

Определение плоскости колебаний поляризованного лазерного луча - закон Малюсса



Если лазер оборудован так называемым окном Брюстера, он излучает линейно поляризованный свет, плоскость колебаний которого может быть определена с помощью поляризационного фильтра, используемого в качестве анализатора.

Физика

Свет и оптика

Волновые свойства света

Физика

Свет и оптика

Лазерная оптика



Уровень сложности

средний



Размер группы

2



Время подготовки

10 Минут



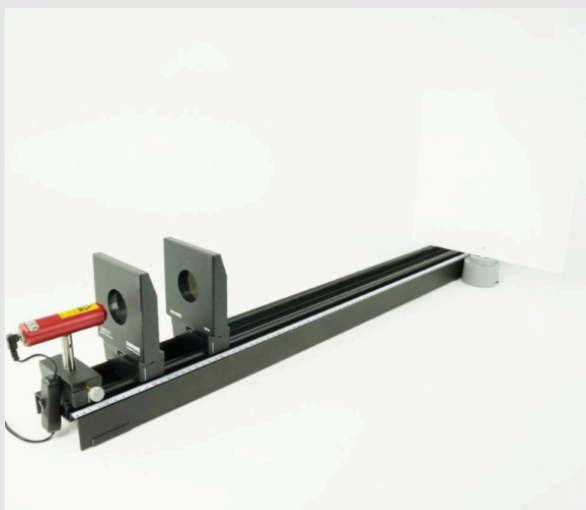
Время выполнения

20 Минут

PHYWE
excellence in science

Общая информация

Описание

PHYWE
excellence in science

Экспериментальная установка

Если лазер оборудован так называемым окном Брюстера, он излучает линейно поляризованный свет, плоскость колебаний которого может быть определена с помощью поляризационного фильтра, используемого в качестве анализатора.

Поляризация имеет бесчисленное множество применений в природе и технике. Поскольку свет от неба и отраженный свет, например, от водной поверхности, поляризованы, можно получить отличные изображения с поляризационными фильтрами для фотоаппаратов.

Существует также множество животных, способных воспринимать плоскость поляризации света. Это помогает им ориентироваться и охотиться.

Дополнительная информация (1/2)

PHYWE
excellence in science

Предварительные

знания

Принцип



Как известно, свет представляет собой электромагнитную поперечную волну, то есть он имеет электрическое E и магнитное B поля, которые колеблются перпендикулярно друг другу и направлению распространения и охватывают плоскость колебаний.

Обычные источники света излучают световые волны, направление колебаний которых определяется случайным образом.

Существуют вещества, которые, когда на них падает свет, пропускают свет только определенного направления колебаний. Так получается линейно поляризованный свет.

Дополнительная информация (2/2)

PHYWE
excellence in science

Цель



Задачи



Поляризационные фильтры можно использовать для линейной поляризации света. Если линейно поляризованный свет попадает на поляризационный фильтр, используемый в качестве анализатора, интенсивность света за ним ведет себя в соответствии с законом Малюса; его интенсивность уменьшается пропорционально квадрату косинуса угла между направлением колебаний и направлением прохождения.

- Определите плоскость колебаний поляризованного лазерного луча
- Ответьте на вопросы протокола

Инструкции по технике безопасности

PHYWE
excellence in science



Необходимо избегать смотреть прямо на лазерное излучение.

Для этого эксперимента применяются общие инструкции по безопасному проведению экспериментов при преподавании естественных наук.

Теория (1/2)

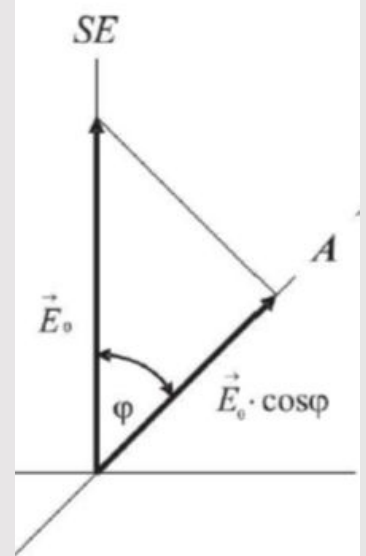
PHYWE
excellence in science

Если неполяризованный луч света проходит через поляризационный фильтр, пропускается только та часть света, плоскость колебаний которой соответствует направлению поляризации фильтра.

Если линейно поляризованный свет с амплитудой E_0 падает на второй фильтр (анализатор), плоскость колебаний A которого повернута на угол φ относительно плоскости колебаний SE света, то пропускается только его часть:

$$\vec{E} = \vec{E}_0 \cos \varphi \quad (1)$$

В случае, если A и SE перпендикулярны друг другу, анализатор не пропускает свет.

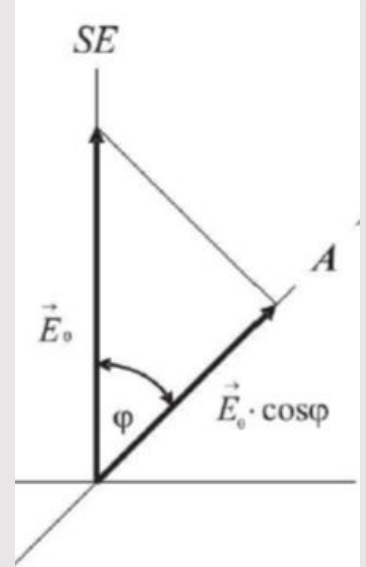


Теория (2/2)

Поскольку интенсивность света пропорциональна квадрату амплитуды напряженности поля света, то для интенсивности света за анализатором применимо следующее:

$$\frac{I}{I_0} = \frac{\vec{E}}{\vec{E}_0} = \cos^2 \varphi \quad (2)$$

Для определения интенсивности света можно использовать фотоэлемент, фототок которого прямо пропорционален интенсивности падающего света.



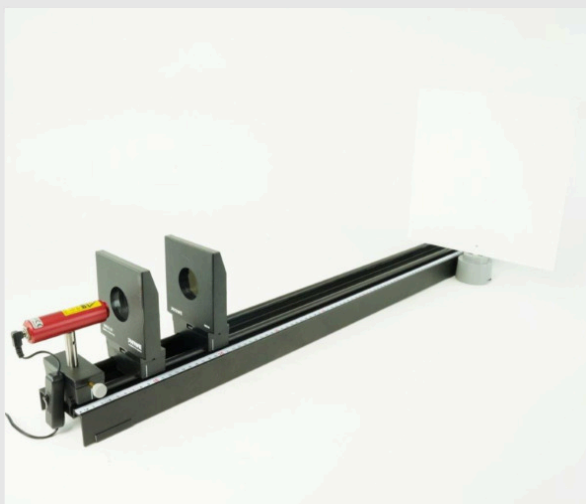
Оборудование

Позиция	Материал	Пункт No.	Количество
1	Оптическая скамья, l=1000 мм	08370-00	1
2	Диодный лазер 0,2/1 мВт; 635 нм	08760-99	1
3	Держатель диодного лазера	08384-00	1
4	Демонстрационный универсальный измерительный прибор, ADM3, аналоговые и цифровые	13840-00	1
5	Скользящая опора для оптической скамьи	09822-00	2
6	Рамка со шкалой на скользящей опоре	09823-00	2
7	Линза в оправе, f=+100 мм	08021-01	1
8	Держатель для диафрагм	11604-09	1
9	Поляризующий фильтр, 50 x 50 мм	08613-00	1
10	Фотоэлемент для оптической плиты	08734-00	1
11	Экран, полупрозрачный, 250x250 мм	08064-00	1

PHYWE
excellence in science

Подготовка и выполнение работы

Подготовка

PHYWE
excellence in science

Экспериментальная установка

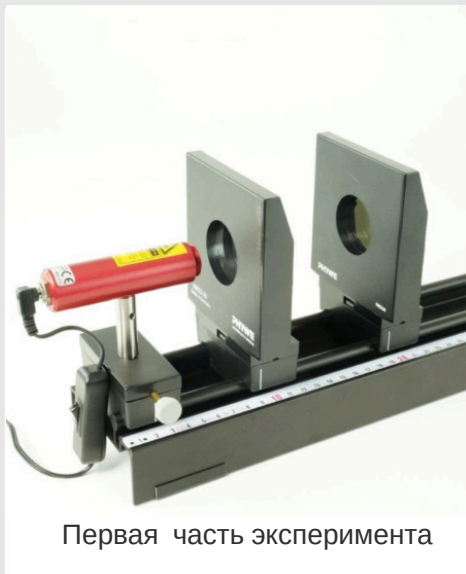
В первой части эксперимента диодный лазер и прозрачный экран устанавливаются и закрепляются на концах оптической скамьи.

Собирающая линза, вставленная в рамку со шкалой ($f = +10$ см) служит для расширения лазерного луча.

Держатель диафрагмы с поляризационным фильтром устанавливается в рамку со шкалой на вторую скользящую опору. Направление пропускания поляризационного фильтра указано по его перфорации. Она должна проходить сверху, когда отметка на держателе диафрагмы находится над положением угловой шкалы. Поляризационный фильтр располагается непосредственно за линзой.

Выполнение работы (1/2)

PHYWE
excellence in science



Первая часть эксперимента

Медленно поворачивайте поляризационный фильтр в затемненной комнате и наблюдайте на экране полученную яркость.

Определите необходимые настройки фильтра для минимальной яркости, так как в этом случае глаз лучше распознает разницу в яркости. Лазер работает в режиме 1 мВт.

Замените прозрачный экран на кремниевый диод, который подключается к токовому входу демонстрационного мультиметра.

Снимите рамку со шкалой и линзой.

Выполнение работы (2/2)

PHYWE
excellence in science



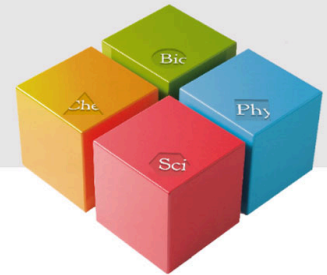
Фотоэлемент

Расстояние между фотоэлементом и диодным лазером теперь составляет около 40 см. Оба должны быть выровнены так, чтобы активная область фотоэлемента была полностью освещена.

Зарегистрируйте темновой ток ($i_{0\backslash}$) при выключенном лазере.

Затем настройте поляризационный фильтр в угловом диапазоне $\alpha \pm 100^\circ$ с шагом в 10° . Отметьте соответствующий ток i кремниевого диода.

В области максимума и минимума интенсивности изменение угла должно осуществляться с шагом 5° .



Оценка

Оценка (1/3)

Минимум интенсивности проходящего линейно поляризованного лазерного излучения, обнаруженный в первой части эксперимента, находится в положении анализатора на уровне $\alpha = -35^\circ$.

Это означает, что направление колебаний лазерного излучения повернуто на 90° .

Таким образом, диодный лазер излучает линейно поляризованный свет, плоскость колебаний которого наклонена на 55° к вертикали.

Что такое поляризованный свет?

Поляризованный свет движется вперед и назад между двумя магнитными монополями.

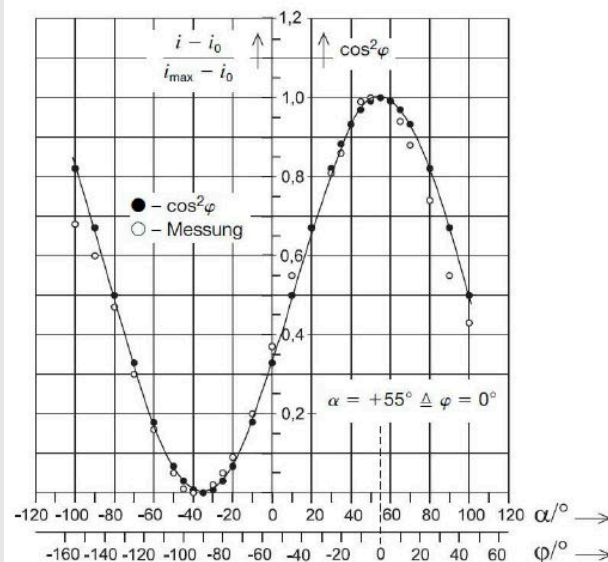
Поляризованный свет фильтруется в соответствии с направлением колебаний электрического и магнитного поля, поэтому существует только одно направление колебаний.

Оценка (2/3)

Из измеренных значений тока во второй части эксперимента необходимо вычесть темновой ток i_0 , а соответствующее отношение $(i - i_0)/(i_{max} - i_0)$ нанести на график в зависимости от угла. Полученный график соответствует кривой \cos^2 .

Это подтверждается законом Малюса:

Интенсивность линейно поляризованного луча света с начальной интенсивностью I_0 после прохождения через линейный поляризатор остается равной $I = I_0 \cos^2 \varphi$.



Оценка (3/3)

Назовите области применения закона Малюса?

- Все поляризационные фильтры.
- Линейные поляризационные фильтры.
- Линейно поляризованный свет.
- Циркулярно-поляризованный свет.

Проверьте

Для чего используются поляризационные фильтры в фотоаппаратах?

Чтобы отфильтровать отражения от водных поверхностей или сделать небо более темным. Оба являются поляризованным светом.

Для обеспечения более быстрой фокусировки с помощью лазерных импульсов.

Слайд	Оценка/Всего
Слайд 14: Поляризация	0/3
Слайд 16: Множественные задачи	0/4

Общий балл  0/7

 Показать решения

 Повторите