

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Физтех-школа прикладной математики и информатики

Отчёт о выполнении лабораторной работы 4.5.2

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Автор:
Чикин Андрей Павлович
Б05-304

Долгопрудный, 2025

Цель работы: исследовать зависимость видности интерференционной картины от разности хода интерферирующих лучей и от их поляризации.

В работе используются: He-Ne лазер, интерферометр Майкельсона с подвижным зеркалом, фотодиод с усилителем, осциллограф С1-76, поляроид, линейка.

Теория

Гелий-неоновый лазер

Лазер представляет собой интерферометр Фабри-Перо – газовую трубку с двумя параллельными зеркалами по обе стороны. В лазере длиной L для излучения вдоль оси для резонансных частот выполняется

$$f_m = \frac{c}{\lambda_m} = \frac{mc}{2L}. \quad (1)$$

Условие генерации может выполняться для сразу нескольких колебаний с частотами f_m , расположенными в диапазоне генерации $2\Delta F$. В этом случае генерируется несколько волн – *мод* – межмодовое расстояние для которых

$$\Delta\nu = f_{m+1} - f_m = \frac{c}{2L}. \quad (2)$$

Число мод можно оценить как

$$N \approx 1 + \frac{2\Delta F}{\Delta\nu}. \quad (3)$$

Видимость

Видимость интерференционной картины – параметр, определяемый формулой

$$\gamma = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}, \quad (4)$$

где I_{max} , I_{min} – максимальная и минимальная интенсивности света интерференционной картины вблизи выбранной точки. Разобьём его на произведение функций параметров установки

$$\gamma = \gamma_1 \gamma_2 \gamma_3.$$

Здесь γ_1 отвечает за соотношение интенсивности интерферирующих волн:

$$\gamma_1 = \frac{2\sqrt{\delta}}{1 + \delta}, \quad (5)$$

где $\delta = \frac{B_m^2}{A_m^2}$, A_m и B_m – амплитуды волн. Параметр δ определяется устройством разделения волн.

Функция γ_2 отвечает за влияние разности хода и спектрального состава волн,

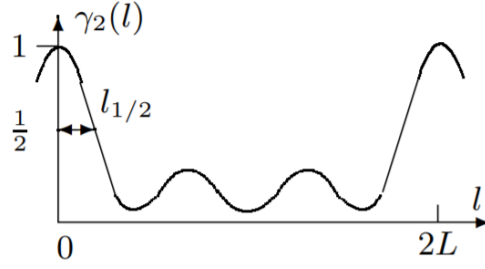


Рис. 1: Зависимость $\gamma_2 = \gamma_2(l)$.

$$\gamma_2 = \frac{\sum_n A_n^2 \cos \frac{2\pi \Delta \nu n l}{c}}{\sum_n A_n^2},$$

где l – разность хода, $\Delta \nu$ – спектральный состав излучения, A_n^2 – интенсивности мод. В непрерывном пределе получим

$$\gamma_2 = e^{-\left(\frac{\pi \Delta F l}{c}\right)^2}$$

– для гауссовой линии излучения с полушириной ΔF получили гауссову зависимость $\gamma_2 = \gamma_2(l)$ с полушириной

$$l_{1/2} = \frac{c}{\pi \Delta F} \sqrt{\ln 2} \approx \frac{0.26c}{\Delta F}. \quad (6)$$

Последняя функция γ_3 отвечает за разность в поляризации. Если α – угол между плоскостями поляризаций волн, то

$$\gamma_3 = |\cos \alpha|. \quad (7)$$

Установка

В работе используется интерферометр Майкельсона (Рис. 2). Луч лазера, отражённый от зеркала З и прошедший через параллелепипед Френеля (ПФ), делится делительной призмой ДП на два луча. Первый проходит блок Б₁ с поляроидом П₁ и зеркалом З₁, приклеенным к пьезокерамике, которая может совершать малые колебания вдоль луча, с возможностью изменения угла наклона зеркала. Второй проходит блок Б₂ с линзой Л, поляроидом П₂ и зеркалом З₂ в фокальной плоскости линзы, чтобы выходящий луч, в отличие от первого, был параллелен входящему. Оба луча, проходя ДП, попадают на сферическое зеркало З₃ и интерферируют на экране. Интенсивность света считывается фотодиодом на осциллограф через щель, параллельную интерференционным полосам, в центре экрана. На экране осциллографа наблюдаются колебания с изменяющимся периодом, так как на пьезокерамику подаются напряжение, из-за чего её длина колеблется.

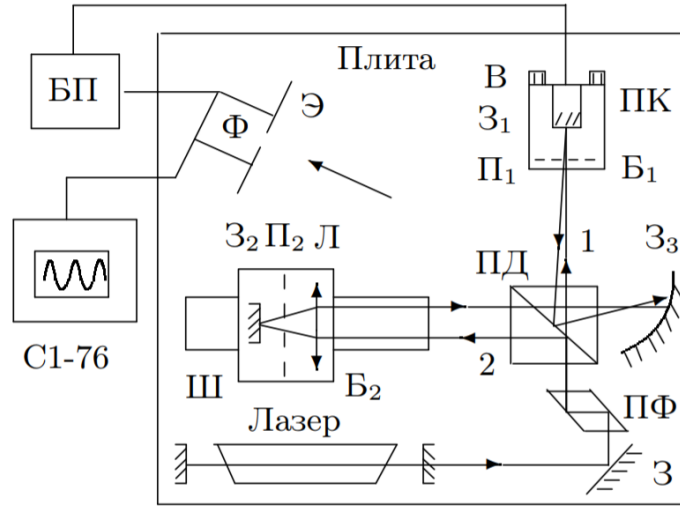


Рис. 2: Схема установки.

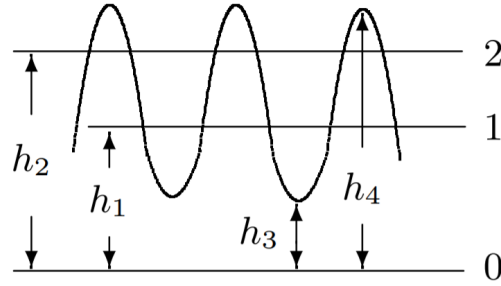


Рис. 3: Осциллограмма сигналов фотодиода.

По картине на экране осциллографа можно определить параметры видимости по следующим формулам:

$$\delta = \frac{h_1}{h_2}, \quad (8)$$

$$\gamma = \frac{h_4 - h_3}{h_4 + h_3}, \quad (9)$$

Здесь 0 – уровень при отсутствии лучей, 1 и 2 – при закрытии одного из них. Используя δ , можно рассчитать γ_1 по формуле (5).

При условии одинаковой поляризации лучей ($\alpha = 0$),

$$\gamma_2 = \frac{\gamma}{\gamma_1}. \quad (10)$$

Если же разность хода отсутствует ($l = 0$), то

$$\gamma_3 = \frac{\gamma}{\gamma_1}. \quad (11)$$