Лабораторная работа 3.22
ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЛЯРИЗОВАННОГО СВЕТА. ЗАКОН МАЛЮСА

Т.Ю. Любезнова

Цель работы: изучение явления поляризации света и свойств линейно-поляризованного света.

Задание: проверить справедливость закона Малюса, измерить степень поляризации излучения лазера.

Подготовка к выполнению лабораторной работы: изучить явление поляризации; ознакомиться с понятиями: интенсивность, степень поляризации; изучить закон Малюса; ознакомиться с экспериментальной установкой.

Библиографический список.

1. Ландсберг Г.С. Оптика - М. Наука, 2006, гл.IX, § 46.
2. Савельев И.В. Курс общей физики. М. Наука,2008, т. 2, стр.412-423.

Контрольные вопросы

1. Что такое поляризованный свет? Какие виды поляризации Вы знаете?
2. Что можно сказать о направлениях колебаний светового вектора в случае естественного света и в случае плоско- поляризованного света?
3. Что такое частично поляризованный свет?
4. Какова поляризация излучения, используемого в работе полупроводникового лазера?
5. В чем заключается закон Малюса?
6. Что такое оптическая ось кристалла?
7. Какими способами можно получить линейно-поляризованный свет? Что такое дихроизм?
8. Что такое степень поляризации?

Теоретическое введение

Свет распространяется в пространстве в виде электромагнитных волн. При этом векторы напряженности колеблющегося электрического поля E (а также и магнитного H) перпендикулярны направлению распространения световой волны. Следовательно, электромагнитные волны являются поперечными. Свет от обычных источников формируется при наложении излучения большого числа атомов, ориентированных случайным образом и излучающих хаотично. Поэтому в результирующей световой волне направление колебаний вектора напряженности электрического поля (так называемого светового вектора) очень быстро изменяется случайным образом. При этом все возможные направления колебаний светового вектора равновероятны и среднее значение амплитуды колебаний светового вектора не зависит от направления колебаний. Такой свет называется естественным или неполяризованным.

Если направления колебаний каким-либо образом упорядочены, то полученный таким образом свет называется поляризованным. Если колебания светового вектора происходят в одной плоскости, расположенной вдоль направления распространения света, то такой свет называется плоско-поляризованным (или линейно-поляризованным). Другой вид поляризованного света получается, если световой вектор равномерно вращается вокруг направления распространения с периодом, равным периоду световых колебаний, причем конец вектора описывает эллипс. Такой свет называется эллиптически поляризованным. Если конец вектора описывает окружность, то свет называется поляризованным по кругу.

Для получения световых волн с различными типами поляризации применяются анизотропные среды, оптические свойства которых зависят от направления колебаний электрического вектора, т. е. от направления поляризации световой волны. Существуют два вида анизотропии: двойное лучепреломление и дихроизм.

Явление двойного лучепреломления состоит в том, что линейно - поляризованный свет рождает в анизотропной среде две волны, поляризованные во взаимно перпендикулярных направлениях и распространяющиеся с разными скоростями. Оптической осью кристалла называется направление, вдоль которого свет распространяется, не испытывая двойного лучепреломления.

В дихроичных кристаллах сильно поглощаются лучи, в которых электрический вектор перпендикулярен оптической оси. Если

же электрический вектор параллелен оптической оси, то такие лучи проходят через пластинку почти без поглощения.

Линейно- поляризованный свет можно получить, пропустив свет через пластинку, вырезанную из дихроичного кристалла (например, турмалина) параллельно оптической оси. На практике для получения линейно-поляризованного света часто используют поляроиды. Поляроид представляет собой пленку, в которую вкраплены одинаково ориентированные микрокристаллики дихроичного вещества. Пленка действует как один кристалл и поглощает световые колебания, электрический вектор которых перпендикулярен оптической оси. Поляроидом может служить, например, целлулоидная или желатиновая пленка, в которую вкраплены микрокристаллики герапатита – сернокислого йод-хинина. Пленка помещается между двумя тонкими стеклянными пластинками.

Всякий прибор, служащий для получения поляризованного света, называется поляризатором. Тот же прибор может быть использован для изучения свойств поляризованного света; в этом случае он называется анализатором.

Если пропустить естественный (неполяризованный) свет через поляризатор, то интенсивность прошедшего сквозь него света не будет изменяться при вращении поляризатора вокруг направления луча, так как в естественном свете присутствуют колебания светового вектора со всеми возможными направлениями.

Рассмотрим прохождение света через установленные друг за другом поляризатор и анализатор. В световой волне, прошедшей через поляризатор, вектор электрического поля E_0 колеблется в плоскости, совпадающей с плоскостью пропускания поляризатора. Если плоскость пропускания анализатора повернута на угол α относительно плоскости пропускания поляризатора, то через анализатор пройдет составляющая электрического поля, представляющая собой проекцию вектора E_0 на плоскость пропускания анализатора, $E = E_0 \cos\alpha$; соответственно, интенсивность света I, прошедшего сквозь анализатор, будет равна

$$I = I_0 \cos^2 \alpha, \qquad (1)$$

здесь I_0 - интенсивность световой волны после поляризатора. Это соотношение представляет собой закон Малюса.

Закон Малюса справедлив в том случае, если поляризатор полностью подавляет волны, направление колебаний в которых

перпендикулярно к плоскости пропускания. На практике довольно часто возникает ситуация, когда световая волна поляризована частично, т.е. наряду с линейно поляризованной компонентой присутствует неполяризованная компонента. В этом случае при вращении анализатора не удается добиться полного погашения проходящего сквозь анализатор света. Степенью поляризации частично поляризованного света называется величина

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}, \qquad (2)$$

Здесь $I_{\max}$ - интенсивность света, прошедшего через анализатор при положении, соответствующем максимуму пропускания, $I_{\min}$ - интенсивность при положении, соответствующем минимуму пропускания.

Описание аппаратуры и метода измерений.

В настоящей работе изучаются свойства линейно- поляризованного света. В качестве источника света используется полупроводниковый лазер, работающий в видимом диапазоне длин волн. Проверяется справедливость закона Малюса. Кроме того определяется степень поляризации излучения лазера.

Принадлежности. Полупроводниковый лазер, излучающий в видимом диапазоне длин волн (λ=670 нм – красный свет, мощность излучения – 1 мВт); поляроид на подставке с возможностью поворота главной плоскости и с измерителем угла поворота; второй поляроид с фиксированным положением плоскости пропускания; фотоприемное устройство для измерения мощности лазерного излучения с цифровым отсчетом

Схема экспериментальной установки для проведения проверки закона Малюса приведена на рис. 1. На этом рисунке 1 - лазер; 2 - поляризатор с фиксированной плоскостью пропускания; 3 - поляризатор с вращающейся оправой; 4 - фотоприемник.

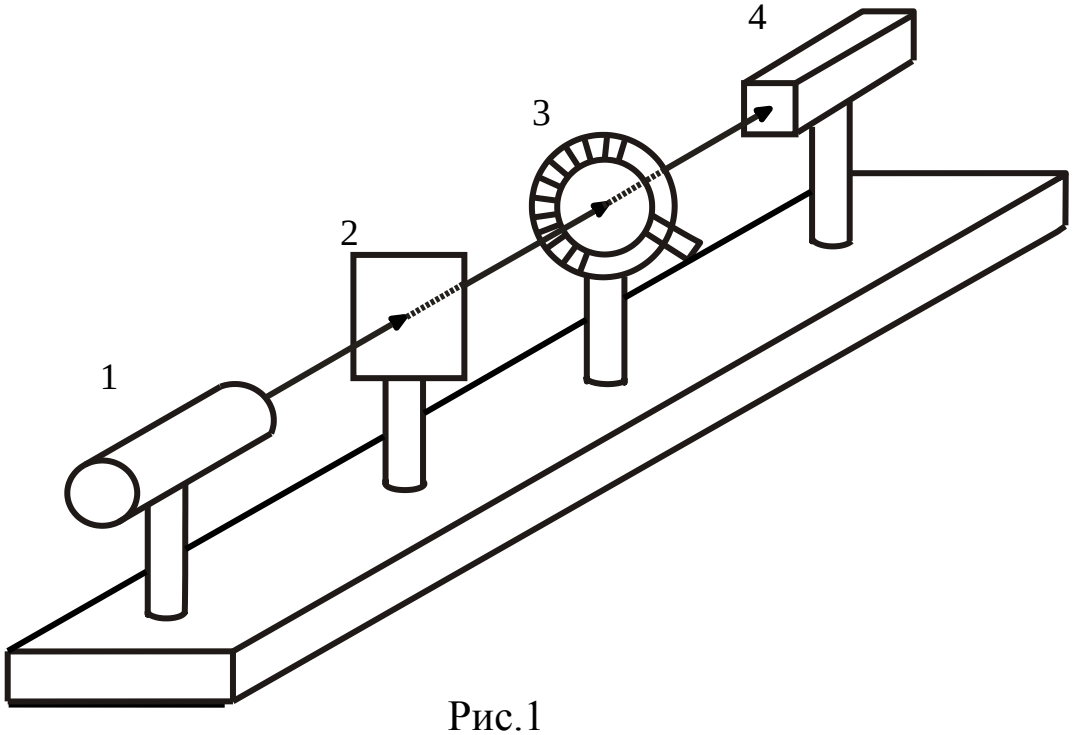

Рис.1

Порядок выполнения работы.

Упражнение 1. Проверка закона Малюса.

1. Собрать схему в соответствии с рис. 1. Включить лазер и измеритель мощности света. Временно убрать второй поляризатор (который установлен во вращающейся оправе). Измерить мощность лазерного излучения, прошедшего поляроид. Излучение полупроводникового лазера практически линейно-поляризовано. Вращая лазер в оправе, найти его положение, когда показания измерителя мощности максимальны. При этом направление колебаний вектора напряженности электрического поля в падающем лазерном излучении совпадает с плоскостью пропускания поляризатора.
2. Установить в схему второй поляризатор (анализатор). Вращая его в оправе, найти положение, когда прошедшая через него интенсивность максимальна, записать соответствующее значение угла поворота анализатора φ_0 перед табл.1. В этом положении плоскости пропускания обоих поляризаторов совпадают.
3. Продолжая вращать анализатор, снять зависимость интенсивности прошедшего света I от угла поворота анализатора относительно положения, соответствующего максимальной интен-

сивности φ-φ_0. Измерения производить от 0^0 до 360^0 с шагом 10^0.Результаты измерений занести в таблицу 1.

φ_0= ... Таблица 1

φ-φ_0										
I										
$\frac{I}{I_{max}}$										
$\cos^2(\varphi-\varphi_0)$										

По результатам измерений построить на миллиметровой бумаге график зависимости $\frac{I}{I_{max}}$ от $(\varphi-\varphi_0)$. На этом же листе построить для сравнения и график $\cos^2(\varphi-\varphi_0)$

Упражнение 2. Измерение степени поляризации излучения лазера.

1. Убрать из схемы поляроид с фиксированным положением плоскости пропускания. Снять зависимость интенсивности I прошедшего света от угла поворота анализатора φ. Измерения производить от 0^0 до 360^0 с шагом 10^0. Результаты измерений занести в таблицу 2.

Таблица 2.

φ										
I										

2. В таблице 2 найти максимальное и минимальное значения прошедшей интенсивности. По формуле (2) найти степень поляризации луча лазера.