



Московский Физико-Технический Институт

Отчет по эксперименту

4.5.2.

Интерференция лазерного излучения

Выполнила:
Малиновская София

Группа:
Б05-102

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.

Теоретическая сводка

Гелий-неоновый лазер Лазер представляет собой интерферометр Фабри-Перо – газовую трубку с двумя параллельными зеркалами по обе стороны. Пусть ΔF – половина диапазона генерации лазера, а $\Delta\nu$ – межмодовое расстояние. Тогда межмодовое расстояние выражается как

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

При этом число мод можно оценить как

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

Видимость Видимость интерференционной картины – параметр, определяемый формулой

$$\gamma = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}, \quad (3)$$

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

$$\gamma_1 = \frac{2\sqrt{\delta}}{1 + \delta}, \quad (4)$$

где $\delta = \frac{B_m^2}{A_m^2}$, A_m^2 и B_m^2 – интенсивности волн. Параметр δ выражает отношение интенсивностей интерферирующих волн.

Величина γ_2 зависит от геометрической разности хода интерферирующих волн,

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

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

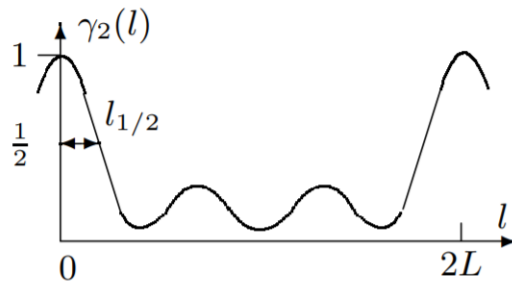


Рис. 1: Зависимость $\gamma_2(l)$.

Приближим γ_2 вблизи максимума

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

Таким образом, мы имеем гауссову зависимость видности от разности хода $\gamma_2(l)$ с полушириной

$$l_{1/2} = \frac{c}{\pi \Delta F} \sqrt{\ln 2} \approx \frac{0.26c}{\Delta F}. \quad (5)$$

Величина γ_3 соответствует тому факту, что при интерференции поляризованных волн интерферируют лишь компоненты, поляризованные одинаково. Пусть α – угол между плоскостями поляризаций волн, тогда

$$\gamma_3 = |\cos \alpha|. \quad (6)$$

Установка

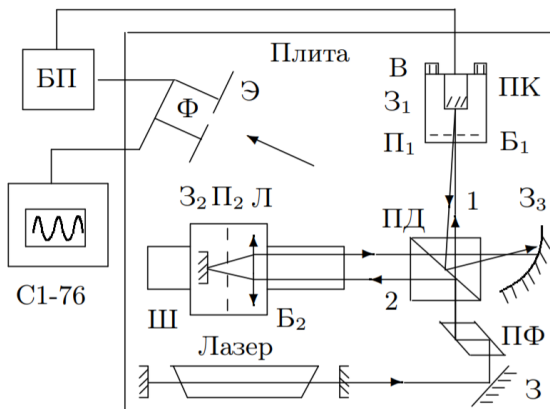


Рис. 2: Схема установки

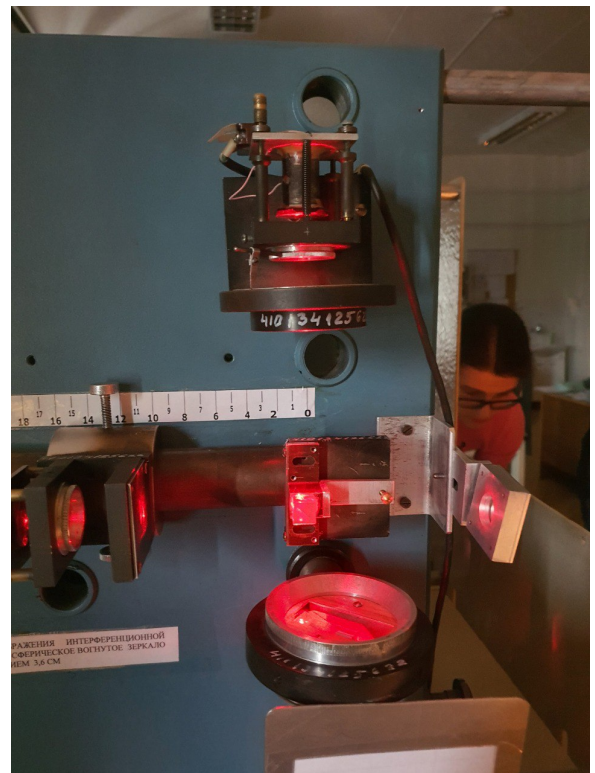


Рис. 3: Фотография установки

В работе используется интерферометр Майкельсона, схема работы которого представлена на рис. 2. При этом для регистрации фоновой засветки, интенсивности света пучков, максимумов и минимумов интерференционной картины используется осциллограф, на котором наблюдается осциллограмма, представленная на рис. 3.

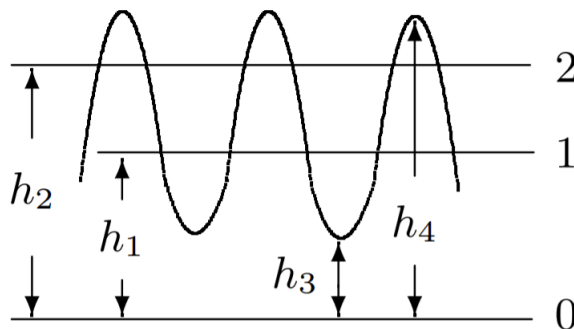


Рис. 4: Осциллограмма сигналов фотодиода.

Здесь 0 — уровень при отсутствии лучей, 1 и 2 — при закрытии одного из них.

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

$$\delta = \frac{h_1}{h_2}, \quad (7)$$

$$\gamma = \frac{h_4 - h_3}{h_4 + h_3}, \quad (8)$$

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

$$\gamma_2 = \frac{\gamma}{\gamma_1}. \quad (9)$$

Если же разность хода отсутствует, то

$$\gamma_3 = \frac{\gamma}{\gamma_1}. \quad (10)$$

Ход работы

Установим дополнительный поляроид между лазером и параллелепипедом Френеля. Поворачивая его, наблюдаем, что лазер дает линейно поляризованный свет. Таким же образом наблюдаем за лучом, разместив поляроид между параллелепипедом Френеля и кубиком. Видим, что этот луч имеет круговую поляризацию.

Поворачивая Π_1 , установим минимальную четкость интерференционной картины. Введем дополнительный поляроид в луч, идущий на экран. При этом на экране вновь возникает интерференционная картина, так как после прохождения второго поляроида оба луча будут иметь одинаковую поляризацию, задаваемую поляроидом.

Исследуем зависимость видимости интерференционной картины от угла α поворота поляроида Π_1 . Результаты измерений представлены в таблице 1.

$\alpha, ^\circ$	$h_1, \text{ дел}$	$h_2, \text{ дел}$	$h_3, \text{ дел}$	$h_4, \text{ дел}$	γ_3	$\gamma_3/\gamma_3(0)$	σ_{γ_3}
0	39	20	7	46	0.78	1.00	0.04
10	42	19	8	44	0.75	0.96	0.04
20	45	18	10	47	0.72	0.92	0.03
30	45	17	11	43	0.66	0.85	0.04
40	36	15	12	36	0.55	0.71	0.04
50	30	15	12	31	0.47	0.60	0.04
60	25	15	11	27	0.43	0.56	0.04
70	18	15	10	22	0.38	0.48	0.05
80	15	14	11	20	0.29	0.37	0.05
90	9	13	10	16	0.23	0.30	0.05
100	8	13	13	19	0.19	0.25	0.05
110	6	11	15	19	0.12	0.16	0.05
120	6	12	14	17	0.10	0.13	0.05
130	5	11	15	17	0.07	0.09	0.05

Таблица 1: Результаты измерений γ_3 .

Представим результаты на графике, представленном на рис. 4. Видим, что теоретическая зависимость (6) действительно выполняется. На график представлена зависимость $\gamma_3/\gamma_3(0)$ от $\cos \alpha$, то есть значение $\gamma_3(0)$ принято за 1, чтобы исключить влияние γ_2 на результат.

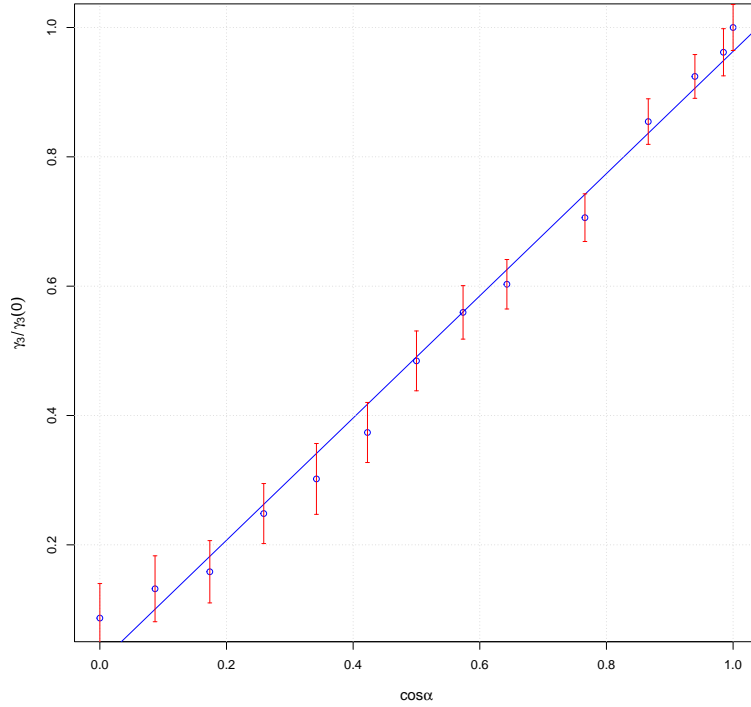


Рис. 5: Зависимость $\gamma_3(\cos \alpha)$.

Теперь исследуем зависимость видимости от разности хода между лучами. Для этого будем перемещать блок Б₂, координата x которого и будет определять разность хода. Значения измерений представлены в таблице 2. Также по экспериментальным данным построен

график, изображенный на рис. 5.

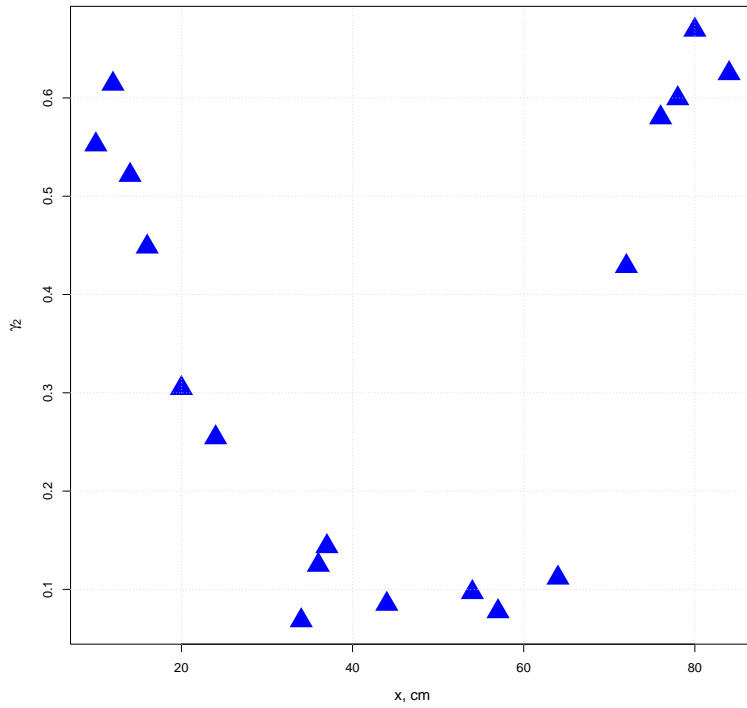


Рис. 6: Зависимость $\gamma_2(x)$.

x , см	h_1 , дел	h_2 , дел	h_3 , дел	h_4 , дел	γ_2
10	8	40	10	24	0.55
12	8	34	22	63	0.61
14	4	38	34	64	0.52
16	10	48	40	81	0.45
20	12	44	36	60	0.30
24	23	13	34	56	0.25
34	46	15	32	36	0.07
36	48	18	40	50	0.12
37	45	17	34	44	0.14
44	24	16	22	26	0.09
54	9	37	24	28	0.10
57	22	28	24	28	0.08
64	22	27	24	30	0.11
72	21	20	24	60	0.43
76	22	29	20	74	0.58
78	23	14	18	68	0.60
80	24	14	14	65	0.67
84	23	18	15	64	0.62

Таблица 2: Результаты измерений γ_2 .

На графике выделяются два максимума — $x_1 = 12 \pm 2$ см и $x_2 = 80 \pm 2$ см. Отсюда

$$L = 34 \pm 1.4 \text{ см}$$

$$\Delta\nu = (4.4 \pm 2 \cdot 10^8) \text{ Гц.}$$

Также по графику определяем полуширину кривой

$$l_{1/2} \approx 8 \text{ см,}$$

Тогда из формул (5) и (2) соответственно

$$\Delta F \approx 9.9 \cdot 10^8 \text{ Гц.}$$

$$N = 5 \pm 1,$$

Вывод

В работе были исследованы

1. зависимость видности интерференционной картины от поляризации интерферирующих лучей. При этом была экспериментально подтверждена формула $\gamma_3 = |\cos \alpha|$ при $\alpha \in [0; \pi/2]$, где γ_3 — видность, α — угол между плоскостями поляризации.
2. зависимость видности интерференционной картины от разности хода лучей. При этом

Также была экспериментально оценены такие характеристики лазера, как половина диапазона генерируемых частот и число продольно генерируемых мод соответственно

$$\Delta F \approx 9.9 \cdot 10^8 \text{ Гц.}$$

$$N = 5 \pm 1$$