

*СПбНИУ ИТМО
Кафедра Физики*

*Лабораторная работа №3
«Исследование поляризации
лазерного излучения»*

*Выполнил
Широков О.И
гр.2120*

*Санкт-Петербург
г.2013*

Теория

Поперечные волны обладают особым, присущим только им, свойством, известным под названием поляризация. Под этим понимается пространственное соотношение между направлением распространения светового луча и направлением колебания вектора напряженности электрического \vec{E} (или магнитного \vec{H}) поля. Теория Максвелла для электромагнитной волны утверждает только, что векторы напряженности электрического и магнитного полей лежат в плоскости, перпендикулярной направлению распространения света, но не накладывает никаких ограничений на их поведение в этой плоскости. Друг относительно друга вектора \vec{E} и \vec{H} ориентированы взаимно перпендикулярно. Поэтому для описания колебаний в световой волне достаточно указывать один из них. Исторически таким вектором выбран вектор напряженности электрического поля \vec{E} , который также называют световым.

Если при распространении световой волны направление колебаний электрического вектора \vec{E} бессистемно, хаотически изменяется с равной амплитудой и, следовательно, любое его направление в плоскости, перпендикулярной распространению волны, равновероятно, то такой свет называют неполяризованным, или естественным. Если колебания электрического вектора фиксированы строго в одном направлении, свет называется линейно-или плоскополяризованным.

Плоскость, образованная направлением распространения электромагнитной волны и направлением колебаний вектора напряженности электрического поля, называется плоскостью поляризации электромагнитной волны.

Поляризация света наблюдается при отражении и преломлении света на границе прозрачных изотропных диэлектриков. Если угол падения естественного света на границу раздела двух прозрачных диэлектриков отличен от нуля, то отраженный и преломленный пучки оказываются частично-поляризованными (рис.1). В отраженном свете преобладают колебания вектора \vec{E} , перпендикулярные к плоскости падения, а в преломленном свете – параллельные плоскости падения. Степень поляризации обеих волн (отраженной и преломленной) зависит от угла падения. Соответствующую зависимость в 1815 г. установил шотландец Дэвид Брюстер. Как показали опыты, при некотором значении угла падения светового луча на границу раздела двух сред с показателями преломления n_1 и n_2 соответственно, угол между отраженным и преломленным лучом становится равен 90° . При таком условии отраженный луч оказывается полностью поляризован (колебания вектора \vec{E} в нем перпендикулярны плоскости падения). Прошедший луч поляризован частично и

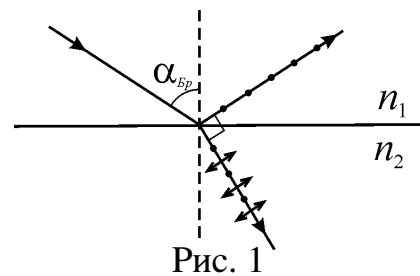


Рис. 1

содержит преимущественно параллельную составляющую вектора \vec{E} . Тогда значение угла, соответствующего полной поляризации отраженного луча, определяется из закона преломления:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin \alpha}{\sin(90^\circ - \alpha)} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha, \text{ т.е. :}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{Бр}} = \frac{n_2}{n_1} \quad (1)$$

Соответствующий угол падения $\alpha_{\text{Бр}}$ называют углом Брюстера.

Степень поляризации преломленной волны при угле падения, равном углу Брюстера, достигает максимального значения, однако эта волна остается лишь частично поляризованной. Так как коэффициент отражения света в данном случае значительно меньше единицы (около 0,15 для границы раздела воздух-стекло), можно использовать преломленный свет, повышая его степень поляризации путем ряда последовательных отражений и преломлений. Это осуществляют с помощью, так называемой стопы, состоящей из нескольких одинаковых и параллельных друг другу пластинок, установленных под углом Брюстера к падающему свету. При достаточно большом числе пластинок проходящий через эту систему свет будет практически полностью линейно-поляризованным. И интенсивность прошедшего через такую стопу света (в отсутствие поглощения) будет равна половине падающего на стопу естественного света.

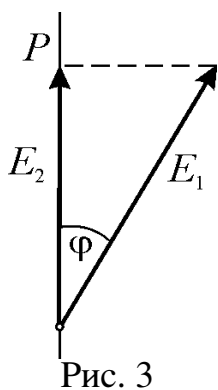
Эта идея нашла высокоэффективное использование в лазерах, где торцы разрядной трубки представляют собой плоскопараллельные стеклянные пластинки, расположенные под углом Брюстера к оси трубки (рис. 2). Поэтому излучение, распространяющееся вдоль оси трубки между зеркалами и поляризованное в плоскости падения на пластинки, многократно проходит сквозь них практически беспрепятственно, не испытывая отражения. В результате из лазера выходит луч, поляризованный в этой плоскости, что и показано на рисунке. Другая составляющая излучения, плоскость поляризации которой перпендикулярна плоскости падения, почти полностью удаляется из пучка благодаря отражениям.

Для получения, обнаружения и анализа плоскополяризованного света используют приспособления,

Рис. 2

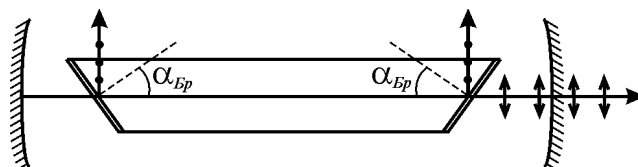
называемые поляризаторами. Поляризаторы могут быть сконструированы на основе рассмотренного отражения и преломления света на границе раздела двух сред, также на основе двойного лучепреломления (призмы Николя), на основе явления дихроизма. Поляризаторы свободно пропускают колебания вектора \vec{E} , параллельные плоскости, которую называют плоскостью пропускания поляризатора. Колебания же, перпендикулярные к этой плоскости, задерживаются полностью или частично. Широкое распространение для получения плоскополяризованного света имеют поляризаторы, действие

которых основано на явлении дихроизма – селективного поглощения света в зависимости от направления колебаний электрического вектора световой волны. Сильным дихроизмом обладают кристаллы турмалина.



Для получения плоско-поляризованного света применяются также поляриды – пленки на которые, как правило, наносятся кристаллики герпатита – двоякопреломляющего вещества с сильно выраженным дихроизмом в видимой области. Так, при толщине $\approx 0,1$ мм такая пленка полностью поглощает лучи с перпендикулярными к плоскости падения колебаниями \vec{E} в видимой области спектра, являясь в таком тонком слое хорошим поляризатором. Недостаток поляридов по сравнению с поляризационными призмами – их недостаточная прозрачность, селективность поглощения при разных длинах волн и небольшая термостойкость.

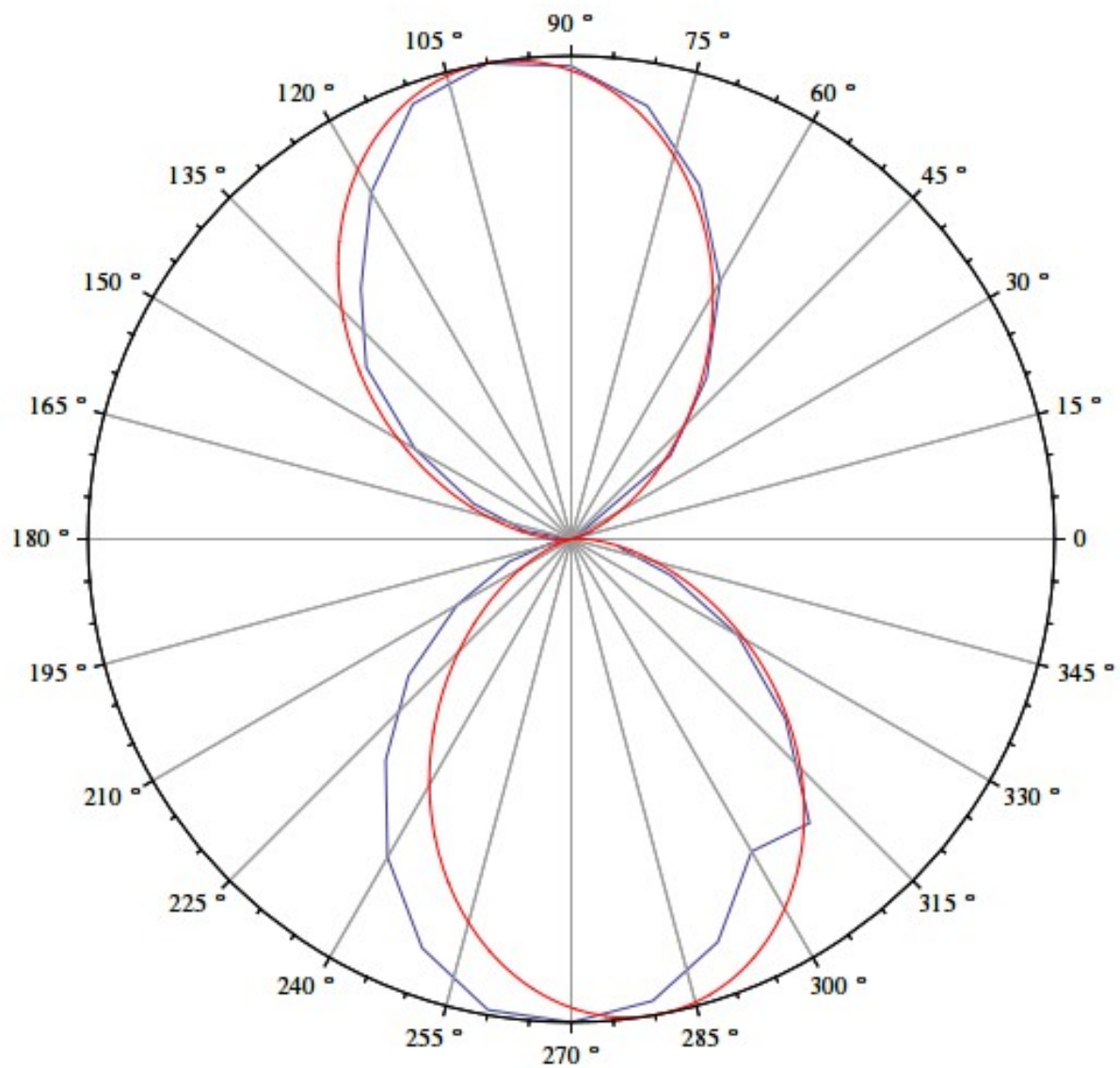
Поляризаторы можно использовать и в качестве анализаторов – для определения характера и степени поляризации интересующего нас света. Пусть на анализатор падает линейно-поляризованный свет, вектор \vec{E}_1 которого составляет угол φ с плоскостью пропускания P (рис. 3, где направление светового пучка перпендикулярно к плоскости рисунка). Анализатор пропускает только ту составляющую вектора \vec{E}_1 , которая параллельна его плоскости пропускания P , т.е. $E_2 = E_1 \times \cos \varphi$. Интенсивность пропорциональна квадрату модуля светового вектора ($I : E^2$), поэтому интенсивность прошедшего света:



$$I_2 = I_1 \times \cos^2 \varphi \quad (2)$$

где I_1 - интенсивность падающего плоскополяризованного света. Это соотношение было установлено в 1810 г. французским физиком Этьеном Луи Малюсом и носит название закона Малюса

Обработка результатов.



$$k_p = \frac{I_{max}}{I_0} = 0,0732824$$

$$k_{per} = \frac{I_{min}}{I_0} = 0.000254453$$

Вывод.

В ходе лабораторной работы был проверен закон Малюса.