

УДК 621.372.8:535

## ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛЕНОК ТИТАНАТА БАРИЯ С ЭРБИЕМ

А. В. ШУЛЬГА<sup>1</sup>, Е. А. ЧУДАКОВ<sup>2</sup>, Н. И. СТАСЬКОВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусско-Российский университет

<sup>2</sup>Могилевский государственный университет имени А. А. Кулешова  
Могилев, Беларусь

В последнее время большое внимание уделяется золь-гель-технологии получения пленок из материалов перовскитной структуры и исследованию их оптических свойств. В данной работе представлены результаты определения ширины запрещенной зоны  $E_g$ , энергии Урбаха  $E_u$ , коэффициента поглощения  $\alpha$ , показателей преломления  $n$  и экстинкции  $k$  пленок чистого титаната бария  $\text{BaTiO}_3$  и пленок  $\text{BaTiO}_3$ , легированных эрбием  $\text{BaTiO}_3;\text{Er}$ . Пленки наносились при одинаковых условиях на миллиметровую подложку из плавленого кварца КУ1, прозрачного в УФ и видимой области спектра. Спектры отражения и пропускания (SRT) двух образцов измеряли на спектрометре PHOTON RT (EssentOptics). Углы  $\psi$  и  $\Delta$  измеряли на эллипсометре UVISEL2 (HORIBA, Франция). Оптические характеристики пленок рассчитаны по параметрам дисперсионной функции новых аморфных материалов (NAM) [1]:

$$\begin{aligned} n_f(E) &= n_\infty + [B(E - E_j) + C] \left[ (E - E_j)^2 + \Gamma_j^2 \right]^{-1}; \\ k_f(E) &= \begin{cases} f_j(E - E_g)^2 \left[ (E - E_j)^2 + \Gamma_j^2 \right]^{-1}; & E > E_g, \\ 0 & E < E_g, \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

где  $B = f_j \Gamma_j^{-1} \left[ \Gamma_j^2 - (E_j - E_g)^2 \right]$ ;  $C = 2f_j \Gamma_j (E_j - E_g)$ ;  $n_\infty$  – показатель преломления, соответствующий нулевой энергии фотона;  $E_j$  – энергия фотона, на которую приходится максимум полосы поглощения;  $f_j$  – упругая постоянная осциллятора;  $\Gamma_j$  – полуширина полосы поглощения;  $E_g$  – энергия фотона, на которую приходится край полосы поглощения.

Параметры функции NAM и толщины пленок приведены в табл. 1. Ширину запрещенной зоны  $E_{ga}$  исследуемых пленок определяли графически (рис.1) на основании функции Тауца с коэффициентом поглощения  $\alpha$ ,  $\text{см}^{-1}$  ( $\lambda$ , мм).

$$(\alpha E)^m = A_0 (E - E_{ga}); \quad \alpha = 4\pi k (\lambda 10^{-7})^{-1}. \quad (2)$$

Линейный участок  $(\alpha E)^m$  был достигнут в двух случаях:  $m = 0,5$  (а) и  $m = 2$  (б) (см. табл. 1). Оказалось, что наибольшая разность энергий  $\Delta E$  линейной функции  $(\alpha E)^m$  соответствует  $m = 0,5$  (см. рис. 1). Это указывает на

преобладание непрямых межзонных переходов над прямыми межзонными переходами электронов. Можно предположить, что надмолекулярная структура пленок является аморфно-кристаллической с малым содержанием кристаллической части. Для всех пленок  $E_g < E_{g\alpha}$ . Разность  $E_u = (E_{g\alpha} - E_g)$  является энергии Урбаха. Ее величина указывает на наличие дефектов в структуре пленок. Энергия  $E_u$  при легировании пленок  $\text{BaTiO}_3$  уменьшается от 0,24 до 0,2 эВ.

Табл. 1. Оптические характеристики и толщины пленок

sample	$n_\infty$	$E_g$ , эВ	$f_j$	$E_j$ , эВ	$\Gamma_j$ , эВ	$d_f$	$E_{ga}$ , эВ		$n$
$\text{BaTiO}_3$	$1,854 \pm 0,002$	$3,614 \pm 0,005$	$0,188 \pm 0,001$	$4,669 \pm 0,004$	$0,797 \pm 0,003$	$96,2 \pm 0,1$	$a$	$(3,85 \pm 0,01)$	1,932
							$b$	$(4,49 \pm 0,01)$	
$\text{BaTiO}_3$ ; Er	$1,757 \pm 0,004$	$3,711 \pm 0,3009$	$0,255 \pm 0,004$	$4,802 \pm 0,01$	$1,059 \pm 0,008$	$35,9 \pm 0,1$	$a$	$(3,91 \pm 0,01)$	1,826
							$b$	$(4,73 \pm 0,01)$	

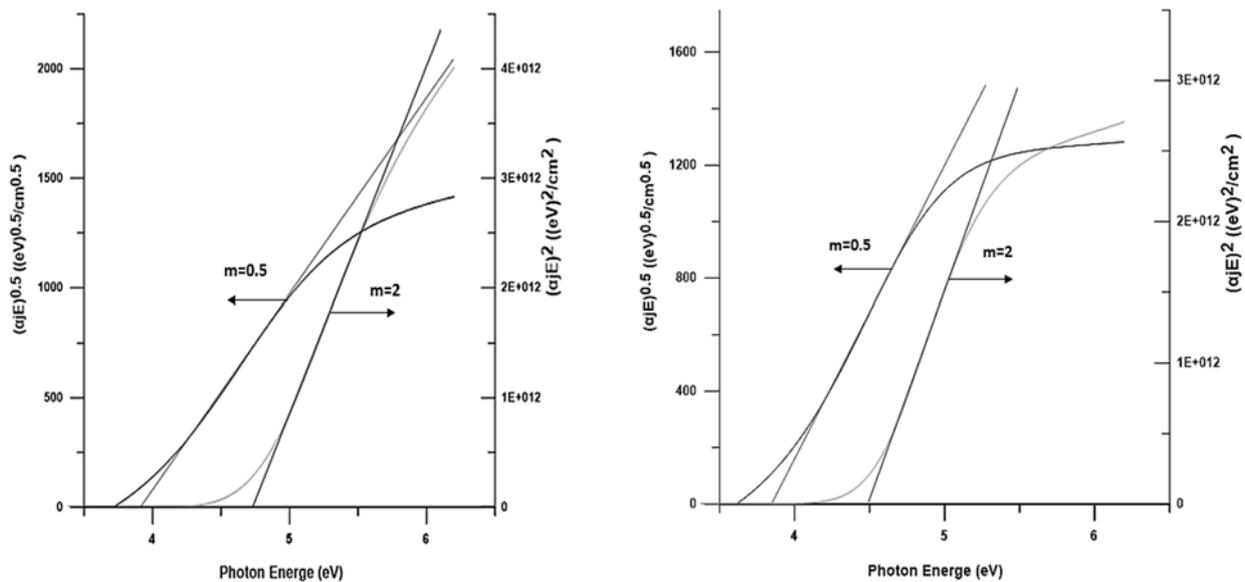


Рис. 1. Зависимость функции Тауца от энергии фотонов

Пленки  $\text{BaTiO}_3$ ; Er характеризуются большей шириной запрещенной зоны и меньшими показателями преломления, чем соответствующие характеристики пленок  $\text{BaTiO}_3$ .

*Работа выполнена в рамках ГПНИ РБ 1.15 «Фотоника и электроника для инноваций».*

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Horiba UVISEL PLUS Spectroscopic Ellipsometer [Electronic resource] // HORIBA. – Mode of access: [www.horiba.com/scientifi](http://www.horiba.com/scientifi). – Date of access: 22.01.2022.