

Лабораторная работа №4.5.2

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

1 Немного теории

Лазер работает на волнах

$$\lambda_0 = 632.8nm$$

Доплеровский эффект вызывает уширение спектральной линии, в приближении небольших скоростей и разложении по линейным членам $\frac{v}{c}$ релятивистских эффектов позволяет нам говорить о максвелловском виде спектра. Характерной особенностью является очень узкая величина уширения и соответственно небольшое количество возбужденных побочных мод в лазерном резонаторе.

$$\Delta f = f_0 \sqrt{\frac{2kT}{mc^2}}$$

2 Измерение коэффициента видности

Коэффициент видности зависит от нескольких величин, примем без доказательства, что суммарный коэффициент можно представить в виде:

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

2.1 Разные амплитуды монохроматических волн

Видность (1) обусловлена видностью одной моды излучения частоты f_m для волн разных амплитуд, сходящихся под маленьким углом с разностью хода l :

$$\Delta = k_m l = \frac{2\pi}{\lambda} l$$

$$I = A_m^2 + B_m^2 + 2A_mB_m \cos(\Delta)$$

В минимуме и максимуме можно выразить видность через безразмерный параметр $\delta \equiv \delta_m = A_m^2/B_m^2$

$$\gamma_1 = \frac{2\sqrt{\delta}}{1 + \delta}$$

Т.е. видность (1) определяется только амплитудами интерферирующих волн.

2.2 Рассмотрение влияния нескольких мод колебаний

Пренебрегая межмодовыми биениями, можно рассмотреть интенсивность суммарной волны как сумму интенсивностей интерферирующих мод:

$$I = \sum_m A_m^2 (1 + \delta + 2\sqrt{\delta} \cos(\frac{2\pi}{\lambda_m} l))$$

Функция представляет собою часть тригонометрического ряда, максимум суммы которого достигается при условии:

$$\Delta_m = \pi i \frac{l}{L} = 2\pi n_m$$

Откуда получаем, что максимум будет при $l = \pm(2k)L$

Определяя форму γ_2 можно найти связь полуширины γ_2 с ΔF :

$$l_{1/2} = \frac{c}{\pi \Delta F} \sqrt{\ln 2} \approx \frac{0.26c}{\Delta F}$$

2.3 Поляризация

В интерференции принимают участие волны с одинаковой поляризацией. Вклад различной поляризации линейных волн:

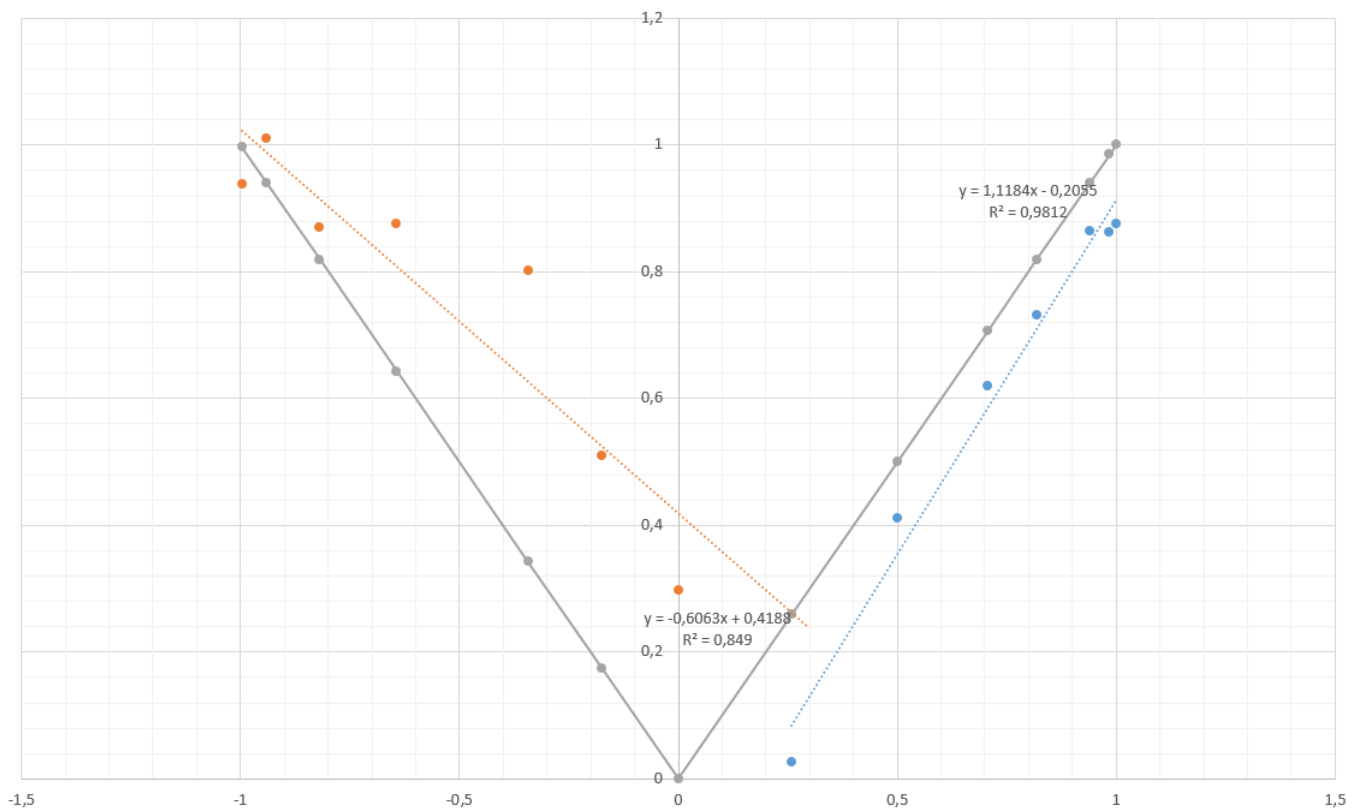
$$\gamma_3 = |\cos \alpha|$$

3 Ход работы

Измерения производятся с помощью осциллографа, по сигналу которого мы сразу можем измерить видность картины. Сначала исследуем зависимость $\gamma_3(\alpha)$. Чтобы легче пронаблюдать ожидаемую зависимость лучше строить график $\gamma_3 \cos(\alpha)$, предполагая зависимость вида $\gamma_3 = |t|$

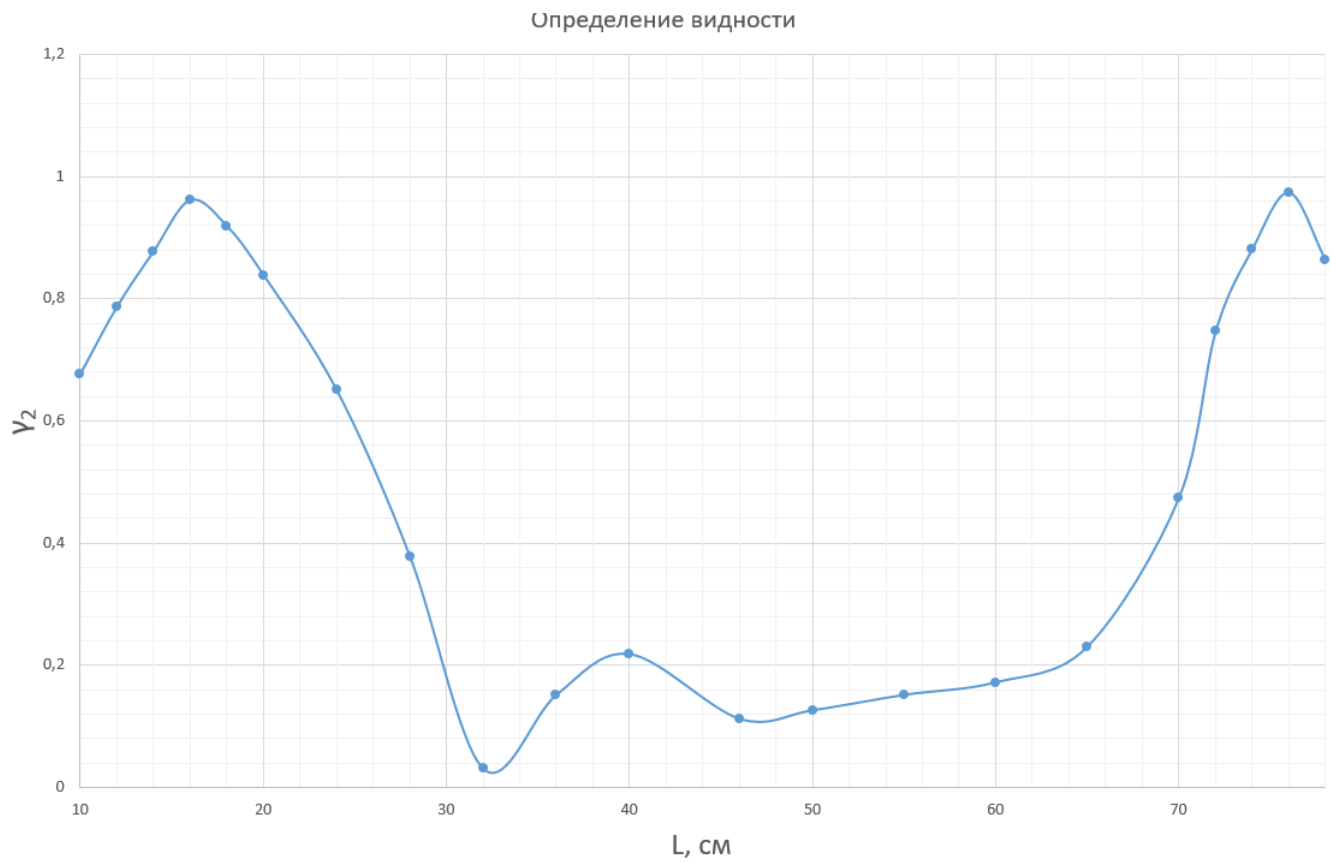
В	h1	h2	h3	h4	Y	d	y1	y3	cos(B)
0	1	1,6	0,4	5	0,851852	0,625	0,973009	0,875482	1
10	1,4	1,6	0,4	5,3	0,859649	0,875	0,997775	0,861566	0,984809
20	1	1,6	0,4	4,6	0,84	0,625	0,973009	0,863302	0,939696
35	0,9	1,6	0,7	4	0,702128	0,5625	0,96	0,731383	0,819162
45	0,8	1,6	1	3,8	0,583333	0,5	0,942809	0,618718	0,707123
60	0,6	1,6	1,4	3,02	0,366516	0,375	0,890724	0,411481	0,500027
75	0,5	1,6	2,2	2,3	0,022222	0,3125	0,851835	0,026087	0,258856
90	0,2	0,8	0,8	1,3	0,238095	0,25	0,8	0,297619	4,63E-05
100	0,3	0,8	0,6	1,6	0,454545	0,375	0,890724	0,51031	-0,1736
110	0,3	0,8	0,3	1,8	0,714286	0,375	0,890724	0,801916	-0,34197
130	0,4	0,8	0,2	2,1	0,826087	0,5	0,942809	0,876198	-0,64274
145	0,5	0,8	0,2	2,4	0,846154	0,625	0,973009	0,869626	-0,81911
160	0,6	0,8	0	2,6	1	0,75	0,989743	1,010363	-0,93966
175	0,6	0,8	0,1	2,7	0,928571	0,75	0,989743	0,938194	-0,99619

Измерение коэффициента видности



Теперь установим зависимость γ_2 Будем двигать штангу вдоль оси и честно снимать точки

L	h1	h2	h3	h4	Y1	Y	y2(x)
10	1,4	1	0,8	4	0,666667	1,4	0,986013
12	1,4	1,6	0,7	5,8	0,784615	0,875	0,997775
14	1,4	2,4	0,6	7,2	0,846154	0,583333	0,964753
16	1,4	2	0,2	7,2	0,945946	0,7	0,984306
18	1,4	2,6	0,5	7,6	0,876543	0,538462	0,953939
20	1,4	2,6	0,8	7,2	0,8	0,538462	0,953939
24	1,4	1,8	1,1	5,1	0,645161	0,777778	0,992157
28	1,4	1,8	2	4,4	0,375	0,777778	0,992157
32	1,4	2	3,2	3,4	0,030303	0,7	0,984306
36	1,4	2,8	3,6	4,8	0,142857	0,5	0,942809
40	1,4	2,4	3	4,6	0,210526	0,583333	0,964753
46	1,4	2,9	3,4	4,2	0,105263	0,482759	0,937183
50	1,4	2,4	3,6	4,6	0,121951	0,583333	0,964753
55	1,4	2,8	3,6	4,8	0,142857	0,5	0,942809
60	1,4	1,8	3,4	4,8	0,170732	0,777778	0,992157
65	1,4	1,8	3,2	5,1	0,228916	0,777778	0,992157
70	1,4	1,6	2	5,6	0,473684	0,875	0,997775
72	1,4	2	1,1	7,2	0,73494	0,7	0,984306
74	1,4	2,4	0,6	7,4	0,85	0,583333	0,964753
76	1,4	2,2	0,2	7,6	0,948718	0,636364	0,974996
78	1,4	2,6	0,7	7,2	0,822785	0,538462	0,953939



Отсюда по расстоянию между максимумами можно найти длину лазера:

$$L = 30 \pm 2 \text{ cm.}$$

И оценить ширину спектра:

$$\Delta F = \frac{0.26c}{[l_{1/2} = 11\text{cm}]} \approx (7,1 \pm 0,7) \cdot 10^8 \text{ Hz}$$

Число мод:

$$N = 1 + 2 \frac{\Delta F}{\Delta \nu} = 1 + 2 \frac{7}{5} \approx 3 \pm 1$$