

# 迈克尔逊干涉仪的调节和使用实验报告

专业 工科试验班 姓名 史峰源 学号 2412526  
分组及座号 H-12 实验日期 周二上午

## 迈克尔逊干涉仪的调节和使用实验报告

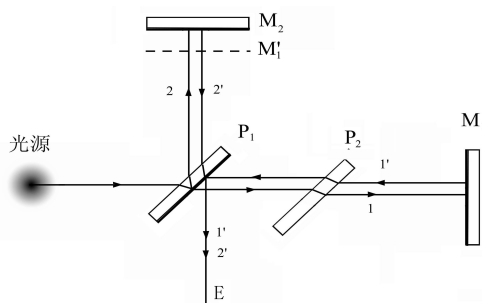
### 1 实验目的

- 1. 了解迈克尔逊干涉仪的结构原理并掌握调节方法
- 2. 观察等厚干涉,等倾干涉以及白光干涉
- 3. 测量钠双线的波长差

### 2 仪器用具

迈克尔逊干涉仪, He-Ne 多光束光纤激光器

### 3 实验原理

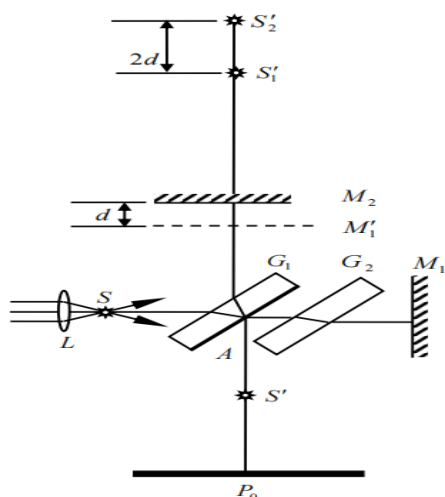


迈克尔逊干涉仪是一个分振幅法的双光束干涉仪,其光路如图所示,它由反射镜  $M_1$ 、 $M_2$ 、分束镜  $P_1$  和补偿板  $P_2$  组成。其中  $M_1$  是一个固定反射镜,反射镜  $M_2$  可以沿光轴前后移动,它们分别放置在两个相互垂直臂中;分束镜和补偿板与两个反射镜均成  $45^\circ$ ,且相互平行;分束镜  $P_1$  的一个面镀有半透半反膜,它能将入射光等强度地分为两束;补偿板是一个与分束镜厚度和折射率完全相同的玻璃板。

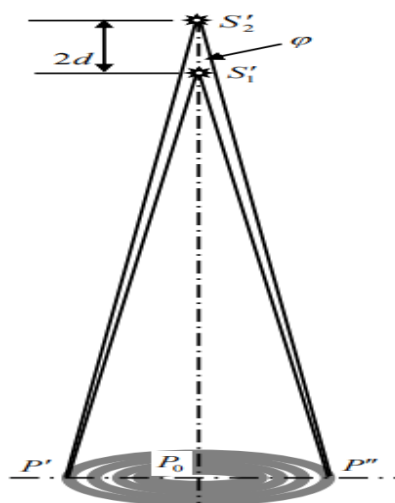
如下图所示,多光束激光器提供的每条光纤的输出端是一个短焦距凸透镜,经其会聚后的激光束,可以认为是一个很好的点光源  $S$  发出的球面光波。 $S'$  为  $S$  经  $M_1$  及  $G_1$  反射后所成的像, $S_2$  为  $S$  经  $G_1$  及  $M_2$  反射后所成的像。 $S'_2$  和  $S'_1$  为两相干光源,发出的球面波在其相遇的空间处处相干,为非定域干涉,在相遇处都能产生干涉条纹。空间任一点  $P$  的干涉明暗由  $S'_2$  和  $S'_1$  到该点的光程差  $\Delta = r_2 - r_1$  决定,其中  $r_2$  和  $r_1$  分别为  $S'_2$  和  $S'_1$  到  $P$  点的光程。 $P$  点的光强分布的极大和极小的条件是

$$\Delta = k\lambda (k = 0, 1, 2, \dots) \quad (1)$$

$$\Delta = (2k + 1)\lambda (k = 1, 2, \dots) \quad (2)$$



当  $M_1'$  与  $M_2$  平行时,将观察屏放在  $S_2'$  与  $S_1'$  连线相垂直的位置上,可看到一组同心干涉圆条纹,如图所示。



设  $M_1'$  与  $M_2$  间距离为  $d$ ,则  $S_2'$  和  $S_1'$  距离为  $2d$ , $S_1'$  和  $S_2'$  在屏上任一点  $P$  的光程差为

$$\Delta = 2d\cos\phi \quad (3)$$

$\phi$  为  $S_2'$  射到  $P$  点的光线与  $M_2'$  法线的夹角。

当改变  $d$ ,光程差也相应发生改变,这时在干涉条纹中心会出现“冒出”和“缩进”的现象。当  $d$  增加  $\lambda/2$ ,相应的光程差增加  $\lambda$ ,在中心的条纹干涉级次由  $k$  变为  $k+1$ ,这样就会“冒出”一个条纹;当  $d$  减少  $\lambda/2$ ,相应的光程差减少  $\lambda$ ,在中心的条纹干涉级次由  $k$  变为  $k-1$ ,这样就会“缩进”一个条纹。因此,根据“冒出”或“缩进”条纹的个数可以确定  $d$  的改变量,它可以用来进行长度测量,其精度是波长量级。当“冒出”或“缩进”了  $N$  个条纹, $d$  的改变量  $\delta d$  为

$$\delta d = N \frac{\lambda}{2} \quad (4)$$

## 4 实验步骤

### 4.1 调节干涉仪,观察非定域干涉

- 1. 水平调节

调节干涉仪底脚螺丝,使仪器导轨平面水平,然后用锁紧圈锁住。

- 2. 等臂调节

调节粗调手轮移动  $M_2$  镜,让  $M_1$ 、 $M_2$  镜与分光板  $G_1$  大致等距离。

- 3. 最亮点重合

打开激光开关,视野中呈现两排亮点,找准每排亮点中最亮的那个点,分别调节  $M_2$  和  $M_1$  两个反射镜背后的调节螺丝,使两排亮点中最亮的光点严格重合。

- 4. 条纹移到屏中央

将观察屏转回原位置,调节粗调手轮使条纹大小、粗细适中,再轻微调节使圆形条纹的中心位于屏中央。

- 5. 观察非定域干涉

前后左右移动屏的位置和角度,发现干涉条纹的大小或形状发生变化,证明非定义域干涉是空间处处相干的。

- 6. 观察条纹特征与  $d$  的关系

调节粗调手轮前后移动,观察条纹的“冒出”或“缩进”现象,判断  $d$  是变大还是变小,并观察条纹的粗细、疏密和  $d$  之间的关系。

## 4.2 测量激光波长

- 1. 仪器调零

沿某方向将微调手轮调到零并记住旋转方向(为避免空程差,后面的测量都要沿此方向),沿同一方向旋转粗调手轮使之对准某一刻度,注意此后粗调手轮不要动。测量过程中若需要反方向旋转微调手轮,则一定要重新调零。

- 2. 测量并计算波长

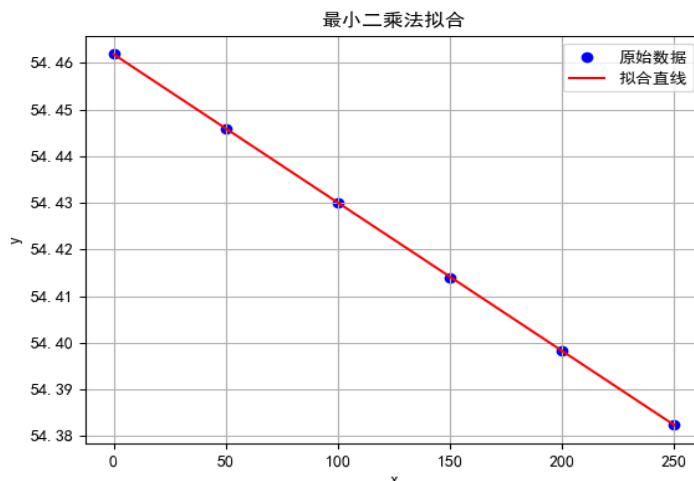
沿刚才的方向旋转微调手轮,条纹每冒出或缩进 50 个记录相应的  $M_2$  的位置,连续记录 6 次以上,用最小二乘法计算激光的波长。

## 5 数据处理

本次我的实验数据如下:

条纹移动数 $N_1$	0	50	100	150	200	250
可移动镜位置 $d_1/mm$	54.46190	54.44600	54.43010	54.41400	53.39830	54.38240

将数据标注在图像并用最小二乘法拟合计算可得到下图:



经计算得到,拟合相关系数  $R$ : -0.9999963000799905,标准误差: $4.3 \times 10^{-7}$  证明拟合效果很好。

拟合直线的斜率  $k$  为-0.0003181142857142757, 由公式并代入数据计算得到

$$\delta d = N \frac{\lambda}{2} \quad (5)$$

$$\lambda = \frac{2\delta d}{N} \quad (6)$$

$$|k| = \frac{\delta d}{N} \quad (7)$$

$$\lambda = |k| \times 2 = 0.0003181 = 6.362 \times 10^{-4} mm = 636.2 nm \quad (8)$$

计算定值误差:

$$E = \left| \frac{\lambda_1 - \lambda_0}{\lambda_0} \right| = \left| \frac{636.2 - 632.8}{632.8} \right| \times 100\% = 0.53\% \quad (9)$$

## 6 实验分析谈论及思考题

1. 补偿板  $G_2$  的作用是什么?

答: 补偿板是一个与分束镜厚度和折射率完全相同的玻璃板,  $G_2$  用来补偿折射光的光程, 使得两束光光程相等。

2. 为什么改变  $\Delta d$  只能朝一个方向改变

答: 迈克尔干涉仪需要朝一个方向微动手轮来观察干涉条纹, 主要是由于其内部的机械结构和齿轮咬合的特性。迈克尔干涉仪内部是靠齿轮咬合的, 而齿轮和齿轮之间存在间隙。在开始转动微动手轮的时候, 齿轮和齿轮会慢慢咬紧, 所以虽然微动手轮已经开始旋转了, 但是反射镜的位置其实没有变化。必须等齿轮完全咬紧后, 反射镜的位置才能随着微动手轮的变化而变化。此外, 由于螺纹受到加工精度的影响会产生回程差, 这样会影响读数的精度。因此, 为了避免这种情况, 迈克尔干涉仪的微动手轮只能沿一个方向转动。

3. 如何确定反射镜  $M_1$  与  $M_2$  是互相垂直的?

答: 用让最亮点重合, 打开激光开关, 检查激光输出嘴的位置和方向, 让光束垂直射向  $M_1$  的中心部位。将观察屏转向一侧并固定, 直接观察  $M_2$  镜, 视野中呈现两排分别由  $M_1$ 、 $M_2$  反射回来的亮点, 找准每排亮点中最亮的那个点, 分别调节  $M_1$  和  $M_2$  两个反射镜背后的调节螺丝, 使两排亮点中最亮的光点严格重合, 此时说明  $M_1$  已垂直于  $M_2$ 。(实验总结接下页)

## 7 分析总结

在实验过程中,我们需要有耐心并准确小心调节。尤其是在光路调节这一环节,需要极高的精确度和耐心,稍有不慎就可能导致实验失败。此外,这个实验需要很精细的操作,碰一下桌子都会导致光圈的变化。在记录数据时,可能不小心多记了一圈数错了圈数,或者是记错了都会导致结果的偏差。总之,这次迈克尔逊干涉仪实验让我受益匪浅。我不仅学会了如何操作复杂的实验仪器,还掌握了光学实验的基本方法和技能,明白了在做实验是非常考验我们的细心与耐心。