

Работа 4

ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА

Цель работы: наблюдение явления линейной поляризации света; измерение интенсивности поляризованного света в зависимости от угла поворота поляризатора (проверить закона Малюса)

Введение

Электромагнитные волны и, в частности, свет являются поперечными волнами. Это значит, что в каждой точке волны напряженность электрического поля \vec{E} и магнитная индукция \vec{B} перпендикулярны к скорости ее распространения \vec{V} (кроме того, $\vec{E} \perp \vec{B}$). Опыт показывает, что действие света на различные объекты вызывается колебаниями вектора \vec{E} в световой волне. Этот вектор называют световым вектором. Ниже будет рассматриваться лишь вектор \vec{E} .

Поляризованным называется свет, в котором направления колебаний светового вектора каким-либо образом упорядочены.

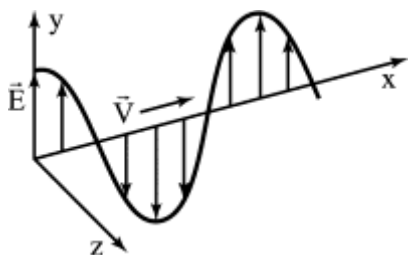


Рис. 4.1

В элементарной световой волне, т.е. волне, излученной отдельным атомом, векторы \vec{E} в различных точках луча колеблются в одной плоскости (рис. 4.1). В каждой точке вектор \vec{E} , изменяясь по величине, периодически меняет свое направление на противоположное (колеблется). Согласованные колебания векторов \vec{E} приводят к перемещению профиля волны в направлении оси x . Плоскость колебаний вектора \vec{E} в этом случае называется плоскостью поляризации, а сама волна – плоско- или линейно поляризованной. Примером плоскополяризованного света служит свет, излучаемый лазером.

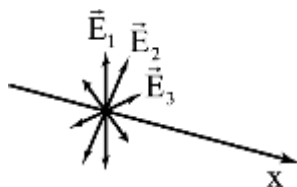


Рис. 4.2

В естественном свете, излученном многими атомами, содержатся волны с различными ориентациями плоскости поляризации. На рис. 4.2 показаны всевозможные направления колебания вектора \vec{E} в пучке естественного света, распространявшегося в направлении оси x . Такой свет называется неполяризованным.

Плоскополяризованный свет можно получить из естественного с помощью прибора, называемого поляризатором. Он представляет собой пленку или пластину из

кристаллического вещества (поляроида). Поляроидные пленки обладают линейным дихроизмом, т.е. неодинаково поглощают две линейно поляризованные перпендикулярно одна к другой составляющие падающего на них излучения. При типичной толщине пленки $0,05 \div 0,1$ мм одна из составляющих поглощается почти полностью, а другая, лишь несколько ослабляясь, проходит через поляроид. Действие пленочного полимерного поляроида обусловлено дихроизмом молекул полимера, пространственно однородно ориентированных.

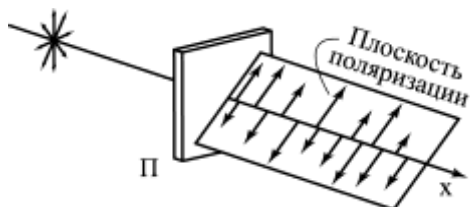


Рис. 4.3

Прошедший через поляризатор луч естественного света оказывается плоскополяризованным (рис. 4.3).

Естественный и поляризованный свет оказывают одинаковое физиологическое воздействие на зрение человека. Поэтому человек без специальных приборов не может отличить поляризованный свет от естественного света. Специальным прибором может служить тот же поляризатор, называемый в данном случае анализатором. Если на анализатор падает луч естественного света, то вращение анализатора относительно луча не приводит к изменению интенсивности прошедшего через него света, она лишь немного уменьшится. Иначе обстоит дело с поляризованным светом.

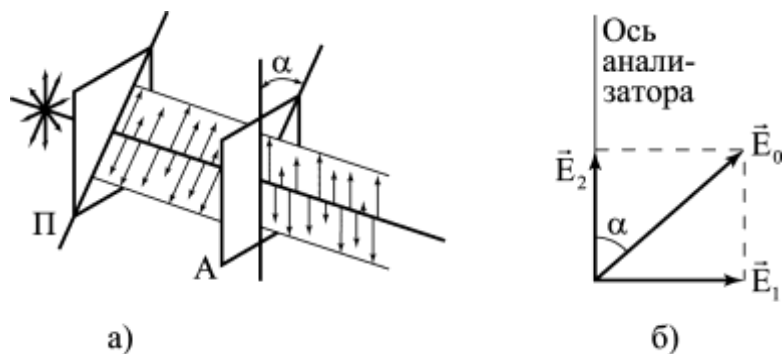


Рис. 4.4

Расположим на пути естественного света поляризатор и за ним анализатор. Ось анализатора образует угол α с осью поляризатора (рис. 4.4,а). Пусть E_0 – амплитуда напряженности электрического поля в плоскополяризованной волне, падающей на анализатор. Вектор \vec{E}_0 можно разложить на две составляющие: \vec{E}_1 и \vec{E}_2 (рис. 4.4,б). Перпендикулярная к оси анализатора составляющая \vec{E}_1 будет задержана (поглощена

веществом), а параллельная составляющая \vec{E}_2 пройдет через анализатор. Поэтому амплитуда напряженности электрического поля в волне, прошедшей через анализатор

$$E_2 = E_1 \cos \alpha . \quad (4.1)$$

Интенсивность света пропорциональна квадрату амплитудного значения вектора \vec{E} ($I \sim E^2$). Возведя выражение (4.1) в квадрат и умножив обе части на коэффициент пропорциональности, получим

$$I = I_0 \cos^2 \alpha , \quad (4.2)$$

где I – интенсивность света, прошедшего через анализатор; I_0 – интенсивность падающего на него плоскополяризованного света; α – угол между осью поляризатора и осью анализатора. Соотношение (4.2) называется законом Малюса.

Из-за несовершенства поляроида прошедший через поляризатор естественный свет может оказаться лишь частично поляризованным. Степень поляризации частично поляризованного света оценивают по величине

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} , \quad (4.3)$$

где I_{\max} и I_{\min} – максимальная и минимальная величина интенсивности прошедшего света при вращении анализатора.

Методика выполнения эксперимента

Данный эксперимент может выполняться с использованием осветителя и микроамперметра.

В качестве поляризатора и анализатора в работе используются стекла с нанесенной полимерной пленкой, закрепленные в оправе со шкалой, позволяющей измерять угол поворота.

Схема установки приведена на рис. 4.5. На оптической скамье размещены осветитель Осв., поляризатор П, анализатор А и фотоэлемент ФЭ, подключенный к микроамперметру мкА. Осветитель питается через трансформатор, позволяющий регулировать силу света.

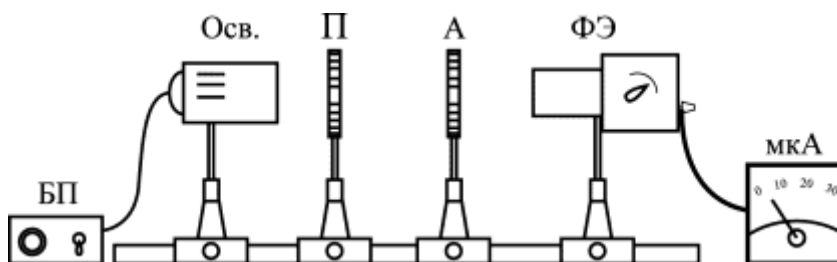


Рис. 4.5

Свет от осветителя падает узким пучком на поляризатор, а затем на анализатор, При освещении фотоэлемента в нем возникает ток (фототок). Величина фототока i пропорциональна интенсивности света I , прошедшего через анализатор.

В работе измеряется зависимость величины фототока i от угла поворота анализатора вокруг оси луча α . Так как $i \sim I$, из соотношения (4.2) следует:

$$i = i_0 \cos^2 \alpha, \quad (4.3)$$

где i_0 – показания микроамперметра при $\alpha = 0$, т.е. при таком положении анализатора, когда его ось параллельна оси поляризатора. Это положение находится с помощью микроамперметра, при $\alpha = 0$, фототок должен иметь максимальное значение.

Порядок проведения эксперимента

Задание. Проверка закона Малюса.

1. Установите риску на оцифрованной оправе анализатора на 0. Вращая поляризатор, подберите такое его положение, при котором сила фототока максимальна. Для большей точности, слегка поворачивая поляризатор в одну и другую сторону, определите по шкале диапазон углов, в пределах которого фототок практически не отличается от максимального. Установите указатель углов в центре этого диапазона. Запишите в табл. 4.1 показание микроамперметра $i_0 + i_\phi$, а также значение фонового тока i_ϕ , перекрыв свет вблизи осветителя.

2. Поверните анализатор на угол $\alpha = 15^\circ$ относительно его начального положения (0). Запишите новое показание микроамперметра $i + i_\phi$ и значение i_ϕ .

3. Выполните измерения для всех значений угла α , указанных в табл. 4.1 (угол α изменится от 0° до 360° с шагом 15°)

4. Рассчитайте силу фототока i , и отношение i/i_0 для всех значений угла α (i_0 - фототок i при $\alpha = 0$).

5. Постройте график функции $f = \cos^2 \alpha$. На этот график нанесите экспериментальные значения i/i_0 для различных углов α . Определите погрешность измерений, нанесите эти погрешности на график. Сделайте выводы.

6. По данным таблицы оцените степень поляризации прошедшего света P .

Таблица 4.1.

$\alpha, ^\circ$	0	15	30	45		330	345	360
$i + i_\phi, \text{мкА}$								
$i_\phi, \text{мкА}$								
$i, \text{мкА}$								
$i/i_0 \pm \Delta(i/i_0)$	1							
$\cos^2 \alpha$								

Контрольные вопросы

1. Какие волны называются поперечными?
2. Какой свет называется плоскополяризованным?
3. Почему естественный свет является неполяризованным?
4. Как получить плоскополяризованный свет из естественного?
5. Чему равна степень поляризации плоскополяризованного света? Естественного света?
6. При установке поляризатора на пути естественного света, интенсивность прошедшего света заметно падает. Оцените, во сколько раз изменилась интенсивность прошедшего света.
7. Если перекрыть луч лазера поляризатором, а между поляризатором и экраном установить анализатор, то свет через эту систему не будет проходить. Однако если анализатор установить перед поляризатором, то на экране появится светлое пятно. Объясните этот опыт.