

# Работа 4.7.2

## Эффект Поккельса

Шарапов Денис, Б05-005

### Содержание

<b>1</b>	<b>Аннотация</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Теоретические сведения</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Результаты измерений и обработка данных</b>	<b>2</b>
3.1	Исследование интерференции рассеянного света . . . . .	2
3.2	Изменение характера поляризации света при наличии внешнего поля . . . . .	3
<b>4</b>	<b>Вывод</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>Приложение</b>	<b>4</b>

# 1 Аннотация

**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.

# 2 Теоретические сведения

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

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

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  $n_o - \Delta n$  и  $n_o + \Delta n$  (быстрая и медленная ось), причём  $\Delta n = A E_{\text{эл}}$ . 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.

# 3 Результаты измерений и обработка данных

## 3.1 Исследование интерференции рассеянного света

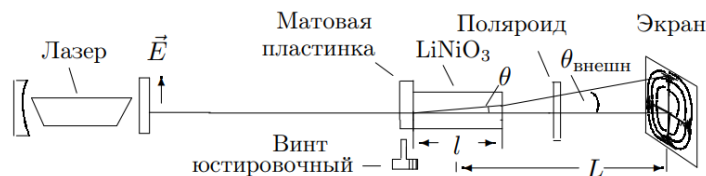


Рис. 1: Схема для наблюдения интерференционной картины

В схеме, изображенной на рис. 1 получим интерференционную картину. Измерим радиусы  $r(m)$  тёмных колец при расстоянии  $L = 60$  см и результаты запишем в таблицу 1. На рис. 2 изобразим график зависимости  $r^2 = f(m)$ .

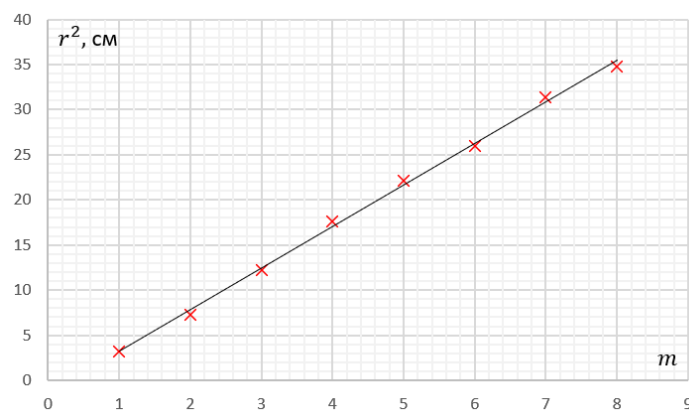


Рис. 2: График зависимости квадрата радиуса кольца от порядка минимума

Из МНК получим угловой коэффициент

$$k = 4,36 \pm 0,04 \text{ см}^2.$$

Откуда при значениях из таблицы 1 получим

$$n_0 - n_e = 0,11 \pm 0,01.$$

### 3.2 Изменение характера поляризации света при наличии внешнего поля

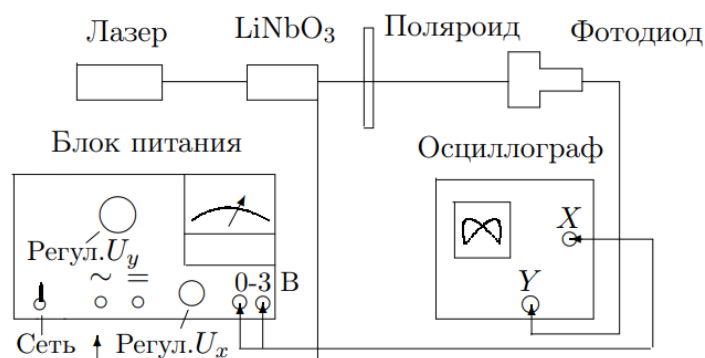


Рис. 3: Схема для изучения двойного лучепреломления в электрическом поле

Для скрещенных поляризаций при напряжениях  $U = (2k - 1)U_{\lambda/2}$  наблюдается максимум интенсивности, при  $U = 2kU_{\lambda/2}$  - минимум, здесь  $k$  - натуральное число. Для параллельных поляризаций ситуация противоположная.

Напряжения, соответствующие последовательным экстремумам интенсивности для разных поляризаций, содержатся в таблице 3. В 100 делениях шкалы блока питания 1,5 кВ. Погрешность измерения напряжения примем равной 1 делению, или 15 В.

По таблице 3 найдем среднее значение полуволнового напряжения; погрешность его определения складывается из приборной погрешности и случайной, сопоставимых по величине, поэтому оценим ее как  $2 \cdot 10$  В:

$$U_{\lambda/2} \approx 30 \text{ дел} = 450 \text{ В}.$$

## 4 Вывод

Рассмотрен эффект Поккельса: несколькими способами определено полуволновое напряжение, оно совпадает в пределах погрешности и равно  $U_{\lambda/2} \approx 460$  В. Получены фигуры Лиссажу, отражающие зависимость интенсивности выходного сигнала от подаваемой амплитуды напряжения  $I(U)$  при скрещенных и параллельных поляризациях. Картинки для поляризаций отличаются по фазе на  $\pi/2$ .

## 5 Приложение

Таблица 1: Параметры установки

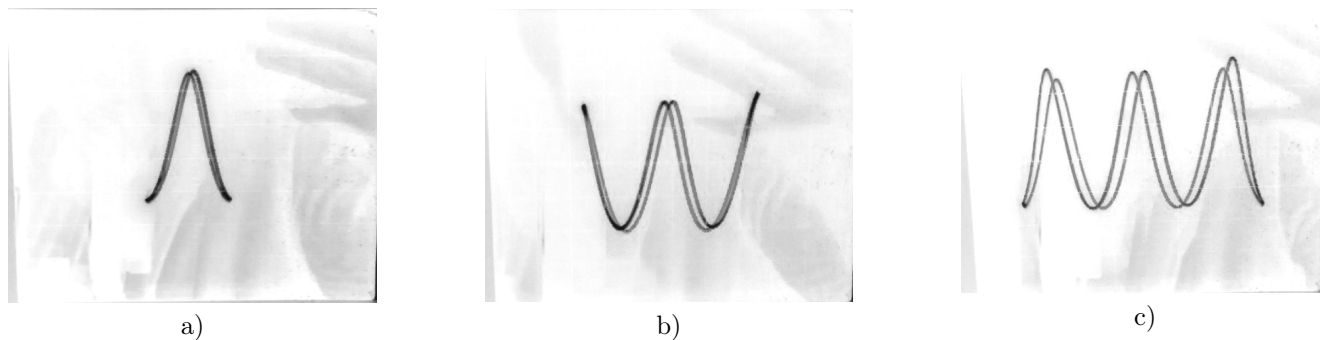
$n_0$	$\lambda$ , мкм	$l$ , мм
2,29	0,630	26

Таблица 2: Радиусы темных колец при расстоянии  $L = 60$  см

$m$	1	2	3	4	5	6	7	8
$r$ , см	1,8	2,7	3,5	4,2	4,7	5,1	5,6	5,9

Таблица 3: Измерение последовательных напряжений, соответствующих минимумам/максимумам интенсивности для скрещенных и параллельных поляризаций

	Скрещенные поляризации	Параллельные поляризации
$U_{\lambda/2}$ , дел	30	28
$U_{\lambda/2}$ , В	450	420
$2U_{\lambda/2} = U_{\lambda}$ , дел	60	60
$2U_{\lambda/2} = U_{\lambda}$ , В	900	900
$3U_{\lambda/2} = U_{3\lambda/2}$ , дел	92	92
$3U_{\lambda/2} = U_{3\lambda/2}$ , В	1380	1380

Рис. 4: Фигуры Лиссажу для параллельных поляризаций при различных амплитудах напряжения  $U$ : (a)  $U = U_{\lambda/2}$ , (b)  $U = U_{\lambda}$ , (c)  $U = U_{3\lambda/2}$