

5145

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

**ИЗУЧЕНИЕ
ЯВЛЕНИЯ ПОЛЯРИЗАЦИИ СВЕТА
ПРИ ОТРАЖЕНИИ**

Методические указания
к лабораторной работе

Рязань 2017

УДК 539

Изучение явления поляризации света при отражении: методические указания к лабораторной работе / Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: Б.С.Бобров, А.П.Соколов.— Рязань, 2017.— 8 с.

Изложены элементы теории и метод получения полностью поляризованного света при отражении от диэлектрической пластинки. Даны указания по определению угла Брюстера при отражении пучков естественного и плоскополяризованного света от диэлектрической пластинки. Приведены порядок выполнения работы и указания по обработке полученных экспериментальных данных.

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

Ил. 6. Библиогр.: 4 назв.

Поляризация, поляризатор, анализатор, диэлектрическая пластинка

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

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

Изучение явления поляризации света при отражении

Составители: Бо б р о в Борис Сергеевич
С о к о л о в 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 проверить закон Брюстера, определить показатель преломления пластинки.

Приборы и принадлежности: диэлектрическая пластинка, поляроидная пленка, поворотный диск, источник света, гониометр.

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ И МЕТОД ЭКСПЕРИМЕНТА

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

В *естественном* свете (рис. 1) колебания вектора \vec{E} в различных направлениях быстро и беспорядочно сменяют друг друга. Такой свет называется *неполяризованным*. Его испускают большинство тепловых источников (лампы накаливания, Солнце и др.). Свет, в котором направления колебаний вектора \vec{E}

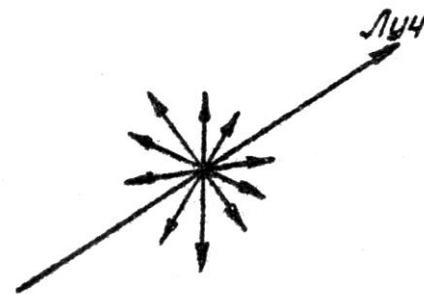


Рис.1

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.

Если угол падения света на границу раздела двух диэлектриков отличен от нуля, то отражённый и преломленный лучи оказываются частично поляризованными. В отраженном луче преобладают колебания, перпендикулярные к плоскости падения, в преломленном луче – колебания, параллельные этой плоскости. **Степень поляризации этих лучей зависит от угла падения и показателя преломления.** Шотландский физик Д. Брюстер (1781-1868) установил закон, согласно которому при угле падения α_B отраженный луч будет полностью поляризован, если тангенс угла падения равен относительному коэффициенту преломления n_{21} среды, от границы которой происходит отражение:

$$\operatorname{tg} \alpha_B = n_{21} . \quad (1)$$

Отражённый луч является плоскополяризованным (содержит только колебания, перпендикулярные к плоскости падения, – на рис. 2 они обозначены точками). *Преломлённый же луч при этом поляризуется максимально, но не полностью* (содержит не только колебания, перпендикулярные к плоскости падения, но и колебания, параллельные этой плоскости, – на рис. 2 обозначаются двусторонними стрелками). Примечательно, что если свет падает на границу раздела под углом Брюстера, то отраженный и преломленный лучи *взаимно перпендикулярны* (т.е. $\alpha_B + \beta = \pi/2$).

Степень поляризации отраженного и преломленного лучей при различных углах падения можно получить с помощью *формул Френеля*. Эти формулы вытекают из условий, налагаемых на электромагнитное поле на границе двух диэлектриков. К числу таких

условий принадлежит равенство тангенциальных составляющих векторов \vec{E} и \vec{H} , а также равенство нормальных составляющих векторов \vec{D} и \vec{B} по обе стороны границы раздела.

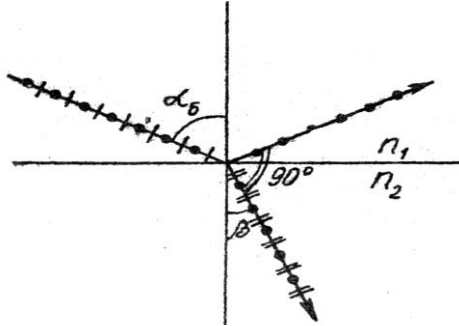


Рис. 2

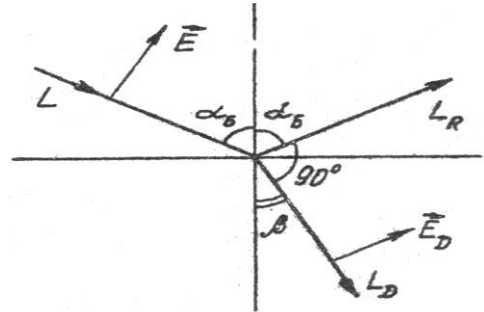


Рис. 3

Проанализируем возможность отражения плоскополяризованного света, в котором вектор \vec{E} лежит в плоскости падения. Ориентация лучей и векторов электрического поля для этого случая представлена на рис. 3, где L и L_D – падающий и преломленный лучи света, \vec{E}_D – вектор напряжённости электрического поля в веществе. Под действием электрического поля с напряженностью \vec{E}_D электрические заряды (электроны) вещества совершают колебания в направлении \vec{E}_D перпендикулярно к преломлённому лучу, а следовательно, и в направлении L_R , в котором должен распространяться отражённый под углом Брюстера луч. Но процесс отражения представляет собой вторичное излучение колеблющихся под действием электрического поля световой волны электронов в среде.

Эти электроны, однако, в направлении своего движения согласно законам электродинамики вторичных волн не излучают. Поэтому в этом направлении никакого отражения рассматриваемой плоскополяризованной волны не происходит. Отражаться может лишь волна с составляющей вектора \vec{E} , колебания которой происходят перпендикулярно к плоскости падения.

В данной работе определение угла Брюстера и показателя преломления диэлектрической пластинки проводится двумя методами. В одном из них на диэлектрическую пластинку падает пучок естественного света. Попеременным вращением предметного столика с диэлектрической пластинкой вокруг вертикальной оси

добиваются такого взаимного расположения диэлектрической пластинки по отношению к падающему лучу естественного света, при котором отраженный пучок света полностью поляризуется. Последнее обнаруживается с помощью анализатора, расположенного на пути отражённого пучка света.

В другом методе на диэлектрическую пластинку направляют пучок плоскополяризованного света и добиваются такого взаимного расположения диэлектрической пластинки относительно падающего плоскополяризованного пучка света, при котором отражённая компонента полностью исчезает.

ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Работа выполняется на гониометре Г5, предназначенном для точных измерений углов.

Гониометр Г5 требует бережного и осторожного обращения. Строго запрещается прилагать усилие к винтам и к алидаде при закреплённом стопорном винте 7 (рис. 4). Это приведет к порче прибора.

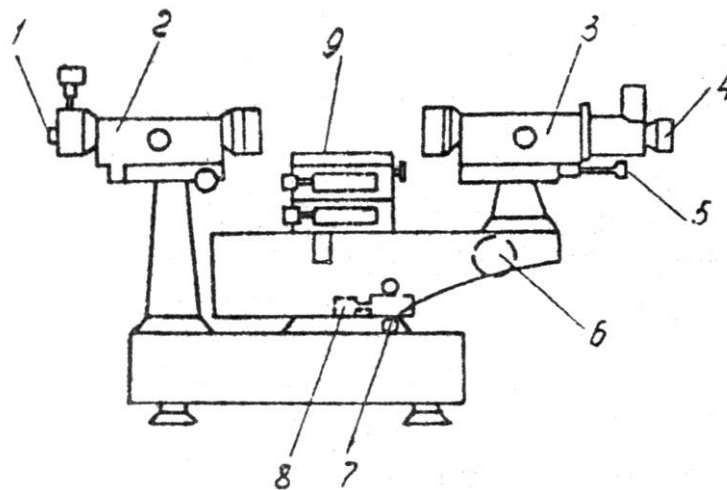


Рис. 4

Внешний вид гониометра показан на рис. 4, где цифрами обозначены необходимые для проведения измерений узлы: коллиматор 2, в передней фокальной плоскости объектива которого расположены

источник света 1, зрительная труба 3 с окуляром 4, угломерное отсчётное устройство с лупой 5, через которую производится отсчёт углов по шкале лимба, находящегося внутри прибора, маховичок 6 отсчётного микрометра, предметный столик 9, который может вращаться вокруг вертикальной оси.

Зрительная труба укреплена на подвижном кронштейне – алидаде, которую можно поворачивать вокруг вертикальной оси, проходящей через центр предметного столика. Поворот алидады с трубой осуществляется без усилий от руки только **после освобождения стопорного винта 7**. Тонкое перемещение трубы осуществляется винтом 8.

На тубусе коллиматора закреплена поляроидная насадка, представляющая собой поворотное устройство, которое обеспечивает вращение поляроидной плёнки вокруг горизонтальной оси.

Оптическая схема установки представлена на рис. 5. Световой пучок от источника света S попадает на объектив O_1 коллиматора K ; затем после объектива O_1 параллельным пучком – на диэлектрическую пластинку P , расположенную в центре предметного

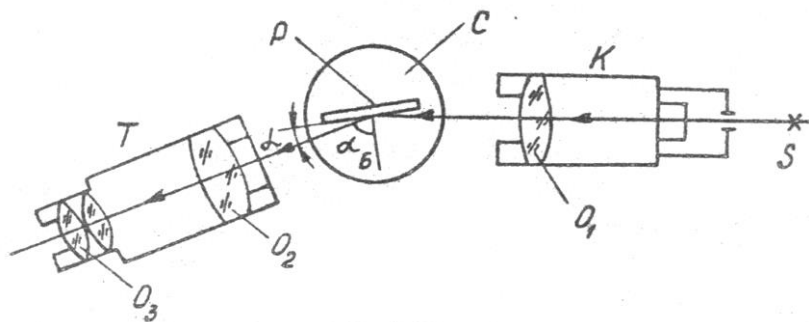


Рис. 5

столика C . Отражённый от диэлектрической пластинки параллельный пучок света направляется на объектив O_2 зрительной трубы T , в фокальной плоскости которого образуется изображение перекрестия сетки коллиматора. Наблюдение этой сетки и сетки, помещенной в окуляр зрительной трубы, ведётся через окуляр O_3 . При измерении углов визирные перекрестия указанных сеток должны быть совмещены.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Произвести подготовку установки к измерениям.

1.1. Убедиться, что все тумблеры выключены.

1.2. Включить штепсельную вилку питающего шнура гониометра в сеть 220 В.

1.3. Включить освещение шкалы лимба и сетки гониометра тумблером «Включено».

1.4. Наблюдая в окуляр 4 зрительной трубы 3 (рис. 4), вращением накатанного кольца окуляра добиться четкого изображения визирного перекрестия зрительной трубы в поле зрения окуляра.

2. Приступить к измерениям.

2.1. **Задание 1. Получение полностью поляризованного света при отражении от диэлектрической пластинки. Определение угла Брюстера и показателя преломления диэлектрической пластинки.**

2.1.1. ослабить до упора винт 7.

2.1.2. Поворачивая алидаду, совместить ось зрительной трубы 3 с осью коллиматора. При этом в поле зрения трубы должно появиться светлое пятно с перекрестием. Вращая винт 8 тонкой наводки, точно совместить перекрестие

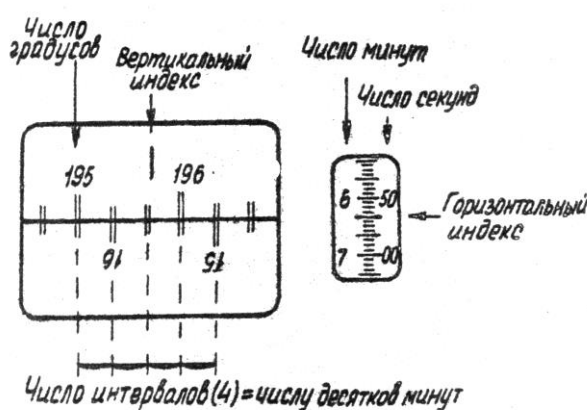


Рис. 6

сетки зрительной трубы с изображением перекрестия сетки коллиматора. С помощью отсчётного микроскопа, наблюдая в лупу 5, заметить положение зрительной трубы α_0 (поле зрения отсчётного микроскопа приведено на рис. 6). Для этого повернуть без усилий маховичок 6 оптического микрометра в ту или другую сторону так, чтобы верхние и нижние изображения штрихов лимба в левом окне отсчётного устройства точно совместились. Число градусов равно ближайшей левой от вертикального индекса цифре. Число десятков

минут равно числу интервалов, заключенных между верхней левой цифрой, показывающей целые градусы, и правой нижней цифрой, отличающейся от левой на 180° . Число минут отсчитывается по шкале микрометра в правом окне по левому ряду чисел. Число секунд – в том же окне по правому ряду чисел.

2.1.3. Ослабить до упора стопорный винт 7.

2.1.4. В центре предметного столика установить диэлектрическую пластинку (черное зеркало), как показано на рис. 5. Визуально отыскать отраженный от этого зеркала пучок частично поляризованного света. Вращая поляроид (анализатор) вокруг направления отраженного луча, оставить его в таком положении, когда яркость прошедшего через него света будет минимальна. После этого повернуть зеркало вокруг вертикальной оси на несколько градусов, снова добиться минимальной интенсивности прошедшего через поляроид света. Опыт продолжать до тех пор, пока не наступит полная поляризация, т.е. полное затемнение. Это означает, что зеркало установлено под углом Брюстера. Поляроид после этого можно убрать.

2.1.5. Не меняя положений предметного столика с зеркалом и глаза, подвести алидаду со зрительной трубой к направлению пучка света и, наблюдая светлое пятно в окуляр зрительной трубы, совместить перекрестия коллиматора и зрительной трубы. Далее, вращая винт тонкой наводки 8, точно совместить указанные перекрестия и сделать отсчет по шкале лимба α_1 , руководствуясь указаниями п. 2.1.2.

2.1.2. Повторить указанные операции 3-5 раз и найти среднее значение угла α_{1cp} .

2.1.6. Определить угол Брюстера, используя выражение:

$$\alpha_{Б1} = 90^\circ - \frac{1}{2} [\alpha_0 - \alpha_{1cp}] .$$

2.2. Задание 2. Изучение особенностей отражения плоскополяризованного света от диэлектрической пластинки. Определение угла Брюстера и показателя преломления диэлектрической пластинки.

2.2.1. Не изменяя положения предметного столика с

диэлектрической пластинкой, установить поляроидную плёнку (поляризатор) в поворотное устройство, закрепленное на тубусе коллиматора. Наблюдая визуально за отражённым от диэлектрической пластинки пучком света и вращая поочередно (см. п. 2.1.4) поляризатор вокруг горизонтальной оси, а предметный столик с диэлектрической пластинкой— вокруг вертикальной, добиться исчезновения пучка света (полного затемнения).

2.2.2. Произвести отсчёт угла α_2 , как описано в пп. 2.1.2. и 2.1.5, 3-5 раз и рассчитать α_{2cp} .

2.2.3. Определить угол Брюстера $\alpha_{Б2}$ по среднему значению α_{2cp} и α_0 , найденных по п. 2.1.2, используя соотношение

$$\alpha_{Б2} = 90^\circ - \frac{1}{2}[\alpha_0 - \alpha_{2cp}].$$

2.2.4. Объяснить причину исчезновения отраженного от диэлектрической пластинки пучка плоскополяризованного света и разницу опытов, когда поляроидная плёнка сначала располагалась после диэлектрической пластинки, а затем – перед ней.

2.2.5. Определить показатель преломления диэлектрической пластинки, используя формулу $n = \operatorname{tg}[(\alpha_{1Б} + \alpha_{2Б})/2]$.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Дайте определение естественного и поляризованного света.
2. Сформулируйте закон Брюстера.
3. В чем заключается явление поляризации света?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ландсберг Г.С. Оптика. М.: Наука, 1976. С. 370-380.
2. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высшая школа, 1985. С. 284-287.
3. Соколов А.П. Поляризация света: метод. ук. к самост. раб./ Рязан. гос. радиотехн. ун-т.Рязань, 2010. С. 1-16.