

Рисунок 5 – Схема подключения прожекторов по протоколу DMX-512

Протокол разработан комитетом USITT, как средство управления диммерами с различных консолей через стандартный интерфейс. Система связи между устройствами строится на высококачественных кабелях (типа 24 AWG (7/0.2) или выше) и разъемах (XLR), которые должны соответствовать стандарту EIA485 (RS485) и определяются длиной линии.

Корректная работа сети DMX512 (особенно при использовании длинных кабелей) возможна только в том случае, когда от передающего устройства к принимающему идет одна единственная линия [2].

На практике рекомендуется использовать линии длиной не более 500 м. В противном случае надо предусмотреть возможность использования усилителей сигнала (репитеров).

Для работы конечного светового устройства нужен DMX-декодер (рисунок 5).

Существенным ограничением протокола DMX-512 является невозможность использования

У-кабелей, особенно на большом удалении от передающего устройства, что приводит к возникновению сложного набора отраженных сигналов, а также вызывает серьезные искажения исходных сигналов и способствует увеличению числа сбоев всей системы. Единственным надежным методом разделения линии DMX512 на две или несколько ветвей является использование усилителей-разветвителей [3].

Литература

1. Красный сектор. Главная/Каталог/Световое оборудование/ Архитектурные светильники и светодиодные приборы. 2014. <http://redsector.ru/>.
2. Adam Bennette. Руководство по применению DMX512. Copyright © PLASA 1994. – Перевод на русский язык и оформление "ДСЛ" 1995-2012. <http://dsl.msk.ru/rus/around/dmx512/dmx512.htm#p2>
3. Управление RGB прожекторами. 2013-2017. <http://светомастер.рф/>.

УДК 535.37

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НОВЫХ НЕОДИМОВЫХ ФТОРИДНЫХ СТЕКОЛ С НЕБОЛЬШИМИ ДОБАВКАМИ ФОСФАТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Ясюкевич А.С.¹, Демеш М.П.¹, Гусакова Н.В.¹, Дернович О.П.¹, Кулешов Н.В.¹, Колобкова Е.В.², Никоноров Н.В.²

¹НИЦ Оптических материалов и технологий, Белорусский национальный технический университет Минск, Республика Беларусь

²Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Фторфосфатные стекла, как лазерные материалы, отличаются низкой энергией фононов, сохраняют высокое оптическое качество при больших концентрациях РЗИ и имеют широкие спектральные линии, что представляет интерес для получения или усиления коротких световых импульсов.

В данной работе изучались фторфосфатные стекла состава $5\text{Ba}(\text{PO}_3)_2\text{-AlF}_3\text{-CaF}_2\text{-MgF}_2\text{-BaF}_2\text{-SrF}_2\text{-xNdF}_3$ где $x = 0.1, 0.3, 0.5, 1, 2, 5$ мол. %. Исходные материалы нагревались в углеродном тигле в аргоновой атмосфере при температуре 1000–1050°С. Затем охлажденные образцы отжигались при 450° С близкой температуре стекло-

вания для устранения внутренних напряжений в стекле.

Спектры поглощения регистрировались на спектрофотометре Cary 5000. Спектры люминесценции записывались на экспериментальной установке, состоящей из монохроматора МДР 23, синхронного усилителя SR830 и фотоприемного устройства, связанного с компьютером. Источником возбуждения люминесценции являлся лазерный диод (ЛД), работающий на длине волны ≈ 808 нм. Кинетики затухания люминесценции регистрировались цифровым запоминающим осциллографом, сопряженным с фотоприемником и монохроматором МДР 12. Люминесценция возбуждалась световым импульсом параметрического генератора длительностью ≈ 20 нс на длине волны ≈ 808 нм.

На рис. 1 показаны спектры сечений поглощения образцов фторфосфатных стекол с Nd^{3+} . По спектрам сечений (см. рис. 1) был проведен расчет интенсивностей линий в спектре поглощения по методу Джадда-Офельта (Д-О).

Значения матричных элементов приведенного тензора U были взяты из работы [1]. Экспериментальные и расчетные значения сил осцилляторов представлены в таблице 1.

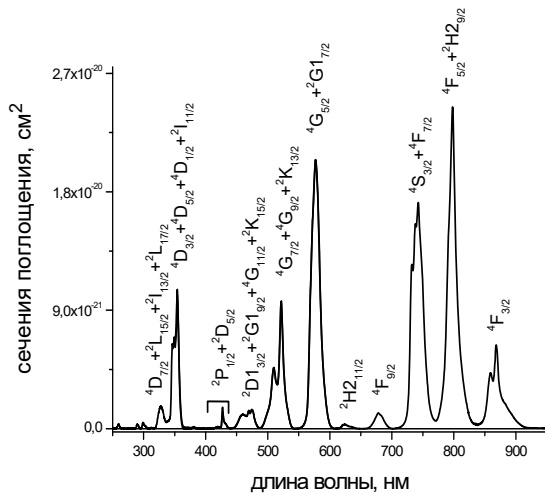


Рисунок 1 – Спектры сечений поглощения ионов Nd^{3+} в образцах фторфосфатных стекол

Таблица 1 – Экспериментальные f_{exp}^{ed} и расчетные f_{calc}^{ed} электродипольные силы осцилляторов

Возбужденные состояния	$f_{\text{exp}}^{ed} 10^6$	$f_{\text{calc}}^{ed} 10^6$
$4F_{3/2}$	1.78	1.95
$4F_{5/2}, 2H_{29/2}$	6.84	6.74
$4S_{3/2}, 4F_{7/2}$	7.11	7.31
$4F_{9/2}$	0.48	0.56
$4G_{5/2}, 2G_{17/2}$	11.22	11.28
$2K_{13/2}, 4G_{9/2}, 4G_{7/2}$	5.69	4.59
$2K_{15/2}, 4G_{11/2}, 2G_{19/2}, 2D_{13/2}$	1.56	1.13
$2P_{1/2}+2D_{15/2}$	0.39	0.52
$4D_{3/2}, 4D_{5/2}, 4D_{1/2}, 2I_{11/2}$	8.97	9.43
rms. dev. 10^6	0.53	

В таблице 2 приведены значения омега параметров, которые получаются при подгонке расчетных электродипольных сил осцилляторов к экспериментальным.

Таблица 2 – Омега параметры

$\Omega_2 10^{20}, \text{cm}^2$	$\Omega_4 10^{20}, \text{cm}^2$	$\Omega_6 10^{20}, \text{cm}^2$
2.005	4.025	5.674

На рис. 2 представлен спектр люминесценции ионов Nd^{3+} с уровня $4F_{3/2}$.

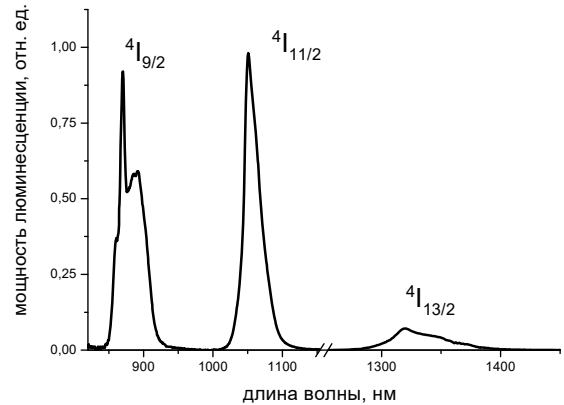


Рисунок 2 – Спектр люминесценции ионов Nd^{3+} с уровня $4F_{3/2}$ для образца стекла с содержанием NdF_3 0.1 мол. %.

Коэффициенты ветвления люминесценции с уровня $4F_{3/2}$, рассчитанные по Д-О весьма близки к экспериментально полученным значениям, см. таблицу 3.

Таблица 3 – Расчетные и экспериментальные значения коэффициентов ветвления люминесценции с уровня $4F_{3/2}$

	λ, nm	$\beta_{\text{exp}}, \%$	$\beta_{\text{calc}}, \%$
$4F_{3/2} \rightarrow 4I_{15/2}$	1860	0	0.5
$4F_{3/2} \rightarrow 4I_{13/2}$	1325	7	11
$4F_{3/2} \rightarrow 4I_{11/2}$	1056	50	50
$4F_{3/2} \rightarrow 4I_{9/2}$	880	43	38

Также из расчетов по Д-О были определено радиационное время жизни уровня $4F_{3/2}$, которое составило 452 мкс.

Существенно важными характеристиками неодим содержащих сред как лазерных материалов являются сечения стимулированного испускания на переходах $4F_{3/2} \rightarrow 4I_{13/2}$, $4F_{3/2} \rightarrow 4I_{11/2}$ и $4F_{3/2} \rightarrow 4I_{9/2}$. Для двух первых переходов сечения были определены по формуле Фюхтбауэра-Ладенбурга (ФЛ) [2] и представлены на рис. 3.

Переход $4F_{3/2} \rightarrow 4I_{9/2}$ является квази трехуровневым, что приводит в общем случае к перепоглощению люминесценции и, следовательно, к искажению спектра сечения стимулированного испускания рассчитанному по ФЛ.

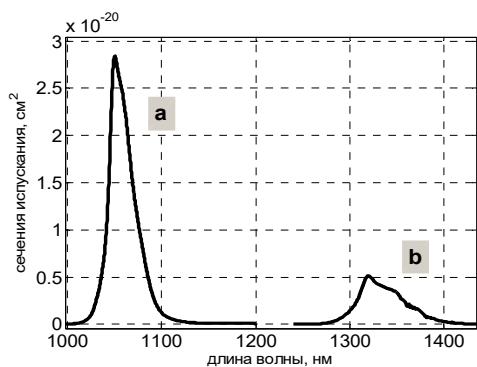


Рисунок 3 – Спектры сечений стимулированного испускания на переходах ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$ (a) и ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{13/2}$ (b)

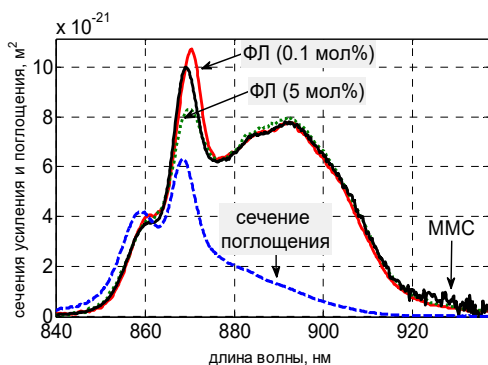


Рисунок 4 – Спектры сечения стимулированного испускания на переходе ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{9/2}$ рассчитанные по ФЛ и ММС

В этом случае можно воспользоваться модифицированным методом соответствия (ММС) [2], который свободен от влияния перепоглощения. На рис. 4 представлены спектры сечений стимулированного испускания рассчитанные по ФЛ и ММС. Видно, что для образцов с малым

содержанием NdF_3 оба метода приводят к практически одинаковому результату.

При исследовании кинетик затухания люминесценции с уровня ${}^4F_{3/2}$ был установлен неэкспоненциальный характер затухания люминесценции. Была исследована концентрационная зависимость эффективного времени жизни уровня ${}^4F_{3/2}$ и было показано, что основным механизмом концентрационного тушения люминесценции является диполь-дипольное взаимодействие.

Таким образом, в данной работе были исследованы спектроскопические характеристики фторфосфатных стекол с различным содержанием NdF_3 группы. На основе спектров сечений поглощения был проведен расчет по Д-О и определены коэффициенты ветвления люминесценции с уровня ${}^4F_{3/2}$ и его радиационное время жизни. Это позволило рассчитать спектры сечений стимулированного испускания на переходах ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{13/2}$, ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$ и ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{9/2}$. Также было показано, что основным механизмом концентрационного тушения люминесценции с уровня ${}^4F_{3/2}$ является диполь-дипольное взаимодействие.

Литература

1. А.А. Kaminskii, G. Boulon, M. Buoncrisiani et al, Spectroscopy of a new laser garnet $Lu_3Sc_2Ga_3O_{12}:Nd^{3+}$, Phys. Stat. Sol. (a), V.141, pp. 471–494, (1994)
2. А.С. Ясюкевич, В.Г. Щербицкий, В.Э. Кисель и др. Интегральный метод соответствия в спектроскопии лазерных кристаллов с примесными центрами, Журнал прикладной спектроскопии, Т. 71, № 2. – С. 187–192, (2004).

УДК 535.37

СПЕКТРАЛЬНО-КИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОКСИФТОРИДНЫХ СТЕКОМАТЕРИАЛОВ, АКТИВИРОВАННЫХ ИОНАМИ ТУЛЛИЯ

Ясюкевич А.С.¹, Демеш М.П.¹, Гусакова Н.В.¹, Дернович О.П.¹, Кулешов Н.В.¹, Рачковская Г.Е.²

¹НИЦ Оптических материалов и технологий, Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

²Белорусский государственный технологический институт, Минск, Республика Беларусь

Стекла и кристаллы активированные ионами туллия, представляют интерес для создания на их основе лазерных источников излучающих в области спектра 2 мкм. Они находят применения в системах дистанционного зондирования атмосферы, оптической связи, экологического мониторинга окружающей среды. [1].

В данной работе изучены спектроскопические характеристики легкоплавких оксифторидных стекол, синтезированных на основе системы $SiO_2-GeO_2-PbO-PbF_2-CdF_2$ и активированных ионами туллия Tm^{3+} . Исследуемые оксифторидные стекла отличаются низкой температурой

синтеза (950 ± 50 °С), что выгодно отличает их от оксидных силикатных и боросиликатных стекол, для получения которых требуются более высокие температуры ($1300-1500$ °С). Кроме того, преимуществом этих стекол является то, что они сочетают в себе хорошие спектроскопические, структурные и тепловые характеристики, а также химическую устойчивость, присущие фторидным и оксидным матрицам. Ионы туллия вводились в состав стекла оксидом Tm_2O_3 , содержание которого составляло: 0.01, 0.1, 0.5, 1,0 и 2,0 мол. %.

Спектры поглощения записывались на спектрофотометре Cary 5000, регистрация спектров