

Лабораторная работа №4.7.2
Эффект Поккельса

Гёлецын А.Г.

13 апреля 2023 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

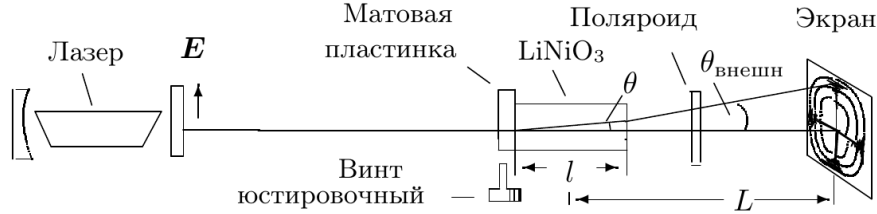


Рис. 1: Схема для наблюдения интерференционной картины

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 θ 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 набегает 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

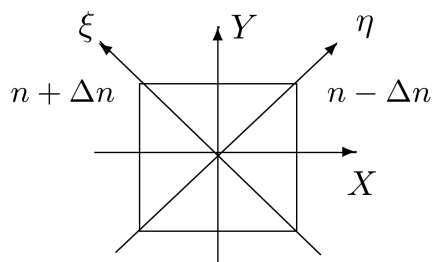


Рис. 2: Главные оси при наличии напряжения вдоль x

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

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

2 Измерения

2.1 Интерференционные кольца

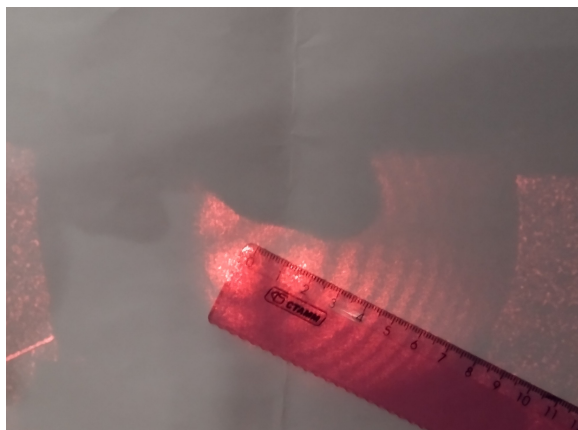


Рис. 3: Интерференционные кольца

№ кольца	г, см
1	2.5
2	3.6
3	4.3
4	4.9
5	5.5
6	6.1
7	6.5
8	6.9
9	7.2

Таблица 1: Зависимость радиусов темных колец от номера колец

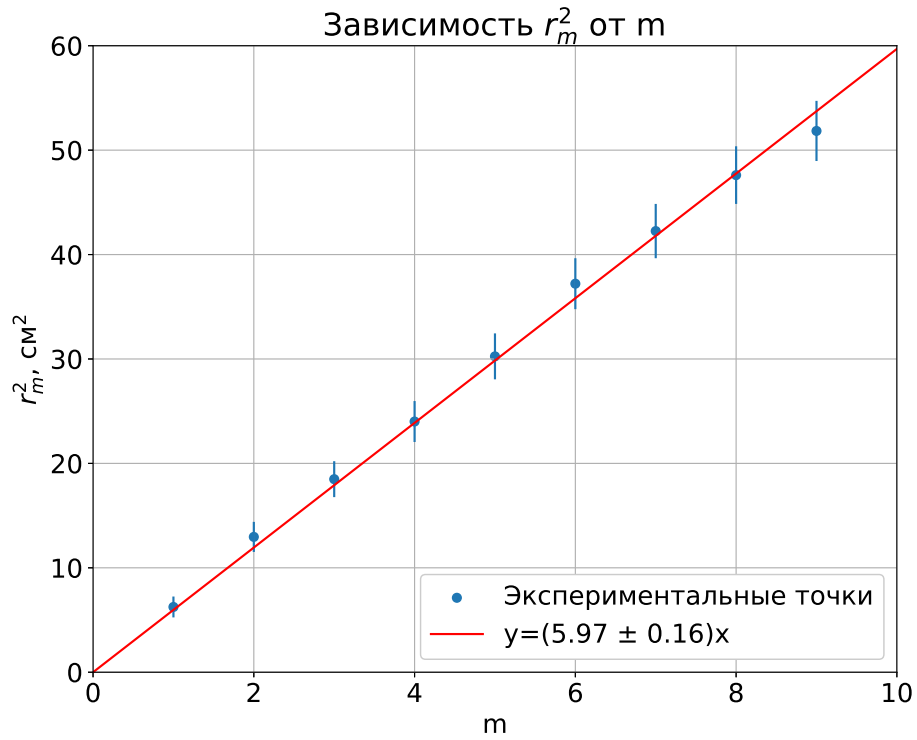


Рис. 4: Линеаризованный график зависимости радиуса колец от номера

Из графика и согласно формуле (5)

$$\frac{\lambda}{l} \frac{(n_o L)^2}{(n_o - n_e)} = (5.97 \pm 0.16) \text{ см}^2$$

Для нашей установки $\lambda = 6328 \text{ Å}$, $l = 26 \text{ мм}$, $L = (65.5 \pm 0.5) \text{ см}$, $n_o = 2.29$. После подстановки получаем

$$n_o - n_e = (0.092 \pm 0.003) \quad (8)$$

2.2 Эффект Поккельса

Напряжение, В	скрещенные поляризации	параллельные поляризации
$U_{\lambda/2}$	450	450
U_{λ}	900	900
$U_{3\lambda/2}$	1350	1350

Таблица 2: Полуволновые, волновые и 3/2-волновые напряжения



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