

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗЛУЧЕНИЯ ГЕЛИЙ-НЕОНОВОГО ЛАЗЕРА

Методические указания к лабораторной работе
для студентов направления «Электроника и микроэлектроника»
(специальность «Электронные приборы и устройства»)

2012

Шандаров Станислав Михайлович

Исследование характеристик излучения гелий-неонового лазера: методические указания к лабораторной работе для студентов направления «Электроника и микроэлектроника» (специальность «Электронные приборы и устройства») / С.М. Шандаров; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск: ТУСУР, 2012. - 11 с.

Целью настоящей работы является исследование характеристик излучения, генерируемого гелий-неоновым лазером в видимом диапазоне

Пособие предназначено для студентов очной формы и заочной формы обучения, обучающихся по направлению «Электроника и микроэлектроника» (специальность «Электронные приборы и устройства») по дисциплине «Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства»

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой ЭП
_____ С.М. Шандаров
«__» _____ 2012 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗЛУЧЕНИЯ ГЕЛИЙ-НЕОНОВОГО ЛАЗЕРА

Методические указания к лабораторной работе
для студентов направления «Электроника и микроэлектроника»
(специальность «Электронные приборы и устройства»)

Разработчик
_____ А.С. Мягков
_____ 2012 г

Содержание

1 Введение.....	Ошибка! Закладка не определена.
2 Теоретическая часть.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.1 Принцип работы инжекционного полупроводникового лазера	Ошибка! Закладка не определена.
2.2 Энергетические параметры инжекционного лазера.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.3 Контрольные вопросы	Ошибка! Закладка не определена.
3 Экспериментальная часть.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.1 Оборудование	Ошибка! Закладка не определена.
3.2 Задание	Ошибка! Закладка не определена.
3.3 Методические указания по выполнению работы ..	Ошибка! Закладка не определена.
3.4 Содержание отчета.....	Ошибка! Закладка не определена.
Список литературы	Ошибка! Закладка не определена.

1 Введение

Целью настоящей работы является исследование характеристик излучения, генерируемого гелий-неоновым лазером в видимом диапазоне.

2 Теоретическая часть

2.1 Гелий-неоновый лазер

Гелий-неоновый (He-Ne) лазер относится к классу газоразрядных атомарных лазеров. В качестве активной среды в нем используется смесь He и Ne в соотношении от семи к одному до пяти к одному при общем давлении в газоразрядной трубке около 80 Па. Гелий является вспомогательным газом и возбуждается за счет столкновений первого рода (с электронами в газовом разряде) на метастабильные уровни 2' и 3' (рис. 2.1). Атомы неона возбуждаются при столкновении второго рода с атомами гелия на метастабильные уровни 6 и 4. Инверсия населенности создается благодаря большей населенности этих уровней по сравнению с короткоживущими уровнями 3 и 5.

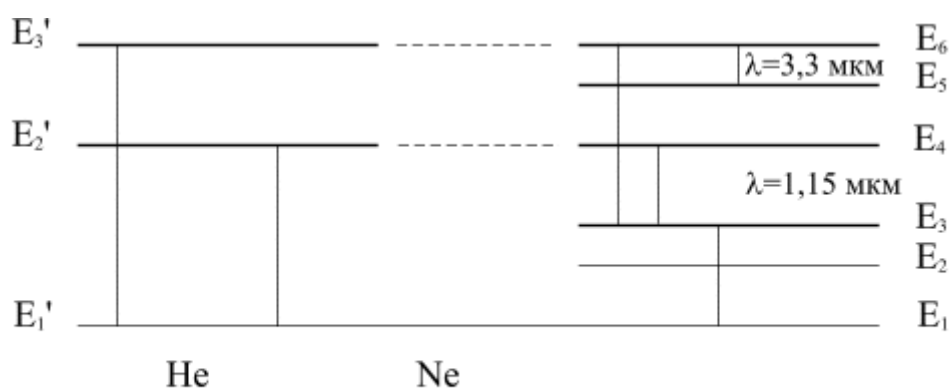


Рис. 2.1 Схема энергетических уровней гелий-неонового лазера

Индукцированное излучение в видимом диапазоне происходит при переходе с уровня 6 на уровень 3. Имеющийся у неона долгоживущий уровень 2 снижает инверсию населенности, поскольку часть атомов, находящихся на этом уровне, при столкновении с электронами легко переходят на нижний уровень лазерных переходов с энергией E₃. Из состояния 2 атомы He релаксируют в основное состояние за счет столкновений со стенками зарядной трубки. Поэтому усиление на переходах с уровней 6 и 5 на уровень 3 возрастает при уменьшении диаметра трубки.

Индукцированное излучение в ближнем ИК диапазоне на длине волны λ=1,15 мкм происходит на переходе с уровня 4 на уровень 3. Генерация в среднем ИК диапазоне (λ=3,39 мкм) наблюдается на переходе с уровня 6 на уровень 5.

Схема конструкции He-Ne лазера представлена на рис. 2.2. В He-Ne лазере рабочая смесь находится в газоразрядной трубке, длина которой может достигать 0,2 - 2,0 м. Трубка изготавливается из высококачественного стекла или кварца.

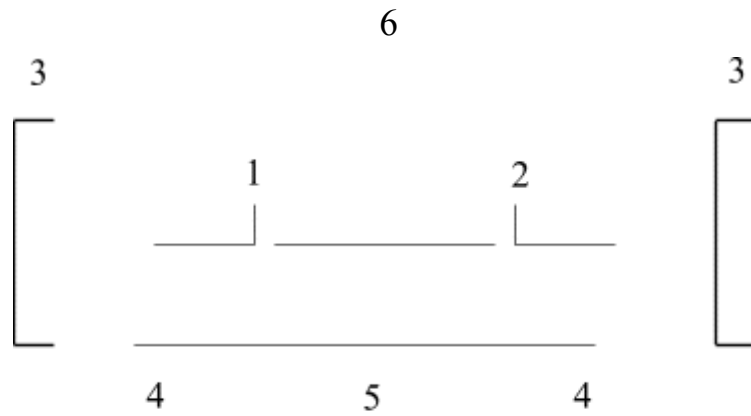


Рис. 2.2 Схема конструкции He-Ne лазера
1 - анод; 2 - катод; 3 - зеркало резонатора;
4 - выходные окна; 5 - газоразрядная трубка (капилляр)

Для возбуждения активной среды используется тлеющий разряд, который осуществляется в трубке либо постоянным током, либо полем высокой частоты (30 МГц). Торцы газоразрядной трубки закрыты плоскопараллельными пластинами, которые расположены не перпендикулярно к оси трубки, а под углом Брюстера.

Газоразрядная трубка помещена в оптический резонатор, который образован зеркалами с интерференционным диэлектрическим покрытием. Глухое зеркало обычно делается сферическим, а выходное – плоским. Линия излучения Ne на переходе 6 – 3 за счет эффекта Доплера имеет ширину $\delta f = 1500$ МГц.

2.2 Характеристики лазерного излучения

Энергетической характеристикой непрерывного лазера является выходная мощность и коэффициент полезного действия. Выходная мощность He-Ne лазера определяется размерами разрядной трубки и в видимом диапазоне может составлять у серийных приборов 0,2 – 60 Вт. Коэффициент полезного действия невелик и составляет величину $\eta \sim 0,5\%$.

К спектральным характеристикам лазера относятся длина волны излучения λ (частота f), ширина спектральной линии Δf и степень монохроматичности $\Delta f/f$. С шириной спектральной линии связана временная когерентность, которая характеризуется длиной когерентности

$$l_k = \frac{c}{\Delta f} = \frac{\lambda^2}{\Delta \lambda} \quad (2.1)$$

Пространственные характеристики лазера определяются распределением интенсивности света по поперечному сечению пучка и формой фазового фронта. Большинство He-Ne лазеров работают в одномодовом режиме на основе поперечной моды TE – мод. Распределение интенсивности является гауссовым, а фазовый фронт на выходном плоском зеркале – плоским. Поэтому излучение такого лазера обладает очень высокой пространственной когерентностью.

Распределение амплитуды и фазы светового поля на выходной апертуре определяет диаграмму направленности и расходимости излучения. Для формирования необходимой диаграммы направленности часто применяют, представленные на схеме, наблюдения расходимости лазерного излучения (рис. 2.3), коллимирующую оптическую систему 2 и диафрагму 3, вырезающую центральную часть светового пучка.

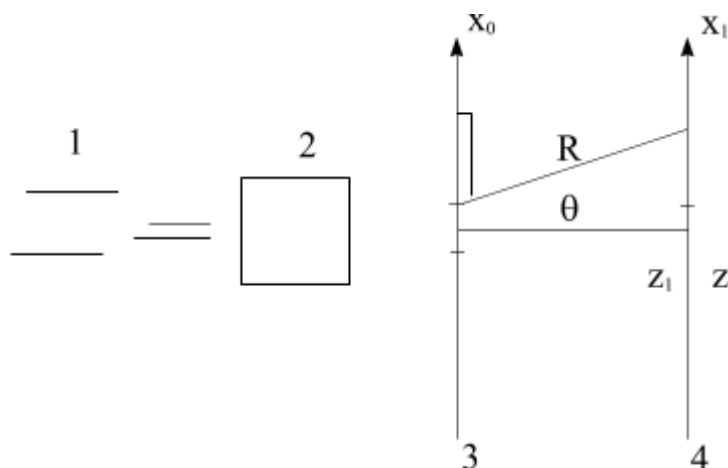


Рис. 2.3 Схема наблюдения расходимости лазерного излучения
1 - лазер; 2 - коллиматор; 3 - апертурная диафрагма;
4 - плоскость наблюдения.

Распределение света в плоскости 4 вдоль оси x в соответствии с принципом Гюйгенса определяется интегралом

$$E_1(x_1, z_1) = \int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} E_0(x_0) \exp\left[-i \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + z_1^2}\right] dx_0 \quad (2.2)$$

где $E_0(x_0)$ – распределение светового поля в плоскости диафрагмы 3.

При выполнении условия $x_0 \ll x_1$, z_1 выражение (2.2) может быть представлено в виде

$$E_1(x_1, z_1) = \exp\left(-i \frac{2\pi}{\lambda} R\right) \int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} E_0(x_0) \exp\left(i \frac{2\pi}{\lambda} \sin \theta x_0\right) dx_0 \quad (2.3)$$

где $R = \sqrt{x_1^2 + z_1^2}$, $\sin \theta = \frac{x_1}{R}$

Этот интеграл для распределения фазы $\varphi(x_0)=\varphi_0$, где φ_0 – константы и амплитуды

$$E_0(x_0) = E_m \exp \left[- \left(\frac{x_0}{a_z} \right)^z \right] \quad (2.4)$$

светового поля сводится к табличным в двух случаях:

1. Для ∞ имеем

$$E_1(x_1, z_1) = \exp \left[-i \left(\frac{2\pi}{\lambda} R - \varphi_0 \right) \right] E_m a_2 \sqrt{\pi} \exp \left[- \left(\frac{2\pi}{\lambda} \right)^z \sin^z \frac{a_2^z}{4} \right]$$

2. Для $a \ll a_2$ можно приближенно считать $E_0(x_0)=E_m$. Распределение интенсивности света $I(\theta)$ в этом случае необходимо найти из соотношения (2.3) самостоятельно.

Поляризационные характеристики лазера определяются состоянием вектора напряженности электрического поля E в выходном излучении. Для лазера (см. рис. 2.2) излучение является линейно поляризованным.

3 Экспериментальная часть

3.1 Задание

Теоретическая часть задания

1 Разработайте схему для определения длины волны излучения лазера λ с использованием дифракционной решетки с известным периодом d , положительной линзы с фокусным расстоянием F и фотодиодного измерителя линейного перемещения, имеющих в составе экспериментальной установки. Дифракция светового излучения на дифракционной решетке рассмотрена в учебных пособиях [2]. $d=0,12$ мм

2 Проведите расчет числа генерируемого лазером мод, считая длину резонатора равной $L=250$ мм. Проведите расчет длины когерентности l_k .

3 Дайте ответ на вопрос, почему для лазера (см. рис. 2.2) выходное излучение поляризовано линейно. Как расположен вектор \vec{E} световой волны относительно плоскости рисунка?

4 Проведите расчет зависимости $I(\theta)$ в схеме (см. рис. 2.3) для размеров a_z и a , указанных преподавателем.

5 Разработайте схему оптического коллиматора, расширяющего лазерный луч, с использованием отрицательной линзы с фокусным расстоянием $F_1 = -$ мм и положительной линзы с фокусным расстоянием $F_2 = -$ мм.

Экспериментальная часть задания

1. Соберите разработанную Вами схему для измерения длины волны излучения λ , проведите измерения и рассчитайте λ .

2. Соберите разработанную Вами схему коллимации лазерного пучка и настройте коллиматор. Измерьте распределение интенсивности в сколимированном пучке с помощью фотодиодного измерителя линейного перемещения. Сопоставьте экспериментальную зависимость с кривой Гаусса, определите размер пучка a_z по (2.4)

3. Соберите схему для анализа диаграммы направленности (см. рис. 2.3), используя в качестве диафрагмы 3 регулируемую щель и помещая фотодиодный измеритель линейных перемещений в плоскости 4. Снимите зависимость углового размера основного лепестка от ширины щели. Сопоставьте результаты эксперимента с зависимостью $\Delta\theta \sim \lambda/2$.

4. Снимите зависимость $I(\theta)$ для размера щели, использованного при расчете теоретической кривой $I(\theta)$. Сопоставьте результаты эксперимента с расчетом.

5. Снимите зависимость интенсивности лазерного излучения проходящего через поляризатор, от угла поворота последнего вокруг оси вращения, совпадающей с лазерным пучком. Объясните полученную зависимость.

6. Сформулируйте выводы по проделанной работе.

7. Какой эксперимент на данной установке Вам хотелось бы провести? Выполнение последнего пункта не обязательно.

3.2. Порядок выполнения работы

3.2.1. Знакомство с теоретической частью и комплексов деталей и узлов экспериментальной установки. Напоминаем, что обращение с оптическими деталями требует высокой технической культуры.

3.2.2. Выполнение теоретической части работы, обсуждение с преподавателем результатов разработки схем эксперимента и расчетных данных.

3.2.3. Выполнение экспериментальной части, обсуждение с преподавателем результатов экспериментов.

3.2.4. Оформление отчета и его защита. Оценка в зависимости от качества выполнения работы от 7 до 11 баллов идет в зачет рейтинга.

3.3 Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- 1) введение;
- 2) результаты расчетов;
- 3) ответы на вопросы теоретической части задания;
- 4) схемы каждого из экспериментов;

- 5) экспериментальные данные в общепринятых формах их представления в научно-технической литературе;
- 6) сопоставление теории и эксперимента;
- 7) выводы;
- 8) список используемой литературы.

Список литературы

1 Байбородин Ю.В. Основы лазерной техники. – Киев: Высш. Шк. Головное изд – во, 1988. – 383 с.

Учебное пособие

Шандаров С.М.

Исследование характеристик излучения гелий-неонового лазера

Методические указания к лабораторной работе
по дисциплине «Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства»

Усл. печ. л. _____. Препринт
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники
634050, г.Томск, пр.Ленина, 40