

## 4.7.2. Эффект Поккельса

Дорогинин Д.В.

Группа Б02-825

**Цель работы:** исследовать интерференцию рассеянного света, прошедшего кристалл; наблюдать изменение характера поляризации света при наложении на кристалл электрического поля.

**В работе используются:** гелий-неоновый лазер, поляризатор, кристалл ниобата лития, матовая пластинка, экран, источник высоковольтного переменного и постоянного напряжения, фотодиод, осциллограф, линейка.

### Теория

Эффект Поккельса – изменение показателя преломления света в кристалле под действием электрического поля.

Рассмотрим кристалл ниобата лития  $\text{LiNbO}_3$  с цетральноосевой симметрией вдоль оси  $Z$ . Для световой волны с  $\mathbf{E}$  перпендикулярно  $Z$  показатель преломления будет  $n_o$ , а для волны с  $\mathbf{E}$  вдоль  $Z$  –  $n_e$ . В случае, когда луч света идёт под углом  $\theta$  к оси, есть два значения показателя преломления  $n_1$  и  $n_2$ :  $n_1 = n_o$  для волны с  $\mathbf{E}$  перпендикулярным плоскости  $(\mathbf{k}, \mathbf{Z})$  (обыкновенная волна) и  $n_2$  для волны с  $\mathbf{E}$  в этой плоскости (необыкновенная волна). В последнем случае

$$\frac{1}{n_2^2} = \frac{\cos^2 \theta}{n_o^2} + \frac{\sin^2 \theta}{n_e^2}. \quad (1)$$

Если перед кристаллом, помещённым между поляроидами, расположить линзу или матовую пластинку, то на экране за поляроидом мы увидим тёмные концентрические окружности – результат интерференции обыкновенной и необыкновенной волн. При повороте выходного поляроида на  $90^\circ$  картина меняется с позитива на негатив (на месте светлых пятен тёмные и наоборот). В случае, когда разрешённое направление анализатора перпендикулярно поляризации лазерного излучения, радиус тёмного кольца с номером  $m$  равен

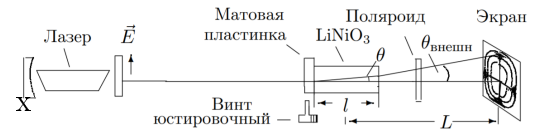


Рис. 1: Схема для наблюдения интерференционной картины.

$$r_m^2 = \frac{\lambda}{l} \frac{(n_o L)^2}{n_o - n_e} m, \quad (2)$$

где  $L$  – расстояние от центра кристалла до экрана,  $l$  – длина кристалла.

Теперь поместим кристалл в постоянное электрическое поле  $E_{\text{эл}}$ , направленное вдоль оси  $X$ , перпендикулярной  $Z$ . Показатель преломления для луча, распространяющегося вдоль  $Z$ , всегда  $n_o$ . В плоскости  $(X, Y)$  возникают два главных направления под углами  $45^\circ$  к

$X$  и  $Y$  с показателями преломления  $n_0 - \Delta n$  и  $n_0 + \Delta n$  (быстрая и медленная ось), причём  $\Delta n = AE_{\text{эл}}$ . Для поляризованного вертикально света и анализатора, пропускающего горизонтальную поляризацию, на выходе интенсивность на выходе будет иметь вид

$$I_{\text{вых}} = I_0 \sin^2 \left( \frac{\pi}{2} \frac{U}{U_{\lambda/2}} \right), \quad (3)$$

где  $U_{\lambda/2} = \frac{\lambda}{4A} d$  – *полуволновое напряжение*,  $d$  – поперечный размер кристалла. При напряжении  $U = E_{\text{эл}} d$  равном полуволновому сдвиг фаз между двумя волнами равен  $\pi$ , а интенсивность света на выходе максимальна.

На Рис. 2 представлена схема всей установки (оптическая часть изобразжена на Рис. 1). Свет лазера, проходя через сквозь пластину, рассеивается и падает на двоякопреломляющий кристалл. На экране за поляроидом видна интерференционная картина. Убрав рассеивающую пластину и подавая на кристалл постоянное напряжение, можно величиной напряжения влиять на поляризацию луча, вышедшего из кристалла. Заменяв экран фотодиодом и подав на кристалл переменное напряжение, можно исследовать поляризацию с помощью осциллографа.

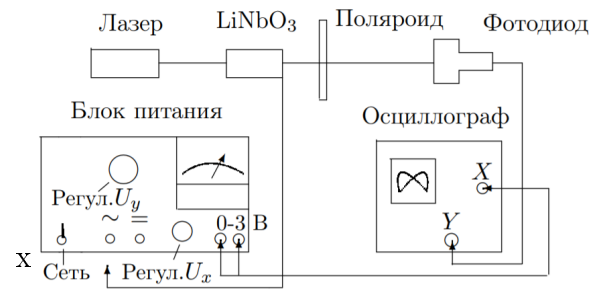


Рис. 2: Схема установки.

## Ход работы

В схеме согласно Рис. 1 получим интерференционную картину. Радиусы  $r(m)$  тёмных колец при расстоянии  $L = 60$  см приведены в Таблице 1. На Рис. 3(б) изображён график  $r^2 = f(m)$ .

$m$	1	2	3	4	5	6	7	8
$r_m, \text{ см}$	1.8	2.7	3.5	4.2	4.7	5.1	5.6	5.9

Таблица 1: Радиусы тёмных колец.

Из МНК угловой коэффициент получаем  $k = 4.36 \pm 0.04 \text{ см}^2$ . Отсюда для значений  $n_0 = 2.29$ ,  $\lambda = 0.63 \text{ мкм}$ ,  $l = 26 \text{ мм}$  получаем из формулы (2)

$$n_0 - n_e = 0.105 \pm 0.010.$$

На установке по Рис. 2 определим полуволновое напряжение по разности напряжений при максимуме и минимуме у фигуры Лиссажу:  $U_{\lambda/2} = 450 \pm 15 \text{ В}$ . Подавая на кристалл  $U_{\lambda/4} = \frac{1}{2}U_{\lambda/2}$ , убеждаемся, что поляризация круговая.

Вид фигуры Лиссажу, наблюдаемой на осциллографе, представлен на Рис. 3(а). Первый минимум соответствует  $U_{\lambda/2}$ , максимум –  $U_\lambda$ , второй минимум –  $U_{3\lambda/2}$ . При изменении полярности поляроида картина отображается симметрично оси  $OX$ .

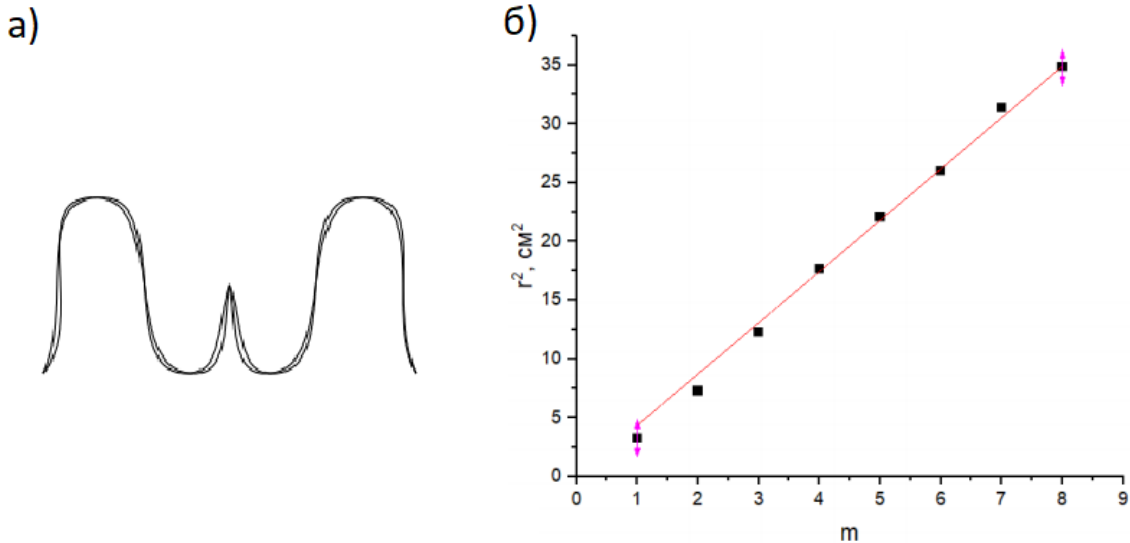


Рис. 3: (а) Вид фигуры Лиссажу. (б) Зависимость  $r^2 = f(m)$ .