

**СИНТЕЗ ОПТИЧЕСКОЙ $\text{Nd}:(\text{Y,Gd})_2\text{O}_3$ -КЕРАМИКИ
И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕЕ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ***

В.В. Осипов¹, В.А. Шитов¹, Д.А. Васин^{1,2}, А.В. Спирина¹,
А.С. Макарова¹, А.Н. Орлов¹, Р.Н. Максимов^{1,2}

¹ Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

² Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

Рассмотрен процесс получения оптической керамики на основе твердого раствора оксидов иттрия и гадолиния, активированного ионами неодима Nd^{3+} . В качестве исходного сырья использовался нанопорошок $(\text{Nd}_{0.008}\text{Y}_{0.496}\text{Gd}_{0.496})_2\text{O}_3$, синтезированный методом лазерной абляции. Установлено, что наночастицы, полученные таким методом, исходно имеют моноклинную фазу, трансформация которой в кубическую модификацию начинается при температуре 1100 °С и полностью завершается при 1300 °С. Найдено, что наилучшая прозрачность образцов (79.9% на длине волны 1060 нм) и наименьшее содержание рассеивающих центров 2.7 ppm достигаются при вакуумном спекании нанопорошка, предварительно прокаленного при 1000 °С в течение 3 ч. В результате измерения спектра фотолюминесценции обнаружен сдвиг в коротковолновую область некоторых полос излучения Nd^{3+} в матрице $(\text{Y,Gd})_2\text{O}_3$ по сравнению с Y_2O_3 . Установлено также уширение полос и их частичное перекрытие, что свидетельствует об изменении локального окружения неодима, который внедряется в позиции не только ионов иттрия, но и гадолиния.

Ключевые слова: нанопорошок, оксид гадолиния, неодим, оптическая керамика, спектр люминесценции.

Введение

В настоящее время твердотельные лазеры, генерирующие излучение в области 1 мкм на оптических переходах иона Nd^{3+} , находят применение в медицине и материаловедении, а также в масштабных научных проектах для осуществления инерциального термоядерного синтеза [1–3]. Дальнейшее развитие Nd^{3+} -лазеров связано с уширением полос люминесценции, поскольку в режиме синхронизации мод длительность импульса обратно пропорциональна спектральной ширине генерационного перехода. В силикатных и алюминатных стеклах ширина полосы люминесценции ионов Nd^{3+} может достигать 50 нм, однако низкая теплопроводность данных матриц не позволяет увеличить частоту следования импульсов. Активные среды на основе $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ (YAG) и YVO_4 , используемые в коммерческих лазерах, обладают высокими значениями сечений стимулированного излучения и теплопроводности, но узкие структурированные линии осложняют получение ультракоротких импульсов. Кроме того, ввиду резкого несоответствия ионных радиусов и атомных масс активатора и замещаемого катиона матрицы (Y^{3+}) коэффициент сегрегации Nd^{3+} в структуре YAG составляет всего 0.18, что приводит к неоднородному распределению активирующей примеси при ее содержании >2 ат.% [4, 5]. Преодоление данной трудности представляется возможным посредством введения активных центров Nd^{3+} в матрицу с близким ионным радиусом замещаемого катиона.

Известно, что среди полуторных оксидов, обладающих кубической кристаллической решеткой, структурные характеристики Nd_2O_3 наиболее близки к Gd_2O_3 [6, 7], что предопределяет возможность формирования более однородного распределения концентрации без существенного ухудшения оптических и люминесцентных свойств. Однако полиморфное фазовое превращение Gd_2O_3 из кубической в моноклинную модификацию при температурах выше 1300 °С [8] делает невозможным выращивание кристаллов из расплава и спекание оптических керамик с помощью традиционных методов. Одним из вариантов получения прозрачной керамики на основе Gd_2O_3 является стабилизация кубической структуры за счет замещения части катионов Gd^{3+} другими изо- и гетеровалентными катионами, что, в свою очередь, дает возможность повысить температуру и достичь высокой плотности материала при спекании в отсутствие внешнего давления [9, 10]. Такой подход также является интересным с точки зрения уширения спектральных полос люминесценции активатора вследствие разупорядочения кристаллической решетки, что важно для сокращения длительности лазерных импульсов.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Свердловской области в рамках научного проекта № 20-48-660039.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>