
Московский Физико-Технический Институт
(государственный университет)

Лабораторная работа по курсу общей физики № 4.5.3

Сканирующий интерферометр

Автор:

Лепарский Роман В01-003



Долгопрудный, 2022

1 Аннотация

Цель работы: знакомство с устройством и работой газового лазера непрерывного действия, со спектральными характеристиками лазерного излучения, а также с устройством и принципом действия сканирующего интерферометра Фабри—Перо.

В работе используются: He–Ne-лазер с блоком питания; сканирующий интерферометр Фабри—Перо; поляроид; пластинка $\lambda/4$; линза; фотодиод; электронный осциллограф.

2 Теоретические сведения



Рис. 1: Схема лазера

В лазере генерируются моды для которых на длине лазера укладывается целое число полуволн: $2L = m\lambda$, откуда межмодовое расстояние:

$$\nu_{m+1} - \nu_m = \frac{c}{2L} \quad (1)$$

2.1 Сканирующий интерферометр

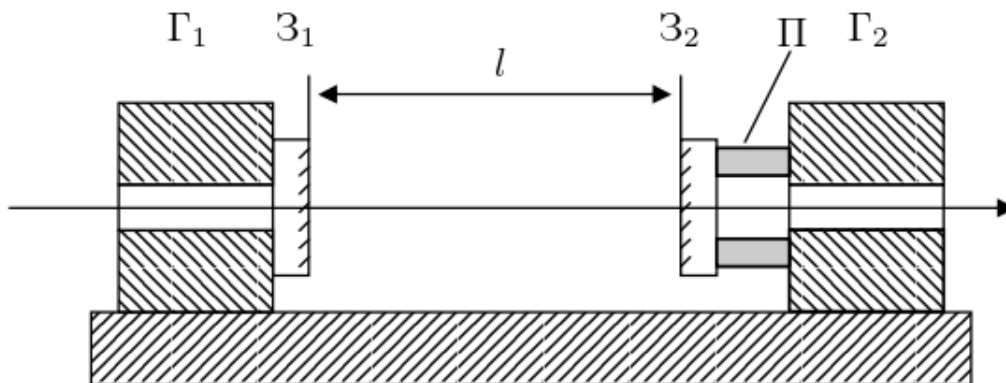


Рис. 2: Интерферометр Фабри-Перо

Интерферометр Фабри-Перо представляет собой 2 зеркала, одно из которых расположено на пьезоэлементе, что позволяет изменять расстояние между ними на величину порядка длины волны. По аналогии с лазером, при выполнении условия $2l = m\lambda$, возникает резонанс. Если на интерферометр падает излучение с различными длинами волн, то одновременно может возникнуть несколько резонансов. Собственные моды интерферометра отличаются по частоте на величину

$$\Delta\nu = \frac{c}{2l} \quad (2)$$

которая называется дисперсионной областью.

Разрешающая способность R спектрального прибора определяется соотношением:

$$R = \frac{\nu}{\delta\nu}$$

Разрешающую способность интерферометра Фабри-Перо можно рассчитать по формуле

$$R = \frac{2\pi l}{\lambda(1-r)} \quad (3)$$

3 Экспериментальная установка

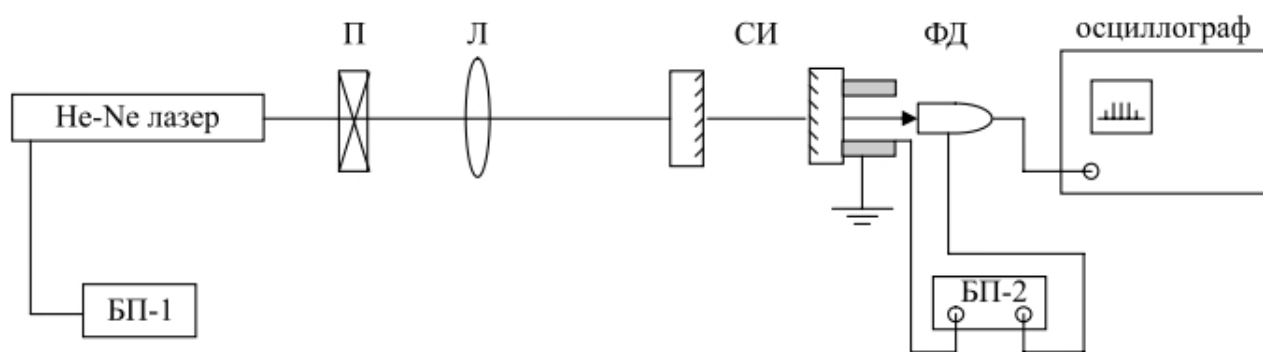


Рис. 3: Схема экспериментальной установки

Луч, вышедший из лазера, проходит через поляризационную развязку, дабы не допустить попадания отраженного света в лазер. Далее, фокусируется линзой, проходит через резонатор и попадает на фотодиод, подключенный к осциллографу. Таким образом мы можем наблюдать периодическое изменение интенсивности.

4 Обработка результатов

Запишем данные установки:

L , м	λ , нм	l , м
0,65	632,8	0,09

Отсюда, по формуле (1) найдем межмодовое расстояние $\Delta\nu = 230,7$ МГц. Преобразуем его в единицы $\Delta\lambda$ следующим образом:

$$\Delta\nu = \frac{c}{\lambda_{m+1}} - \frac{c}{\lambda_m} \approx \frac{c\Delta\lambda}{\lambda^2} \Rightarrow \Delta\lambda = \frac{\lambda^2\Delta\nu}{c} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ нм}$$

Откуда, ширина спектра генерации лазера $\Delta\lambda(Ne) = 1.8 \cdot 10^{-3}$ нм. Полагая, что уширение спектра обусловлено эффектом Доплера, найдем среднюю скорость движения атомов в направлении оптической оси.

$$\frac{V_x}{c} \approx \frac{\Delta\lambda(Ne)}{\lambda} \Rightarrow V_x = c \frac{\Delta\lambda(Ne)}{\lambda} = 853,3 \text{ м/с}$$

Найдем газокINETическую температуру T в разряде

$$\frac{m(Ne)V_x^2}{2} = \frac{k_B T}{2} \Rightarrow T = \frac{m(Ne)V_x^2}{k_B} = 1768 \text{ К}$$

Согласно формуле (2) найдем дисперсионную область

$$\Delta\lambda_{si} = \frac{\lambda^2 \Delta\nu}{c} = \frac{\lambda^2}{2l} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ нм} \sim \Delta\lambda(Ne)$$

Сравнив ширину отдельной моды с межмодовым расстоянием найдем разрешение $\delta\nu$

$\delta\nu$, дел	$\Delta\nu$, дел
$0,2 \pm 0,1$	$0,6 \pm 0,1$

Цена деления: 1 дел = 384,5 МГц Разрешение: $\delta\nu = 70 \pm 30$ МГц

Посчитаем разрешающую способность R

$$R = \frac{\nu}{\delta\nu} = \frac{c}{\lambda\delta\nu} = (6 \pm 2) \cdot 10^6$$

Отсюда, по формуле (3) найдем коэффициент отражения

$$r = 1 - \frac{2\pi l}{\lambda R} = 0,85 \pm 0,04$$

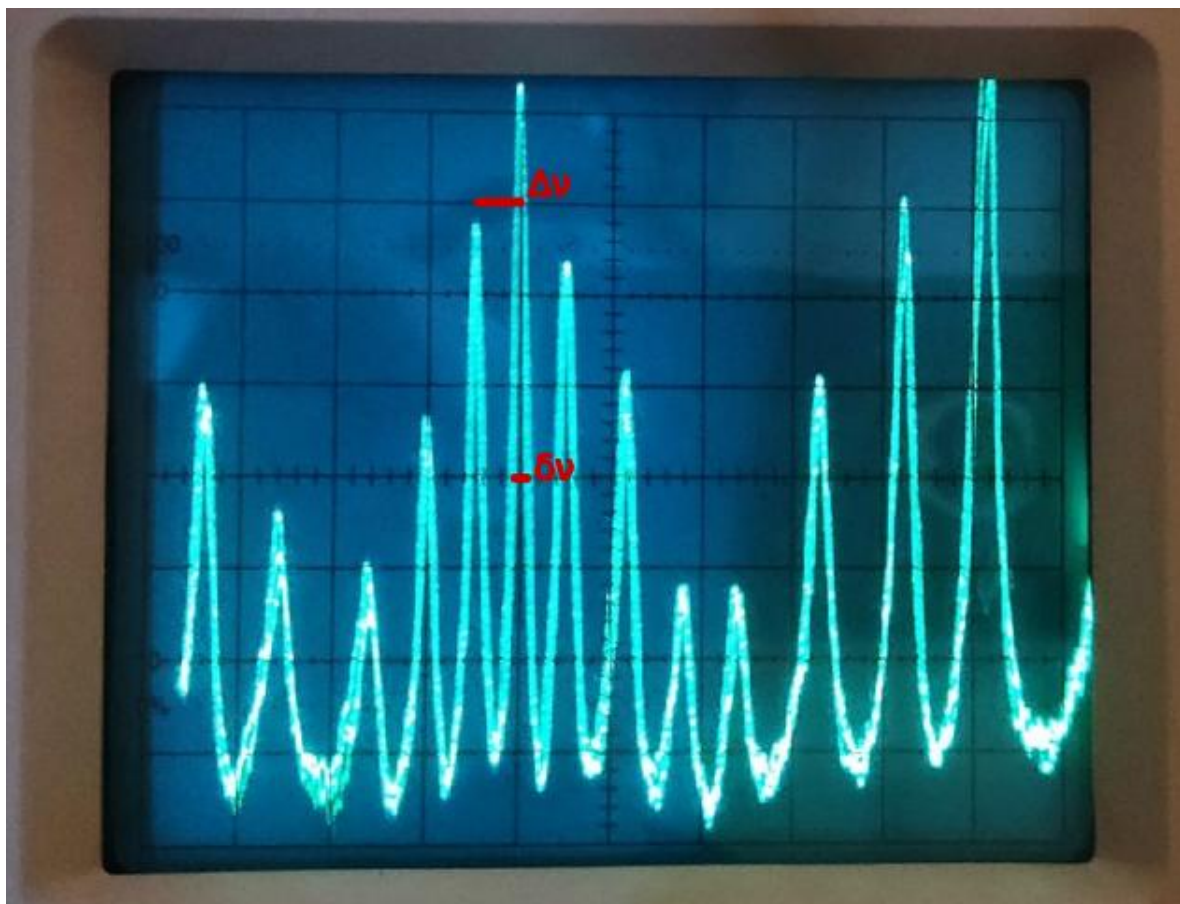


Рис. 4: Картина спектра

5 Вывод

В этой работе мы познакомились с устройством лазера и интерферометра Фабри-Перо. А так же исследовали спектральные характеристики излучения.