

УДК 535.51
СПЕКТРАЛЬНАЯ ЭЛЛИПСОМЕТРИЯ СЛОЯ ZnO:Al НА ПЛАСТИНЕ К8

Н. И. СТАСЬКОВ, И. В. ИВАШКЕВИЧ, *Б. Г. ШУЛИЦКИЙ
Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. А. А. Кулешова»
*Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
Могилев, Минск, Беларусь

Наиболее широко изучаемым и используемым в электронике прозрачным проводящим материалом является оксид цинка (ZnO). При комнатной температуре это прямозонный полупроводник n-типа с шириной запрещенной зоны 3,37 эВ. Слои оксида цинка наносят на прозрачные подложки из стекла и полимерные пленки. Основными областями применения прозрачной электроники являются сенсорные и гибкие дисплеи, органические светодиоды, излучатели, фотовольтаика и др. Для увеличения проводимости ZnO, чаще всего, легируют алюминием (ZnO:Al). Основной характеристикой ZnO:Al является коэффициент поглощения ($\alpha_f(\lambda) = 4\pi k_f(\lambda)/\lambda$), величину которого определяют из спектрофотометрических измерений (200 нм < λ < 1000 нм) пропускательных и отражательных способностей нанометрового слоя на миллиметровой подложке [1]. Особый интерес представляет область характеристического поглощения 200 нм < λ < 400 нм, в которой практически невозможно измерить пропускательную способность структуры. В области прозрачности (400 нм < λ < 1000 нм) резко уменьшается отражательная способность ZnO:Al.

Непосредственно перед напылением, с целью глубокой очистки, поверхности пластин К8 обрабатывали ионным пучком в течение 10 мин. Слой на открытой части пластины сформировали магнетронным ВЧ распылением мишени ZnO:Al₂O₃ (фирма KurtJ.Lesker, концентрация Al₂O₃ в ZnO – 2 %, диаметр мишени – 75 мм) в среде Ar при давлении в камере 1 Па. Время распыления – 45 мин, мощность ВЧ разряда – 600 Вт, расстояние от пластины до мишени – 100 мм.

В данном сообщении обсуждаются результаты экспериментальных исследований пластины К8 со слоем ZnO:Al на спектральных эллипсометрах Horiba UVISEL (Horiba-Jobin Yvon, Longjumeau, Франция) и ES-2 (ФГУП СКБ ИРЭ РАН, Россия). Решения обратной задачи спектральной эллипсометрии для угла падения излучения 65° получены с помощью программного обеспечения к эллипсометру Horiba. При измерении спектров на этом эллипсометре использовалась иммерсия для устранения лучей, отраженных от нижней поверхности пластины К8. На рис. 1, а показаны

спектры $\alpha_f(\lambda)$ (кривая 1) и показатели преломления $n_f(\lambda)$ (кривая 2) слоя ($d_f = (366 \pm 3)$ нм) ZnO:Al. Рассчитанные (кривая 1) и измеренные (кривая 2) на ES2 спектры $\tan \psi_e$ слоя ZnO:Al на пластине К8 ($d_s = 2,14$ мм) показаны на рисунке 1, б.

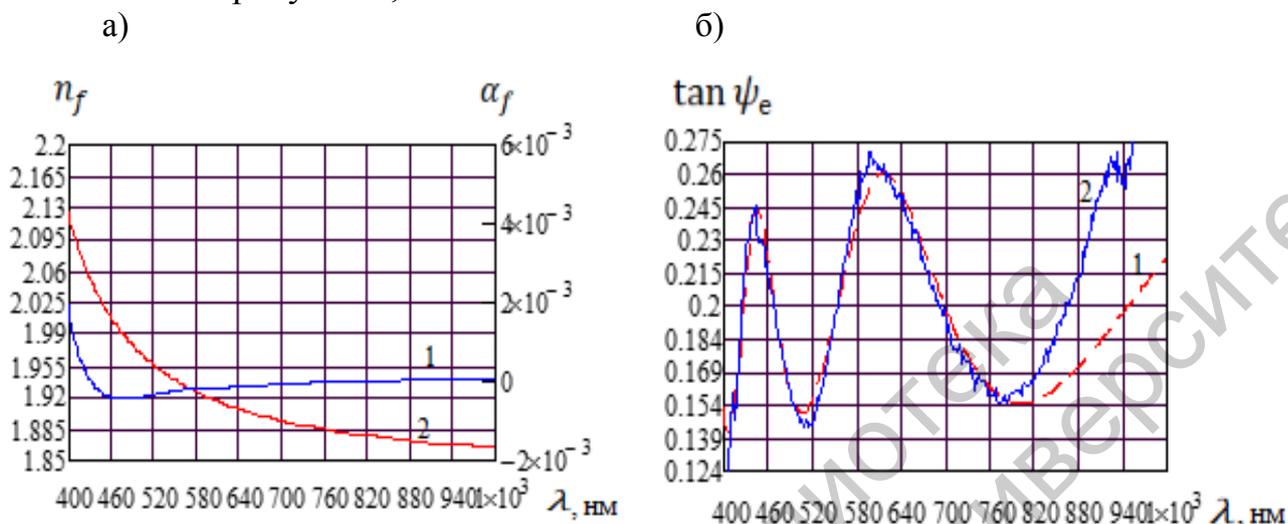


Рис. 1. Оптические характеристики ZnO:Al (а); спектры слоя ZnO:Al на пластине К8 (б)

Толщина слоя ($d_f = (370 \pm 5)$ нм), определенная по формуле:

$$d_f = \frac{\lambda \lambda_{+1}}{2 \left(\lambda \sqrt{n_f^2(\lambda_{+1}) - \sin^2 \varphi} - \lambda_{+1} \sqrt{n_f^2(\lambda) - \sin^2 \varphi} \right)},$$

в которой λ_v и λ_{v+1} длины волн рядом расположенных экстремумов экспериментальных спектров (рис. 1, б), удовлетворительно согласуется с вышеуказанной величиной. На поверхности слоя ZnO:Al присутствует шероховатый слой, толщина которого $d_0 = (3,9 \pm 0,5)$ нм. Для определения оптических характеристик слоя использовалась дисперсионная формула диэлектрической проницаемости Adachi-n Fourouhi, объясняющая поглощение в области от 200 до 400 нм переходами электронов на экситонные уровни. Такие уровни располагаются в запрещенной зоне ZnO. Поэтому, в области $432 < \lambda < 876$ нм возможно усиление света ($\alpha_f(\lambda) < 0$, рис. 1, а). По зависимости $(\alpha_f(E)E)^m$ ($m=1/2; 1; 2$) [1] от энергии фотона $E = 1240 / \lambda$ ($200 < \lambda < 432$ нм) была определена характеристическая энергия Урбаха, ширина запрещенной зоны, энергия уровней для переходов с поглощением и испусканием фотонов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уханов, Ю. И. Оптические свойства полупроводников / Ю. И. Уханов. – М. : Наука, 1977. – 368 с.