

выращенной на точно ориентированной подложке, температурная зависимость магнитного момента описывается законом Блоха «3/2», а в выращенной на разориентированной подложке – имеет плавный не блоховский ход, описываемый в рамках теории протекания для неупорядоченных ферромагнетиков. Различия также видны на температурной зависимости степени поляризации, которые объясняются снятием закона сохранения квазимпульса в условиях сильного беспорядка в структуре на разориентированной подложке. Беспорядком в гетероструктуре InGaAs/GaAs/ δ -Mn, выращенной на разориентированной подложке объясняется также значительное уширение линий ферромагнитного резонанса и фотолюминесценции, а также быстрое затухание импульсов свечения. Определены основные обменные параметры и установлено влияние ограничений размерности на микроволновые магнитотранспортные свойства δ -Mn-слоя.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА НА СТРУКТУРНЫЕ И СПЕКТРАЛЬНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ ИТТРИЙ-АЛЮМИНИЕВОГО ГРАНАТА

Добродей А.О.

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»,
246746, г. Гомель, пр-т Октября, 48, Республика Беларусь
Научный руководитель: д.х.н. Подденежный Е.Н.

Люминофоры со структурой граната, активированные церием используются для производства светоизлучающих диодов (СД) белого цвета свечения.

Традиционная структура СД белого цвета содержит InGaN – кристалл с высокой яркостью свечения (излучающий в области 450-475 нм), покрытый компаундом, в состав которого входит люминофор на основе иттрий-алюминиевого граната (ИАГ), в котором возбуждается жёлто-зелёное или жёлто-оранжевое свечение. Суммарное излучение синего СД и желто-зеленого люминофора воспринимается глазом как свет белого цвета.

В НИЛ ТKN ГГТУ им. П.О. Сухого разработана улучшенная методика синтеза порошковых микрокристаллических люминесцентных материалов путем соосаждения гидроксидов иттрия и алюминия аммиаком [1] с последующей термообработкой (рисунок 1а).

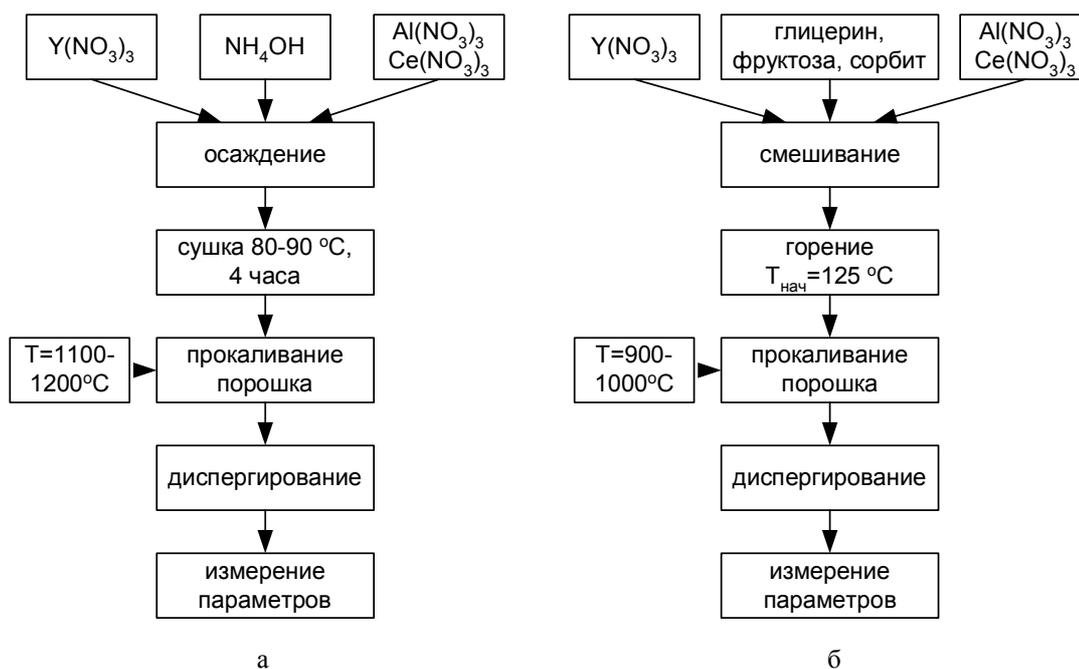


Рис. 1. Схемы получения порошка ИАГ:
а – методом соосаждения; б – методом горения.

Также разработана новая схема формирования ультрадисперсных порошкообразных материалов на основе ИАГ, легированного ионами церия методом термохимической реакции горения (рисунок 1б), в которой используется водный раствор углевода, а в качестве окислителя выступают азотнокислые соли иттрия, алюминия и церия. Полученные образцы являются исходными материалами для получения высокоплотной керамики и композитов для создания белых СД. Установлено, что при соблюдении оптимальных режимов идентифицируется фаза граната кубической модификации $Y_3Al_5O_{12}$.

С использованием методов растровой электронной микроскопии (РЭМ) была изучена морфология полученных порошков. Морфология микропорошков $Y_3Al_5O_{12}$, полученных методом соосаждения представлена на рис. 2.

Морфология наноструктурированных порошков $Y_3Al_5O_{12}$, полученных методом горения представлена на рис. 3. Из анализа данных РЭМ установлено, что получаемые порошки слабо агломерированы, легко распускаются до состояния наночастиц с размерами 40-50 нм.

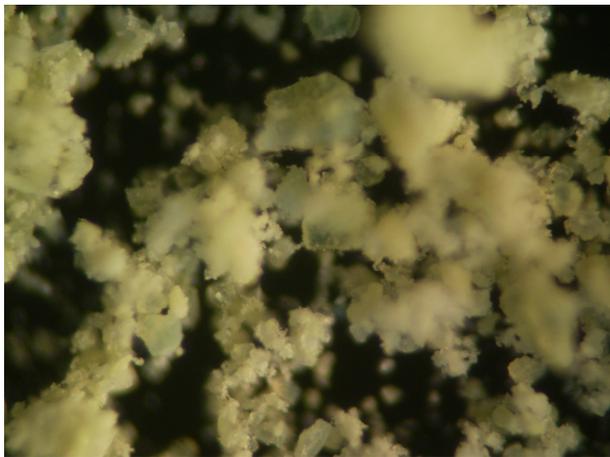


Рис. 2. Морфология микропорошков ИАГ, полученных методом соосаждения (увеличение 200^x).

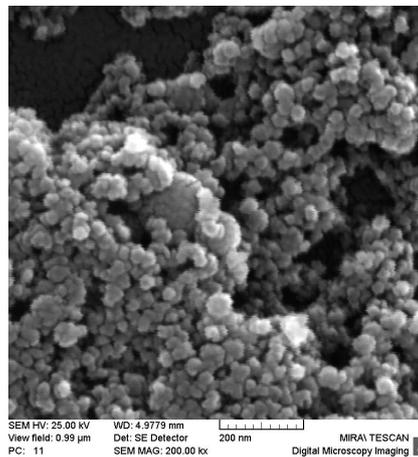


Рис. 3. РЭМ-изображение наноструктурированного порошка ИАГ кубической модификации (Тобр. = 1000 °С).

Спектрально-люминесцентные исследования порошков проводились при возбуждении люминесценции светом ртутной лампы с фильтром, вырезающим область длин волн 300-500 нм с центром на 450 нм. Порошки на основе YAG: Ce³⁺, синтезированные с использованием смеси нитратов иттрия и алюминия, и легирующих добавок, люминесцируют в диапазоне 470–750 нм (рис. 4).

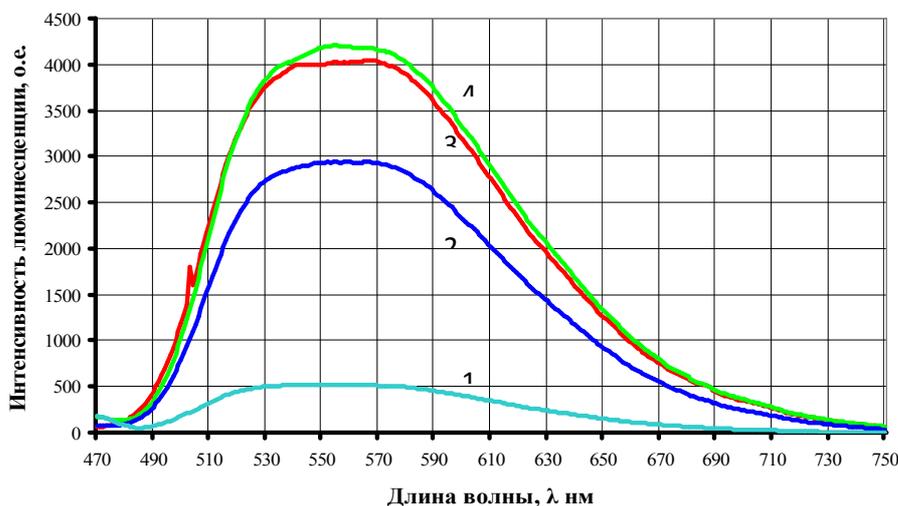


Рис. 4. Спектры люминесценции порошков люминофора: 1 – нано YAG-Ce³⁺, T=1000 °C, t=1 час, воздух; 2 – нано YAG-Ce³⁺, T=1000 °C, t=1 час, аргон; 3 – микро YAG-Ce³⁺, T=1100 °C, t=1 час, аргон; 4 – нано YAG-Ce³⁺, T=1200 °C, t=1 час, аргон.

С целью изучения влияния различных вариантов термообработки порошков люминофора в газовых средах на интенсивность люминесценции были проведены эксперименты по обжигу синтезированных материалов в воздушной атмосфере и в среде аргона при температурах 1000–1200 °C. Из рассмотрения рис. 4 можно сделать заключение, что обработка порошка YAG: Ce³⁺ в аргоне приводит к увеличению интенсивности люминесценции примерно в 8 раз.

Выводы

Разработаны методики получения порошкообразных материалов, активированных ионами редкоземельных элементов для преобразования коротковолнового излучения синих СД в белый свет.

Изучены структурные и морфологические характеристики ультрадисперсных порошков, формируемых в системе Y₂O₃-Al₂O₃, легированной ионами церия (3+).

Изучение спектрально-люминесцентных характеристик порошков люминофора подтвердило перспективность их применения для оптоэлектроники и систем освещения [2, 3].

Обжиг полученных порошков YAG: Ce³⁺ в среде аргона при температурах 1000–1200 °C приводит к увеличению интенсивности люминесценции.

Список литературы

1. Добродей, А.О. Получение наноструктурированных порошков иттрий-алюминиевого граната для светодиодов / А.О. Добродей, Е.Н. Подденежный, А.А. Бойко, Г.Е. Малашкевич, Т.Г. Хотченкова // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: IV Международная научно-техническая конференция (Минск, 19–21 октября 2009 г.): сборник материалов. – Минск: ФТИ НАН

- Беларуси, 2009. – С. 64–69.
2. Химич, Н.Н. Синтез нанодисперсных порошков иттрий-алюминиевого граната, активированного церием (III) / Н.Н. Химич, Е.Н. Подденежный, А.А. Бойко, А.В. Здравков, В.Л. Уголков, Л.А. Коптелова, Е.И. Гришкова, А.О. Добродей // Физика и химия стекла (Россия). – 2009. – т. 35, № 5. – С. 667–673.
 3. Лампа светодиодная: патент на полезную модель Респ. Беларусь, МПК⁷ H01 J 17/16 / А.О. Добродей, Е.Н. Подденежный; заявитель Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого». – № 6440; получ. 03.05.2010; опубл. 30.08.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. Цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 4 (75). – С. 236.

СТЕКЛА ДЛЯ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА, СОГЛАСОВАННЫЕ ПО КОМПЛЕКСУ СВОЙСТВ

Дяденко М.В.

Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет»,
220006, РБ, г. Минск, ул. Свердлова 13а
Научный руководитель: профессор, д.т.н. Левицкий И.А.

Оптическое волокно представляет собой систему, состоящую из световедущей жилы, светоотражающей и защитной оболочек, основным материалом для изготовления которых является стекло. Как правило, в качестве основы для его синтеза используют боросиликатные составы. Выбор стекол для световедущей жилы и оболочек обусловлен предъявляемыми к ним требованиями: они должны обладать высокой устойчивостью к кристаллизации в температурном интервале 600–1050 °С и заданным уровнем физико-химических свойств (показатель преломления, температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР), вязкость) [1].

Промышленный состав стекла марки ТБФ–10 для изготовления световедущей жилы характеризуется кристаллизацией в температурном интервале вытягивания волокна, что приводит к повышенному браку выпускаемой продукции и увеличению затрат электроэнергии. Исследованиями фазового состава установлено, что в качестве основных продуктов кристаллизации выступают лантан- и титансодержащие фазы: LaTiO_3 , $\text{Ba}_2\text{LaZrO}_{5,5}$, $\text{La}(\text{B}_{0,95}\text{SiO}_{4,93})$.

Стекло для световедущей жилы оптического волокна относится к сложным поликомпонентным системам, поэтому предупреждение фазового разделения у стекол данного типа является сложной задачей и вызывает большие трудности при ее решении. По данному вопросу в литературе имеются лишь отрывочные сведения о влиянии отдельных оксидов на кристаллизационную способность оптических стекол [2, 3].

Для решения поставленной задачи синтезирована серия стекол (серия «О») на основе системы $\text{BaO-La}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2\text{-ZrO}_2\text{-Nb}_2\text{O}_5$, в которой сумма оксидов ($\text{B}_2\text{O}_3\text{+ZrO}_2\text{+SiO}_2\text{+Nb}_2\text{O}_5$) сохранялась постоянной и составляла 60 мол. %. Тройная система $\text{BaO-La}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ изучена относительно слабо и сведения о влиянии концентрации данных оксидов на структуру и свойства стекол в литературе являются отрывочными. Поэтому исследование указанной системы представляет научный и практический интерес.

Стекла изучаемой системы в той или иной степени проявляют признаки фазового разделения. Минимальная степень кристаллизации характерна для стекол с содержанием BaO 20–35 мол. % и концентрацией La_2O_3 , составляющей 5 мол. %. Наиболее склонными к кристаллизации являются стекла, в которых концентрация оксида титана составляет 12–25 мол. %, а содержание оксида лантана – 15–25 мол. %. Методом ЭПР и рентгенографическими исследованиями установлено, что поверхностное глушение стекол связано с наличием кристаллических образований, в которых присутствуют ионы Ti^{+4} .

При определении показателя преломления опытных стекол установлено, что высокие значения ему обеспечивают добавки оксидов титана и лантана в связи с высокими зарядами катионов и минимальными ионными радиусами.

Исследуемые стекла относятся к инвертному типу, что является причиной нетрадиционного влияния TiO_2 на ряд свойств. При увеличении содержания La_2O_3 на изолиниях с постоянным содержанием оксида титана наблюдается уменьшение ТКЛР опытных стекол в результате упрочнения структуры стекла за счет появления более прочных, чем Ba-O связей. Однако при концентрации оксида лантана 15–20 мол. % наблюдается увеличение ТКЛР на $(1-3) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$, что вероятно связано с перераспределением количества мостиковых и немостиковых атомов кислорода и преобладанием последних, которые снижают прочность стеклообразной сетки стекла. При содержании La_2O_3 20–25 мол. % наблюдается последующее снижение величины ТКЛР. Следует также отметить постепенное исчезновение максимума с увеличением концентрации TiO_2 за счет того, что $\text{Ti}(\text{IV})$ встраивается в сетку стекла, способствуя ее упрочнению, проявляющемуся в снижении ТКЛР.

При исследовании вязкости опытных стекол в интервале $10^{10}\text{-}10^4$ Па·с отмечены особенности влияния BaO на эти значения. Его введение вместо оксида титана в состав опытных стекол в количестве 15–30 мол. % способствует смещению интервала вязкости стекол $10^{10}\text{-}10^7$ Па·с на 50–60 °С в область более высоких температур. Можно предположить, что данная закономерность обусловлена наличием в составе стекол B_2O_3 в количестве 24 мол. %, который может присутствовать в матрице стекол в трех- и четырехкоординированном состоянии. Введение оксида бария в состав исследуемых стекол в указанном выше количестве приводит к появлению дополнительного кислорода, который идет на построение тетраэдров $[\text{BO}_4]$. В связи с этим увеличивается доля групп $[\text{BO}_4]$, встраиваемых в кремнекислородный каркас и способствующих росту его прочности. Последующие добавки BaO в количестве 30–40 мол. % обеспечивают смещение интервала вязкости $10^{10}\text{-}10^7$ Па·с на 10 °С в область более низких температур в связи с последующим снижением концентрации TiO_2 от 10 мол. % до 0 мол. % и уменьшением доли