

УДК 535.51

ДИСПЕРСИОННЫЕ ФУНКЦИИ ТИТАНАТА СТРОНЦИЯ,
ТИТАНАТА БАРИЯ И ТАНТАЛАТА СТРОНЦИЯ-ВИСМУТА

Л. И. СОТСКАЯ

Белорусско-Российский университет

Н. И. СТАСЬКОВ

Могилевский государственный университет им. А. А. Кулешова
Могилев, Беларусь

М. В. РУДЕНКО

Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Высокая оптическая прозрачность в видимой области спектра, химическая стабильность, большая диэлектрическая проницаемость широкозонных оксидных полупроводников перовскитной структуры титаната стронция (SrTiO_3), титаната бария (BaTiO_3) и танталата стронция-висмута ($\text{Bi}_2\text{SrTa}_2\text{O}_9$) определяют перспективность их использования для опто- и микроэлектроники [1]. На основании экспериментальных данных многоугловой спектральной эллипсометрии мы рассчитали оптические функции тонких пленок SrTiO_3 ($d = 31,4$ нм), BaTiO_3 ($d = 62,9$ нм) и $\text{Bi}_2\text{SrTa}_2\text{O}_9$ ($d = 38,9$ нм). По ним можно определить диэлектрические и оптические характеристики в УФ и видимой области спектра.

Методики получения плёнок SrTiO_3 и BaTiO_3 описаны в [2, 3]. Для получения плёнок $\text{Bi}_2\text{SrTa}_2\text{O}_9$ использовали этоксид тантала ($\text{Ta}(\text{OC}_2\text{H}_5)_5$), уксусно-кислые соли стронция (SrCH_3COO) и одноосновного висмута (BiOCH_3COO). В качестве стабилизатора в золи добавляли ацетилацетон. Золи наносили методом центрифугирования со скоростью 2700 об/мин на кварцевые подложки. После нанесения образцы подвергались термической сушке при температуре 200 °С в течение 20 мин. Затем следовала окончательная термообработка в течение 40 мин при температуре 800 °С. Сегнетоэлектрическая фаза $\text{Bi}_2\text{SrTa}_2\text{O}_9$ имеет слоистую структуру Ауривилиуса с перовскитными блоками танталата стронция (SrTa_2O_7)²⁻ и двумерными слоями диоксида висмута (Bi_2O_2)²⁺ [4].

Методом растровой электронной микроскопии на установке Hitachi S-4800 установлено, что плёнки вышеуказанных материалов являются рентгеноаморфными. Спектры эллипсометрических углов $\psi(\lambda)$ и $\Delta(\lambda)$ плёнок и кварцевых подложек измеряли при углах падения от 52 до 60° на спектральном эллипсометре UVISEL 2 (HORIBA). Для численных расчетов оптических характеристик пленок в УФ-области (область собственных полос поглощения) использовали функции

$$n_f(E) = n_\infty + \left[B(E - E_j) + C \right] \left[(E - E_j)^2 + \Gamma_j^2 \right]^{-1},$$

$$k_f(E) = \begin{cases} f_j(E - E_g)^2 [(E - E_j)^2 + \Gamma_j^2]^{-1}, & E > E_g, \\ 0, & < E_g, \end{cases}$$

$$B = f_j \Gamma_j^{-1} [\Gamma_j^2 - (E_j - E_g)^2], \quad C = 2f_j \Gamma_j (E_j - E_g)$$

($E = 1240\lambda^{-1}$ – энергия фотона, эВ). Параметры функций определены ранее для SrTiO_3 ($n_\infty = 2,004$; $E_j = 4,386$ эВ; $f_j = 0,409$; $\Gamma_j = 0,842$ эВ; $E_g = 3,097$ эВ) [2] и для BaTiO_3 ($n_\infty = 1,823$; $E_j = 4,370$ эВ; $f_j = 0,262$; $\Gamma_j = 0,892$ эВ; $E_g = 3,420$ эВ) [3]. Для плёнок $\text{Bi}_2\text{SrTa}_2\text{O}_9$ параметры указанных функций оказались равными $n_\infty = 1,799$; $E_j = 5,283$ эВ; $f_j = 0,139$;

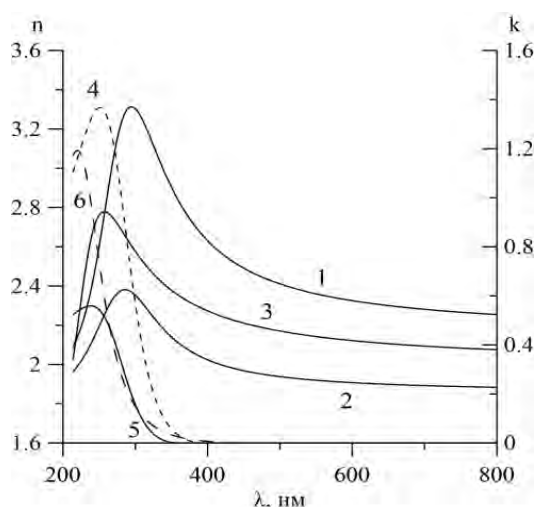


Рис. 1. Спектры оптических характеристик пленок перовскитной структуры

$\Gamma_j = 0,988$ эВ; $E_g = 2,566$ эВ. На рис. 1 приведены спектры показателей преломления n (1–3) и поглощения k (4–6) плёнок SrTiO_3 (1, 4), BaTiO_3 (2, 5) и $\text{Bi}_2\text{SrTa}_2\text{O}_9$ (3, 6). Все исследуемые пленки не поглощают видимый свет. Отражательная способность плёнок титаната стронция самая высокая, а подобная спектральная характеристика плёнок танталата стронция-висмута оказалась самой низкой. Поэтому прозрачность плёнок $\text{Bi}_2\text{SrTa}_2\text{O}_9$ превышает прозрачность плёнок SrTiO_3 и BaTiO_3 . Ширина запрещенной зоны $\text{Bi}_2\text{SrTa}_2\text{O}_9$ меньше, чем у SrTiO_3 и BaTiO_3 .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Akazawa, H. X-ray photoelectron spectroscopy characterization of fluorite and perovskite phases in $\text{Sr}_{1-x}\text{Bi}_{2+y}\text{Ta}_2\text{O}_9-z\text{Sr}_{1-x}\text{Bi}_{2+y}\text{Ta}_2\text{O}_9-z$ films / H. Akazawa, H. Ando // Journal of Applied Physics. – 2010. – Vol. 108 (083704).
2. Optical Characteristics of Strontium Titanate Films Obtained by the Sol–Gel Method / N. I. Stas'kov [et al.] // Optics and Spectroscopy. – 2018. – Vol. 125, № 4. – P. 492–498.
3. Оптические характеристики пленок титаната бария на стеклянных подложках / П. А. Холов [и др.] // Проблемы взаимодействия излучения с веществом: материалы V Междунар. науч. конф., Гомель, 14–16 нояб. 2018 г. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2018.
4. Withers, R. L. The crystal chemistry underlying ferroelectricity in $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$, $\text{Bi}_3\text{TiNbO}_9$, and Bi_2WO_6 / R. L. Withers, J. G. Thompson, A. D. Rae // Journal of Solid State Chemistry. – 1991. – Vol. 94, № 2. – P. 404–417.