

Низкофононный оптический кристалл $\text{Dy}^{3+}:\text{PbGa}_2\text{S}_4$ для создания лазеров среднего инфракрасного диапазона 4-6 мкм нового поколения с возможностью управления параметрами лазерной генерации, выращенный методом нанотехнологии

Информация о работах проводимых Лабораторией новейших технологий Кубанского госуниверситета совместно с сотрудником ИОФ РАН Дорошенко М.Е. в области нанотехнологий и наноматериалов.

Вплоть до настоящего времени практически отсутствуют эффективные твердотельные лазеры с излучением в области среднего ИК диапазона 4 – 6 мкм. Впервые твердотельная матрица ($\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Dy}^{3+}$) для таких лазеров была получена в Ливерморской лаборатории США [M.C. Nostrand, R.H. Page, S.A. Payne, and W.F. Krupke, P.G. Schunemann. Room-temperature laser action at 4.3–4.4 μm in $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Dy}^{3+}$ // Opt. Lett. 24(17), 1215–1217 (1999)] Кубанским госуниверситетом совместно с ИОФ АН была предложена новая лазерная матрица $\text{PbGa}_2\text{S}_4:\text{Dy}^{3+}$ [Т.Т. Basiev, М.Е. Doroshenko, V.V. Osiko, D.V. Badikov. Mid IR laser oscillations in new low phonon $\text{PbGa}_2\text{S}_4:\text{Dy}^{3+}$ crystal // OSA Topical Meetings, ASSP-2005, February 6-9, 2005, paper TuB10 Vol. 98 (2005) P. 75-79.], которая лишена большинства существенных недостатков присущих матрице $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Dy}^{3+}$.

До последнего времени не удавалось создать лазерные оптические элементы с меняющимися спектральными и генерационными свойствами за счёт наноразмерного введения активирующей примеси. Предпринимались попытки методом наноразмерной модификации кристаллической структуры получить лазерные источники излучения, например, на кристаллах $\text{YAG}:\text{Nd}^{3+}$ и керамических составах. Были обнаружены удивительные пластические и термоударные характеристики исследуемых материалов, но этот метод не дал каких либо существенных изменений спектроскопических и генерационных свойств лазерных элементов. В течение многих десятилетий, как у нас в стране, так и за рубежом, интенсивно проводились исследования оптических центров люминесценции, но обычно лазерная генерация получалась либо на преобладающих в данном кристалле оптических центрах, либо на оптических центрах, с наиболее высоким сечением люминесценции, а методики целенаправленного управления их составом не были предложены. Элементы имели в основном некие определенные параметры генерации, присущие преобладающим оптическим центрам в данной матрице, а методы управления параметрами практически не рассматривались. Лазерные генераторы с такими активными элементами мы считаем лазерами первого поколения.

Сотрудники Кубанского университета совместно с ИОФ РАН предложили новую технологию получения лазерных оптических кристаллов титогаллата свинца, активированных ионами диспрозия $\text{PbGa}_2\text{S}_4:\text{Dy}^{3+}$, на которых возможно за счет наноразмерных модификаций ближайшего окружения редкоземельных ионов осуществлять управление спектроскопическими свойствами полученных оптических центров и, соответственно, параметрами лазерного излучения. Новые низкофононные лазерные кристаллы титогаллата свинца вследствие неизовалентного замещения двухвалентных ионов свинца трехвалентными ионами РЗ и особенностью кристаллической структуры, могут содержать активные ионы в позициях с различным локальным окружением. Изменение числа таких позиций и степени заполнения их активной примесью позволяет управлять спектроскопическими и генерационными свойствами в зависимости от технологии синтеза. Решение этой задачи осуществляется за счёт введения в строго определённые места кристаллической решётки матрицы различных ионов соактиваторов. При таком точечном дозированном введении ионов соактиватора можно управлять локальным кристаллическим полем матрицы вблизи РЗ ионов, изменяя состав и соотношение между различными оптическими центрами. Зависи-

мость сечения люминесценции ионов диспрозия Dy^{3+} в тиогаллате свинца от длины волны, соответствующие переходу ${}^6H_{15/2}$ - ${}^6H_{9/2}$, показаны на рис. 1. На оптических элементах $Dy^{3+}:PbGa_2S_4$ была получена генерация почти на всех дискретных длинах волн: 4,2; 4,33; 4,52; 4,68; 5,2; 5,35; 5,5 мкм спектра сечения люминесценции, за счёт возбуждения различных оптических центров люминесценции ионов диспрозия, и изменения длительности импульса излучения в зависимости от плотности мощности накачки.

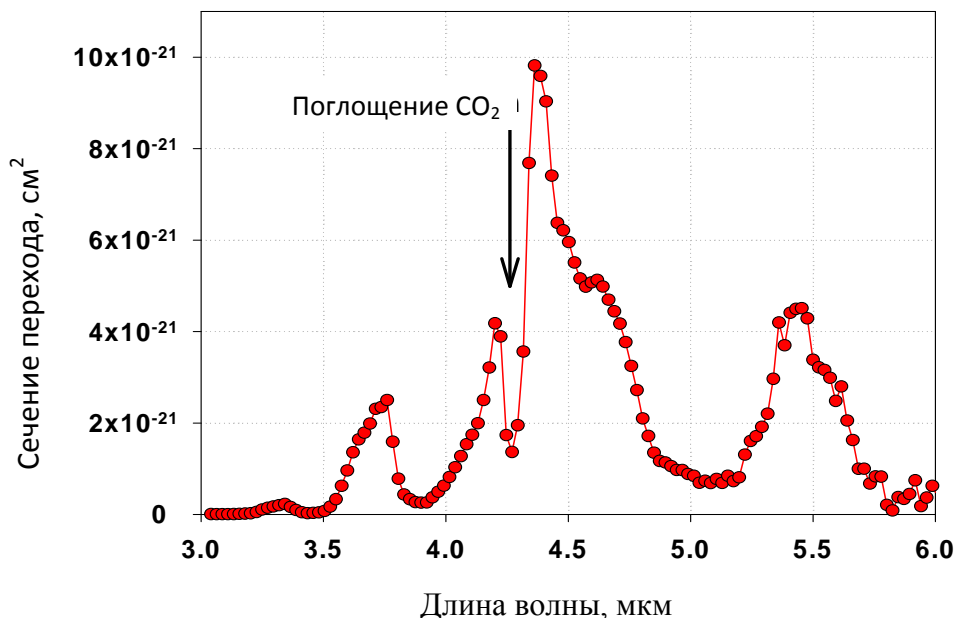


Рис. 1 – Зависимость сечения люминесценции ионов диспрозия Dy^{3+} в тиогаллате свинца от длины волны.

Нанотехнологическим методом синтеза кристаллов, были получены качественно новые активные элементы, которые мы называем элементами нового поколения. Предлагаемый метод, является малоизученным направлением развития лазерного материаловедения, использование которого позволит в лазерных кристаллах формировать различные оптические центры люминесценции и создавать кристаллы второго поколения для лазерных генераторов с управляемыми параметрами. Первые исследования лазерных материалов, полученные методом нанотехнологий, показывают огромную перспективу развития этого метода, открытия новых свойств.

D.V. Badikov, V.V. Badikov, T.T. Basiev, M.E. Doroshenko, S.B. Mirov, Y.V. Orlovskii, V.V. Osiko, G.S. Sheviryaeva. Single Crystal Laser Materials and System Containing the Same Material. Patent No: 11/357,870

Технические характеристики разрабатываемого лазерного материала:

Физические параметры:

- область пропускания - 0.44-12 мкм;
- отсутствие гигроскопичности.

Лазерные параметры:

- работа при комнатной температуре;
- длина волны генерации - 4,2, 4,33, 4,53, 4,65 мкм;

- накачка стандартным YAG:Nd³⁺ лазером 1.318 мкм ;
- поглощение на длине волны 1.318 мкм - около 3 см⁻¹;
- лазерная стойкость - более 20 МВт/ см;
- сечение на длине волны 4.3 мкм - 1×10^{-20} см²;
- пороговая энергия накачки - менее 18 мДж;
- длительность импульса генерации в зависимости от плотности мощности накачки - 200 – 600 мкс;
- эффективность генерации - до 1.5 %.