Chin // High Power and Solid State Lasers II. – SPIE, 1989. – Vol. 1040. – P. 19–31.
2. Linear thermal expansion tensor in KRE (WO₄)₂ (RE= Gd, Y, Er, Yb) monoclinic crystals / M. C. Pujol [et al.] // Materials Science Forum. – Trans Tech Publications Ltd, 2001. – Vol. 378. – P. 710–717.

3. Thermal and nonlinear optical properties of $\text{Ca}_4\text{YO}(\text{BO}_3)_3$ / J. Luo [et al.] // Crystal Research and Technology: Journal of Experimental and Industrial Crystallography. – 2001. – Vol. 36, № 11. – P. 1215–1221.

4. Structural and thermal stability of Czochralski grown GdCOB oxoborate single crystals / F. Mougel [et al.] // Journal of Materials Chemistry. – 1998. – Vol. 8, № 7. – P. 1619–1623.

УДК 681.7

ФУНКЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЧКИ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Студент гр. 121111 Денисов М. О.

Д-р техн. наук, профессор Матвеев В. В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Изображение оптической системы можно представить в виде двух элементарных структур: точек и периодических решеток.

В идеальной оптической системе точка отображается в виде точки, однако в реальных оптических системах точка преобразуется в пятно рассеяния с неоднородной освещенностью. Зависимость распределения освещенности изображения точки описывает функция рассеивания точки (ФРТ) [1]. ФРТ является одной из основных характеристик, описывающих передачу структуры предмета оптической системой. Это означает, что, зная предмет можно представить в виде независимых точек, и зная ФРТ для каждой такой точки, изображение можно представить в виде суммы изображений каждой точки, то есть изображение сложного объекта можно представить в виде свертки этого объекта и ФРТ.

Допустим, что оптическая система не имеет дефектов изображения, то есть является безабберационной, в такой случае картина ФРТ (рис. 1) будет состоять из центрального максимума и колец.

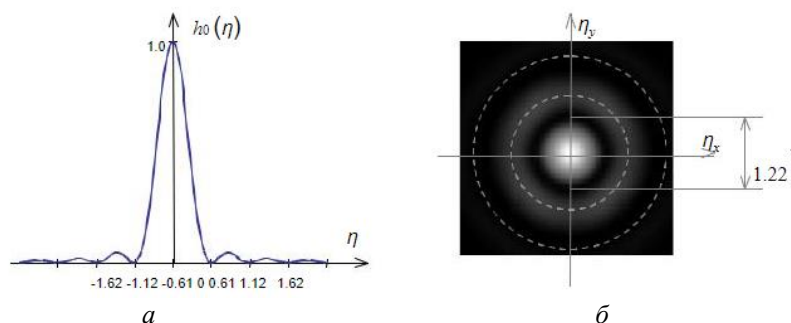


Рис. 1. Функция рассеяния точки в отсутствии aberrаций:
а – сечение; б – общий вид распределения интенсивности

ФРТ используется в критерии Релея для предельной разрешающей способности. Критерий гласит, что при провале в распределении интенсивности в изображении двух близких точек в 20 % точки будут восприниматься как отдельные. Для этого, центральный максимум первой точки должен находиться в первом минимуме второй точки. Критерий Релея удовлетворительно подходит изображений астрономических телескопов и спектральных приборов из-за того, что предметами для них являются близко расположенные точки или линии.

Наличие aberrаций приводит к изменению распределения интенсивности ФРТ. При малых aberrациях энергия центрального максимума ФРТ переносится в круги, при больших aberrациях картина ФРТ полностью теряет сходство с безабберационной ФРТ.

Для оценки влияния aberrаций на ФРТ используют число Штреля:

$$S_t = h/h_0, \quad (1)$$

где h_0 – количество энергии в центральном максимуме в безабберационной системе; h – количество энергии в центральном максимуме при наличии aberrаций.

Если число Штреля (1) равно 1, то оптическая система является безабберационной, если число Штреля больше или равно 0,8, то система является малоабберационной.

Литература

1. Родионов, С. А. Основы оптики / С. А. Родионов. – СПб.: СПб ГИТМО(ТУ), 2000. – 172 с.