

Создание антиотражающих микроструктур на поверхности нелинейных кристаллов BaGa_2Se_7 фс лазерным излучением

**В.Е. Федяй^{1,2}, А. Тарасова^{2,3}, А. Елисеев^{2,3}, Л. Исаенко^{2,3},
П. Криницын^{2,3}, А. Кучмижак^{4,5}, С.А. Бабин^{1,2}, А.В. Достовалов¹**

¹ Институт автоматики и электрометрии СО РАН

² Новосибирский государственный университет

³ Институт геологии и минералогии имени В. С. Соболева СО РАН

⁴ Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН

⁵ Дальневосточный федеральный университет

* E-mail: dostovalov@iae.nsk.su

DOI:10.31868/RFL.2024.216-217

Полупроводниковый нелинейный кристалл BaGa_2Se_7 (BGSe) является перспективным материалом для применений в нелинейной оптике среднего ИК-диапазона, так как обладает высокой нелинейной восприимчивостью, химической стойкостью и широким спектральным диапазоном прозрачности (0.47–18 мкм). Из-за большой запрещенной зоны (2.64 эВ) кристаллы BGSe демонстрируют также крайне высокий для халькогенидов порог разрушения по интенсивности. Однако высокий показатель преломления ($n = 2.5$ при длине волны $\lambda = 10.6$ мкм) приводит к существенным потерям, связанным с отражением излучения от границы раздела сред (френелевское отражение).

Антиотражающие микроструктуры (АОМ) – являются привлекательной альтернативой многослойным просветляющим покрытиям, поскольку обладают большим порогом разрушения и эффективно работают в больших диапазонах изменения длин волн и углов падения [1]. Данные микроструктуры формируются на оптической поверхности, и за счет созданного рельефа эффективный показатель преломления плавно увеличивается от поверхности вглубь материала, тем самым уменьшая френелевское отражение [2]. В отличие от довольно дорогих и сложных в реализации технологий на основе литографии и прямой печати использование ультракоротких фемтосекундных лазерных импульсов является универсальным, простым и довольно эффективным способом создания антиотражающих структур за счет процесса лазерной абляции [3].

В работе представлены результаты по созданию АОМ методом поточечной записи на поверхности кристаллов BGSe фс лазерным излучением. Исследовано воздействие фемтосекундного ($\tau = 230$ фс) лазерного излучения с длиной волны $\lambda = 1.03$ мкм на поверхность кристаллов BGSe для создания АОМ, представляющих собой упорядоченный массив кратеров с периодом 2 мкм, при различных параметрах энергии (9,7 – 27,5 нДж) и количестве импульсов (1-8) (рис. 1а). Спектры пропускания показывают, что для всех режимов в выбранном диапазоне энергий и количества импульсов происходит увеличение пропускания по сравнению с исходной необработанной поверхностью. При этом увеличение количества импульсов и энергии приводит к повышению коэффициента пропускания, максимальное увеличение данного значения составило 17% при энергии 27,5 нДж и 8 импульсах (рис. 1б).

Также продемонстрирована возможность создания просветляющих покрытий на основе лазерно-индуцированных периодических поверхностных структур (ЛИППС) на поверхности кристаллов BGSe фс/пс лазерным излучением. Исследованы режимы формирования ЛИППС при вариации

основных экспериментальных параметров (энергия импульса в диапазоне 3,2-7 мкДж, скорость сканирования 50-800 мкм/с, частота следования импульсов 10-50 кГц, длительность импульсов 230-1000 фс). Найдены оптимальные параметры для создания антиотражающих микроструктур (АОМ) на поверхности кристаллов BGSe фс/пс лазерным излучением в воздушной и разреженной атмосфере при слабой фокусировке излучения (рис.1 в). Полученные структуры обладают повышенным оптическим пропусканием (увеличение более 9% при обработке с одной стороны по сравнению с исходной необработанной поверхностью) (рис. 1г).

Полученные результаты могут найти применение при создании высокоомощных лазерных источников среднего ИК-диапазона, генераторов высших гармоник и различных оптоэлектронных устройств.

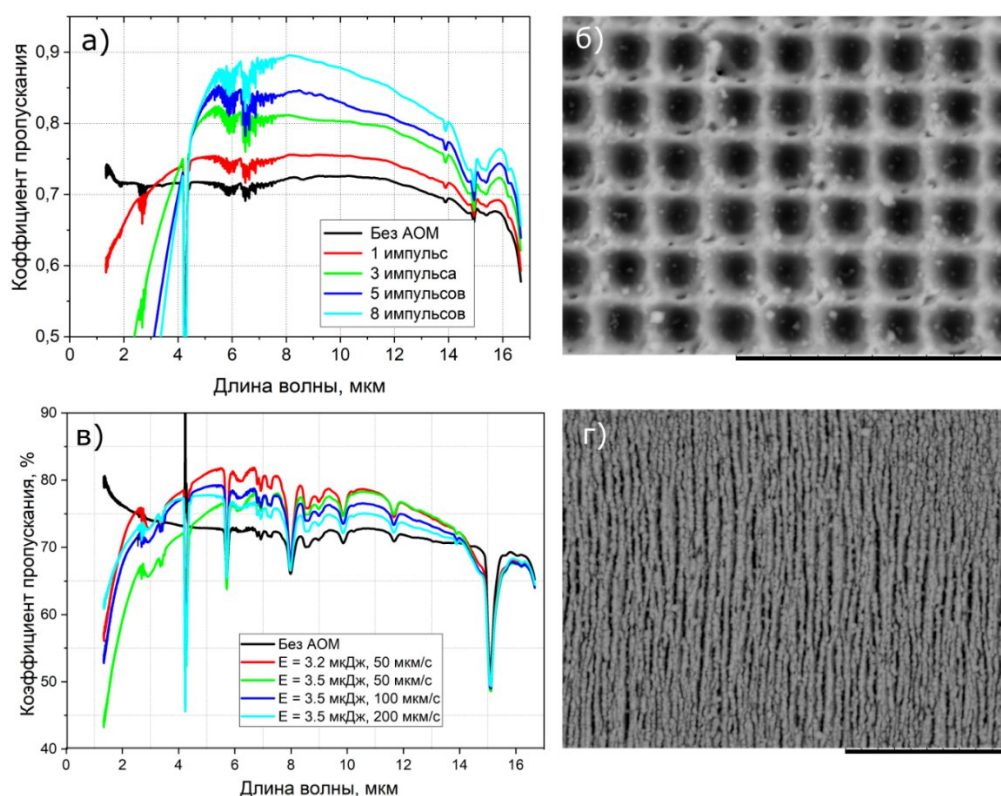


Рис. 1. Спектры пропускания (а) и СЭМ-изображение (б) АОМ, полученных при поточечном методе записи с $E = 27,5$ нДж и различным количестве 1-8 импульсов, соответственно. Спектры пропускания (в) и СЭМ-изображение (г) АОМ, созданных на основе формирования ЛИППС с $E = 3,2$ мкДж, $3,5$ мкДж и различных скоростях сканирования (50-200 мкм/с), соответственно. Размер шкалы составляет 10 мкм.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (№23-22-00190).

Литература

- [1] S. Chattopadhyay et al, *Mater. Sci. Eng. R Rep.* **69**, 1–35 (2010)
- [2] L. Rayleigh, *Proc. Lond. Math. Soc.*, s1-11, 51–56 (1879)
- [3] A. Yelissev et al, *Photonics* **9**, 774 (2022)