

# Лабораторная работа №4.7.2

## Эффект Поккельса

Севастьян Черняков и Алексей Нистюк

18 апреля 2024 г.

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

## 1 Теоретическая часть

### 1.1 Интерференционные кольца при прохождении света через одноосный кристалл

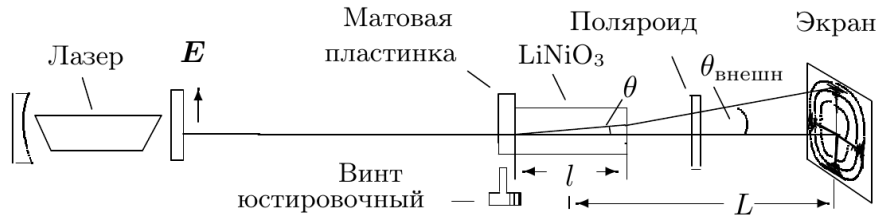


Рис. 1: Схема для наблюдения интерференционной картины

При прохождении света через одноосный кристалл, показатель преломления необыкновенной волны зависит от угла между направлением распространения волны и осью кристалла по формуле

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

Если считать, что  $(n_o - n_e) \ll n_o$ , то при малых углах  $\theta$  можно воспользоваться приближенной формулой

$$n_2 \approx n_o - (n_o - n_e)\theta^2 \quad (2)$$

Показатель преломления обыкновенного луча не зависит от направления распространения:  $n_1 = n_o$ . Если длине кристалла  $l$ , то после прохождения через кристалл между обыкновенным и необыкновенным лучом набегают разность фаз

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}l(n_1 - n_2) \approx \frac{2\pi}{\lambda}l(n_o - n_e)\theta^2 \quad (3)$$

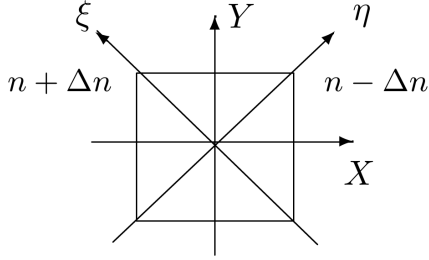
Для случая, когда разрешенное направление анализатора перпендикулярно направлению поляризации лазера, условием для темного кольца с номером  $m$  является  $\varphi = 2\pi m$ , откуда следует

$$\theta_m^2 = \frac{\lambda m}{l(n_o - n_e)} \quad (4)$$

При выходе из кристалла луч преломляется на границе кристалл-воздух, поэтому угол  $\theta_{\text{внешн}} \approx n_o \theta$ . Радиус  $m$ -го темного кольца  $r_m = L \theta_{\text{внешн},m}$ . Для квадрата радиуса

$$r_m^2 = \frac{\lambda}{l} \frac{(n_o L)^2}{(n_o - n_e)} m \quad (5)$$

## 1.2 Эффект Поккельса



При наличии электрического поля вдоль  $x$  в кристалле появляются новые перпендикулярные главные направления, показатели преломления которых равны  $n_o \pm \Delta n$ , где  $\Delta n = A \cdot E_x$ . Пусть поляризация лазера вертикальна, а разрешенное направление анализатора горизонтально. Тогда, интенсивность света на выходе будет зависеть от прикладываемого напряжения ( $U = E_x d$ ) по закону

$$I = I_0 \sin^2 \left( \frac{\pi}{2} \frac{U}{U_{\lambda/2}} \right) \quad (6)$$

где

$$U_{\lambda/2} = \frac{\lambda}{4A} \frac{d}{l} \quad (7)$$

Рис. 2: Главные оси при наличии напряжения вдоль  $x$

## 2 Измерения

### 2.1 Интерференционные кольца

№ кольца	$r$ , мм
1	16
2	26
3	38
4	46
5	54
6	60

$\sigma_r = 2\text{мм}$

Таблица 1: Зависимость радиусов темных колец от номера колец

Из графика (метод взвешенных наименьших квадратов) и согласно формуле (5)

$$\frac{\lambda}{l} \frac{(n_o L)^2}{(n_o - n_e)} = (5.97 \pm 0.24) \text{ см}^2$$

Для нашей установки  $\lambda = 6328 \text{ Å}$ ,  $l = 26 \text{ мм}$ ,  $L = (76.0 \pm 0.5) \text{ см}$ ,  $n_o = 2.29$ . После подстановки получаем

$$n_o - n_e = (0.081 \pm 0.003) \quad (8)$$

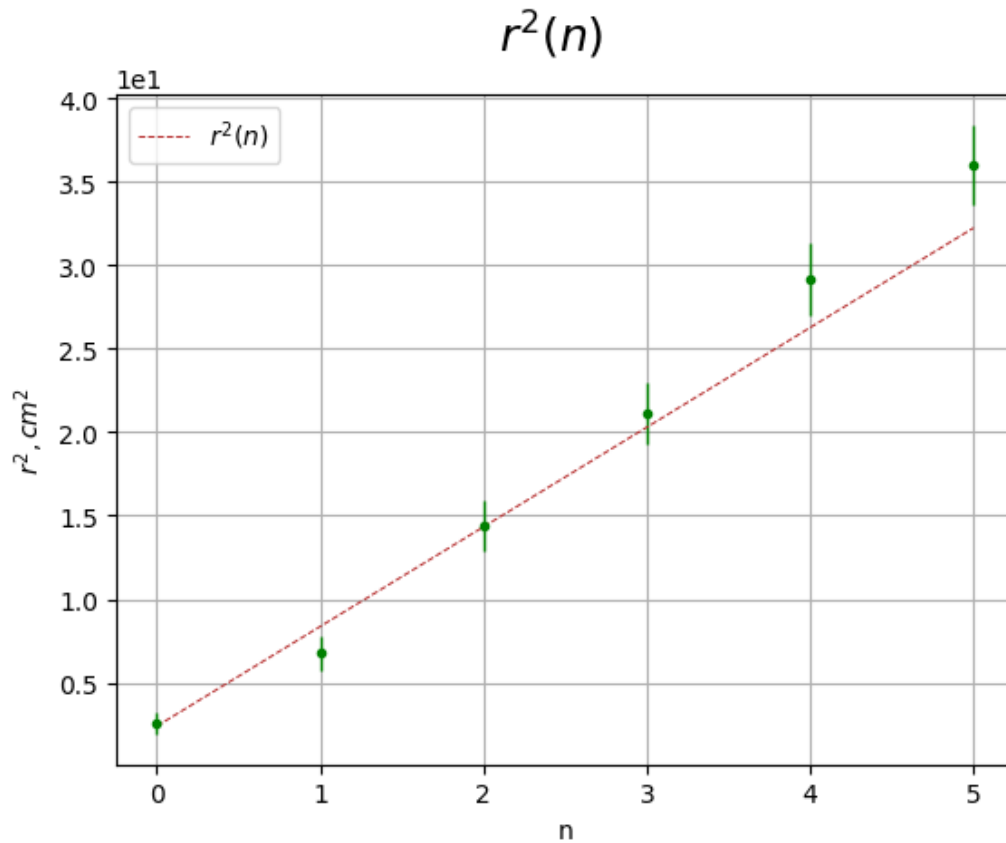


Рис. 3: Линеаризованный график зависимости радиуса колец от номера

## 2.2 Эффект Поккельса

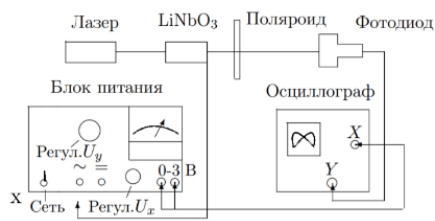


Рис. 4: схема установки

Соберем установку по рис.4, определим полуволновое напряжение по разности напряжений при максимуме и минимуме у фигуры Лиссажу:

$$U_{\lambda/2} = (420 \pm 15) \text{ В}$$

подав на кристалл  $U_{\lambda/4} = \frac{U_{\lambda/2}}{2}$ , убеждаемся, что поляризация круговая, при вращении анализатора интенсивность не изменяется



Рис. 5: Фигуры лиссажу для  $U_{\lambda/2}$ ,  $U_{\lambda}$  и  $U_{3\lambda/2}$

### 3 Вывод

В работе с помощью интерференционной картины было определено двулучепреломления ниобата лития (по угловому коэффициенту зависимости квадрата радиуса тёмного пятна от номера тёмного пятна с помощью формулы 2).

В открытых источниках удалось найти информацию о табличном значении

$$\Delta n = 0.083,$$

что совпало с учетом погрешности с полученным значением

$$n_o - n_e = (0.081 \pm 0.003)$$

Также был исследован эффект Поггеля и полуволновое напряжение - с помощью наблюдения изменения интенсивности и с помощью фигур Лиссажу, полученное значение было дополнительно проверено экспериментально: при напряжении  $U_{\lambda/4}$  была получена круговая поляризация.