

Эффект Поккельса (4.7.2)

Стеценко Георгий, Б02-312

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

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

1 Теоретические сведения

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

Рассмотрим кристалл ниобата лития LiNbO_3 с центральносоосевой 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 θ 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

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

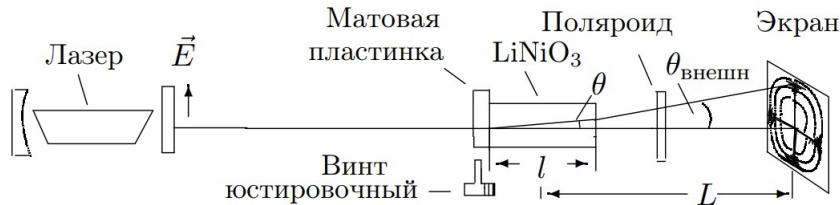


Рис. 1: Оптическая часть экспериментальной установки

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° картина меняется с позитива на негатив (на месте светлых пятен появляются 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° к X и Y с показателями

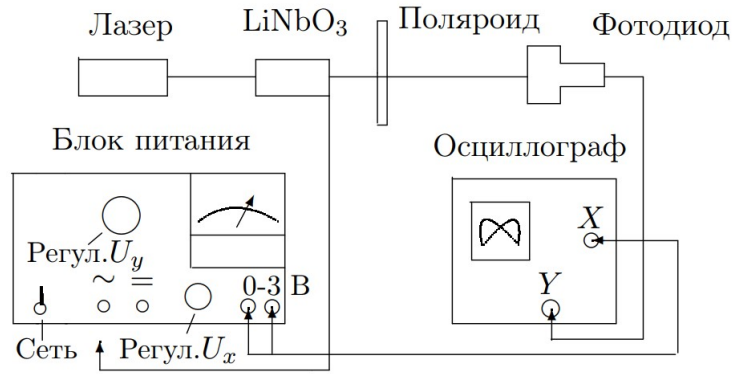


Рис. 2: Экспериментальная установка

преломления $n_0 - \Delta n$ и $n_0 + \Delta n$ (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 $U_{\lambda/2} = \frac{\lambda}{4A} \frac{d}{l}$ – *полуволновое напряжение*, d – поперечный размер кристалла. При напряжении $U = E_{\text{эл}} d$ равном полуволновому сдвиг фаз между двумя волнами равен π , а интенсивность света на выходе максимальна.

На Рис. 2 представлена схема всей установки (оптическая часть изобразена на Рис. 1). Свет лазера, проходя через сквозь пластину, рассеивается и падает на двоякопреломляющий кристалл. На экране за поляризатором 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 Методика измерений и результаты

2.1 Измерение двулучепреломления без подачи напряжения

Соберем схему установку рис. 1. Наблюдаем интерференционную картину на экране: концентрические кольца, рассеянные тёмным «мальтийским крестом».

Таблица 1: Результаты измерений радиусов колец

Номер кольца	1	2	3	4	5	6
R_1	31	45	53	62	70	78
R_2	31	44	53	61	72	77
R_3	30	43	54	62	—	—
R_4	33	43	55	63	—	—
Среднее	31.3	43.8	53.8	62.0	71.0	77.5

Построим график зависимости R^2 от номера кольца m (Рис. 3).

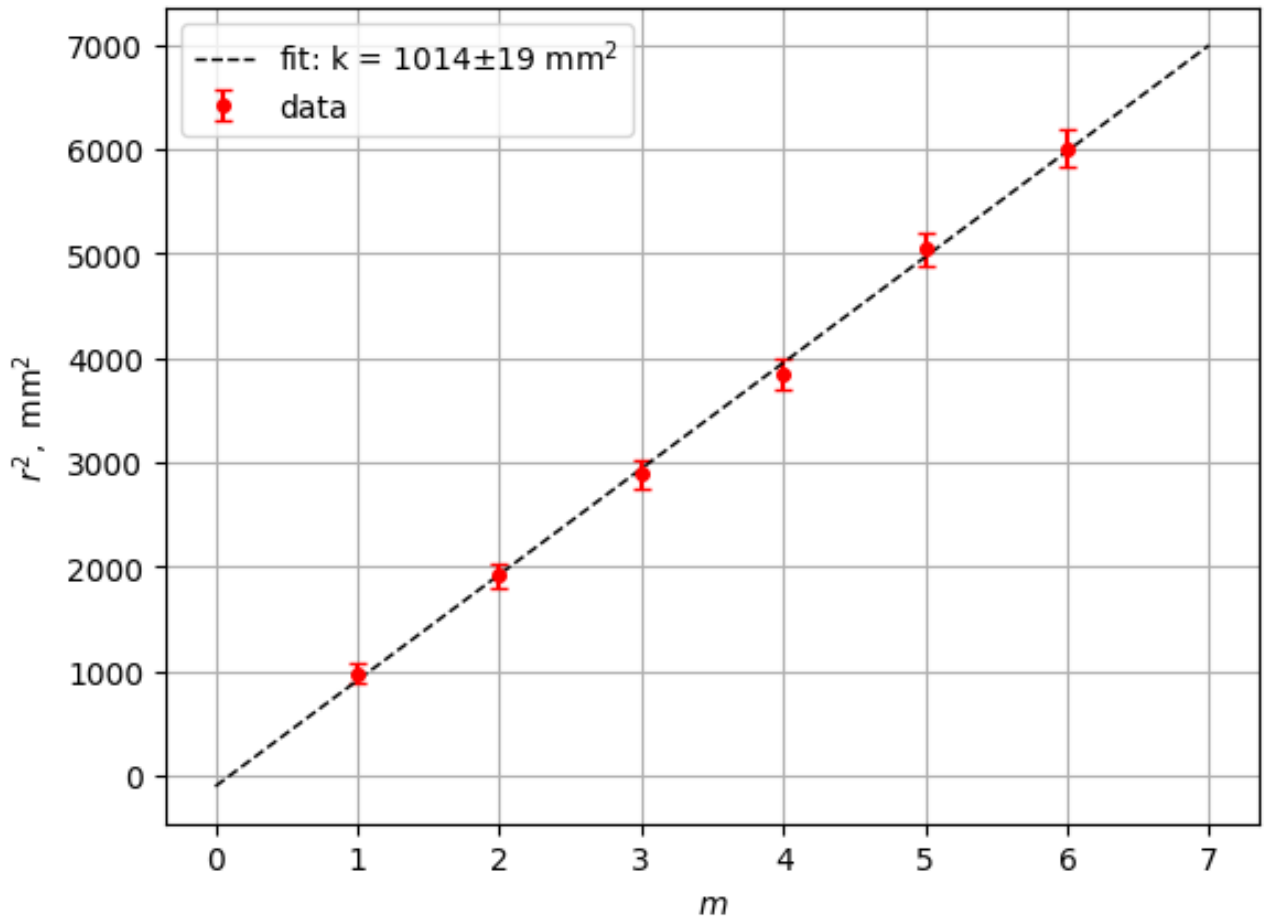


Рис. 3: Зависимость R^2 от номера кольца m

Пользуясь формулой (2), определим двулучепреломление кристалла. $\lambda = 630$ nm, $l = 26$ mm, $n_0 = 2.29$, $L = 84$ cm.

$$n_o - n_e = \frac{\lambda (n_o L)^2}{l k} = 0.088 \pm 0.004$$

что соответствует табличному значению.

2.2 Определение полуволнового напряжения

В данном пункте работы была убрана матовая пластинка, и был проделан опыт с увеличением напряжения на кристалле и измерением максимумов и минимумов интенсивности. Полученные результаты приведены в таблице 2 (считаем абсолютную погрешность равной половине деления).

Таблица 2: Результаты измерений полуволнового напряжения

$U_{\lambda/2}$	U_{λ}	$U_{3\lambda/2}$
480	960	1440

Проверим также, что при выставлении напряжения $U_{\lambda/4}$ получается круговая поляризация (интенсивность не меняется при вращении анализатора).

Также подадим переменное напряжение на кристалл, и пронаблюдаем фигуру Лиссажу. Она представляет из себя синусоиду, экстремумы которой соответствуют напряжениям, кратным полуволновым.

3 Вывод

В работе с помощью интерференционной картины было определено двулучепреломления ниобата лития, которое с хорошей точностью сошлось с табличным значением. Также был исследован эффект Поггеля и определено полуволновое напряжение помощью наблюдения за изменением интенсивности, также полученное значение было проверено с помощью следующего факта: при напряжении $U_{\lambda/4}$ получается круговая поляризация.