

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Б. Дэндэвчулуун, Д. Товуудорж Физико-геологическое моделирование меднорудных узлов по результатам региональных геофизических исследований. Тязисы докладов научно-практического семинара, посвященного 50 летию геологической службы МНР. Улан-Батор, 1989 124 с.
2. И. Г. Павлова Закономерности размещения медно-порфировых месторождений орогенных поясов. Москва, 1981

## СПЕКТРАЛЬНО-КИНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИЦИЙ ПММА/CDS:EU:TB

У Маохуа, В.П. Смагин, С.С. Вильчинская

Научный руководитель: Вильчинская Светлана Сергеевна,  
к.ф.м.н., доцент ТПУ

<sup>1</sup> Томский политехнический университет, г. Томск

<sup>2</sup> Алтайский государственный университет, г. Барнаул

Композиты на основе полиметилметакрилата, модифицированного сульфидом кадмия и редкоземельными элементами являются перспективными материалами для светотехники, оптики, электроники [1-4]. В зависимости от состава металлсодержащих модификаторов композиции могут избирательно поглощать или пропускать электромагнитное излучение, люминесцировать, проводить ток и т.д. Введение в композиции совокупности модификаторов формирует комплекс свойств, которые могут проявляться одновременно, либо независимо, соответственно условиям их возбуждения. В качестве модельных композиций, предоставляющих такие возможности, могут выступать композиции на основе оптических полимеров. Однако, исследований оптических полимеров, одновременно модифицированных полупроводниками и лантаноидами недостаточно.

В работе исследовали стеклообразные, оптически прозрачные полимерные композиции на основе полиметилметакрилата (ПММА), модифицированного сульфидом кадмия (CdS), CdS и европием (Eu), CdS и тербием (Tb), CdS и смесью Eu и Tb толщиной 4 мм. Образцы, содержащие сульфид кадмия, имеют желто-зеленую окраску, характерную для сульфида кадмия. Образцы были синтезированы профессором Алтайского государственного университета,

д.х.н. Смагиным В.П. Методика изготовления образцов подробно описана в [4].

Образец ПММА:СdS:Тb(III) приготовлен на основе полиметилметакрилата (ПММА), модифицированного сульфидом кадмия (СdS) и Тb. Образец ПММА:СdS:Eu(III) приготовлен на основе полиметилметакрилата (ПММА), модифицированного сульфидом кадмия (СdS) и Eu. Образец ПММА:СdS:Eu(III):Тb(III) приготовлен на основе ПММА, модифицированного сульфидом кадмия (СdS) Тb и Eu.

Для регистрации кинетики затухания фотолюминесценции (ФЛ) использовали методику импульсной спектрометрии с наносекундным временным разрешением. ФЛ возбуждали импульсным азотным лазером с длиной волны 337,1 нм. Длительность импульса составляла 2,5 нс. Данный метод позволял регистрировать кинетики затухания ФЛ образцов с помощью монохроматора МДР-23(обратная линейная дисперсия 1,3 нм/мм), ФЭУ-84 и осциллографа TDS 2014. Под действием УФ излучения азотного лазера с длиной волны 337,1 нм композиции люминесцируют, спектры ФЛ показаны на рис. 1-3. Наблюдается красное и зеленое свечение, соответственно для композиций, содержащих европий (III) и тербий (III).

В спектре люминесценции ПММА:СdS:Тb наиболее интенсивными являются четыре полосы  $\lambda_1=488$  нм,  $\lambda_2=544$  нм,  $\lambda_3=585$  нм,  $\lambda_4=621$  нм. В спектре люминесценции ПММА:СdS:Eu наблюдаются полосы ФЛ  $\lambda_1=579$  нм,  $\lambda_2=592$  нм,  $\lambda_3=614$  нм,  $\lambda_4=650$  нм,  $\lambda_5=698$  нм. Наиболее интенсивный  $5D_0 \rightarrow 7F_2$  электронный переход (616 нм) придает образцу красное свечение. Наблюдаемая спектральная картина типична для европия (III). Она мало зависит от вида матрицы, в которой находятся ионы европия (III). В спектре ФЛ ПММА:СdS:Eu:Тb наблюдаются следующие полосы  $\lambda_1=488$  нм,  $\lambda_2=544$  нм,  $\lambda_3=579$  нм,  $\lambda_4=592$  нм,  $\lambda_5=614$  нм,  $\lambda_6=650$  нм,  $\lambda_6=698$  нм.

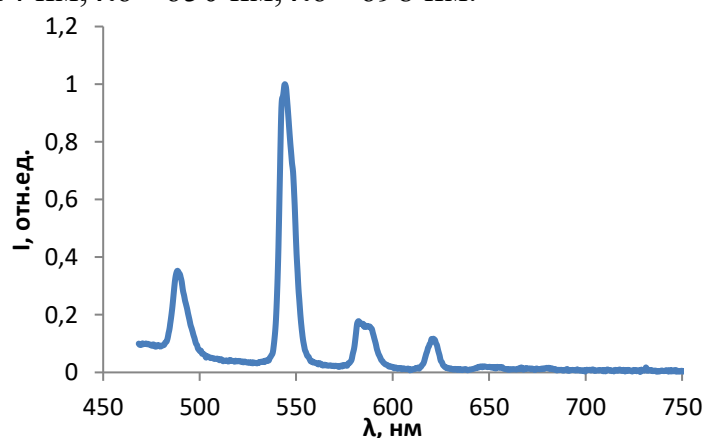


Рис. 1 Спектр фотолюминесценции композиции ПММА:СdS:Тb

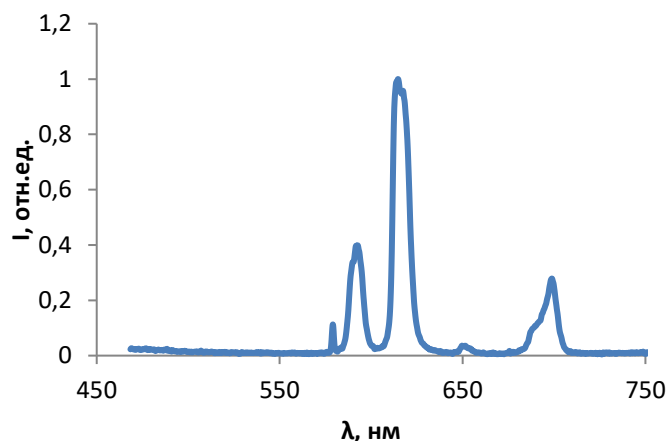


Рис. 2 Спектр фотолюминесценции композиции ПММА:СdS:Eu

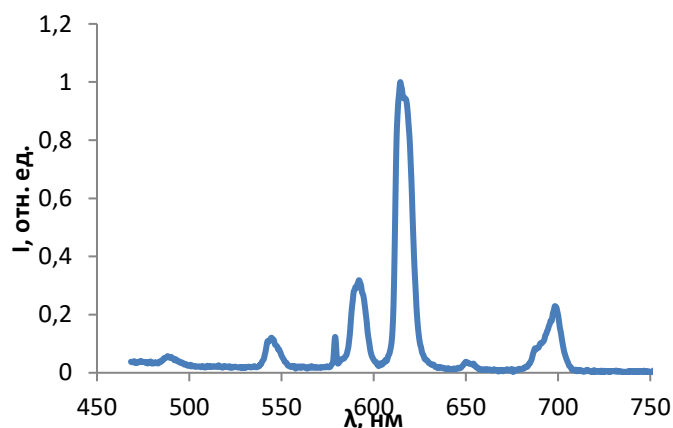


Рис. 3 Спектр фотолюминесценции композиции ПММА:СdS:Eu:Tb

Спектрально-кинетические измерения короткоживущей люминесценции производятся методом последовательного измерения осциллограмм свечения образцов при заданных длинах волн после импульса азотного лазера.

Продолжительность послесвечения люминесцирующих веществ - одно из основных свойств их свечения. Длительность свечения весьма важная величина, которая входит во все теоретические расчеты кинетики процессов излучения и в соединении с другими признаками позволяет установить кинетику процесса. Поэтому длительность свечения является предметом многочисленных исследований. В процессах с экспоненциальным законом затухания длительность излучения определяют характеристическим временем затухания  $\tau$  - время, в течение которого интенсивность свечения изменяется в  $e$  раз.

Обычно кинетика затухания свечения описывается уравнением:

$$I = I_0 e^{-t/\tau}, \quad (1)$$

$I_0$  – интенсивность свечения в начальный момент времени;  $I$  – интенсивность свечения в момент времени  $t$ . Из уравнения определяется характеристическое время затухания  $\tau$ . При расчетах времени затухания пользуются программой Microsoft Excel.

При наличии нескольких типов центров свечения с характерными для них временами релаксации  $\tau_i$ , после окончания возбуждения последовательно исчезают свечения центров с возрастающими характеристическими временами релаксации [5].

В случае многокомпонентного характера затухания свечения во времени кинетика затухания свечения описывается уравнением:

$$I_{\lambda}(t) = \sum_{i=1}^N I_{0\lambda i} \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau_i}\right), \quad (2)$$

где  $I_{\lambda}(t)$  - величина сигнала в момент времени  $t$  при длине волны  $\lambda$ ;  $I_{0\lambda i}$ - амплитудное значение сигнала (при  $t=0$ ) компонента затухания с  $\tau_i$ ,  $t$  - текущая координата времени;  $N$ -количество компонентов затухания свечения.

Отметим, что выделение компонентов затухания свечения в каждом конкретном случае представляет собой сложную задачу. Решение задачи упрощается, если значения характеристических времен затухания компонентов существенно различаются между собой.

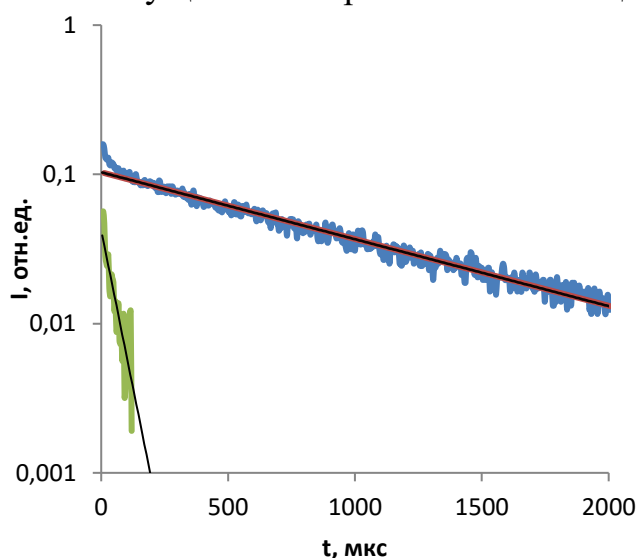


Рис. 4. Кинетика затухания ИФЛ ПММА: CdS: Tb при  $\lambda = 544$  нм в полулогорифмических координатах ( $\tau_1 = 950$  мкс,  $\tau_2 = 50$  мкс)

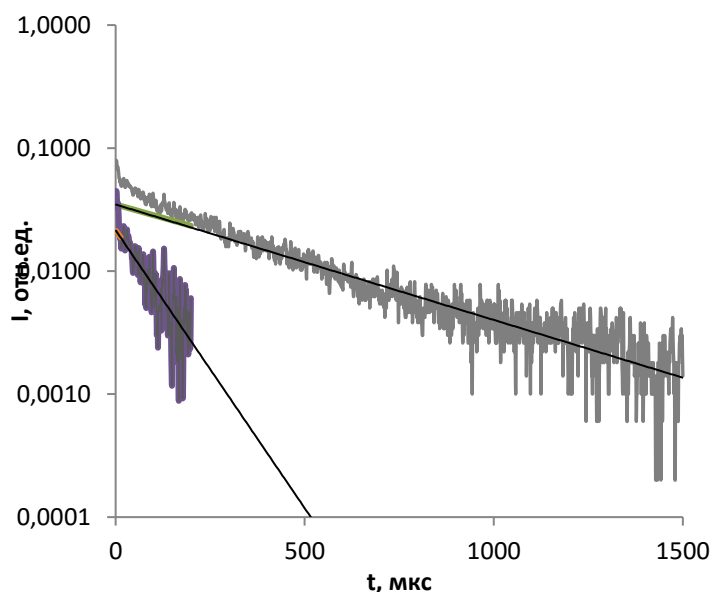


Рис. 5. Кинетика затухания ИФЛ CdS-Eu-Tb при  $\lambda = 592$  нм в полулогорифмических координатах ( $\tau_1 = 380$  мкс,  $\tau_2 = 90$  мкс)

На рис. 5, в качестве примера, приведена кинетика затухания импульсной фотолюминесценции (ИФЛ) CdS-Eu-Tb при  $\lambda = 592$  нм в полулогорифмических координатах, которая, описывается при 300 К суммой двух экспонент:

$$I(t) = C_1 \exp(-t/\tau_1) + C_2 \exp(-t/\tau_2),$$

где  $\tau_1 = 380$  мкс,  $\tau_2 = 90$  мкс.

Таблица 1

Спектрально-кинетические характеристики ИФЛ композиций

ПММА:СdS:Тb(III)			ПММА: СdS:Eu(III)			ПММА:СdS:Eu(III):Тb(III)		
$\lambda$ , нм	$\tau_1$ , мкс	$\tau_2$ , мкс	$\lambda$ , нм	$\tau_1$ , мкс	$\tau_2$ , мкс	$\lambda$ , нм	$\tau_1$ , мкс	$\tau_2$ , мкс
488	950	50				488	950	50
544	950	50				544	950	50
586	950	50	579	380	90	579	380	90
620	950	50	592	380	90	592	380	90
			614	380	90	614	380	90
			650	380	90	650	380	90
			698	380	90	698	380	90

Мы рассчитали цветовые параметры ФЛ исследуемых образцов в цветовой диаграмме МКО 1931 г. (x, y). Расчёт координат цвета x, y и z проводили по спектрам фотолюминесценции, согласно методике описанной в [6]. Спектр излучения образцов является узким, поэтому был выбран интервал суммирования  $\Delta\lambda = 1$  нм. Рассчитанные координаты цветности образцов составили для ПММА:СdS:Тb (x= 0,3023, y=0,5507, z=0,1470), для ПММА:СdS:Eu (x= 0,6184, y=0,3562, z=0,0253), для ПММА:СdS:Eu:Тb (x= 0,5777, y=0,3825, z=0,0398). Цветовая диаграмма для исследуемых образцов ПММА:СdS:Тb, ПММА:СdS:Eu, ПММА:СdS:Eu:Тb показана на рис. 6. Для композиций, содержащих европий наблюдается красное свечение, для композиций, содержащих тербий зеленое свечение.

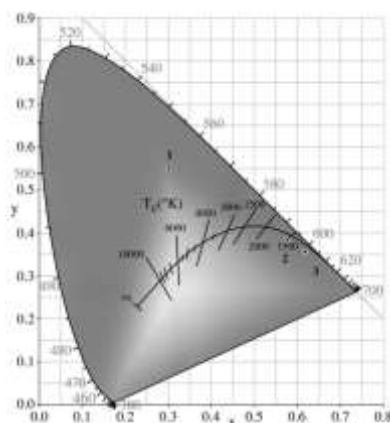


Рис 6. Цветовая диаграмма, на которой показаны координаты цветности исследуемых образцов: 1 - ПММА:СdS:Тb, 2 - ПММА:СdS:Eu:Тb, 3 - ПММА:СdS:Eu

**Заключение.** В результате работы исследованы спектрально-кинетические характеристики композиций ПММА:СdS:Тb, ПММА:СdS:Eu:Тb, ПММА:СdS:Eu. Зарегистрированы спектры фотолюминесценции и возбуждения ФЛ композиций при различных длинах волн возбуждения и люминесценции. Все компоненты композиций могут люминесцировать одновременно или избирательно, в соответствии с длиной волны возбуждающего излучения. Определены времена затухания люминесценции лантаноидов в композициях. Рассчитаны координаты цветности исследуемых образцов.

Авторы выражают благодарность профессору Томского политехнического университета д.ф.-м.н. Олешко В.И. за помощь в проведении экспериментов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Помогайло А.Д., Савостьянов В.С. Металлосодержащие мономеры и полимеры на их основе. М.: Химия, 1988. - 384 с.
2. Карасев В.Е., Петроченкова Н.В. Лантаноидсодержащие полимеры. Владивосток: Изд-во Дальнаука, 2005. - 194 с.
3. Серова В.Н. Оптические и другие материалы на основе прозрачных полимеров. Казань: КГТУ, 2010. - 540 с.
4. Smagin V.P., Eremina N.S., Isaeva A.A., Lyakhova, Y.V. Synthesis and luminescence spectra of poly(methyl methacrylate)/CdS:Ln(III) composites //Inorganic Materials. 2017. Vol. 53, № 3. P. 263-270.
5. Корепанов В.И. Импульсный люминесцентный анализ: учебное пособие / Томск: Изд-во ТПУ, 2008. - 131 с.
6. Горбунова Е.В., Чертов А.Н. Типовые расчеты по колориметрии источников излучения. Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2014. – 90 с.

### **DIMENSIONAL ANALYSIS OF A MANUFACTURING PROCESS**

Guo Yingbin, Adamu Ismail Yakubu, Obisike Chibuikem Arizona

Scientific supervisor: Victor Nicolaevich Kozlov, Ph.D. (Engineering),  
Associate Professor of NR TPU

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

Projection of a manufacturing process of a part requires to ensure manufacturing of design sizes [1]. The diametrical sizes in a manufacturing process are ensured directly but ensuring of the linear sizes depends on locating in an axial direction.

If a technological locating (a technological datum) in longitudinal direction does not coincide with a design datum it is required to determine a dimensional chain, which includes the required design size (it is denoted by a symbol  $K_i$ ) and a technological size, which is ensured on the given manufacturing operation (it is denoted by a symbol  $A_{j,m}$ ).

In the specified denoting  $i$  – is a number of the design size on a sketch or executive drawing;  $j$  – is a number of manufacturing operation on which a technological size  $A_{j,m}$  is ensured;  $m$  – is a number of processing step of  $j$  manufacturing operation. Use of such denoting allows easily to define, when the required technological size is ensured.