

Работа 4.7.3

Изучение поляризованного света

Малиновский Владимир
galqiwi@galqiwi.ru

Цель работы: ознакомление с методами получения и анализа поляризованного света.

В работе используются: оптическая скамья с осветителем; зеленый светофильтр; два поляроида; черное зеркало; полированная эбонитовая пластинка; стопа стеклянных пластинок; слюдяные пластиинки разной толщины; пластиинки в 1/4 и 1/2 длины волны; пластиинка в одну длины полны для зеленого цвета (пластиинка чувствительного оттенка).

Теория

При помощи специальных приспособлений (поляризаторов), естественный свет может быть превращен в линейно поляризованный (или, как иногда говорят, в плоскополяризованный). В линейно поляризованной световой волне пара векторов \mathbf{E} и \mathbf{H} не изменяет с течением времени своей ориентации. Плоскость \mathbf{E} , \mathbf{S} называется в этом случае *плоскостью колебаний*.

Наиболее общим типом поляризации является *эллиптическая поляризация*. В эллиптически поляризованной световой волне конец вектора \mathbf{E} (в данной точке пространства) описывает некоторый эллипс. Линейно поляризованный свет можно рассматривать как частный случай эллиптически поляризованного света, когда эллипс поляризации вырождается в отрезок прямой линии; другим частным случаем является круговая поляризация (эллипс поляризации является окружностью).

Для получения линейно поляризованного света применяются специальные оптические приспособления — поляризаторы. Направление колебаний электрического вектора в волне, прошедшей через поляризатор, называется разрешенным направлением поляризатора. Всякий поляризатор может быть использован для исследования поляризованного света, т. е. в качестве анализатора. Интенсивность I линейно поляризованного света после прохождения через анализатор зависит от угла, образованного плоскостью колебаний с разрешенным направлением анализатора:

$$I = I_0 \cos^2 \alpha. \quad (1)$$

Соотношение (1) носит название *закона Малюса*.

. Отраженный от диэлектрика свет всегда частично поляризован. Степень поляризации света, отраженного от диэлектрической пластиинки в воздухе, зависит от показателя преломления диэлектрика n и от угла падения α . Как следует из формул Френеля, полная поляризация отраженного света достигается при падении под углом *Брюстера*, который определяется соотношением

$$\operatorname{tg} \alpha = n. \quad (2)$$

В этом случае плоскость колебаний электрического вектора в отраженном свете перпендикулярна плоскости падения. Для увеличения степени поляризации преломленного света используют стопу стеклянных пластиинок, расположенных под углом Брюстера к падающему свету.

Результаты и обработка

Определение разрешенных направлений поляроидов

Разместим на оптической скамье осветитель S , поляроид P и черное зеркало. Методом последовательных приближений найдем такое расположение поляроида и зеркала, что интенсивность отраженного света минимальна.



изображение источника в зеркале

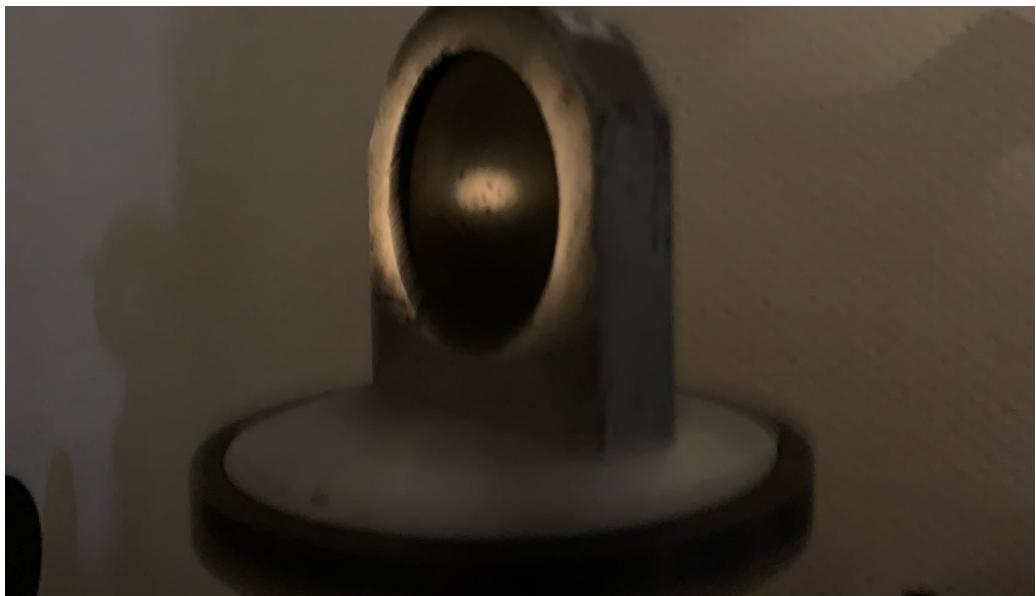


установка

Разрешенное направление второго поляроида можно определить, скрестив поляроиды.

Определение угла Брюстера для эbonита

Найдем показатель преломления эбонита. Для этого посмотрим на свет источника S , отраженный от эбонитовой пластиинки. Меняя угол поворота пластиинки, добьемся того, чтобы интенсивность света после прохождения через поляризатор была минимальна. Это будет означать, что свет падает под углом Брюстера $\alpha = \arctan(n)$



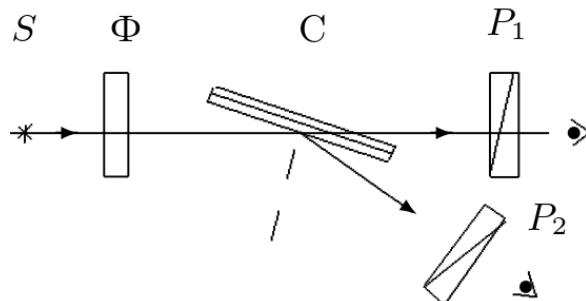
свет, отраженный от пластиинки

В результате получается значение

$$n = \tan((60 \pm 5)^\circ) = 1.4 \pm 0.3.$$

Исследование стопы

Происследуем стопу. Поставим стопу стеклянных пластинок вместо эбонитового зеркала и добьемся того, чтобы свет падал на стопу под углом Брюстера.

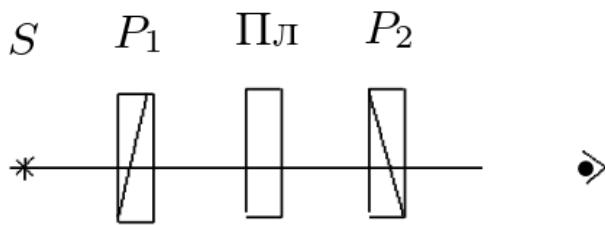


Исследование стопы

Происследуем свет, отраженный и прошедший через стопу с помощью поляризаторов. Получим, что свет, отраженный от стопы поляризован вертикально, а прошедший через стопу — горизонтально.

Определение главных плоскостей двоякопреломляющих пластин

Поставим кристаллическую пластинку между скрещенными поляроидами P_1 и P_2 . И происследуем интенсивность света, прошедшего через систему от угла поворота пластиинки. В момент, когда главные оси совпадают с плоскостями поляроидов, интенсивность минимальная. Это происходит 4 раза за поворот.



Определение главных направлений в пластинках

Выделение пластин $\lambda/2$ и $\lambda/4$

Если добавить к схеме выше зеленый фильтр и повернуть главные направления в пластинке на угол 45° , то можно будет определить тип пластины по поляризованности света, выходящего из неё. Происследуем зависимость интенсивности света, проходящего через установку, от угла поворота последнего поляризатора P_2 . Если пластина $\lambda/2$, свет поляризует линейно и минимумы интенсивности наблюдаются 2 раза за оборот. Если пластина $\lambda/4$, то минимумы интенсивности не наблюдаются из-за того, что свет имеет круговую поляризацию.

Эллиптически поляризованный волна

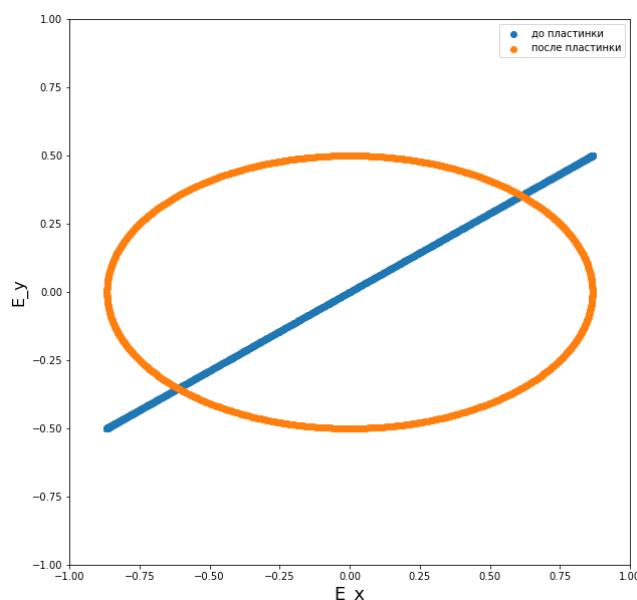
Пронаблюдаем эллиптически поляризованную волну. Для этого установим плоскость первого поляризатора под углом $10 - 20^\circ$ к горизонту. После него установим пластинку $\lambda/4$ с осями перпендикулярно и параллельно земле. При повороте второго поляроида можно пронаблюдать эллиптическую поляризованность – интенсивность заметно меняется, но не уходит в 0.

Не сложно аналитически понять, что происходит. Для этого рассмотрим луч после первого поляризатора

$$E_{1x} = \cos \alpha E_0 \sin(\omega t), \quad E_{1y} = \sin \alpha E_0 \sin(\omega t) E_0,$$

и после пластины (если по y замедление на $\lambda/4$)

$$E_{1x} = \cos \alpha E_0 \sin(\omega t), \quad E_{1y} = -\sin \alpha E_0 \cos(\omega t) E_0.$$



Поляризация

Интерференция поляризованных лучей

Расположим между скрещенными поляроидами мозаичную слюдяную пластинку. Из описания лабораторной работы следует, что пластинка состоит из 4-х узких полосок слюды, лежащих по сторонам квадрата (две полоски $\lambda/4$, одна $\lambda/2$ и еще одна $3\lambda/3$).



мозаичная пластина

Эксперимент показывает, что, если вращать пластинку, интенсивность света меняется с периодом в четверть оборота. Это происходит из-за того, что 4 раза за оборот оси пластинок совпадают с плоскостями поляризаторов.

Также, если вращать поляризатор, меняется цвет пластинок 4 раза за оборот. Это происходит из-за того, что интенсивность не падает, поскольку поляризация круговая.

Вывод

Мы провели несколько качественных экспериментов и узнали, как создавать и исследовать поляризованное излучение. Мы познакомились с линейной, круговой и эллиптической поляризацией.