СПб НИУ ИТМО

кафедра ИПМ

Физика

Лабораторная работа № 3

Исследование поляризации лазерного излучения

Работу выполнил:

Студент II курса

Группы № 2120

Журавлев Виталий

Преподаватель:

Музыченко Я. Б.

Санкт-Петербург

2013 г.

**Цель работы:**

Исследование характера поляризации лазерного излучения и экспериментальная проверка закона Малюса.

**Теоритические основы:**

Поперечные волны обладают особым свойством – поляризацией, пространственным соотношением между направлением распространения светового луча и направлением колебания вектора напряженности электрического  (или магнитного ) 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. Вектора  и  ориентированы взаимно перпендикулярно. Поэтому для описания колебаний в световой волне достаточно указывать один из них. Исторически таким вектором выбран вектор напряженности электрического поля , который также называют световым.

Если при распространении световой волны направление колебаний электрического вектора  хаотически изменяется с равной амплитудой и 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 плоскополяризованным.

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 , перпендикулярные к плоскости падения, а в преломленном свете – параллельные плоскости падения. Степень поляризации обеих волн зависит от угла падения. 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, а прошедший луч поляризован частично. Тогда значение угла полной поляризации отраженного луча, определяется из закона преломления:

Рис. 1

, т.е. :  (1)

Соответствующий угол падения  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, 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 , 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 поляроиды – пленки на которые, как правило, наносятся кристаллики герапатита – двоякопреломляющего вещества с сильно выраженным дихроизмом в видимой области. Так, при толщине ≈0,1 мм такая пленка полностью поглощает лучи с перпендикулярными к плоскости падения колебаниями  в видимой области спектра, являясь в таком тонком слое хорошим поляризатором. Недостаток поляроидов по сравнению с поляризационными призмами – их недостаточная прозрачность, селективность поглощения при разных длинах волн и небольшая термостойкость.

Рис. 2

Рис. 3

Поляризаторы можно использовать и в качестве анализаторов – для определения характера и степени поляризации интересующего нас света. Пусть на анализатор падает линейно-поляризованный свет, вектор  которого составляет угол  с плоскостью пропускания *P* (рис. 3, где направление светового пучка перпендикулярно к плоскости рисунка). Анализатор пропускает только ту составляющую вектора , которая параллельна его плоскости пропускания *P*, т.е. . Интенсивность пропорциональна квадрату модуля светового вектора (), поэтому интенсивность прошедшего света:

 (2)

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

**Обработка результатов:**

Значение интенсивности, не ослабленной поляроидом:

I0 = 0,1348 мА

Измерения интенсивности, в зависимости угла поворота поляризатора:

таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| φ ,◦ | I, µА | φ,◦ | I, µА | φ,◦ | I, µА | φ,◦ | I, µА |
| 0 | 0,0228 | 90 | 0,0627 | 180 | 0,0232 | 270 | 0,0564 |
| 10 | 0,0362 | 100 | 0,0473 | 190 | 0,0352 | 280 | 0,0429 |
| 20 | 0,0516 | 110 | 0,0326 | 200 | 0,0494 | 290 | 0,0281 |
| 30 | 0,0668 | 120 | 0,0197 | 210 | 0,0632 | 300 | 0,0177 |
| 40 | 0,0781 | 130 | 0,0088 | 220 | 0,0753 | 310 | 0,0077 |
| 50 | 0,0852 | 140 | 0,0020 | 230 | 0,0809 | 320 | 0,0017 |
| 60 | 0,0865 | 150 | 0,0004 | 240 | 0,0832 | 330 | 0,0004 |
| 70 | 0,0839 | 160 | 0,0037 | 250 | 0,0776 | 340 | 0,0039 |
| 80 | 0,0746 | 170 | 0,0111 | 260 | 0,0686 | 350 | 0,0111 |

После измерений находим максимальное Imax, соответствующее углу φmax:

Imax = 0,0865 мА

φmax = 60°

Разделим каждое из экспериментальных значений I на Imax:

таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| φ ,◦ | I/Imax | φ,◦ | I/Imax | φ,◦ | I/Imax | φ,◦ | I/Imax |
| 0 | 0,26358 | 90 | 0,72486 | 180 | 0,26821 | 270 | 0,65202 |
| 10 | 0,4185 | 100 | 0,54682 | 190 | 0,40694 | 280 | 0,49595 |
| 20 | 0,59653 | 110 | 0,37688 | 200 | 0,5711 | 290 | 0,32486 |
| 30 | 0,77225 | 120 | 0,22775 | 210 | 0,73064 | 300 | 0,20462 |
| 40 | 0,90289 | 130 | 0,10173 | 220 | 0,87052 | 310 | 0,08902 |
| 50 | 0,98497 | 140 | 0,02312 | 230 | 0,93526 | 320 | 0,01965 |
| 60 | 1,0000 | 150 | 0,00462 | 240 | 0,96185 | 330 | 0,00462 |
| 70 | 0,96994 | 160 | 0,04277 | 250 | 0,89711 | 340 | 0,04509 |
| 80 | 0,86243 | 170 | 0,12832 | 260 | 0,79306 | 350 | 0,12832 |

Для построения графика зависимости φ от Cos2(φ-φmax) составим таблицу:

таблица 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| φ ,◦ | Cos2(φ-φmax) | φ,◦ | Cos2(φ-φmax) | φ,◦ | Cos2(φ-φmax) | φ,◦ | Cos2(φ-φmax) |
| 0 | 0,25 | 90 | 0,75 | 180 | 0,25 | 270 | 0,75 |
| 10 | 0,41318 | 100 | 0,58682 | 190 | 0,41318 | 280 | 0,58682 |
| 20 | 0,58682 | 110 | 0,41318 | 200 | 0,58682 | 290 | 0,41318 |
| 30 | 0,75 | 120 | 0,25 | 210 | 0,75 | 300 | 0,25 |
| 40 | 0,88302 | 130 | 0,11698 | 220 | 0,88302 | 310 | 0,11698 |
| 50 | 0,96985 | 140 | 0,03015 | 230 | 0,96985 | 320 | 0,03015 |
| 60 | 1,0000 | 150 | 0,0000 | 240 | 1,0000 | 330 | 0,0000 |
| 70 | 0,96985 | 160 | 0,03015 | 250 | 0,96985 | 340 | 0,03015 |
| 80 | 0,88302 | 170 | 0,11698 | 260 | 0,88302 | 350 | 0,11698 |

**Графики зависимости φ от I/Imax и φ от Cos2(φ-φmax)**

**Вывод:**

В ходе работы я изучил такое свойство поперечных волн, как поляризация при помощи лазерного излучения и поляроида. Я определил коэффициенты пропускания этого поляроида для параллельной и перпендикулярной ориентации его плоскости пропускания по отношению направления колебаний вектора .

Так же я экспериментально доказал верность закона Малюса: интенсивность пропорциональна квадрату косинуса угла с плоскостью пропускания.