

Таким образом, экспериментально подтверждено, что факторы космического выветривания влияют на спектры отражения внеземного вещества и могут менять таксономический класс безатмосферных тел Солнечной системы.

*Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (проект 5.4825.2017/6.7, тема «Давление», № АААА-А18-118020190104-3), а также Акта 211 Правительства Российской Федерации, Соглашение № 02.А03.21.0006.*

1. I. A. Danilenko, E. V. Petrova, G. A. Yakovlev, V. I. Grokhovsky Experimental modeling of the thermal effect on Chelyabinsk meteorite. *Meteoritics and Planetary Science*, 54, S2, 6187 (2019)
2. Гаврилов Н.В., Никулин С.П., Радковский Г.В. Источник интенсивных широких пучков ионов газов на основе разряда с полым катодом в магнитном поле. *Приборы и техника эксперимента*, 1, 93-98 (1996)
3. N. A. Kruglikov, I. A. Danilenko, R. F. Muftakhetdinova, E.V. Petrova, V. I. Grokhovsky. Spectral Characteristics of the Meteoritic Material after the Modeling of Thermal and Shock Metamorphism. *AIP Conference Proceedings* 2174, 020227 (2019); <https://doi.org/10.1063/1.5134378>

## **ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК СИСТЕМЫ ZnO-C**

Панков С.Ю.<sup>1</sup>, Макагонов В.А.<sup>1</sup>, Фошин В.А.<sup>1</sup>,  
Каширин М.А.<sup>1</sup>, Жилова О.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Воронежский Государственный Технический Университет, г. Воронеж, Россия  
E-mail: [srcpank@mail.ru](mailto:srcpank@mail.ru)

## **INFLUENCE OF SYNTHESIS CONDITIONS ON THE OPTICAL PROPERTIES OF THE ZNO-C THIN FILM SYSTEM**

Pankov S.Yu.<sup>1</sup>, Makagonov V.A.<sup>1</sup>, Foshin V.A.<sup>1</sup>, Kashirin M.A.<sup>1</sup>, Zhilova O.V.<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>) Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

The optical properties of ZnO-C thin film system prepared by ion-beam sputtering has been investigated. The addition of carbon in synthesis process leads to a decrease in the transparency of the film by almost 2 times. The results of calculating the band gap for the obtained samples are presented.

Как известно, физические свойства получаемых послойным осаждением тонкопленочных систем определяются структурным состоянием формируемых пленок [1, 2]. Целью данной работы было установление влияния условий получения на оптические свойства тонких пленок ZnO-C. Для этого экспериментальные образцы были получены методом ионно-лучевого напыления путем послойного осаждения слоев ZnO и C на стеклянную подложку при комнатной температуре. Таким образом были получены две системы: [ZnO-C]81 и [ZnO/C]25 с

количеством эквивалентных бислоев ZnO/C 81 и 25, соответственно, которые имели одинаковую общую толщину пленки порядка 130 нм и отличались толщиной слоев ZnO. Аттестация методами рентгеноструктурного фазового анализа и просвечивающей электронной микроскопии показала, что для всех образцов при осаждении формируется гексагональная нанокристаллическая фаза ZnO группой симметрии  $R\bar{3}m$  с размерами кристаллитов порядка 5 нм, и аморфная фаза углерода. Анализ поперечного среза показал, что в случае системы [ZnO-C]25 формируется периодическая структура, состоящая из слоев оксида цинка и углерода, а образцы системы [ZnO-C]81 являются композитом.

Для исследования оптических свойств использовался двухлучевой спектрофотометр ESCOVIEW UV-6100C. Анализ спектров пропускания в интервале длин волн  $\lambda = 300\text{--}1100$  нм (см рис. 1) показал, что добавление углерода в процессе синтеза приводит, как и ожидалось, к снижению пропускания во всем диапазоне длин волн почти в 2 раза для всех образцов. Оценка оптической ширины запрещенной зоны  $E_{\text{gopt}}$  проводилась из формулы спектральной зависимости коэффициента поглощения  $\alpha = -\lg(T)/h_{\text{film}}$ , (где  $T$  – пропускание,  $h_{\text{film}}$  – толщина пленки) линейной экстраполяцией зависимости  $(\alpha h\nu)^2$  от энергии фотона  $h\nu$  к значению  $\alpha = 0$  в области края фундаментального поглощения. Для образца системы [ZnO-C]25 она сопоставима с шириной запрещенной зоны пленки чистого ZnO (3,37 эВ), полученного по той же методике, для системы [ZnO-C]81 она составила более 4 эВ. Данные различия в значениях оптической ширины запрещенной зоны могут быть связаны со значительным вкладом сдвига Мосса – Бурштейна, и связанного с изменением концентрации свободных носителей в зоне проводимости вырожденного полупроводника [1].

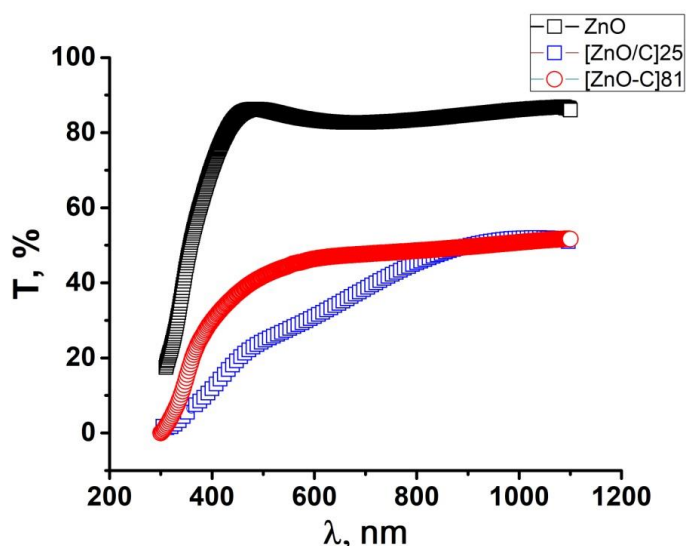


Рис. 1. Зависимости коэффициента пропускания от длины волны

*Работа была выполнена при поддержке РФФИ (проект № 19-48-360010)*

1. O.V. Zhilova, S.Yu. Pankov, A.V. Sitnikov, Y.E. Kalinin, M.A. Kashirin, V.A. Makagonov Optical and electrical properties of thin-film hetero-structures of the In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZnO system / Materials research express. Vol. 6. 086330. (2019).
2. O.V. Zhilova, S.Yu. Pankov, A.V. Sitnikov, Yu.E. Kalinin, M.N. Volochaev, V.A. Makagonov Structure and electrophysical properties of thin film SnO<sub>2</sub>-In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> heterostructures / Journal of materials science-materials in electronics. Vol. 30. 11859. (2019).

## ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ОКСИДА ИТТРИЯ, ДОПИРОВАННОГО АЛЮМИНИЕМ И ЛИТИЕМ

Панков В.А.<sup>1</sup>, Чуркин В.Ю.<sup>1</sup>, Звонарев С.В.<sup>1</sup>, Фролов Е.И.<sup>1,2</sup>, Юлин А.Д.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия  
E-mail: [pankovvitaliy1997@gmail.com](mailto:pankovvitaliy1997@gmail.com)

## TERMOLUMINESCENCE OF YTTRIUM OXIDE DOPED WITH ALUMINUM AND LITHIUM

Pankov V.A.<sup>1</sup>, Churkin V.Y.<sup>1</sup>, Zvonarev S.V.<sup>1</sup>, Frolov E.I.<sup>1,2</sup>, Yulin A.D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Samara State Technical University, Samara, Russia

Samples of yttrium oxide doped with lithium and aluminum were synthesized in vacuum at temperatures of 1200-1400 °C. The spectra of thermoluminescence were measured.

Металлы редкоземельной группы являются оптическими материалами с высокой интенсивностью люминесценции, что позволяет использовать их в качестве светодиодов. В частности Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> используется в электронно-лучевых трубках при низких напряжениях, антиотражающего покрытия и оптических волноводов [1]. Легированный оксид иттрия применяется во многих областях техники, таких как твердотельные лазеры, люминесцентные лампы, солнечные элементы, оптоэлектронные устройства. В этой связи в данной работе проведено исследование керамики на основе оксида иттрия с примесями алюминия и лития.

Синтез исследуемой керамики состоял из четырех этапов. На первом этапе были получены компакты методом холодного статического прессования при давлении 125 МПа чистого (99,9993%) порошка Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. На втором – проводился термический отпуск компактов для увеличения прочностных свойств образцов при следующих параметрах: 450 оС, 0,5 часа. На третьем этапе пористые матрицы Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в течении 30 минут пропитывались в растворах кристаллогидрата лития (Li(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>•3H<sub>2</sub>O) с концентрацией лития 1 и 4,7 масс. % и кристаллогидрата алюминия (Al<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>•9H<sub>2</sub>O) с содержанием алюминия 1 и 4,9 масс. %. Часть образцов получена при одновременной пропитке в растворах двух вышеописанных