

**РАССЧЕТ НЕЛИНЕЙНО-ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЛИПСОМЕТРИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ АНИЗОТРОПНОГО ОДНООСНОГО КРИСТАЛЛА В СЛУЧАЕ,
КОГДА ОПТИЧЕСКАЯ ОСЬ ЛЕЖИТ В ПЛОСКОСТИ ПАДЕНИЯ**

Н.А. Матвеева, Р.В. Щелоков, В.В. Яцышен

(Волгоград, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Волгоградский государственный университет»,
nataly.matveeva@mail.ru, schelokov@mail.ru, yatsishen@yandex.ru)

**CALCULATION OF NONLINEAR OPTICAL ELLIPSOMETRIC PARAMETERS
UNIAXIAL ANISOTROPIC CRYSTAL IN THE CASE WHERE THE OPTICAL AXIS
LIES IN THE PLANE OF INCIDENCE**

N.A. Matveeva, R.V. Schelokov, V.V. Yatsishen

На сегодняшний день линейная эллипсометрия является признанным методом диагностики в биологии и медицине [1], а также неразрушающий контроль материалов, поскольку использует векторный характер светового поля. Однако, для более детального анализа свойств вещества, широко применяют нелинейно-оптические методы или нелинейную оптическую спектроскопию, которая во многих областях так же хорошо себя зарекомендовала. Тем не менее, остается неразработанным метод нелинейной эллипсометрии.

В этой связи целью данной работы является проведение эллипсометрических исследований анизотропных кристаллов новым методом – нелинейной эллипсометрией отраженной и прошедшей второй гармоники.

В соответствии с данной целью в работе выведены эллипсометрические соотношения. В рамках данной задачи рассматривается падение поляризованной электромагнитной волны с длиной волны 1.06 мкм на полугораниченную среду, отраженная вторая гармоника имеет длину волны 0.53 мкм.

В случае нелинейной отражательной эллипсометрии выражение для ρ , которое входит в состав основного уравнения эллипсометрии.

$$\rho = R_p / R_s . \quad (1)$$

Часто бывает удобнее записывать ρ в виде [2]

$$\rho = \operatorname{tg} \psi e^{i\Delta} , \quad (2)$$

примет следующий вид:

$$\rho = \frac{\beta_2(2k_z^{(1)} - \lambda_1)}{\beta_1(\eta_2 - 2k_z^{(1)})} \frac{\eta_1 - \lambda_1}{\eta_1 - \eta_2} , \quad (3)$$

где

$$\begin{cases} \beta_1 = \frac{4\pi k_0^2 P_y^{NL}}{k_0^2 \varepsilon_{yy} - k_{\parallel}^2 - k_z^2} \\ \eta_1 = \sqrt{k_0^2 - k_{\parallel}^2} \\ \eta_2 = 2\sqrt{(k_0^2 \varepsilon_{yy} - k_{\parallel}^2)} \\ \beta_2 = \frac{4\pi k_0^2 (nP_z^{NL} - mP_x^{NL})}{ml - n^2} \end{cases}$$

где k_0 – волновое число, P_x^{NL} , P_y^{NL} , P_z^{NL} – компоненты вектора нелинейной поляризации, константы l , m , n определяются из выражения

$$\begin{cases} l = k_0^2 \varepsilon_{xx} - k_{\parallel}^2 - k_z^2 \\ m = k_0^2 \varepsilon_{zz} - k_{\parallel}^2 - k_z^2, \\ n = k_0^2 \varepsilon_{xz} \end{cases}$$

$$k_{\parallel} = k_0 \cdot n_1 \cdot \sin \theta,$$

$$k_z = \eta_1 = \sqrt{k_0^2 - k_{\parallel}^2}.$$

Рассчитаны и построены для кристаллов β -борат бария (ВВО), ниобат лития (LiNbO_3), прустит (Ag_3AsS_3) эллипсометрические зависимости при различной ориентации оптической оси на углы $\alpha = 0^\circ, 10^\circ, 30^\circ, 50^\circ, 80^\circ$, соответственно. Угол падения меняется в пределах от 0 до 90 градусов. При расчете воспользуемся формулами (1) - (2), где ρ находится из формулы (3). Для эллипсометрического угла ψ данные зависимости от угла падения θ представлены на рисунках 1-3.

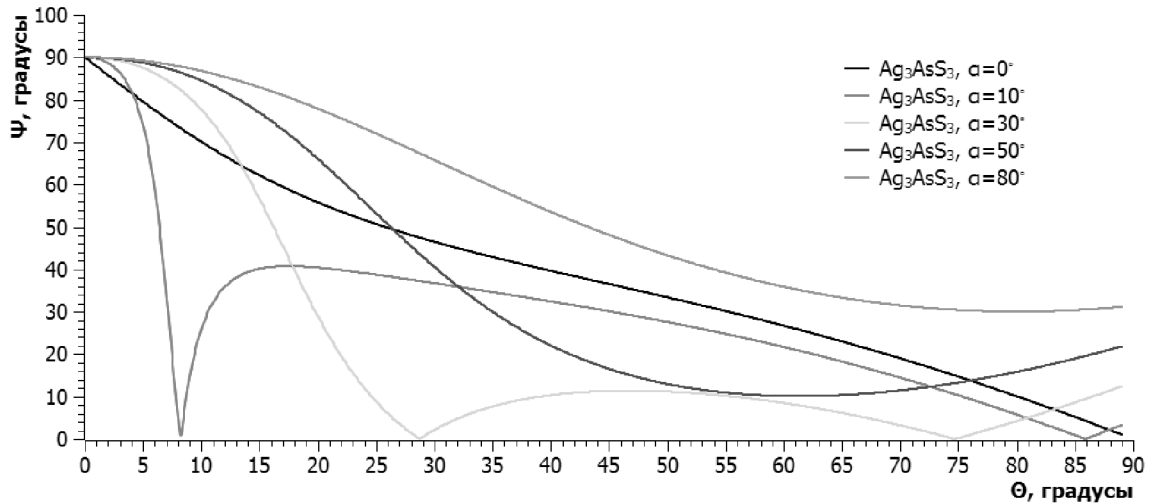


Рис. 1. Зависимости эллипсометрического угла ψ от угла падения θ для одноосного кристалла прустит при различной ориентации оптической оси.

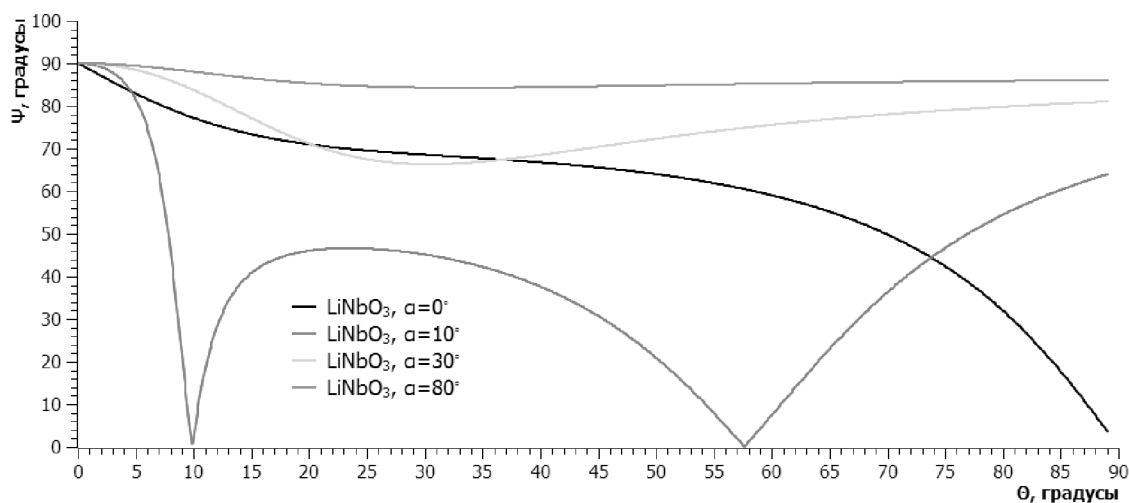


Рис. 2. Зависимости эллипсометрического угла ψ от угла падения θ для одноосного кристалла ниобат лития при различной ориентации оптической оси.

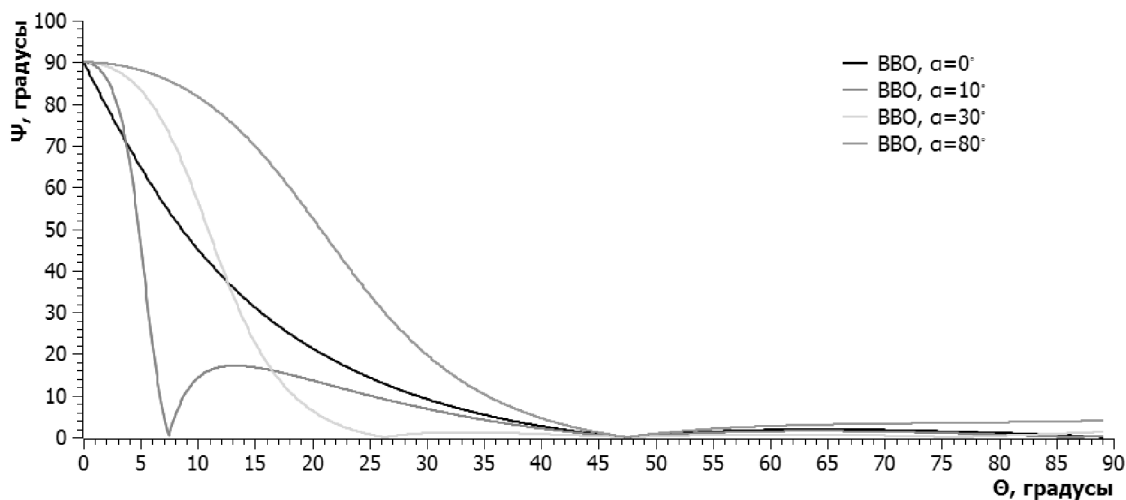


Рис. 3. Зависимости эллипсометрического угла ψ от угла падения θ для одноосного кристалла β -борат бария при различной ориентации оптической оси.

Зависимости, изображенные на рисунках 1-3, носят затухающий характер. Необходимо отметить, что для некоторых значений ориентации оптической оси имеется по два псевдобрюстерских угла, что отличает нелинейную эллипсометрию от линейной. Из выше представленных зависимостей (рис. 1-3) можно сделать вывод, что для кристаллов данного типа эллипсометрические зависимости имеют схожий характер. Это связано с характерным для них видом тензора нелинейной восприимчивости. Так же можно видеть различия в методах линейной и нелинейной эллипсометрии, которые четко подчеркивают ориентацию оптической оси. В линейном случае – это слабо выраженный эффект. В случае нелинейной эллипсометрии данный эффект ярко выражен.

Литература

1. Щелоков Р.В., Яцышен В.В. Эллипсометрическое исследование оптических свойств органических соединений типа коллогена // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2007. Т. 10. № 3. С. 75–79.
2. Аззам Р. М., Башара Н. М. Эллипсометрия и поляризованный свет. М.: Мир, 1981. 583с.