

Изучение поляризованного света

Гончаров Марк

3 марта 2021 г.

1 Теория

Если все направления, перпендикулярные S являются равноправными, то свет называется **естественным** или **неполяризованным**

Интенсивность линейно поляризованного света I после прохождения линейного анализатора описывается законом **Малюса**

$$I = I_0 \cos^2 \alpha.$$

Получать эллиптически поляризованный свет можно из линейно поляризованного с помощью двояко-преломляющих кристаллических пластинок

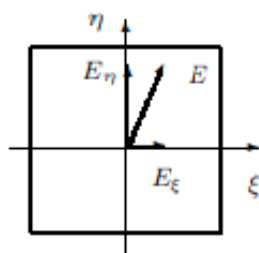


Рис. 1: Разложение линейно поляризованного света по главным направлениям двоякопреломляющей пластинки

В частности, для монохроматических волн имеется уравнение плоско-поляризованной волны:

$$\begin{cases} E_x = H_y = A_x \cos(\omega t - kz + \varphi_x) \\ E_y = -H_x = A_y \cos(\omega t - kz + \varphi_y) \end{cases}$$

В общем случае вектор (E_x, E_y) вращается по эллипсу - эллиптическая поляризация. Если эллипс является окружностью, то мы имеем дело с круговой поляризацией, если вырождается в отрезок - линейной поляризацией.

Для получения эллиптически поляризованного света возьмём источник линейно-поляризованного света. С помощью двояко-преломляющей пластины, из него можно получить эллиптически поляризованный свет. Для этого нужно пустить исходные волны по двух взаимно-перпендикулярным главным направлениям пластинки (главные волны), они будут распространяться с разными скоростями и на выходе получится сдвиг фаз. Рассмотрим частные случаи сдвига фаз $\Delta\varphi$:

1) $\Delta\varphi = 2\pi$, пластинка в длину волны λ . Получается линейно-поляризованная волна на выходе.

2) $\Delta\varphi = \pi$, пластинка в длину волны $\lambda/2$. На выходе снова получается линейно-поляризованная волна, но теперь направление колебаний выходного линейно-поляризованного света является зеркальным отражением направления колебаний входного линейно-поляризованного света относительно одного из главных направлений пластинки.

3) $\Delta\varphi = \pi/2$, пластинка в длину волны $\lambda/4$. Получается эллиптически поляризованный свет, причем его главные оси совпадают с главными направлениями кристаллической решетки.

2 Эксперимент

1. Определим направления поляроида методом последовательных приближений. С помощью одного

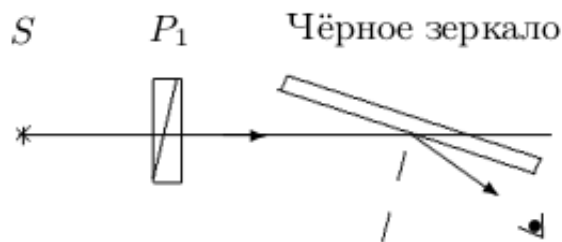


Рис. 2: Определение разрешённого направления поляроида

поляроида и чёрного зеркала имеем $\psi_1 = 21^\circ \pm 1^\circ$. Скрестив поляроиды ищем разрешённое направление второго поляроида $\psi_2 = 140^\circ \pm 1^\circ$

2. Определяем показатель преломления эбонита по найденному углу Брюстера

Начальное значение на шкале $\varphi_0 = 182^\circ \pm 1^\circ$, конечное $\varphi_1 = 239^\circ \pm 1^\circ$, то есть **угол Брюстера** $\varphi_{br} = 57^\circ \pm 2^\circ$. С его помощью рассчитаем показатель преломления

$$n \approx \tan(57^\circ) \approx 1.54.$$

Операция $\tan()$ бралась на калькуляторе. Погрешность $\tan(59) - \tan(57) \approx 0.11$, поэтому $n = 1.54 \pm 0.1$. Оставил 2 знака для чуть более качественного анализа результата.

Сравним с табличными значениями: согласно лабораторному практикуму $n_{eb} = 1.6 - 1.7$, что немного выше. Учитывая, что $\tan(59^\circ)$ уже больше 1.6, мы получили неплохие результаты с помощью данного опыта.

3. Для исследования характера поляризации света в преломлённом и отражённом от стопы лучах поставим вместо эбонитового зеркала стеклянные пластинки под углом Брюстера.

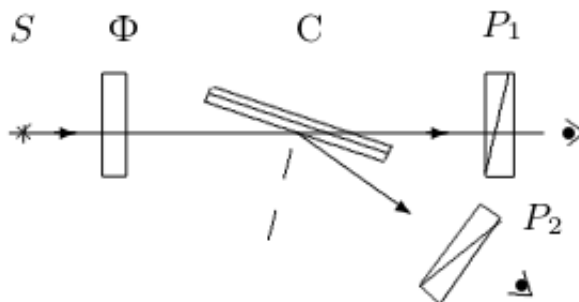


Рис. 3: Исследование стопы

Далее на пути преломлённого света расположим поляроид с горизонтальным разрешённым направлением. В этом случае интенсивность почти не меняется, что свидетельствует о вертикальном направлении преломлённого \vec{E} . Качественно провели аналогичные опыты с "вертикальным" поляроидом и отражёнными лучами.

4. Определяем главные направления пластин. Для этого поставим кристаллическую пластину между скрещенными поляроидами. Далее будем вращать пластинку вокруг направления луча.

Было не очень легко определять эти направления - разница часто была не видна.

Как видно, кристаллическая решётка совсем неидеальная, что и следовало ожидать.

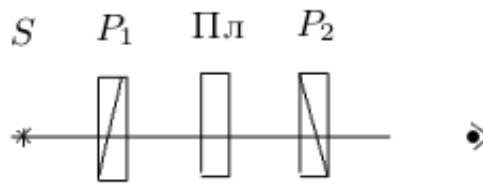


Рис. 4: Определение главных направлений в пластинках

Таблица 1: Главные направления пластин

Длина	Максимум	Минимум
$l/4$	64 ± 3	107 ± 3
$l/2$	83 ± 3	132 ± 3

- Для определения $\frac{l}{4}$ поставим зелёный фильтр. Пластина $\frac{l}{4}$ будет пропускать волну с эллиптической поляризацией. Это мы можем обнаружить, вращая поляризатор. Увидим, что интенсивность почти не меняется, что и характеризует эллиптическую поляризацию. Для $\frac{l}{2}$ наблюдали линейную поляризацию (видели минимумы и максимумы интенсивности).
- Определим быструю и медленную оси в пластинке $\frac{l}{4}$

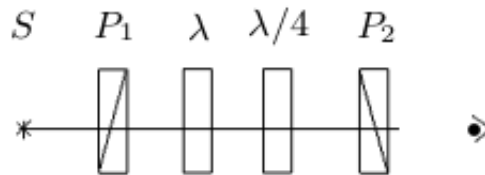


Рис. 5: Определение направлений большей и меньшей скорости

При совпадении главных направлений наблюдали голубой цвет. Это свидетельствует о совпадении быстрых осей пластины. А красно-оранжевый о несовпадении.

Так происходит из-за погашения красной части спектра при совпадении быстрых осей пластины (погашение синей части при медленной).

- Определяем направление вращения светового вектора - против часовой стрелки.

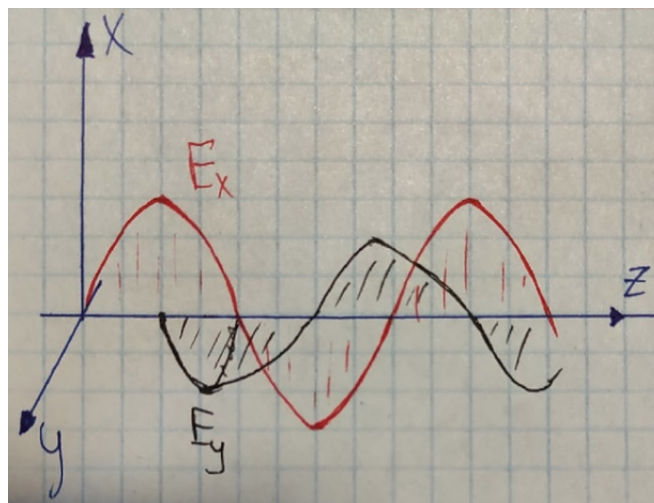


Рис. 6: Эллиптическая поляризация

Для двух поляризаторов поставим две пластинки $\frac{l}{4}$, и зелёный фильтр для создания монохроматический свет. Не умоляя общности, переместим при необходимости тригонометрическую систему координат так, чтобы расположить направление \vec{E} в первом квадранте.

После прохождения света через пластинку $\frac{l}{4}$ вектор \vec{E}_x отстаёт от \vec{E}_y на $\frac{\pi}{2}$. В зависимости от расположения второй пластинки, разность фаз вышедшего света будет 0 или π . Тогда эллипсы, созданные пластинками, вращаются в разные стороны, если разность фаз 0. То есть \vec{E} останется также в первом квадранте. В противном случае \vec{E} располагается во втором квадранте.

8. Интерференцию наблюдали для мозаичной пластинки. Мы вращали сначала пластинку. Наблюдали изменения цвета в каждом квадратике по-отдельности. Интенсивность света не менялась.

При вращении поляроида, что логично, меняется интенсивность. Наблюдали одновременное тускнение квадратиков.

3 Вывод

Мы научились анализировать поляризацию световой волны. Определять показатель преломления по измеренному экспериментально углу Брюстера. Поняли, как изменять линейно поляризованную волну в эллиптически поляризованную и обратно с помощью пластинок.