



21 декабря 2023 г.

Пресс-релиз

В ИАиЭ СО РАН исследуют кристаллы GaSe:S и BaGa_4Se_7 ,
а также развивают методы прямой лазерной записи
антиотражающих структур на их поверхности

В [Институте автоматики и электрометрии СО РАН](#) изучили оптические свойства кристаллов селенида галлия (GaSe), легированных серой, и оценили потенциал их применения в телекоммуникационных системах следующего поколения, а также создали антиотражающие микроструктуры на поверхности нелинейно-оптических кристаллов.



Кристаллы GaSe:S

Кристаллы BaGa_4Se_7 , как и кристаллы селенида галлия (GaSe), перспективны в качестве эффективных нелинейно-оптических преобразователей и генераторов инфракрасного излучения (ИК).

Благодаря уникальным свойствам: высокому значению оптической нелинейности, широкому диапазону прозрачности (0,62–15 мкм) и высокой лучевой стойкости кристаллы GaSe – находка и сегодня для актуальных задач разработки систем связи будущего поколения 6G: он прозрачен и активен в диапазоне частот 120–320 ГГц – для систем связи на расстояния до километра; и до 530 ГГц – для короткодействующей связи, например защищённого направленного Wi-Fi, интернета вещей, взаимодействия автотранспорта в потоке. Для устройств кремниевой электроники такие частоты труднодоступны, и поэтому активно развивается подход, основанный на нелинейно-оптическом взаимодействии света в современной волоконно-оптической связи (дина волны ~1,5 мкм, несущая частота ~200 ТГц) с «радиочастотами» в субтерагерцовом диапазоне (100–1000 ГГц). В этой связи нелинейно-оптические кристаллы GaSe – одни из перспективных кандидатов, на которые стоит обратить внимание.

Исследований GaSe на длинах волн в окрестности 1,5 мкм, важных для телекоммуникационных задач, практически не проводилось, несмотря на множество работ по преобразованию в них энергии лазерного излучения с длинами волн от 0,8 до 10 мкм. Это связано с трудностями подготовки срезов кристаллов GaSe , необходимых для данных длин волн, – кристалл крошится и шелушится из-за практически нулевой твёрдости и высокой слоистости в таких направлениях. Однако повысить твёрдость и оптическое качество кристаллов возможно с помощью легирования, например, серой (GaSe:S).



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт автоматизации и электрометрии
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИАиЭ СО РАН)

Сотрудниками [лаборатории терагерцовой фотоники](#) и [лаборатории физики лазеров](#) ИАиЭ СО РАН впервые было проведено исследование линейных и нелинейных оптических свойств кристаллов GaSe:S (атомное содержание серы от 0 до 11%) на длинах волн в окрестности 1,55 мкм и в субтерагерцовом диапазоне. Образцы высокого качества с различным содержанием серы были выращены в лаборатории роста кристаллов [Института геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН](#). В исследовании показана сложная зависимость значения оптической нелинейности кристалла с ростом концентрации атомов серы в структуре, которой даётся объяснение. При этом максимальные значения электрооптического r_{22} и нелинейного d_{22} коэффициентов составили 1,262 пм/В и 17,61 пм/В соответственно, при концентрации серы 6 атомных процентов, что сопоставимо со значениями для кристалла арсенида галлия, применяемого для разработки электрооптических устройств. Таким образом показано, что кристаллы GaSe:S могут составить ему конкуренцию или быть более эффективными.

Работа выполнена на уникальном оборудовании [ЦКП «Спектроскопия и Оптика»](#): терагерцовом спектрометре (разработка ИАиЭ СО РАН) и системе измерения показателя преломления Metricon 2010 (Metricon, США).

Параллельно этому, в тематической группе фемтосекундных лазерных технологий ИАиЭ СО РАН было исследовано воздействие фемтосекундных лазерных импульсов на поверхность нелинейно-оптических кристаллов.

При исследовании кристаллов GaSe и BaGa_4Se_7 были найдены оптимальные режимы лазерного воздействия для создания антиотражающих микроструктур на поверхности кристаллов. В первом случае при воздействии инфракрасного лазерного излучения на поверхность кристалла были созданы образцы антиотражающих микроструктур в виде периодических углублений с глубиной 1,7 мкм и периодом 3 мкм, обладающие пропусканием до 94 %, что существенно превышает исходное пропускание кристаллов (65%). Во втором случае при воздействии ультрафиолетового лазерного излучения на поверхность кристалла BaGa_4Se_7 была создана структура с периодом 500 нм, увеличивающая пропускание образца с 66% до 84% на длинах волн ~1,5 мкм.

В результате был предложен метод создания антиотражающих микроструктур на поверхности нелинейно-оптических кристаллов с высоким показателем преломления, что открывает возможности для создания высокоэффективных источников излучения ближнего и среднего ИК-диапазона. Исследование проведено тематической группой фемтосекундных лазерных технологий ИАиЭ СО РАН совместно с ИГМ СО РАН, НГУ, ИАПУ ДВО РАН и ДВФУ.

Подробнее об исследованиях можно ознакомиться в опубликованных материалах:

<https://doi.org/10.3390/app13042045>;

<http://doi.org/10.1088/1742-6596/2067/1/012012>;

<https://doi.org/10.1117/12.3009853>;

<https://doi.org/10.3390/photonics9100774>;

<https://opg.optica.org/ome/fulltext.cfm?uri=ome-12-4-1593&id=470705>;

<https://pubs.aip.org/aip/apl/article/123/6/061108/2906195>.

Пресс-служба ИАиЭ СО РАН