

## *Получение и исследование поляризованного света.*

Цель работы: изучить явление поляризации света.

Решаемые задачи:

- получить линейно поляризованный свет;
- пронаблюдать изменения интенсивности света в зависимости от угла между осями поляризатора и анализатора;
- проверить справедливость закона Малюса;
- пронаблюдать прохождение плоскополяризованного света через кристаллическую пластинку, вырезанную из одноосного кристалла параллельно его оптической оси;
- определить вид поляризации света в зависимости от толщины пластинки и угла между направлением колебаний электрического вектора в поляризованном свете, падающем на пластинку и осью пластинки.

Рассмотрим прохождение линейно поляризованного света через кристалл. Свет определенной длины волны, прошедший через поляризатор, направим *нормально* на кристаллическую пластинку, вырезанную из одноосного кристалла *параллельно* его оптической оси.

Внутри кристалла будут распространяться по одному направлению, но с различными скоростями два луча, поляризованные в двух взаимно перпендикулярных направлениях, которые принято называть главными направлениями ( $\beta$ - и  $\gamma$ -) кристаллической пластинки.

Если путь лучей в кристалле равен  $l$ , то возникающая на этом пути оптическая разность хода равна  $\Delta = l \cdot (n_o - n_e)$  и соответствующая этой разности хода разность фаз будет равна:

$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \Delta = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot l \cdot (n_o - n_e) .$$

На выходе из кристалла колебания вектора  $\mathbf{E}$  представляют сумму двух взаимно перпендикулярных колебаний одинаковой частоты с разностью фаз  $\varphi$ . Если смотреть навстречу лучу, то конец результирующего вектора  $\mathbf{E}$  непрерывно вращается, скользя по эллипсу. На рис. 1 изображена схема такой эллиптически поляризованной волны, распространяющейся в направлении оси  $OX$ .

Форма эллипса и его ориентация относительно осей (оптической оси и направления, перпендикулярного ей) зависят от разности хода складывающихся волн. Эллиптическая поляризация - наиболее общий вид поляризации поперечных волн. Частными случаями эллиптической поляризации являются: линейная, когда длина одной из осей эллипса равна нулю, и круговая (циркулярная), когда оси эллипса одинаковы.

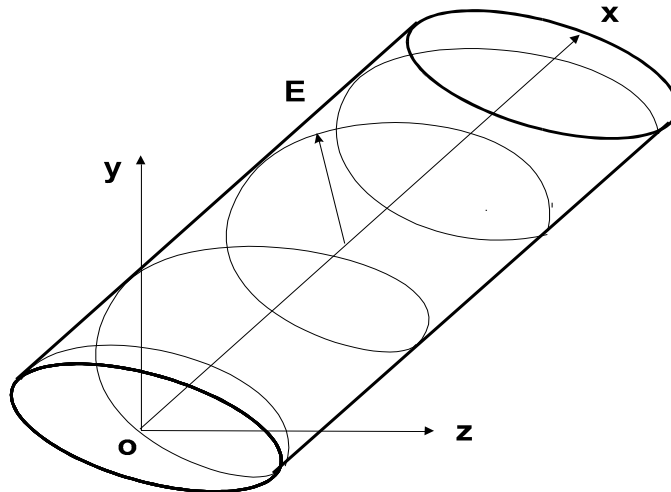


Рис. 1. Эллиптически поляризованная волна.

Анизотропная пластинка, при прохождении которой разность оптических путей обыкновенной и необыкновенной волн составляет:

$$\Delta = l \cdot |n_o - n_e| = (m + 1/4)\lambda \quad ,$$

где  $m = 0, 1, 2, \dots$ , называется пластинкой в четверть волны.

Если линейно поляризованный свет падает нормально на такую пластинку, то выходящий из нее свет будет в общем случае эллиптически поляризован. Оси эллипса будут параллельны главным направлениям пластинки. Если плоскость поляризации падающего на пластинку луча делит пополам угол между главными направлениями, то свет, выходящий из пластинки в четверть волны, будет поляризованным по кругу.

Кристаллическая пластинка, вносящая разность хода между обыкновенным и необыкновенным лучами:

$$\Delta = l \cdot |n_o - n_e| = (m + 1/2)\lambda \quad ,$$

где  $m = 0, 1, 2 \dots$ , называется полуволновой или пластинкой в половину длины волны.

На выходе из такой пластинки обыкновенный и необыкновенный лучи, складываясь, вновь дают линейно поляризованный свет, однако его плоскость поляризации окажется повернутой на угол  $2\alpha$  ( $\alpha$  - угол между плоскостью колебаний вектора  $\mathbf{E}$  в падающей волне и осью пластинки).

Основной задачей данной работы является ознакомление с методами получения света с различным видом поляризации и со способами исследования состояния поляризации светового пучка.

Четвертьволновая и полуволновая пластинки являются таковыми только для определенной длины волны света. Для волновых пластинок, которые используются в данной работе, необходимо использовать желтый свет.

#### Оптические элементы и аппаратура:

- ✓ оптическая скамья (1);
- ✓ осветитель (галогенная лампа в корпусе) (2) и блок питания (3);

- ✓ держатель и стеклянный фильтр (4);
- ✓ поляроиды – поляризатор (5) и анализатор (6);
- ✓ четвертьволновая пластинка (7);
- ✓ полуволновая пластинка (8);
- ✓ цифро-аналоговый мультиметр (9);
- ✓ селеновый фотоэлемент (10);
- ✓ универсальные зажимы (11);
- ✓ желтый светофильтр (входит в комплект и устанавливается в держателе 4).



Рис.1. Общий вид установки



Рис 2. Отдельные детали установки

### Порядок выполнения работы:

#### Упражнение 1. Проверка закона Малюса.

1. Убрать четвертьволновую и полуволновую пластинки с оптической скамьи (они будут использоваться в следующих упражнениях). Включить галогенную лампу.
2. Установить поляроиды в зажимах на одной высоте так, чтобы луч света от галогенной лампы проходя через них попадал на селеновый фотоэлемент.
3. Установить поляризатор на  $90^{\circ}$ , а анализатор повернуть так, чтобы интенсивность света, проходящего через систему, была максимальна.
4. Последовательно поворачивая анализатор (6, рис.1) с шагом  $5 - 10^{\circ}$ , измерить фотоэдс для каждой ориентации анализатора. Провести эти измерения для поворота анализатора на  $180^{\circ}$ .
5. Неизбежный фон (шум) сигнала, обусловленный внешним освещением скорректировать, вычитая из всех полученных значений фотоэдс величины  $I_{\min}$  - значение интенсивности в минимуме.
6. На координатной сетке построить график зависимости  $I/I_{\max}$  (где  $I$  – величина фотоэдс при данном угле поворота анализатора, а  $I_{\max}$  - значение фотоэдс в максимуме) от угла между плоскостями поляризатора и анализатора.
7. Для сравнения с теоретическим законом на той же координатной сетке построить график функции  $y = \text{Cos}^2\varphi$ , где  $\varphi$  - угол, отсчитываемый от направления максимального пропускания поляризаторов.

#### Упражнение 2. Определение главных направлений кристаллической пластинки.

1. Скрестить поляризатор и анализатор (интенсивность прошедшего света, и, следовательно, фотоэдс при этом минимальны). Записать отсчеты на оправках поляризатора и анализатора, соответствующих этому положению (ориентировочно – поляризатор на  $90^{\circ}$ , анализатор на  $0^{\circ}$ ).
2. Установить между ними кристаллическую пластинку  $\lambda/4$ . Последовательно поворачивая пластинку от  $0^{\circ}$  до  $180^{\circ}$  с шагом  $5-10^{\circ}$ , измерять в каждом положении пластинки величину фотоэдс.
3. Построить график зависимости интенсивности света (величины фотоэдс) от угла поворота пластинки.
4. Найти по этому графику значения углов ориентации пластинки, при которых интенсивность прошедшего через систему света будет минимальной. Эти положения определяют главные направления кристаллической пластинки.

Упражнение 3. Получение и исследование поляризованного света с помощью кристаллической пластинки  $\lambda/4$ .

1. Поместите между осветителем и фотоэлементом поляризатор и анализатор. Сориентируйте поляризатор в положение  $0^0$  по делениям на его оправе.
2. Измерьте интенсивность света (величину фотоэдс) как функцию положения анализатора в пределах угла  $\varphi$  от  $-90^0$  до  $+90^0$  с шагом  $5-10^0$ .
3. Поместите пластинку  $\lambda/4$  на оптическую скамью между поляризатором и анализатором.
4. Измерьте интенсивность света как функцию положения анализатора в пределах угла  $\varphi$  от  $-90^0$  до  $+90^0$  с шагом  $5-10^0$  (т.е. повторите пункт 2) для различных углов  $\alpha$  главного направления кристаллической пластинки с направлением пропускания поляризатора ( $\alpha=0^0, 30^0, 45^0, 60^0$ ).
5. Постройте на одной координатной сетке графики зависимости фотоэдс от положения анализатора для случаев, когда:
  - а) между поляризатором и анализатором нет пластинки  $\lambda/4$ ;
  - б) пластинка  $\lambda/4$  помещена под углами  $\alpha = 0^0, 30^0, 45^0, 60^0$ .

Упражнение 4. Получение и исследование поляризованного света с помощью кристаллической пластинки  $\lambda/2$ .

1. Поместите пластинку  $\lambda/2$  на оптическую скамью между поляризатором и анализатором.
2. Измерьте интенсивность света как функцию положения анализатора в пределах угла  $\varphi$  от  $-90^0$  до  $+90^0$  с шагом  $5-10^0$  для различных углов  $\alpha$  кристаллической пластинки ( $\alpha = 0^0, 30^0, 45^0$ ).
3. Постройте на одной координатной сетке графики зависимости величины фотоэдс от положения анализатора для случаев, когда:
  - а) между поляризатором и анализатором нет пластинки  $\lambda/2$  (данные возьмите из пункта 2 упражнения 2);
  - б) пластинка  $\lambda/2$  помещена под углами  $\alpha=0^0, 30^0, 45^0$ .

Сравните и объясните результаты, полученные в упражнениях 2 и 3.

Контрольные вопросы :

1. Виды поляризации света.
2. Закон Малюса.
3. Явление двойного лучепреломления.
4. Построение Гюйгенса для одноосных кристаллов.
5. Прохождение линейно поляризованного света через кристаллическую пластинку. Пластинки « $\lambda/2$ » и « $\lambda/4$ ».
6. Анализ поляризованного света.
7. Поляризационные приспособления (поляроиды, поляризационные и двоякопреломляющие призмы).
8. Эксперимент. Анализ результатов эксперимента.

Рекомендуемая литература.

1. Ландсберг Г.С. Оптика, Изд.6, М., Физматлит, 2006. Главы XVI, XVII, XVIII.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. т.4. Оптика. Изд.3. М., Физматлит, 2005. §62, §§75–79.
3. Савельев И.В. Курс общей физики. Книга 5. М., АСТ: Астрель, 2006. Глава 6.
4. Бутиков Е.И. Оптика. Изд.2, С-Пб., Невский диалект, 2003. §1.2, §§4.1–4.4.
5. Годжаев Н.М. Оптика., М., Высшая школа, 1977. Глава IX.