

Работа 4.7.2

Эффект Поккельса

Работу выполнил Матренин Василий Б01-006

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 пластина, экран, источник высоковольтного переменного и постоянного напряжения, фотодиод, осциллограф, линейка.

1 Теоретическая часть

1.1 Схема установки



Рис 1. Схема для наблюдения интерференционной картины

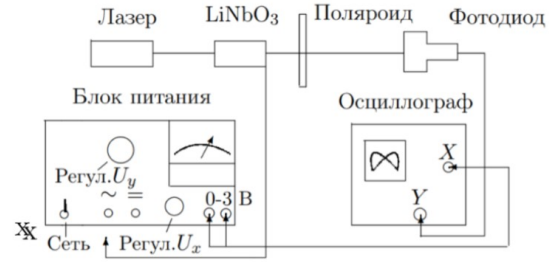


Рис 2. Схема для наблюдения влияния на поляризацию

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

В данной работе используется кристалл ниобата лития $LiNbO_3$ с центральноосевой симметрией вдоль оси Z . Для световой волны с E , ортогональной Z , показатель преломления будет n_0 . А для волны с E , сонаправленной с Z – n_e . В случае, когда луч света идёт под углом θ к оси, есть два значения показателя преломления n_1 и n_2 : $n_1 = n_0$ для волны с E , перпендикулярной плоскости (k, Z) (обыкновенная волна), и n_2 – для волны с E в этой плоскости (необыкновенная волна). В последнем случае:

$$\frac{1}{n_2^2} = \frac{\cos^2 \theta}{n_0^2} + \frac{\sin^2 \theta}{n_e^2} \quad (1)$$

Если перед кристаллом, помещённым между поляроидами, расположить линзу или матовую пластинку, то на экране за поляридом мы увидим тёмные концентрические окружности – результат интерференции обыкновенной и необыкновенной волн. При повороте выходного поляроида на 90° 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:

$$r_m^2 = \frac{\lambda}{l} \frac{(n_0 L)^2}{n_0 - n_e} m, \quad (2)$$

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

Теперь поместим кристалл в постоянное электрическое поле $E_{эл}$, направленное вдоль оси X , перпендикулярной Z . Показатель преломления для луча, распространяющегося вдоль Z , всегда n_0 . В плоскости (X, Y) возникают два главных направления под углами 45° к X и Y с показателями преломления $n_0 - \Delta n$ и $n_0 + \Delta n$ (быстрая и медленная ось), причём $\Delta n = A E_{эл}$. Для поляризованного вертикально света и анализатора, пропускающего горизонтальную поляризацию, на выходе интенсивность будет иметь вид:

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

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

Свет лазера, проходя через 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.

2 Ход работы

2.1 Настройка системы

Произвел юстировку системы.

Параметры системы:

$$\lambda = 0,63 \text{ мкм}$$

$$n_0 = 2,29$$

размеры кристалла: $3 \times 3 \times 26 \text{ мм}$ $L = (91 \pm 3) \text{ см}$ - расстояние от середины кристалла до экрана.

2.2 Наблюдение темных колец

Собрал установку, изображенную на Рисунке 1.

Собранные данные представлены в Таблице 1.

Таблица 1: Радиусы темных колец

m	1	2	3	4	5	6	7
$r, \text{ см}$	3,1	4,4	5,5	6,3	7,1	7,7	8,3

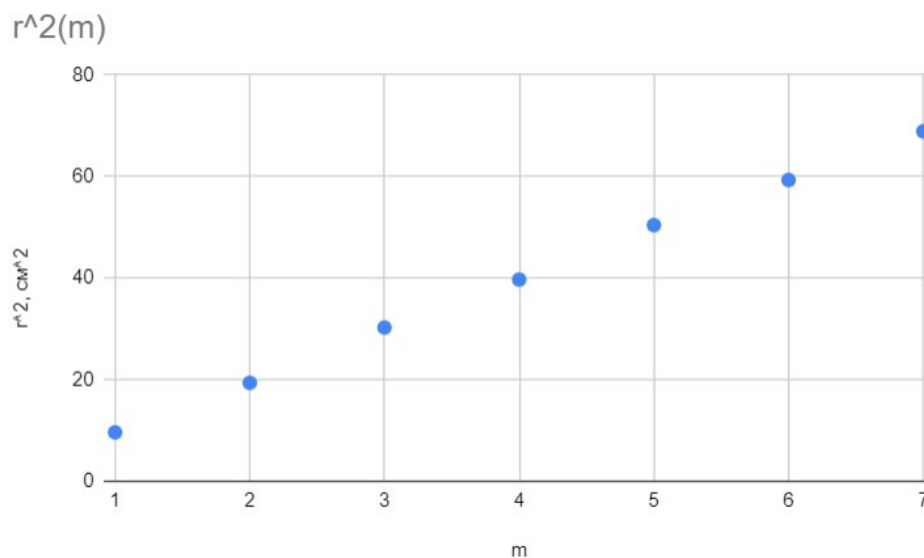


Рис 3. Зависимость $r^2(m)$

По МНК определяю угловой коэффициент зависимости $r^2(m)$.

$$k = (9,84 \pm 0,11) \text{ см}^2.$$

Тогда получаю по формуле (2):

$$n_0 - n_e = 0,105 \pm 0,010.$$

2.3 Изменение характера поляризации во внешнем поле

Собрал схему, изображенную на Рисунке 2.

Собранные данные:

1 min: 0 кВ
1 max: 0,24 кВ
2 min: 0,47 кВ
2 max: 0,75 кВ

Точно такие же значения получены для вертикального направления.
Тогда: $U_{\lambda/2} = (0,24 \pm 0,02) \text{ кВ}$

2.4 Фигуры Лиссажу

Добавил вместо экрана фотодиод. Пронаблюдал фигуры Лиссажу и записал для данных фигур подаваемое напряжение.

$U_1 = 0,18 \text{ кВ}$
 $U_2 = 0,39 \text{ кВ}$
 $U_1 = 0,62 \text{ кВ}$

Тогда: $U_{\lambda/2} = (0,22 \pm 0,02) \text{ кВ}$

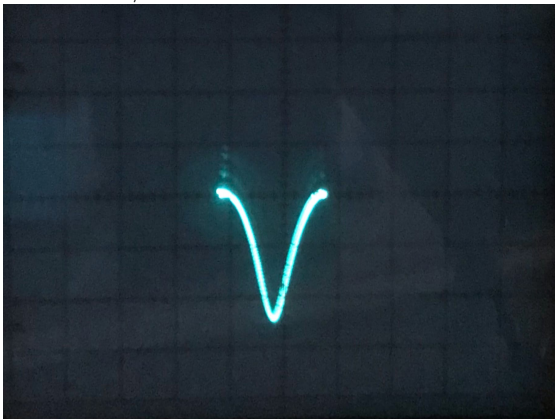


Рис 4. Первая фигура Лиссажу

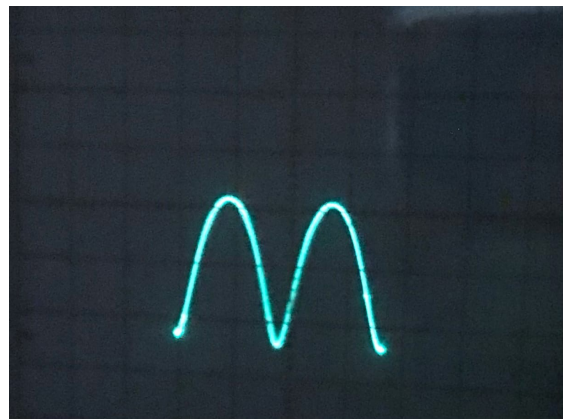


Рис 5. Вторая фигура Лиссажу

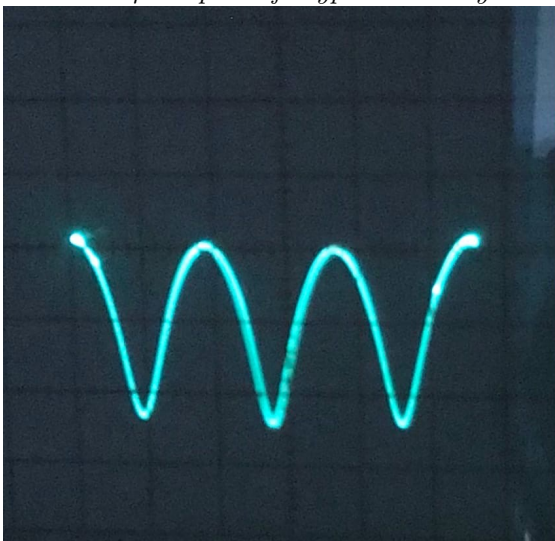


Рис 6. Третья фигура Лиссажу

3 Вывод

Таким образом, в ходе данной лабораторной работы, была исследована интерференция рассеянного света, прошедшего кристалл. Также пронаблюдал изменение характера поляризации света при наложении на кристалл электрического поля.