

Отчет о выполнении лабораторной работы

4.2.5

Когерентность света

Выполнила: Климентьева Мария, группа Б01-105

03.04.2023

Цель

Настройка интерферометра, определение радиусов, длины, времени когерентности; средней длины волны и ширины спектра источника света.

Оборудование

Лазер, галогенная лампа с блоком питания, объектив, оптические щели, микроскоп.

Теоретическое введение

Источник света - лампа накаливания. Это тепловой источник, в котором распределение мощности излучения по длинам волн зависит от температуры спирали. Излучение нагретого вольфрама может быть приближенно описано как излучение абсолютно черного тела. Спектральный состав излучения в этой модели описывается формулой Планка.

Следствием формулы Планка является закон Вина: $\lambda_{max} = \frac{b}{T}$ где константа b примерно равно $0,2898 \text{ см} \cdot \text{К}$.

Длина когерентности — максимальная разность хода, при которой наблюдается интерференция

$$\Delta_{\text{ког}} = m_{\text{ког}} \lambda_0 = \frac{\lambda_0^2}{\Delta \lambda} \quad (1)$$

Как видно из картинке, характерная ширина спектра излучения вольфрамовой нити довольно велика, поэтому мы не сможем получить даже одной интерференционной полосы от такого источника.

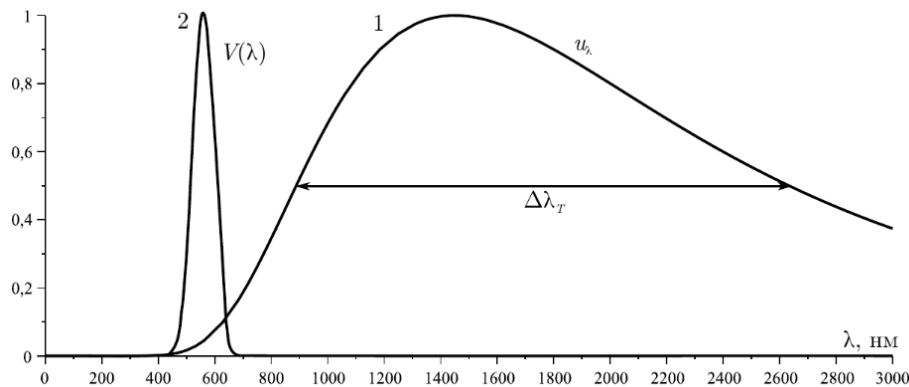


Рис. 1: Нормированная спектральная плотность равновесного теплового излучения для температуры $T = 2000\text{K}$ (1) и график относительной спектральной чувствительности зрительной системы человека (2)

Однако если уменьшить ширину спектрального диапазона, то длина когерентности увеличится.

В наших опытах таким приемником называется глаз наблюдателя.

Можно принять, что чувствительность зрительной системы экспериментатора в среднем превышает уровень 0,5 в диапазоне длин волн 510-610 нм.

Максимальный порядок интерференции и число наблюдаемых интерференционных полос для этого диапазона: $m = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = 5$.

Описание интерферометра

Для решения задачи измерения радиуса когерентности можно использовать набор экранов с разными расстояниями между двумя отверстиями. Условие однородности статических характеристик поля: контраст интерференционной картины зависит не от координат отверстий, а от расстояния между ними.

Принципиальная схема интерферометра на рис.1. Стоит обратить внимание, что в работе вместо цилиндрической линзы Л2 используется **сферическая** линза. Здесь в плоскость (x, y) помещается экран, изготов-

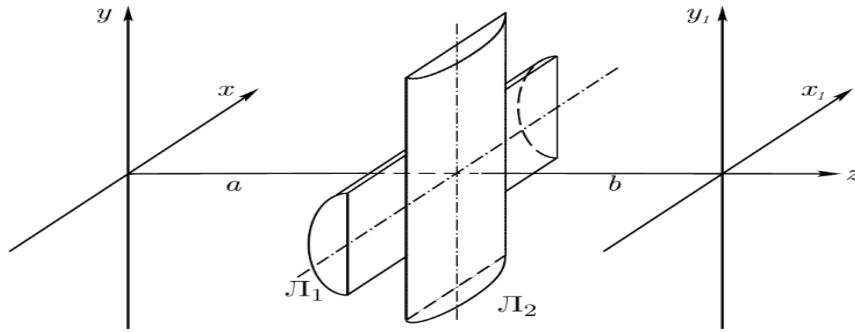


Рис. 2: Принципиальная схема интерферометра

ленный в виде двух взаимно перпендикулярных узких щелей, плоскость (x_1, y_1) является плоскостью наблюдения, а z — оптическая ось системы. На участках щелей экрана, помещённого в (x, y) происходит дифракция. Для того чтобы пространственно разделить дифракционные картины от различных симметричных относительно вертикальной оси пары участков мы используем **цилиндрическую линзу Л1**, ось цилиндра которого горизонтальна, а фокусное расстояние линзы f_1 удовлетворяет условию $\frac{1}{f_1} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$, где $a + b$ — расстояние между двумя вышеупомянутыми плоскостями. Для того чтобы совместить главные дифракционные максимумы для каждой симметричной относительно вертикальной оси пар участков мы будем использовать **сферическую линзу** (мы также можем использовать цилиндрическую линзу Л2) с фокусным расстоянием $f_2 = b$.

Однако в плоскости наблюдения интерферометра изображение получается в координатах x_1 и y_1 , но мы сможем перевести их в переменные ρ и φ как

$$\varphi = \frac{x_1}{b} \quad \rho = 2\frac{a}{b}|y_1| = 2\frac{|y_1|}{G}, \quad (2)$$

где G — это увеличение объектива, образованного двумя описанными выше линзами.

Ход работы

Измерения

1. Установка оптической оси системы.
2. Оценка длины волны излучения лазера.
Ширина полосы: 0,36 мм
Расстояние между пучками: 0,4 см
Расстояние между зеркалом и объективом: 250 см
Оценка длины волны: $\lambda = \frac{0,036 \cdot 0,4}{250} = 576 \text{ нм}$
3. Видимый размер нити по вертикали (определяется по окулярной шкале): $0,66 \pm 0,01$ мм
Уменьшение примерно в 2 раза
4. Измерение радиуса когерентности и максимального порядка интерференции

ширина щели d , мм	радиус когерентности ρ , мм
0,33	1,22
0,38	0,84
0,46	0,64
0,53	0,54
0,64	0,42
0,75	0,34
0,83	0,24

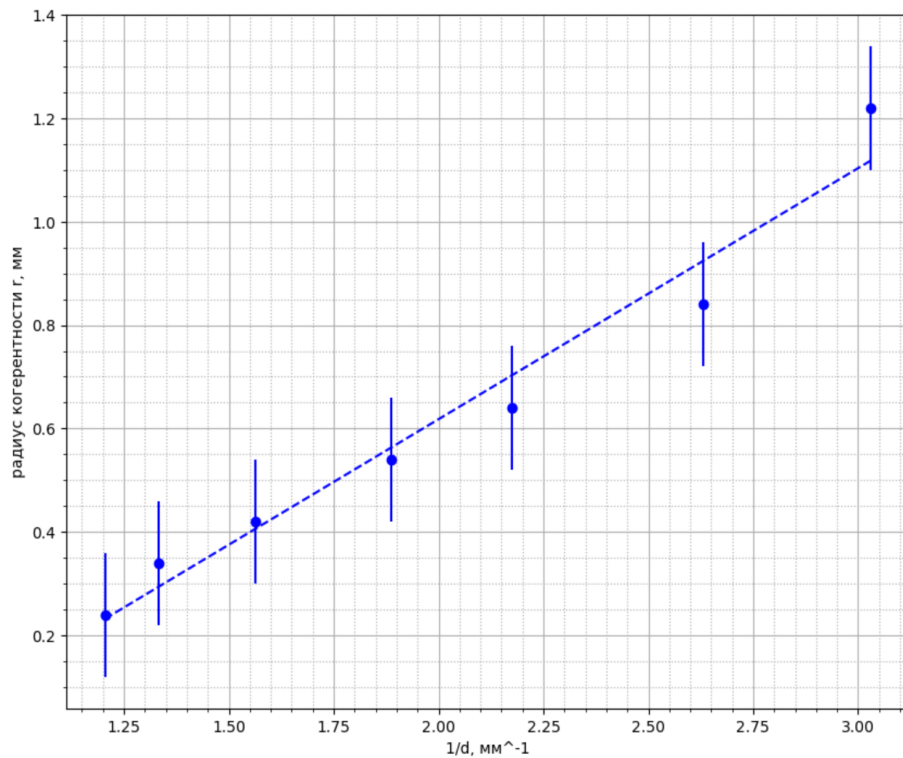


Рис. 3: График зависимости ширины щели от радиуса когерентности

Коэффициент наклона прямой $k = (0.485 \pm 0.034) \text{мм}^2$

Средняя длина волны света лампы: $\lambda_0 = \frac{k}{S} = (570 \pm 34) \text{ нм}$

$\Delta\lambda = 100 - 120 \text{ нм}$

Длина когеренции: $\Delta = \frac{570^2}{110} = (2,95 \pm 0,08) \text{мкм}$

Время когеренции: $\tau = (0,98 \pm 0,03) \cdot 10^{14} \text{ с}$

Вывод

В ходе работы была оценена длина волны полупроводникового лазера-указки зелёного цвета. Однако точность этой оценки оставляет желать лучшего, так как вместо расстояния между наиболее отдалёнными интерференционными полосами было измерено расстояние между двумя соседними. Также был настроен интерферометр и были определены: средняя длина волны источника света, ширина его спектра излучения, а также длина когеренции и время когеренции.