

Лекция 5. Поляризация света: основные свойства и явления

Целью лекции о поляризации света является представление студентам основных концепций и явлений, связанных с поляризацией света, а также демонстрация их практических применений в различных областях науки и технологии.

Результаты обучения, которые студенты получают после лекции о поляризации света:

- **Понимание основных свойств поляризации:** Студенты будут понимать, что такое линейная, круговая и эллиптическая поляризация, и как они отличаются друг от друга.

- **Понимание явлений поляризации:** Студенты будут знать о таких явлениях, как закон Малюса, угол Брюстера, формулы Френеля для коэффициентов отражения и пропускания, а также о поляризации при отражении и преломлении.

- **Применение знаний в практике:** Студенты смогут увидеть и понять практическое применение поляризации света в различных областях, таких как оптические поляризаторы и их использование в различных технологиях.

- **Математические навыки:** Студенты будут владеть математическими формулами и методами для расчета поляризации света, такими как формулы для линейной поляризации, угла Брюстера, и формулы Френеля для отражения и преломления.

- **Развитие понимания фундаментальных принципов:** Студенты разовьют понимание основных принципов оптики и взаимодействия света с материалами через явление поляризации.

- **Способность применять знания:** Студенты смогут применять полученные знания о поляризации света для понимания и объяснения различных оптических явлений и их приложений в реальном мире.

1. Введение в поляризацию света

Определение поляризации света: Поляризация света - это ориентация колебаний электромагнитной волны в пространстве. Свет включает электрические и магнитные волны, и поляризация связана с направлением электрического поля.

2. Основные свойства поляризации света

Линейная поляризация: Линейная поляризация света происходит, когда электрический вектор световой волны колеблется вдоль одной определенной прямой. Формула для описания линейной поляризации света зависит от направления колебаний электрического поля. Предположим, что свет распространяется вдоль оси x , и его электрическое поле в определенный момент времени колеблется вдоль оси y .

Если E - это амплитуда колебаний электрического поля вдоль y , то уравнение для такой линейно поляризованной волны можно представить следующим образом:

$$E(t) = E_0 \cos(\omega t) * \hat{y}$$

Здесь:

$E(t)$ - вектор электрического поля в момент времени

E - максимальная амплитуда электрического поля,

ω - угловая частота световой волны,

\hat{y} - единичный вектор вдоль оси y .

Это уравнение представляет колебания электрического поля в линейно поляризованной световой волне вдоль одной определенной оси.

Круговая поляризация: Для круговой поляризации света электрическое поле в каждой точке пространства поворачивается по окружности вокруг направления распространения света. Это создает волны, в которых электрический вектор вращается вдоль некоторой окружности в плоскости, перпендикулярной направлению распространения света.

Формула для круговой поляризации может быть выражена следующим образом:

$$\vec{E}(t) = E_0(\hat{x}\cos(\omega t) + \hat{y}\sin(\omega t))$$

Здесь:

$\vec{E}(t)$ - вектор электрического поля в момент времени

E_0 - амплитуда электрического поля,

ω - угловая частота световой волны,

\hat{x} и \hat{y} - орты осей x и y .

Это уравнение представляет собой вращение электрического поля вокруг осей x и y , создавая круговую поляризацию света.

Эллиптическая поляризация: Эллиптическая поляризация света представляет собой комбинацию линейной и круговой поляризации, при которой электрическое поле описывается уравнением эллипса в плоскости, перпендикулярной направлению распространения света.

Формула для эллиптической поляризации может быть выражена как:

$$\vec{E}(t) = E_x\cos(\omega t)\hat{x} + E_y\sin(\omega t)\hat{y}$$

Здесь:

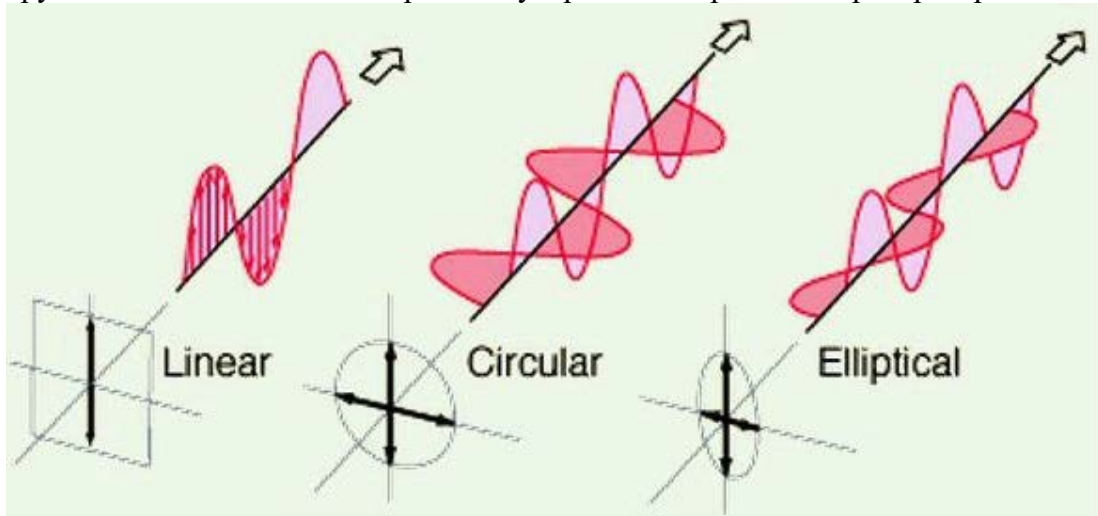
$\vec{E}(t)$ - вектор электрического поля в момент времени

E_x и E_y - амплитуды электрического поля вдоль осей

ω - угловая частота световой волны,

\hat{x} и \hat{y} - орты осей x и y .

Это уравнение представляет собой колебания электрического поля вдоль осей x и y , что создает эллиптическую поляризацию света. Амплитуды E_x и E_y и их фазовые различия формируют эллипс в плоскости перпендикулярной к направлению распространения света.



3. Явления, связанные с поляризацией света

Закон Малюса: Описывает, как интенсивность света прошедшего через поляризатор зависит от угла между направлением поляризатора и направлением колебаний света.

$$I = I_0 + \cos^2 \theta$$

где I - интенсивность света после прохождения через поляризатор, I_0 - начальная интенсивность, θ - угол между направлением колебаний света и направлением поляризатора.

Угол Брюстера: Угол падения света на поверхность, при котором отраженный свет полностью поляризован. Связан с показателем преломления материала и задается формулой:

$$\theta_B = \arctan(n)$$

где θ_B - угол Брюстера, n - показатель преломления материала.

4. Поляризация при отражении и преломлении

Законы отражения и преломления для поляризованного света: Описывают изменение поляризации света при отражении и преломлении на границе раздела двух сред.

Формулы Френеля для коэффициентов отражения и пропускания: Определяют, какая часть поляризованного света будет отражена и пропущена при переходе света через границу раздела сред.

Формулы Френеля используются для вычисления коэффициентов отражения и пропускания света на границе двух сред с разными оптическими показателями (показателями преломления). Для света, падающего на границу раздела среды с показателями преломления n_1 и n_2 (где n_1 - показатель преломления первой среды, n_2 - показатель преломления второй среды), коэффициенты отражения R и пропускания T могут быть выражены следующим образом:

Параллельная поляризация (когда электрическое поле колеблется параллельно плоскости падения):

$$R_{\parallel} = \left| \frac{n_1 \cos(\theta_i) - n_2 \cos(\theta_t)}{n_1 \cos(\theta_i) + n_2 \cos(\theta_t)} \right|$$

$$T_{\parallel} = 1 - R_{\parallel}$$

где:

R_{\parallel} - коэффициент отражения для параллельной поляризации,

T_{\parallel} - коэффициент пропускания для параллельной поляризации,

θ_i - угол падения,

θ_t - угол преломления (вычисляется с помощью закона преломления $n_1 \sin(\theta_i) = n_2 \sin(\theta_t)$).

Перпендикулярная поляризация (когда электрическое поле колеблется перпендикулярно плоскости падения):

$$R_{\perp} = \left| \frac{n_1 \cos(\theta_i) - n_2 \cos(\theta_t)}{n_1 \cos(\theta_i) + n_2 \cos(\theta_t)} \right|^2$$

$$T_{\perp} = 1 - R_{\perp}$$

Где:

R_{\perp} - коэффициент отражения для перпендикулярной поляризации,

T_{\perp} - коэффициент пропускания для перпендикулярной поляризации.

В этих формулах:

n_1 - показатель преломления первой среды,

n_2 - показатель преломления второй среды,

θ_i - угол падения (угол между падающим лучом и нормалью к поверхности),

θ_t - угол преломления (угол между преломленным лучом и нормалью к поверхности).

5. Практические применения поляризации света

Оптические поляризаторы: Использование поляризации в создании поляризаторов, поляризационных фильтров и других оптических устройств.

Поляризация в технологиях: Применение поляризации в различных областях, таких как медицина, техника, фотография и телекоммуникации.

Заключение

В заключение лекции о поляризации света, студенты узнали и углубили свои знания в области оптики, которые связаны с ориентацией колебаний электромагнитной волны в пространстве. Они изучили основные типы поляризации: линейную, круговую и эллиптическую, которые определяют ориентацию электрического поля света в пространстве.

Студенты ознакомились с важными явлениями, такими как закон Малюса, угол Брюстера, формулы Френеля для коэффициентов отражения и пропускания, а также с поляризацией при отражении и преломлении. Эти явления описывают взаимодействие поляризованного света с материалами, в том числе поведение света при падении на поверхность.

Лекция также затронула практическое применение поляризации света, такое как создание оптических поляризаторов, их использование в различных областях технологии, медицины и фотографии. Студенты получили представление о важности и роли поляризации света в современных технологиях и научных исследованиях.