

实验三十六 光源的时间相干性

田睿轩 物理学院 1900011602

2021 年 6 月 8 日

1 数据处理

1.1 白光相干长度

调出白光等厚干涉，从白光条纹的对称中心置于视场中心，此时即为等光程处，M1 镜位置读数为 $d_0 = 48.645mm$ 。向两侧数白光条纹，除了对称中心的 0 级条纹，只能看到 1 级白色条纹，因此有 $k_1 = 1$ ，于是可计算白光相干长度 $\Delta L_{1\max}$

$$\Delta L_{1\max} \approx k_1 \lambda_1 = 1 \times 550nm = 0.55\mu m$$

根据白光的相干长度计算其相干时间

$$t = \frac{\Delta L_{1\max}}{c} = \frac{0.55 \times 10^{-6}}{3 \times 10^8} = 1.8 \times 10^{-15}s$$

1.2 橙色光相干长度

在光源前加上橙色玻璃滤光，测量橙色光的相干长度。用微调旋钮改变光程差，数移过视场中心的条纹数直到看不到条纹，总共数到 $k_2 \approx 18$ 条，由此得橙光相干长度 $\Delta L_{2\max}$

$$\Delta L_{2\max} \approx k_2 \lambda_2 = 18 \times 625nm = 11.25\mu m$$

计算得橙色光的相干时间为

$$t_2 = \frac{\Delta L_{2\max}}{c} = \frac{11.25 \times 10^{-6}}{3 \times 10^8} = 3.8 \times 10^{-14}s$$

1.3 黄色光的相干长度

用黄色滤光片对白光滤光。同样用微调旋钮改变光程，数移过视场中心的条纹数直到看不到条纹，共有 $k_3 \approx 57$ 条，因此黄光的相干长度 $\Delta L_{3\max}$ 为

$$\Delta L_{3\max} \approx k_3 \lambda_3 = 57 \times 578nm = 32.95\mu m$$

黄光相干时间为

$$t_3 = \frac{\Delta L_{3\max}}{c} = \frac{32.95 \times 10^{-6}}{3 \times 10^8} = 1.1 \times 10^{-13}s$$

1.4 汞灯黄光的相干长度

用低压汞灯照明并加上黄色滤光片，由于汞黄光为双线光，相干长度较长，所以不能用上述等厚干涉数条纹的方式测量，要用等倾干涉来测量从等光程处开始改变光程，可以看到条纹可见度发生周期性变化，即“拍”的现象。同时可见度越来越小，直到达到某一位置时条纹不可见，此位置的刻度为 $d_{max} = 95.001mm$ ，由此可得汞黄光的相干长度为

$$\Delta L_{4\max} = 2(d_{\max} - d_0) = 2 \times (95.001 - 48.645) = 9.27cm$$

汞黄光的相干时间为

$$t_4 = \frac{\Delta L_{4\max}}{c} = \frac{9.27 \times 10^{-2}}{3 \times 10^8} = 3.1 \times 10^{-10}s$$

1.4.1 汞黄光的波长差 $\Delta\lambda$

1.4.2 方法一

由于汞黄光为双线光，干涉条纹的总强度是这两套光的非相干叠加，因此条纹可见度会随光程做周期性变化。从等光程处开始改变光程，条纹可见度从清晰到消失再到清晰，呈周期性变化，出现“拍”的现象。通过测量拍的两个相邻节点之间的距离 Δd ，可以计算出波长差 $\Delta\lambda$ 。实验中，从等光程处开始连续记录 7 个条纹可见度为 0 的的位置的 M1 镜的读数，然后用最小二乘法拟合得到拍的相邻两个节点之间的距离。实验数据如表 1 所示。最小二乘法拟合结果如图 1 所示。

表 1: 相邻拍节点的位置

拍的节点	1	2	3	4	5	6	7
d_i/mm	48.687	48.76	48.838	48.91	48.985	49.07	49.158

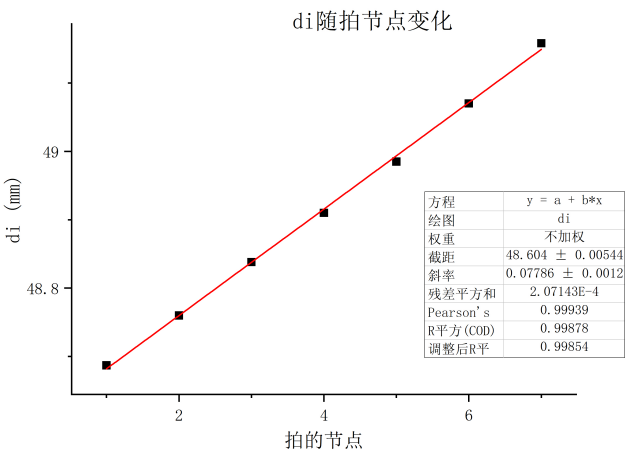


图 1: d_i 随拍的节点变化

最小二乘法拟合出的直线斜率即为相邻两个拍节点之间的距离 $\Delta d = 0.078mm$ ，通过滤光片获得的黄光波长取 $\lambda = 578nm$ ，可得汞黄光的波长差

$$\Delta\lambda \equiv \lambda_2 - \lambda_1 \approx \frac{\lambda}{\Delta k} \approx \frac{\lambda^2}{2\Delta d} = \frac{578^2}{2 \times 0.078 \times 10^6} = 2.14nm$$

1.4.3 方法二

利用实验室提供的汞黄双线的干涉图，可以直接数出两相邻的可见度为零的区间内，干涉条纹的数目 Δk 。实验中提供了两个干涉图，其中一个干涉图中数出的条纹数目 $\Delta k_1 = 271$ ，另一个为 $\Delta k_2 = 273$ 。因此

$$\overline{\Delta k} = \frac{\Delta k_1 + \Delta k_2}{2} = 272$$

$$\Delta\lambda \equiv \lambda_2 - \lambda_1 \approx \frac{\lambda}{\Delta k} = \frac{578}{272} = 2.13nm$$