

## ИССЛЕДОВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ GaSe С АНТИОТРАЖАЮЩИМИ МИКРОСТРУКТУРАМИ, ПОЛУЧЕННЫМИ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ\*

А. П. Елисеев<sup>1,2</sup>, Л. И. Исаенко<sup>1,2</sup>, С. И. Лобанов<sup>1,2</sup>, А. А. Шкляев<sup>1</sup>, А. А. Бушунов<sup>1,3</sup>,  
М. К. Тарабрин<sup>1,3,4</sup>, А. А. Тесленко<sup>1,3</sup>, В. А. Лазарев<sup>3</sup>, ✉ А. А. Голошумова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup> Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия

<sup>3</sup> Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия

<sup>4</sup> Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН, Москва, Россия

✉ goloshumova@igm.nsc.ru

GaSe является перспективным кристаллическим материалом для нелинейной оптики среднего ИК- и терагерцового диапазона [1,2].  $\epsilon$ -модификация (P-6m2) обладает оптимальным сочетанием параметров для эффективного преобразования: широкий диапазон прозрачности (0,62–20 мкм) и фазового синхронизма, высокий порог лазерного разрушения (0,03 ГВт/см<sup>2</sup> для импульсов 10,6 мкм 125 нс) и высокий коэффициент нелинейности (54 пм/В для 10,6 мкм) [1]. Но из-за значительного показателя преломления ( $n \sim 2,63$  в диапазоне 2–16 мкм) потери на отражение достигают 35 %. Стандартные антиотражающие покрытия не применимы для GaSe из-за его характерной слоистости. В настоящей работе для снижения потерь на отражение на образцах GaSe методом лазерной абляции создавали антиотражающие микроstructures (ARM). Для этого методом Бриджмена были выращены кристаллы длиной до 70 мм и диаметром до 25 мм, из которых методом скола по плоскости (001) изготавливали плоскопараллельные пластинки толщиной 2; 1 и 100 мкм. Образцы с чистой и измененной поверхностью исследовали с помощью оптической спектроскопии (спектрометр UV-2501PC Shimadzu, Фурье-спектрометр Infracum 800), КР-спектроскопии (конфокальный спектрометр LabRAM HR800), сканирующей электронной микроскопии (СЭМ Raith PIONEER Two), энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (СЭМ HITACHI (SU 8220)).

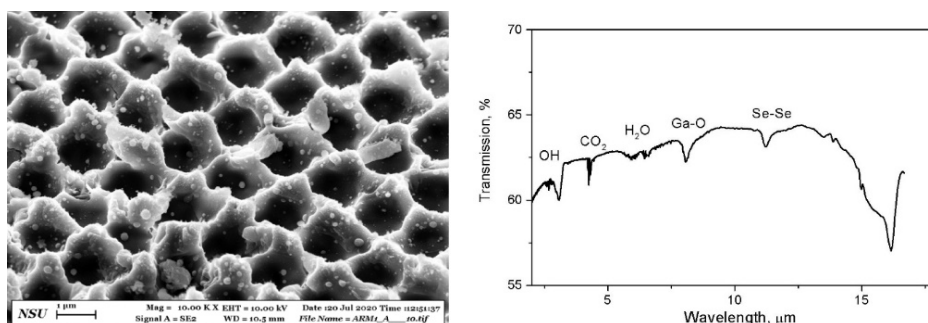


Рис. 1. Антиотражающие микроstructures на поверхности пластинки GaSe (слева) и спектр КР (справа)

© А. П. Елисеев, Л. И. Исаенко, С. И. Лобанов, А. А. Шкляев, А. А. Бушунов, М. К. Тарабрин, А. А. Тесленко, В. А. Лазарев, А. А. Голошумова, 2022

\* Исследования проведены в рамках проекта РФФ № 20-72-10027, госзадания ИГМ СО РАН (анализ состава при синтезе GaSe). Часть измерений проведена в ЦКП «НАНОСТРУКТУРЫ» ИФП СО РАН и «ВТАН» НГУ.

На поверхности исследованных образцов с ARM и без по результатам СЭМ было зафиксировано отличное содержание галлия и селена. Соотношение Ga/Se для образца без ARM составляет 0,77, для образцов с ARM внутри микроструктур — 0,83, в то время как в точках на поверхности между ARM — 0,94. Таким образом, после лазерной абляции в образцах GaSe регистрируется повышенное содержание селена. Спектры комбинационного рассеяния регистрируют аморфную пленку с компонентами  $Ga_2Se_3$ ,  $Ga_2O_3$  и Se на поверхности. Это объясняется значительным ускорением процесса окисления GaSe из-за повышенных температур ( $T > 450\text{ }^\circ\text{C}$ ) при лазерной абляции. Также было установлено, что после формирования микроструктур в спектрах фотолюминесценции образцов появляются дополнительные линии, связанные со структурными дефектами. При этом создание ARM на поверхности оптических элементов GaSe методом лазерной абляции позволяет достигать повышения пропускания до 94 % в диапазоне длин волн 7–14 микрон.

### Список литературы

1. Nikogosyan D.N. Nonlinear Optical Crystals: A Complete Survey. Springer Science + Business Media, Inc., 2005.
2. Singh N.B., Suhre D.R., Balakrishna V. et al. Far-infrared conversion materials: Gallium selenide for far-infrared conversion applications // Prog. Cryst. Growth Ch. 1998. Vol. 37. P. 47–102.