

5147

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЯРИЗОВАННОГО СВЕТА

Методические указания
к лабораторной работе

Рязань 2017

УДК 539

Получение и исследование поляризованного света: методические указания к лабораторной работе / Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: Б.С.Бобров, А.П.Соколов.— Рязань, 2017.— 8 с.

Излагаются элементы теории и метод получения плоскополяризованного света, изучается закон Малюса, а также определяется степень поляризации света, прошедшего через стопу стеклянных пластин. Даны порядок выполнения работы и указания по обработке экспериментальных данных.

Предназначены для студентов всех специальностей дневной и заочной форм обучения, изучающих курс физики.

Табл. 1. Ил. 4. Библиогр.: 4 назв.

Поляризация, поляризатор, анализатор, поляроидная пленка

Печатается по решению редакционно-издательского совета Рязанского государственного радиотехнического университета.

Рецензент: кафедра общей и экспериментальной физики РГРТУ
(зав. кафедрой доц. М. В. Дубков)

Получение и исследование поляризованного света

Составители: Бобров Борис Сергеевич
Соколов Александр Павлович

Редактор Н. А. Орлова
Корректор С. В. Макушина

Подписано в печать 15.06.17 . Формат бумаги 60 x 84 1/16.

Бумага писчая. Печать трафаретная. Усл. печ. л. 0,5.

Тираж 200 экз. Заказ

Рязанский государственный радиотехнический университет.
390005, Рязань, ул. Гагарина, 59/1.
Редакционно-издательский центр РГРТУ.

Цель работы: экспериментально получить плоскополяризованный свет, изучить закон Малюса, определить степень поляризации света, прошедшего через стопу стеклянных пластин.

Приборы и принадлежности: оптическая скамья, источник света с блоком питания, поляризатор, анализатор, стопа стеклянных пластин, фотоприёмник, микроамперметр, собирающая линза.

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ И МЕТОД ЭКСПЕРИМЕНТА

Система уравнений Максвелла полностью описывает свойства, возникновение и распространение электромагнитных волн. В частности, из этих уравнений вытекает, что электромагнитные волны поперечные, с чем связана их важнейшая характеристика – *поляризованность*.

В *естественном* свете колебания вектора \vec{E} в различных направлениях быстро и беспорядочно сменяют друг друга. Такой свет называется *неполяризованным* (рис. 1). Его испускают большинство тепловых источников (лампы накаливания, Солнце и др.). Свет, в котором направления колебаний вектора \vec{E} упорядочены каким-либо образом, получил название *поляризованного*. Если колебания вектора \vec{E} происходят только в одной проходящей через луч плоскости, то имеем дело с *плоско- (или линейно-) поляризованным* светом. Плоскость, проходящая через направление колебаний вектора \vec{E} плоскополяризованной волны и направление распространения этой волны, называется *плоскостью поляризации*.

Упорядоченность колебаний может заключаться в том, что вектор \vec{E} поворачивается вокруг луча, одновременно пульсируя по величине. В результате этого конец вектора \vec{E} описывает эллипс. Такой свет называется *эллиптически поляризованным*. Плоскополяризованный свет является предельным случаем эллиптически поляризованного, когда при разности фаз, равной нулю или π , эллипс поляризации вырождается в прямую. При разности фаз, равной $\pm \pi/2$, и равенстве амплитуд складываемых волн эллипс

поляризации вырождается в окружность, и тогда имеем дело с *циркулярно поляризованным (поляризованным по кругу) светом*.

Получение поляризованного света из естественного возможно при разнообразных физических эффектах – прохождении света через анизотропные среды, отражении от диэлектриков и др. Устройства для получения поляризованного света называют *поляризаторами*. Те же устройства, применяемые для исследования поляризации света, называются *анализаторами*. Поляризаторы (анализаторы) пропускают колебания, параллельные плоскости, называемой *плоскостью поляризатора (анализатора)*, и задерживают колебания, перпендикулярные к этой плоскости.

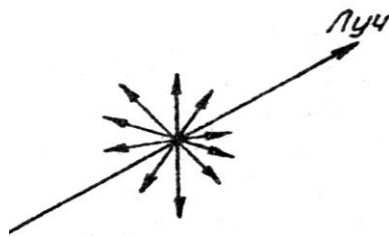


Рис. 1

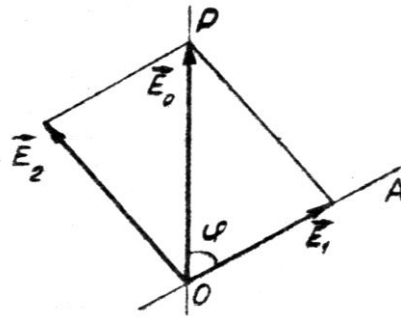


Рис. 2

Рассмотрим два поляризатора, поставленные друг за другом так, что их оси ОР и ОА образуют некоторый угол φ (рис. 2). Первый поляризатор пропускает электрический вектор, \vec{E}_0 которого параллелен его оси ОР. Интенсивность этого света равна I_0 . Разложим \vec{E}_0 на вектор \vec{E}_1 , параллельный оси ОА второго поляризатора (т.е. анализатора), и вектор \vec{E}_2 , перпендикулярный к ней. Составляющая \vec{E}_2 будет задержана анализатором. Через оба поляризатора пройдет свет с электрическим вектором $\vec{E} = \vec{E}_1$, длина которого $E = E_0 \cos \varphi$. Так как интенсивность света пропорциональна квадрату амплитуды, то интенсивность света, прошедшего через анализатор, равна

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

Это соотношение носит название *закона Малюса*.

Свет, в котором колебания одного направления преобладают над колебаниями других направлений, называется частично поляризованным. Такой свет можно рассматривать как смесь естественного и плоскополяризованного.

При пропускании частично поляризованного света через анализатор и при вращении анализатора вокруг направления луча интенсивность прошедшего света будет изменяться в пределах от I_e^{max} до I_e^{min} . Переход от одного из этих значений к другому будет совершаться при повороте анализатора на угол $\varphi = \pi/2$ (за один полный оборот два раза будут достигаться максимальное I_e^{max} и два раза минимальное I_e^{min} значения интенсивности). Степенью поляризации называется выражение

$$P = \frac{I_e^{max} - I_e^{min}}{I_e^{max} + I_e^{min}}. \quad (2)$$

Для плоскополяризованного света $I_e^{min} = 0$, $P=1$; для естественного света $I_e^{min} = I_e^{max}$ и $P=0$.

Поскольку отражённый от диэлектрической пластинки свет оказывается частично (или даже полностью) поляризованным, проходящий свет также частично поляризуется. В отражённом луче преобладают колебания, перпендикулярные к плоскости падения, в преломлённом луче – колебания, параллельные плоскости падения. Степень поляризации зависит от угла падения. Максимальная поляризация проходящего света достигается при падении под углом Брюстера. Для увеличения степени поляризации света в этом случае используют 8-10 наложенных друг на друга стеклянных пластинок (рис. 3). Подобная совокупность пластинок называется *стопой*. Вышедший из такой системы свет будет практически полностью поляризованным.

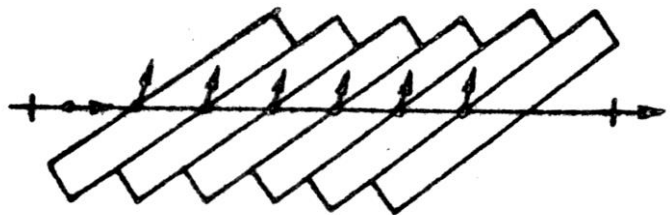


Рис. 3

Для изучения закона Малюса получают пучок плоскополяризованного света с помощью поляризатора (поляроидной пленки) и пропускают этот пучок через анализатор (также поляроидную плёнку). Вращая анализатор вокруг оси, совпадающей с направлением распространения пучка света, устанавливают различные углы φ между плоскостями поляризатора и анализатора и измеряют интенсивность света, прошедшего через поляризатор и анализатор, соответственно этим углам.

Для определения степени поляризации по формуле (2) получают плоскополяризованный свет с помощью стопы стеклянных пластин, выполняющих роль поляризатора, и далее пропускают этот пучок света через анализатор (поляроидную пленку). Вращая анализатор вокруг оси, совпадающей с направлением распространения светового пучка, измеряют интенсивность света, прошедшего через систему поляризатор-анализатор, определяют максимальную I_e^{max} и минимальную I_e^{min} интенсивности света, соответствующие двум взаимно перпендикулярным направлениям колебаний вектора \vec{E} .

ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Установка собирается на оптической скамье (рис. 4) Источник света лампа накаливания помещена в кожух осветителя 1 прямоугольного сечения, в передней части которого расположена оправа с линзой. Внутри осветителя размещен стержень с патроном и лампочкой на одном конце и ограничительной втулкой на другом. При юстировке стержень фиксируется в нужном положении винтом.

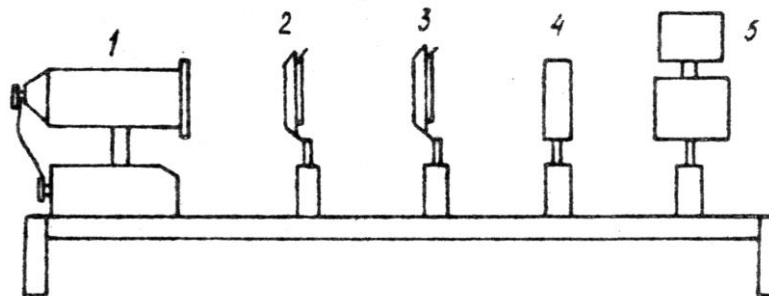


Рис. 4

Поляризатор и анализатор помещены в оправы, которые вставляются в поворотные диски 2 и 3, позволяющие вращать их вокруг горизонтальной оси. Диски снабжены подвижными шкалами. Цена деления шкалы 1° .

Поляризатор и анализатор изготовлены из поляроидных пленок – поляроидов, которые состоят из множества маленьких (толщиной до 0,3 мм) параллельно ориентированных кристаллов сернокислого йодистого хинина – герапатита, находящихся внутри связующей среды прозрачной пленки.

Стопа пластин крепится в оправе, которая также вставляется в поворотный диск 2 при измерениях. Собирающая линза 4 служит для изменения ширины пучка света, падающего на фотоприемник 5. В качестве фотоприемника используется селеновый фоторезистор, который представляет собой устройство, состоящее из металлической подложки, на одной стороне которой нанесен слой селена толщиной 0,1 мм. Этот слой покрыт полупрозрачной металлической пленкой, обладающей достаточной прозрачностью в той области спектра, для которой наблюдается фотоэффект.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Произвести подготовку экспериментальной установки к измерениям.

1.1. Установить на оптической скамье источник света 1, поворотные диски с поляризатором 2 и с анализатором 3, собирающую линзу 4 и фотоприемник 5 с микроамперметром (рис. 4).

1.2. Включить штепсельную вилку блока питания источника света (лампы накаливания) в розетку 220 В.

1.3. Включить на передней панели блока питания тумблер «Сеть» и убедиться, что лампочка источника загорелась.

2. Приступить к выполнению заданий.

2.1. Задание 1. Изучение закона Малюса.

2.1.1. Поворачивая анализатор, убедиться, что показания микроамперметра изменяются.

2.1.2. Вращая анализатор, добиться максимального отклонения стрелки микроамперметра, что соответствует параллельному расположению поляризатора и анализатора ($\varphi = 0$). В этом случае согласно закону Малюса (2) $I_e = I_{e0}$.

2.1.3. Перемещая стержень с патроном и лампочкой, а также стойку с линзой, подобрать такое их расположение, чтобы при параллельных поляризаторе и анализаторе ток микроамперметра не превышал максимального значения отсчёта по шкале прибора.

2.1.4. Не меняя расстояние между источником света, линзой и фотоприемником, исследовать зависимость фототока от угла поворота анализатора φ . Для этого, вращая поляроидную плёнку вместе с поворотным диском в пределах полного оборота анализатора от 0 до 360° , через каждые 10° записывать показания микроамперметра.

2.1.5. Произвести три серии измерений и занести данные в таблицу. Вычислить средние значения $\frac{I_e}{I_{e0}}$ для каждого значения угла φ .

2.1.6. Построить график экспериментальной зависимости

$$\left(\frac{I_e}{I_{e0}} \right)_{\text{средн}} = f(\varphi)$$

в полярных координатах. Для этого на каждом луче, проведённом из центра 0 под углом φ , в выбранном масштабе отложить значения

величин $\left(\frac{I_e}{I_{e0}} \right)_{\text{средн}}$, соответствующих этому углу φ . Полученные точки

соединить плавной кривой.

На том же чертеже аналогичным образом построить

теоретическую зависимость

$$\left(\frac{I_e}{I_{e0}} \right)_{\text{средн}} = \cos^2 \varphi ,$$

задавая угол φ .

2.1.7. Сравнивая экспериментальную и теоретическую кривые, определить отклонение и указать причины этого отклонения.

$$\Delta \left(\frac{I_e}{I_{e0}} \right)_{\text{средн}} = \left(\frac{I_e}{I_{e0}} \right)_{\text{средн}} - \cos^2 \varphi .$$

2.2. Задание 2. Определение степени поляризации света в стопе стеклянных пластин.

2.2.1. Не меняя на скамье расположение источника света, линзы и фотоприемника, установить вместо поляризатора в поворотный диск оправу со стопой стеклянных пластин, обратив внимание, что угол падения света на стопу пластин составляет 57° , т.е. равен углу Брюстера.

2.2.2. Поворачивая анализатор вокруг горизонтальной оси через каждые 10° , начиная от положения, при котором фототок максимален, измерять зависимость фототока от угла поворота анализатора.

2.2.3. Произвести три серии таких измерений и занести данные в таблицу. Вычислить среднее значение $\left(\frac{I_e}{I_{e0}} \right)_{\text{средн}}$ для каждого угла φ .

2.2.4. Построить график экспериментальной зависимости $\left(\frac{I_e}{I_{e0}} \right)_{\text{средн}} = f(\varphi)$ в полярных координатах. Полученную зависимость для стопы пластин сравнить с экспериментальными данными для поляроидной пленки задания 1.

2.2.5. Используя данные, полученные для максимального I_{max} и минимального I_{min} фототоков, по формуле (2) определить степень

поляризации света, прошедшего через стопу стеклянных пластин.

φ	I_1	$\left(\frac{I_e}{I_{e0}}\right)_1$	I_2	$\left(\frac{I_e}{I_{e0}}\right)_2$	I_3	$\left(\frac{I_e}{I_{e0}}\right)_3$	$\left(\frac{I_e}{I_{e0}}\right)_{cp}$	$\cos^2\varphi$	$\Delta\left(\frac{I_e}{I_{e0}}\right)_{cp}$
10									
20									
...									
360									

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какой свет называется естественным?
2. Какой свет называется поляризованным?
3. Что такое плоскополяризованный свет?
4. Как можно практически отличить естественный свет от плоскополяризованного?
5. Сформулируйте закон Малюса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Савельев И.В. Курс физики. Т. 2. М.: Наука, 1984. С. 428-435.
2. Ландсберг Г.С. Оптика. М.: Наука, 1976. С. 370-380.
3. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высшая школа, 1990. С. 306- 313.
4. Соколов А.П. Поляризация света: методические указания к самостоятельной работе/ Рязан. гос. радиотехн. ун-т. Рязань, 2010. С. 1-16.