

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Лабораторная работа 4.5.3

Сканирующий интерферометр

Выполнили:

Айрапетян Микаел

Гисич Арсений

Б03-102

Долгопрудный

2023

1 Аннотация

В данной работе были изучены устройство и работа газового лазера непрерывного действия, спектральные характеристики лазерного излучения, а также устройство и принцип действия сканирующего интерферометра Фабри-Перо.

2 Методика измерений

Для генерирующихся в лазере мод:

$$2L = m\lambda$$

где L — длина резонатора лазера

Условие резонанса для интерферометра:

$$2l = m\lambda$$

где l — база интерферометра

Собственные моды интерферометра отличаются по частоте на величину:

$$\Delta\nu = \frac{c}{2L} \quad (1)$$

Дисперсионная область $\Delta\nu$ в единицах λ :

$$\Delta\lambda_{\text{си}} = \frac{\lambda}{m} = \frac{\lambda^2}{2l} \quad (2)$$

Разрешающая способность интерферометра Фабри-Перо:

$$R = \frac{\lambda}{\delta\lambda} \quad (3)$$

Разрешающая способность интерферометра Фабри-Перо зависит от длины интерферометра l и коэффициента отражения зеркал r :

$$R = \frac{2\pi l}{\lambda(1-r)} \quad (4)$$

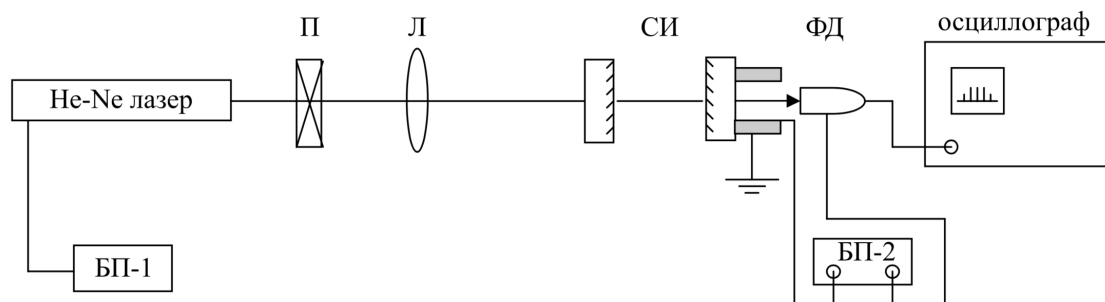


Рис. 1: Схема установки для исследования спектрального состава излучения лазера

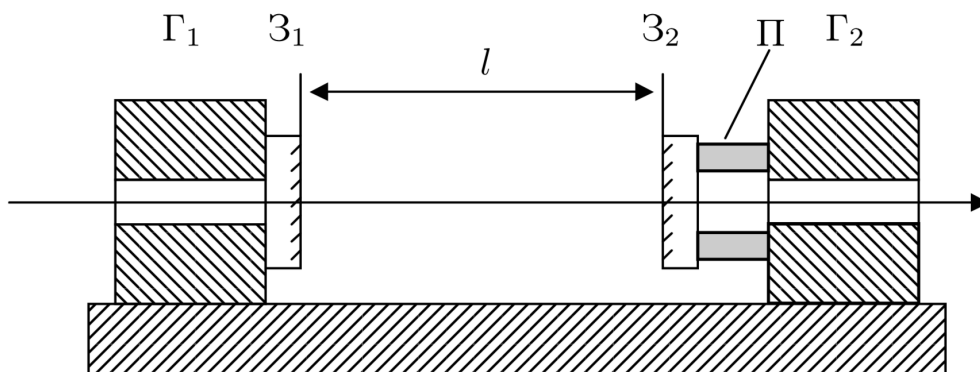


Рис. 2: Устройство сканирующего интерферометра

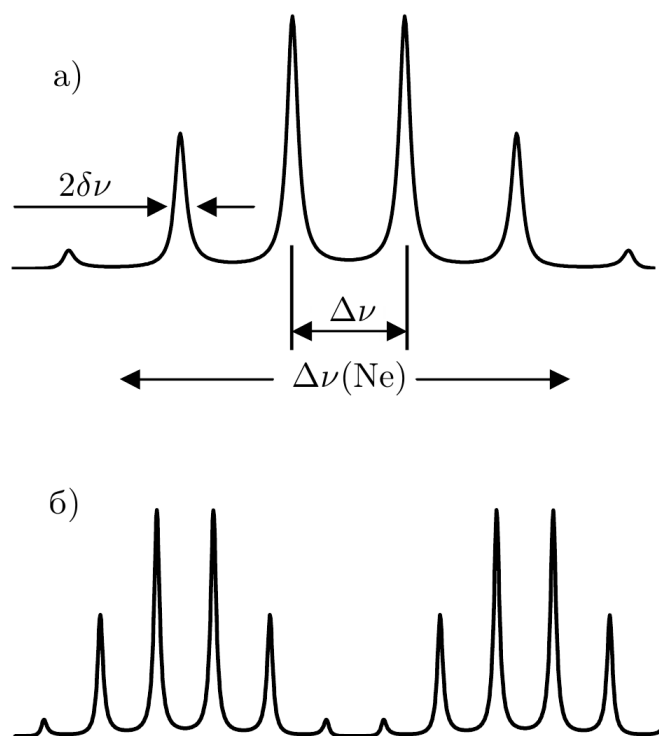


Рис. 3: Характерные осциллограммы: а) при небольшой амплитуде колебаний зеркала ($\leq \lambda/2$), б) при амплитуде колебаний, превышающей $\lambda/2$

3 Используемое оборудование

1. Не–Не-лазер с блоком питания;
2. Сканирующий интерферометр Фабри–Перо;
3. Поляроид;
4. Пластина $\lambda/4$;
5. Линза;

6. Фотодиод;
7. Электронный осциллограф.

4 Результаты измерений и обработка данных

Параметры установки:

$$\lambda = 6328 \text{ \AA}$$

$$L = 65 \text{ см}$$

$$l = 9 \text{ см}$$

Проведём настройку оптической системы. Для этого сначала уберём линзу из луча с помощью поперечных салазок. Совместим прямой и отражённый пучки, вращая винты на первом по ходу луча зеркале интерферометра. Затем винтами второго зеркала совместим пятна на первом зеркале.

Настроим поляризационную развязку. Вращая пластинку $\lambda/4$ погасим отражённый луч.

Введём линзу в пучок для уменьшения расходимости пучка и усиления сигнала. Перемещая фотодиод, получим на экране осциллограмму как на рис. 3. Добьёмся максимального сигнала. Подберём напряжение на пьезокристалле, при котором на экране будет укладываться 1–2 контура.

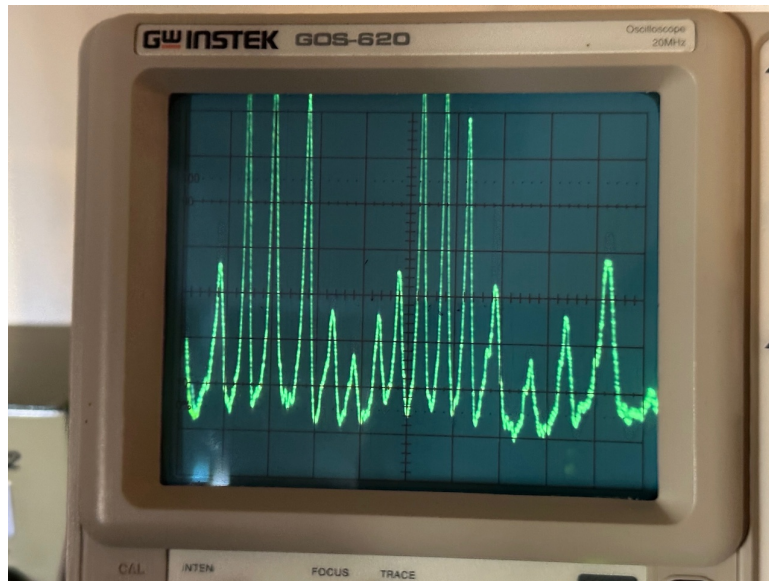


Рис. 4: Полученная осциллограмма

По формуле (1) рассчитаем межмодовое расстояние резонатора:

$$\nu_{m+1} - \nu_m = \frac{c}{2L} = 230 \text{ МГц}.$$

По формуле (2) рассчитаем дисперсионную область сканирующего интерферометра в единицах ν и λ :

$$\Delta\lambda_{СИ} = \frac{\lambda^2}{2l} = 0,02 \text{ \AA}.$$

$$\Delta\nu_{СИ} = \frac{c}{2l} = 1,6 \cdot 10^9 \text{ Гц}$$

Сосчитав число промежутков между модами на экране, оценим видимую ширину спектральной линии неона. На рис. 4 видно 7 промежутков, значит $\Delta\lambda(Ne) = 7 \cdot 230 = 1610 \text{ МГц}$.

Полагая, что ширина спектральной линии обусловлена эффектом Доплера и что видимая ширина линии неона порядка полуширины доплеровского контура ($\Delta\lambda(Ne) \sim \Delta\lambda_D$), оценим среднюю скорость атомов неона v_x :

$$\frac{\Delta\lambda_D}{2\lambda} \approx \frac{v_x}{c} \Rightarrow v_x \approx 474 \text{ м/с}.$$

Газокинетическую температуру T в разряде найдём из распределения Максвелла:

$$\frac{1}{2} = \exp\left(-\frac{m(Ne)v_x^2}{2kT}\right) \Rightarrow \ln 2 = \frac{m(Ne)v_x^2}{2kT} \Rightarrow T = 399 \text{ К}.$$

Сравнив ширину отдельной моды на полувысоте с межмодовым расстоянием, оценим разрешение сканирующего интерферометра $\delta\lambda = 8 \cdot 10^{-4} \text{ Å}$. По формуле (3) оценим разрешающую способность $R = 8 \cdot 10^6$.

По формуле (4) оценим коэффициент отражения зеркал интерферометра $r = 0,89$.

5 Обсуждение результатов и выводы

В данной работе был исследован доплеровский контур спектральной линии излучения лазера; было определено межмодовое расстояние и приборная ширина отдельной моды излучения лазера; оценена газокинетическая температура в разряде; были рассчитаны дисперсионная область, разрешающая способность и коэффициент отражения зеркал сканирующего интерферометра.