

УДК 621.372.8:535

РЕФРАКТОМЕТРИЯ ИЗВЕСТКОВО-НАТРИЕВОГО СТЕКЛА

С. О. ПАРАШКОВ¹, Н. И. СТАСЬКОВ², Е. В. ТРЕТЬЯК²¹Белорусско-Российский университет²Могилевский государственный университет имени А. А. Кулешова

Могилев, Беларусь

Известково-натриевое стекло (SLG) миллиметровой толщины широко используется в качестве подложек для нанесения нанометровых пленок. При определении оптических характеристик пленок по измеренным спектрам отражения R и пропускания T важно знать показатели преломления n и поглощения k подложки. Трудности определения n и k стекла SLG создает тонкий (до 1 мкм) слой, в который проникает расплавленное олово [1]. Спектры T и R поляризованного света подложек измеряли на спектрометре PHOTON RT в диапазоне длин волн от 250 до 826 нм с шагом 2 нм при угле падения света $\theta = 10^\circ$. Эллипсометрический анализ (SE) проводили на эллипсометре UVISEL2. Углы ψ и Δ измеряли при $\theta = 55^\circ$ в диапазоне λ от 206 до 826 нм с шагом 1 нм. Схемы измерения спектров T (1, 3), R (2, 4), ψ и Δ (2, 4) показаны на рис. 1, а.

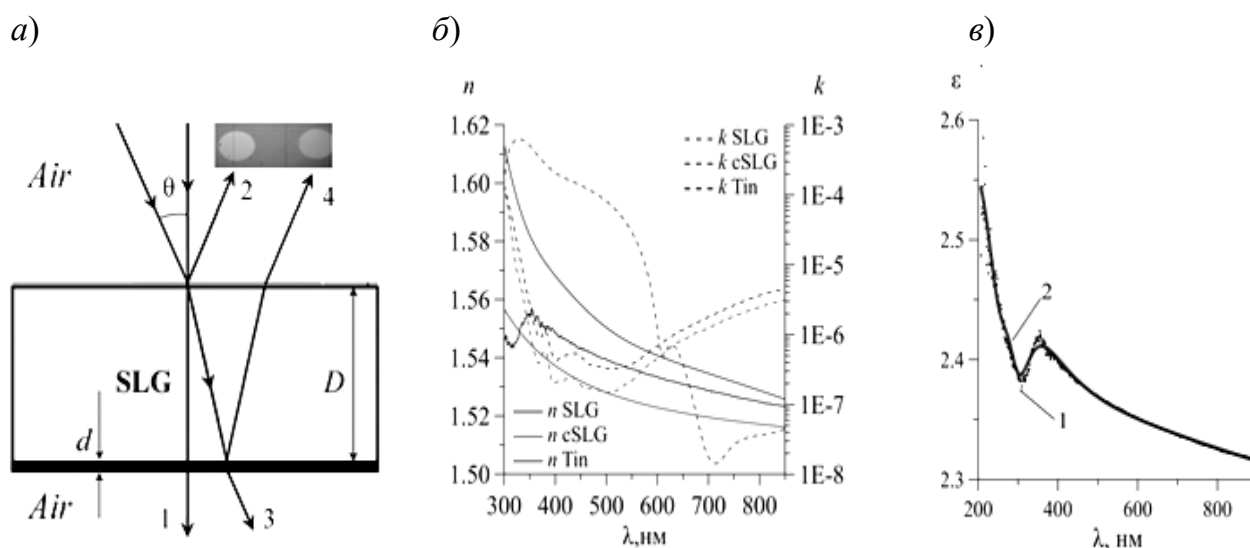


Рис. 1. Схемы измерения спектров T , R , ψ и Δ (а), рассчитанные n и k объема SLG, «оловянного» слоя и стекла cSLG (б), функции ϵ стекла SLG (в); 1 – эксперимент; 2 – теория

При малых углах θ широкие пучки лучей 2 и 4 миллиметровой плоскопараллельной пластиной не разделяются. Разделение узких пучков 2 и 4 достигается при использовании метода SE при углах $\theta > 55^\circ$ (фото над лучами). Для некогерентной ($D \gg \lambda$) стеклянной пластины сантиметровой толщины D [2] коэффициент поглощения α , см^{-1} , рассчитывают по следующим формулам:

$$\alpha = -D^{-1} \ln \left\{ \left(\left[(1 - R_{01})^4 + 4R_{01}^2 T^2 \right]^{0.5} - [1 - R_{01}]^2 \right) 0,5 R_{01}^{-2} T^{-1} \right\}; \quad (1)$$

$$\alpha = 4\pi k (\lambda 10^{-7})^{-1}, \quad (2)$$

где R_{01} – отражательная способность на границе «воздух – стекло».

В этом методе проблематично измерить R_{01} . После определения α спектр k пластины определяют по формуле (2). По спектрам Te и Re пластины SLG ($D = 0,12$ см), измеренным при $\theta = 10^\circ$, аналитически [3] рассчитали (см. рис. 1, б) ее n и k .

По спектрам ψ и Δ (см. схему 4 на рис. 1, а; $\theta = 55^\circ$) рассчитали d и спектры nT_{in} и kT_{in} «оловянного» слоя. Затем эти спектры уточнялись для минимизации отклонения рассчитанных T_i , R_i и измеренных Te , Re . Спектры nT_{in} и kT_{in} «оловянного» слоя ($d = 86$ нм) приведены на рис.1, б. Кривые $ncSLG$, $kcSLG$ на этом рисунке соответствуют оптическим характеристикам стекла Clear SLG из [4]. Спектр k пластины SLG ($D = 0,16$ см) из [1] расположен между кривыми $kcSLG$ и $kSLG$. Спектр показателя преломления «оловянного» слоя из [1] ($d = 982,8$ нм) расположен рядом с кривой nT_{in} . На рис. 1, в представлена интерполяция классической дисперсионной функцией (2) диэлектрической проницаемости ϵ спектра $n^2 - k^2$ (1) стекла SLG.

Эллипсометрический анализ пленок на известной подложке упрощается при выборе измерений по схеме 2 (см. рис.1, а). В этом случае подложка рассматривается как неограниченная среда без «оловянного» слоя. Удовлетворительная корреляция спектров n и k , полученных в разных работах (см. рис. 1, б), свидетельствует о малом влиянии параметров «оловянного» слоя на спектры R и T .

Работа выполнена в рамках Государственной программы научных исследований Республики Беларусь «1.15 Фотоника и электроника для инноваций».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Synowicki, R. A.** Optical properties of soda-lime float glass from spectroscopic ellipsometry / R. A. Synowicki, B. D. Johs, A. C. Martin // Thin Solid Films. – 2011. – Т. 519, № 9. – С. 2907–2913.
2. **Schroder, D. K.** Semiconductor material and device characterization / D. K. Schroder // John Wiley & Sons. – 2015.
3. Spectrophotometry of Layers on Plane Parallel Substrates / A. B. Sotsky [et al.] // Optics and Spectroscopy. – 2020. – Т. 128, № 8. – С. 1155–1166.
4. **Rubin, M.** Optical properties of soda lime silica glasses / M. Rubin // Solar energy materials. – 1985. – Т. 12, № 4. – С. 275–288.