

## ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертационную работу Васильева  
Дмитрия Антоновича "ОПТИЧЕСКОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ И  
ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК  
(Pb,Gd)<sub>3</sub>Al<sub>x</sub>Ga<sub>5-x</sub>O<sub>12</sub> при 2 < x < 5, АКТИВИРОВАННЫХ ИОНАМИ  
ЦЕРИЯ", представленную на соискание учёной степени кандидата  
физико-математических наук по специальности 01.04.07 - физика  
конденсированного состояния**

В диссертационной работе Васильева Д.А. решается задача создания нового типа сцинтиллятора на основе эпитаксиальных гранатовых плёнок (Pb,Gd)<sub>3</sub>Al<sub>x</sub>Ga<sub>5-x</sub>O<sub>12</sub> при 2 < x < 5, активированных ионами церия. Монокристаллы гадолиниевых гранатов характеризуются высокой лучевой прочностью и находят широкие применения в электронно-оптических устройствах. Решение задачи, поставленной в диссертации Васильева Д.А., является актуальным для установления закономерностей процессов люминесценции в зависимости от состава компонентов кристаллических твёрдых растворов люминофоров и концентрации активирующих их редкоземельных элементов, вводимых в кристаллическую решётку твёрдого раствора. Важность решения такой задачи обусловлена перспективностью использования тонкоплёночных гранатовых люминофоров-сцинтилляторов для оптимизации процессов катодолюминесценции в экранах электронно-оптических преобразователей, имеющих большое практическое значение. Ранее тонкие люминесцентные экраны на основе гадолиниевых гранатов создавались на основе использования габаритных монокристаллов, подвергнутых механической обработке с целью формирования тонких монокристаллических пластин. Оригинальным моментом диссертационной работы Васильева Д.А. является метод создания гадолиний-гранатовых плёнок на поверхности соответствующего монокристалла путём жидкофазной эпитаксии (ЖФЭ). При этом открывается возможность для изменения состава компонентов твёрдого раствора в широком диапазоне

концентраций, а также возможность для изменения концентрации примесного редкоземельного элемента (церия) с целью оптимизации люминесцентных свойств создаваемого сцинтиллятора.

В диссертационной работе Васильева Д.А. развита технология выращивания при различных режимах синтеза тонких гранатовых плёнок  $(\text{Pb,Gd})_3\text{Al}_x\text{Ga}_{5-x}\text{O}_{12}$ , активированных ионами церия. при различных концентрациях  $x$  ( $2 < x < 5$ ) компонентов твёрдого раствора на основе метода ЖФЭ. Плёнки  $(\text{Pb,Gd})_3\text{Al}_x\text{Ga}_{5-x}\text{O}_{12}$ , выращивались из переохлажденных растворов-расплавов  $\text{PbO}-\text{B}_2\text{O}_3$  при концентрациях в шихте оксидов гадолиния от 0.2 до 0.5 мол. %, церия от 0.03 до 0.3 мол. % и алюминия от 2 до 5 мол. %. В результате развитой технологии было получено большое число образцов, доступных для проведения систематических исследований оптических свойств с целью поиска оптимального состава для создания эффективного тонкоплёночного сцинтиллятора, перспективного для использования в качестве катодолюминесцентного экрана в электронно-оптическом преобразователе.

На основе использования современных спектрофотометров и люминесцентных спектрометров в диссертации Васильева Д.А. были установлены характеристики спектров поглощения и люминесценции в различных типах синтезированных образцов. Наблюдаемые полосы поглощения были отнесены к соответствующим электронным переходам в ионах  $\text{Ce}^{3+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Gd}^{3+}$ ,  $\text{Ce}^{4+}$ . Обнаружено, что замещение ионов галлия ионами алюминия в структуре  $(\text{Pb,Gd})_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  приводит к спектральному сдвигу полос поглощения ионов  $\text{Ce}^{3+}$  и  $\text{Pb}^{2+}$ . Установлено, что появление примесных центров  $\text{Ce}^{4+}$  в структуре  $(\text{Pb,Gd})_3(\text{Al,Ga})_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  приводит к длинноволновому сдвигу полосы поглощения ионов  $\text{Ce}^{3+}$  до 360 нм и соответствующему уменьшению интенсивности этой полосы. В результате анализа спектров возбуждения фотолюминесценции показано, что наиболее

интенсивным сигналом фотолюминесценции наблюдается при использовании в качестве возбуждающего излучения источника с длиной волны 440 нм.

В связи с необходимостью получения информации о кинетических характеристиках исследуемых процессов люминесценции в синтезированных гранатовых плёнках в диссертации Васильева были измерены времена затухания катодолюминесценции, возбуждаемой пикосекундным электронным пучком. Теоретический анализ кривой затухания проводился на основе аппроксимации экспериментальной зависимости в виде двух экспонент, соответствующих быстрому и медленному процессам затухания. В результате установлено, что эпитаксиальная плёнка  $\text{Pb}_{0,02}\text{Ce}_{0,05}\text{Gd}_{2,93}\text{Al}_{4,29}\text{Ga}_{0,71}\text{O}_{12}$  характеризуется временами затухания катодолюминесценции: 22 нс (20 %) для быстрой компоненты и 67 нс (80 %) для медленной компоненты.

На основе выполненных экспериментов по фотолюминесценции и катодолюминесценции установлен состав раствора-расплава, из которого выращивались эпитаксиальные плёнки  $(\text{Pb,Gd})_3\text{Al}_x\text{Ga}_{5-x}\text{O}_{12}:\text{Ce}$  при  $2 < x < 5$ , соответствующий максимальной интенсивности фотолюминесценции ионов  $\text{Ce}^{3+}$  и максимальному значению световыхода катодолюминесценции. Как оказалось, при выращивании из переохлажденного раствора-расплава  $\text{PbO}-\text{V}_2\text{O}_3$  при концентрациях в шихте оксидов гадолиния 0.4 мол. %, алюминия 4.5 мол. % и церия 0.2 мол. % формируется эпитаксиальная плёнка  $\text{Pb}_{0,01}\text{Ce}_{0,03}\text{Gd}_{2,96}\text{Al}_{3,14}\text{Ga}_{1,86}\text{O}_{12}$ , характеризующаяся максимальной интенсивностью фотолюминесценции ионов  $\text{Ce}^{3+}$  на длине волны излучения 532 нм при возбуждении ультрафиолетовым излучением с длиной волны 165 нм. При этом реализуется максимальное значение световыхода катодолюминесценции: 51500 фотонов/МэВ при времени затухания медленной компоненты 61.0 нс (68 %).

В качестве замечаний к данной диссертации отметим следующее.

1. Эпитаксиальные плёнки  $(\text{Pb,Gd})_3\text{Al}_x\text{Ga}_{5-x}\text{O}_{12}:\text{Ce}$  выращивались на монокристаллических подложках  $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$  (GGG) и  $\text{Gd}_3\text{Al}_{2.26}\text{Ga}_{2.74}\text{O}_{12}$  (GAGG). При этом в диссертации практически отсутствует информация о кристаллической структуре используемых подложек, о влиянии кристаллического поля подложек на наблюдаемые спектры, об устойчивости используемых подложек к оптическому и электронному возбуждению. В связи с этим остаются нераскрытыми преимущества используемых подложек перед другими монокристаллами.

2. В диссертации не представлено теоретическое обоснование найденных экспериментально параметров синтезированных плёнок, соответствующих оптимальным характеристикам разрабатываемых сцинтилляторов.

3. В тексте диссертации и автореферата имеется небольшое количество опечаток.

Высказанные замечания по диссертации Васильева Д.А. не являются принципиальными и не снижают общий высокий уровень представленной диссертационной работы. Оценивая диссертацию Васильева Д.А. в целом, следует отметить, что в данной работе решена важная научная и практическая задача создания нового типа сцинтиллятора, обеспечивающего возможность эффективной работы экранов электрооптических преобразователей. Получены важные научные результаты о закономерностях фотолюминесценции и катодолюминесценции твёрдых кристаллических растворов, легированных редкоземельными ионами. Основные результаты диссертации Васильева Д.А. опубликованы в рецензируемых научных журналах и апробированы на представительных научных конференциях. Текст автореферата хорошо отражает содержание диссертации.

Таким образом, диссертационная работа Васильева Дмитрия Антоновича отвечает всем требованиям ВАК РФ, изложенным в п.9. Положения ВАК РФ

«О присуждении ученых степеней" (утвержденного постановлением правительства РФ от 24.09.2013. № 842), а ее автор, Васильев Дмитрий Антонович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07. – «Физика конденсированного состояния»

Главный научный сотрудник ФГБУН «Физического института им. П. Н. Лебедева» РАН доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации

09.04.2019г



В.С. Горелик

[gorelik@sci.lebedev.ru](mailto:gorelik@sci.lebedev.ru)

Подпись В.С. Горелика

ЗАВЕРЯЮ.

Учёный секретарь ФГБУН

«Физического института им. П. Н. Лебедева» РАН,

кандидат физико-математических наук



Колобов А. В.

ФГБУН «Физический институт им. П. Н. Лебедева» РАН

119333, г. Москва, Ленинский пр-кт, 53,

Рабочий телефон +7(499) 1326905