
Московский Физико-Технический Институт
(государственный университет)

Лабораторная работа по курсу общей физики № 4.5.1

Гелий-неоновый лазер

Автор:

Филиппенко Павел Б01-001



Долгопрудный, 2022

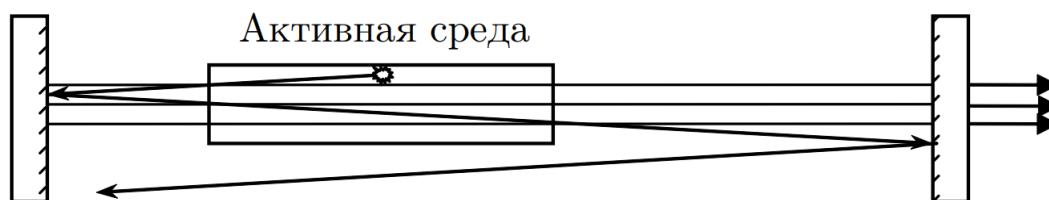


Рис. 1: Схема лазера

Цель работы: изучение основных принципов работы газового лазера и свойств лазерного излучения.

В работе использовались: юстировочный лазер, гелий-неоновая трубка, компьютер со звуковой картой, модулятор (обтюратор), фотодиоды, зеркала, поляририд.

Теоретическое введение

Главными элементами практически любого лазера являются два параллельных друг другу зеркала и расположенная между ними среда, усиливающая свет. Усиление света основано на явлении вынужденного излучения, которое является обратным поглощению света. Как известно из опыта, при поглощении электромагнитного излучения веществом атомы или молекулы, находящиеся на каком-либо энергетическом уровне, переходят на более высокий свободный уровень, поглощая один квант (фотон) излучения. Поглощение возникает только в том случае, если энергия фотона совпадает с разницей энергий между этими уровнями. Явление вынужденного излучения заключается в том, что если атом находится на возбужденном уровне, то под действием электромагнитного поля происходит обратный переход с возбужденного уровня на более низкий уровень с излучением кванта света.

Рассмотрим механизм возникновения усиления в рабочей среде гелий-неонового лазера. Лазерная трубка заполняется смесью гелия и неона в соотношении от 5:1 до 10:1 с общим давлением порядка 10^2 Па, при котором довольно легко возбудить постоянный электрический разряд. Рабочим лазерным веществом является неон. Гелий используется для избирательного заселения верхнего рабочего уровня неона. Атомы гелия возбуждаются при столкновениях с разогнанными в электрическом поле разряда электронами. Передача энергии от возбужденных атомов гелия к атомам неона осуществляется при столкновениях между ними. Известно, что наиболее эффективно передача энергии от атома к атому происходит в резонансном случае, то есть когда энергии уровней, между которыми происходит переход, близки.

Экспериментальная установка

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 2 На оптической скамье расположены: газоразрядная трубка исследуемого He-Ne лазера ЛГ-75 (1), рейтера для крепления юстировочных оправ с зеркалами (2, 3, 4), линза, уменьшающая расходимость юстировочного лазера (5), фотодиод (6), модулятор (7) а также съемный рейтер (8) с отрицательной линзой для наблюдения модовой структуры излучения исследуемого лазера и рейтер (9), в который вставляется либо экран, либо поляририд. Юстировочный лазер (10) и фотодиод (11) закреплены на столе. Юстировочный лазер предназначен для юстировки всех эле-

θ	$U_{\text{эф}}, \text{ мВ}$	$\sigma_U, \text{ мВ}$
0	11,9	0,20
20	18,5	0,50
40	19,8	0,20
60	17,5	0,10
80	10,4	0,10
100	3,50	0,02
120	1,90	0,05
140	2,50	0,03
160	7,30	0,03
180	14,1	0,30
200	20,5	0,20
220	20,6	0,20
240	18,8	0,20
260	11,9	0,10
280	4,30	0,10
300	1,80	0,10
320	2,50	0,10
340	7,90	0,10

Таблица 1: Зависимость интенсивности от угла поляроида

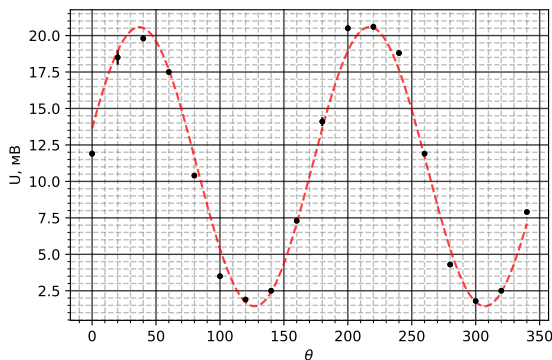


Рис. 3: График зависимости напряжения от угла поворота поляроида

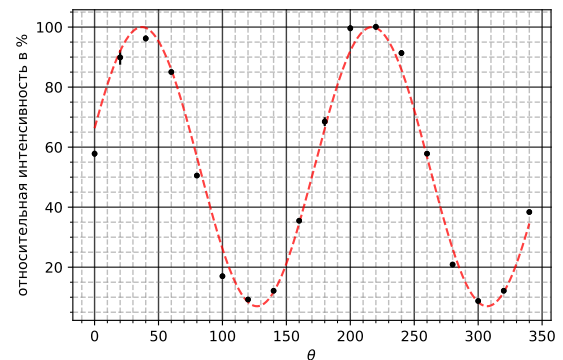


Рис. 4: График зависимости относительной интенсивности от угла поворота поляроида

Наблюдение модовой структуры лазерного излучения

Пронаблюдаем строение модовой структуры лазерного излучения. Поставим на рельс вплотную к выходному зеркалу рейтер с короткофокусной линзой а в рейтер вместо поляроида вставим белый экран. Наблюдая за пятном излучения лазера, с помощью малого поворота одного зеркала получим двухмодовый, трёхмодовый и многомодовый режимы.

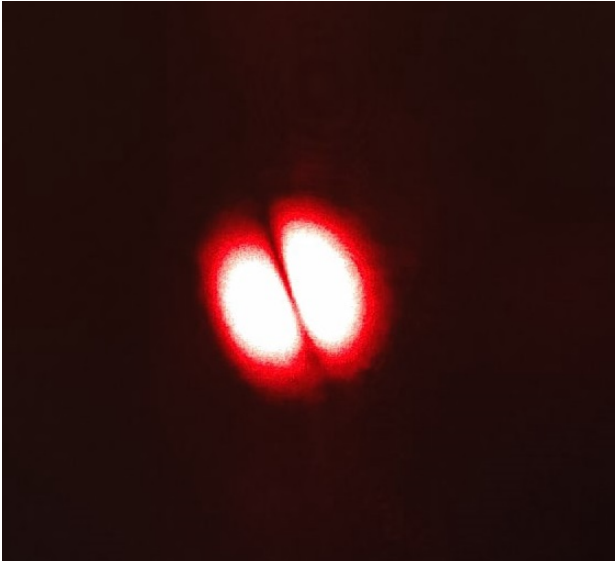


Рис. 5: Наблюдение двухмодовой структуры

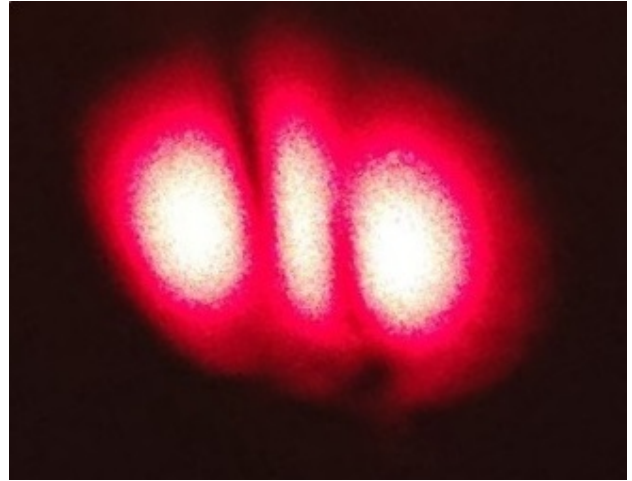


Рис. 6: Наблюдение трехмодовой структуры

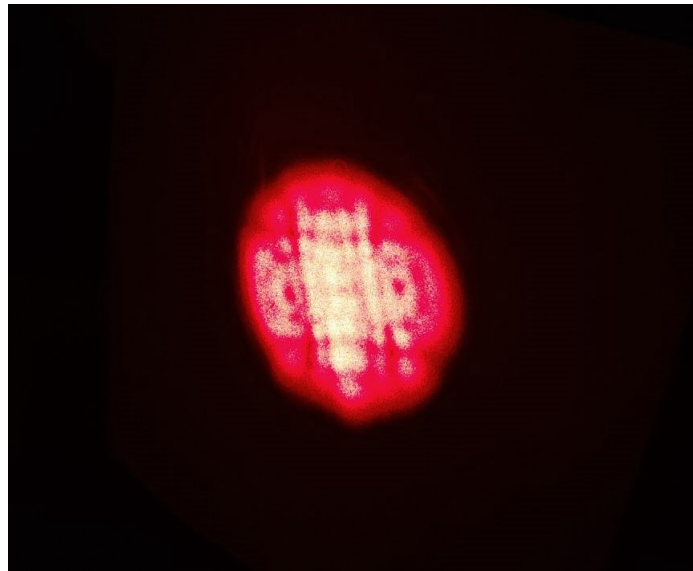


Рис. 7: Наблюдение многомодовой структуры

Коэффициент усиления

Включим питание исследуемого и юстировочного лазеров. Запустим осциллограф, включим режим вывода эффективных значений напряжения по обоим каналам и выберем скорость развёртки 1 мс/дел, а ее длительность – 500 мс для наибольшей точности. Поделив отношения сигналов с включенным и выключенным питанием трубки друг на друга, получим коэффициент усиления G .

Выражение для коэффициента усиления:

$$G = \frac{U_{\text{эф}}^{11}}{U_{\text{эф}}^{12}} \cdot \frac{U_{\text{эф}}^{21}}{U_{\text{эф}}^{22}} \quad (1)$$

где $U_{\text{эф}}^{1i}$ – напряжения при включенной усилительной трубке, $U_{\text{эф}}^{2i}$ – напряжения при выключенной усилительной трубке.

I , мА	U_1 , мВ	σ_{U_1} , мВ	U_2 , мВ	σ_{U_2} , мВ	G	σ_G
46	94,8	0,2	54,20	0,2	1,026	0,005
29	95,8	0,3	55,50	0,2	1,040	0,006
21	97,3	0,3	56,00	0,2	1,033	0,006

Таблица 2: Зависимость коэффициента усиления от тока в трубке

Вычислим погрешность коэффициента усиления по формуле:

$$\sigma_G = G \sqrt{\left(\frac{\sigma_{U^{11}}}{U^{11}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{U^{12}}}{U^{12}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{U^{21}}}{U^{21}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{U^{22}}}{U^{22}}\right)^2}$$

С выключенным питанием получаем:

$$U_{\text{эф}}^{21} = (53,5 \pm 0,1) \text{ мВ}$$

$$U_{\text{эф}}^{22} = (96,0 \pm 0,2) \text{ мВ}$$

Результаты запишем в таблицу 2.

Настройка лазера на генерацию

1. Сначала настроим заднее сферическое зеркало, выходное зеркало при этом снято. Пучок, прошедший через трубку, задним зеркалом направляется строго обратно так, чтобы после вторичного прохождения через трубку исследуемого лазера он попал на экран, закреплённый на выходном торце зондирующего лазера.
2. Поставим на скамью перед трубкой рейтер с выходным зеркалом, рабочей поверхностью к исследуемому лазеру. Это зеркало юстируем так, чтобы отраженный от него луч зондирующего лазера попал в то же самое место, куда попадал пучок, отраженный от сферического заднего зеркала.
3. Включим блок питания исследуемого лазера. Когда загорится разряд, появляется генерация, которую мы определим по появлению ярких красных пятен на зеркалах.
4. Тонкой подстройкой зеркал добьемся максимальной мощности генерации.

Вывод

В данной работе мы изучили основные принципы работы газового лазера и свойства лазерного излучения на примере гелий-неонового лазера. В результате проведенной работы было установлено:

1. излучение He-Ne лазера обладает **-поляризацией
2. пронаблюдали поперечные модовые структуры
3. установили коэффициент усиление среды за один проход

$$G = 1,033 \pm 0,006$$