

УДК 535.5 + 621.658.011: 620.1

ИЗМЕРЕНИЕ ДВУЛУЧЕПРЕЛОМЛЕНИЯ В ЖК-ПЛЕНКАХ

А. В. ХОМЧЕНКО, И. У. ПРИМАК, Е. В. ПИВОВАРОВА

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Измерение двулучепреломления анизотропных сред представляет определенный интерес в случае использования неоднородных анизотропных материалов, примерами которых могут служить пленки полимеризованных жидких кристаллов (рис. 1, *a*).

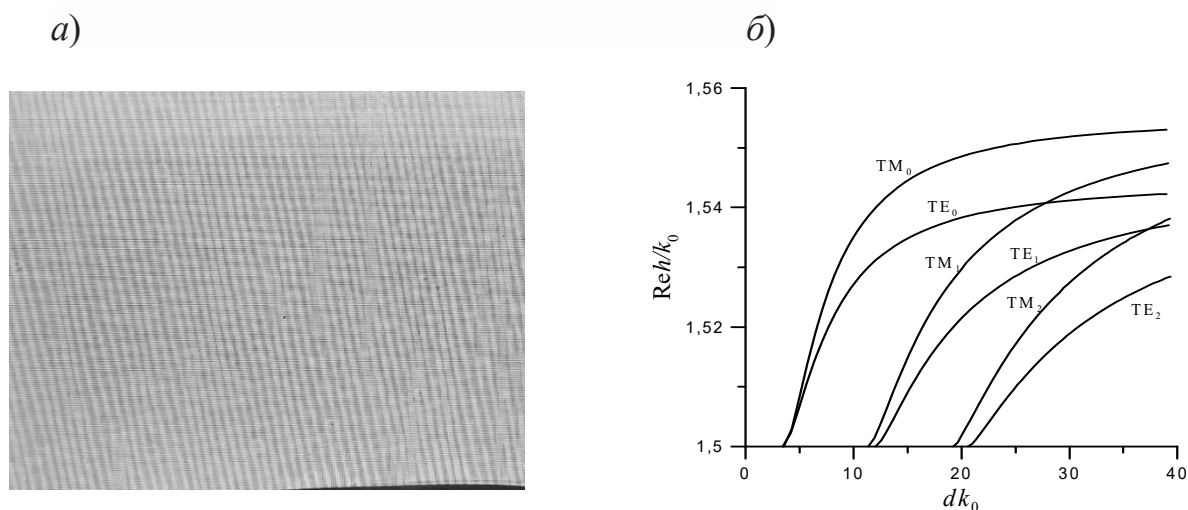


Рис. 1. Зависимости постоянной распространения моды (*b*) от толщины слоя жидких кристаллов и его изображение в поляризованном свете (*a*)

С этой точки зрения методы волноводной спектроскопии могут оказаться эффективными для исследования свойств таких структур. В работе представлены результаты развития данного подхода для случая анизотропного слоя на изотропной подложке. Ориентация оптической оси в слое задается вектором $\mathbf{c} = (\sin \theta_c \sin \alpha_c, \cos \theta_c, \sin \theta_c \cos \alpha_c)$. Плоскость падения и отражения света можно расположить так, чтобы по отношению к ней $\alpha_c = 0$. Если систему координат связать с этой плоскостью (тогда плоскость падения и отражения света совпадет с плоскостью YOZ), то компоненты тензора диэлектрической проницаемости можно записать в виде

$$\begin{aligned} \varepsilon_{xx} &= \varepsilon_o; \quad \varepsilon_{yy} = \varepsilon_o + \Delta\varepsilon \cos^2 \theta_c; \quad \varepsilon_{zz} = \varepsilon_o + \Delta\varepsilon \sin^2 \theta_c; \quad \varepsilon_{xz} = \varepsilon_{zx} = 0; \\ \varepsilon_{yz} &= \varepsilon_{zy} = \Delta\varepsilon \sin \theta_c \cos \theta_c; \quad \varepsilon_{xy} = \varepsilon_{yx} = 0; \quad \Delta\varepsilon = \varepsilon_l - \varepsilon_o. \end{aligned}$$

Тогда анализ отражения света от верхней и нижней границ слоя позволяет сформулировать дисперсионные уравнения:

– для TE-мод

$$dk_0 k_{yw}^o = \arctg \frac{k_{yg}}{k_{yw}^o} + \arctg \frac{k_{ys}}{k_{yw}^o} + m\pi, \quad m = 0, 1, \dots;$$

– для ТМ-мод

$$dk_0 k_{yw}^e = \arctg \frac{\varepsilon_o \varepsilon_e k_{yg}}{\varepsilon_g \varepsilon_{yy} k_{yw}^e} + \arctg \frac{\varepsilon_o \varepsilon_e k_{ys}}{\varepsilon_s \varepsilon_{yy} k_{yw}^l} + m\pi, \quad m = 0, 1, \dots,$$

где

$$k_{yw}^o = \sqrt{\varepsilon_{xx} - (\text{Re} h / k_0)^2}; \quad k_{yw}^e = \sqrt{\frac{\varepsilon_o \varepsilon_e}{(\varepsilon_{yy})^2} (\varepsilon_{xx} - (\text{Re} h / k_0)^2)};$$

$$k_{yg} = \sqrt{(\text{Re} h / k_0)^2 - \varepsilon_g}; \quad k_{ys} = \sqrt{(\text{Re} h / k_0)^2 - \varepsilon_s};$$

ε_s – диэлектрическая проницаемость подложки; ε_g – диэлектрическая проницаемость среды над слоем (как правило, воздух); d – толщина слоя; $k_0 = 2\pi / \lambda$; λ – длина волны.

На рис. 1, б представлены результаты решения таких дисперсионных уравнений для различных мод анизотропного слоя жидких кристаллов на ТАЦ-подложке при $\theta_c = 0^\circ$.

Как видно, анизотропия существенно влияет на постоянную распространения мод (особенно мод ТМ-поляризации). Это позволяет определить параметры анизотропного слоя на основе измерения призмным методом действительных постоянных распространения мод ТЕ- и ТМ-поляризации на основе минимизации функционала

$$I(\varepsilon_o, \Delta\varepsilon, d) = \sum_{\rho=0}^1 \sum_{m=0}^n \left(\text{Re} h_{\rho,m}^e - \text{Re} h_{\rho,m}^t(\varepsilon_o, \Delta\varepsilon, d) \right)^2,$$

где $\text{Re} h_{\rho,m}^e$ – измеренные действительные части постоянной распространения при заданных номере m и поляризации моды ρ ($\rho = 1, 2$); $\text{Re} h_{\rho,m}^t(\varepsilon_o, \Delta\varepsilon, d)$ – рассчитанные значения постоянных распространения мод на основе дисперсионных уравнений для заданных параметров анизотропии.

Исследованы возможности метода определения двулучепреломления в анизотропном слое, основанного на регистрации и обработке пространственного распределения интенсивности светового пучка, отраженного от призмного устройства связи при возбуждении волноводных мод в тонкопленочной структуре. Величина двулучепреломления измерена также методом поляризационной интерферометрии [1]. Получена удовлетворительная корреляция результатов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хомченко, А. В. Поляризационная интерферометрия неоднородных анизотропных сред / А. В. Хомченко, И. У. Примак, А. Н. Василенко // Изв. ГГУ им. Ф. Скорины. – 2017. – № 6. – С. 152–157.