

А. В. ШУЛЬГА

Белорусско-Российский университет

Н. И. СТАСЬКОВ, Н. А. КРЕКОТЕНЬ

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

В большинстве случаев наноразмерные планарные оптические структуры наносятся на плоскопараллельные стеклянные подложки, толщина которых $d \gg \lambda$ (λ – длина волны света). В такой ситуации необходимым условием корректного экспериментального определения характеристик структур является предварительное задание дисперсионных характеристик подложки. Наиболее точный метод определения таких характеристик – метод призмы. Однако технология получения подложки из определенного материала и ее физико-химическая обработка могут приводить к изменению оптических характеристик. На примере двух коммерческих кварцевых пластин ($d_1 = 3,0$ мм и $d_2 = 1,6$ мм) обсудим возможность определения универсальных параметров, которыми являются спектры показателей преломления $n(\lambda)$, прозрачных материалов. Эвристическая формула Селлмейера

$$n(\lambda) = \sqrt{1 + \frac{0,6961663\lambda^2}{\lambda^2 - 68,4043^2} + \frac{0,4079426\lambda^2}{\lambda^2 - 116,2414^2} + \frac{0,8974794\lambda^2}{\lambda^2 - 9896,161^2}} \quad (1)$$

во всем оптическом диапазоне интерполирует экспериментальный спектр показателя преломления диоксида кремния (стекла) [1]. Для УФ и видимой областей ($214 \text{ нм} \leq \lambda \leq 800 \text{ нм}$) формула (1) принимает вид

$$n(\lambda) = \sqrt{A + \frac{B\lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_0^2}}; \quad (2)$$

$$n(\lambda) = \sqrt{1,3006 + \frac{124,9290}{156,255 - \frac{1,5376 \cdot 10^{-6}}{\lambda^2} - i \frac{36,084}{\lambda}}}. \quad (3)$$

Параметры в формуле (2) для подложки ($d_2 = 1,6$ мм) определены численно по спектрам эллипсометрических углов ψ (кривая 1) и Δ (кривая 2), измеренным на спектральном эллипсометре UVISEL 2 (HORIBA) при угле падения $56,5^\circ$ (рис. 1, а). В результате отражения лучей на верхней и ниж-

ней поверхностях пластины падающий пучок делится на два пучка разной интенсивности. Выбор угла падения θ обоснован угловыми зависимостями, приведенными на рис. 1, в, амплитудного коэффициента отражения на границе раздела воздух – подложка (кривая 1), отражательной способности пластины (кривая 2) и разности фаз Δ (кривая 3). Изменение Δ на π вызвано скачком фазы амплитудного коэффициента отражения. При фотометрировании пучка меньшей интенсивности, который образуют лучи при отражении на нижней поверхности кварцевой пластины, и использовании электродинамической модели «слой – воздушная подложка» функция $n(\lambda)$ представлена кривой 1 на рис. 1, г. Ранее [2] методами спектроэллипсометрии (рис. 1, б) было показано, что при окислении кремниевой (КДБ12) подложки в сухом кислороде образуется слой ($d = 940$ нм) диоксида кремния. Его показатели преломления, рассчитанные с использованием дисперсионной функции Лорентца (3), приведены на рис. 1, г кривой 2. Считается [1], что плавленый кварц (стекло) является диоксидом кремния. Кривые на рис. 1, г существенно расходятся в УФ области спектра. Это может быть вызвано разной технологией получения кварцевой подложки и слоя диоксида кремния, состоянием структуры их поверхностных слоев и другими факторами.

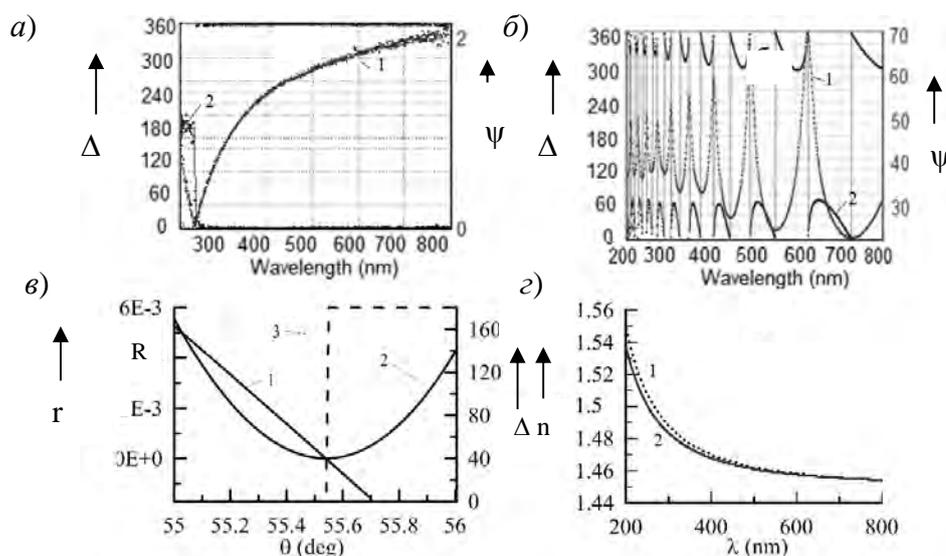


Рис. 1. Измеренные и рассчитанные характеристики подложки и слоя

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Palik, E. D.** Handbook of optical constants of solids / E. D. Palik // Academic press. – 1988. – 749 p.
2. **Стаськов, Н. И.** Аналитическое решение обратной задачи спектральной эллипсометрии для поглощающей подложки с диэлектрическим слоем / Н. И. Стаськов, А. В. Шульга // ЖПС. – 2016. – Т. 83, № 1. – С. 48–54.