



# 南昌大学

2023~2024 学年秋季学期 《大学物理实验》

## 实验报告

得分	评阅人

题 目： 实验七 迈克尔逊干涉仪

学 院： 先进制造学院

专业班级： 智能制造工程 221 班

学生姓名： 朱紫华

学 号： 5908122030

指导老师： 全祖赐老师

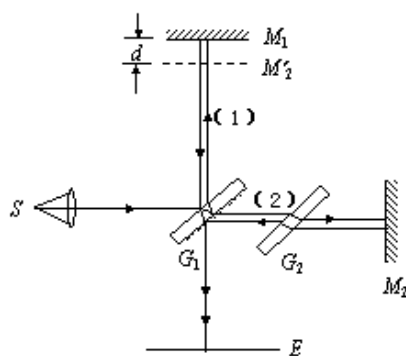
二〇二三年十一月制



## 一、实验目的

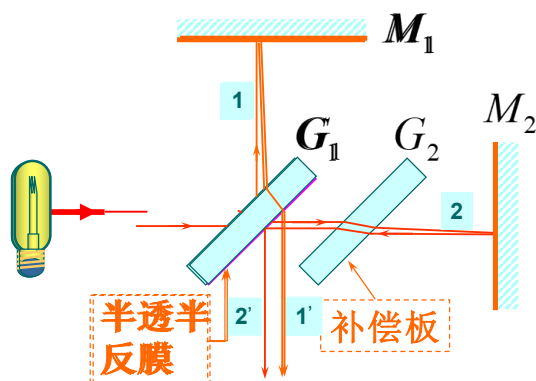
- 1、了解迈克尔逊干涉仪的结构和工作原理，掌握其调整方法
- 2、学会用迈克尔逊干涉仪观察非定域干涉、等倾干涉、等厚干涉及白光干涉现象。
- 3、学会用迈克尔逊干涉仪测 He-Ne 激光波长。

## 二、实验仪器



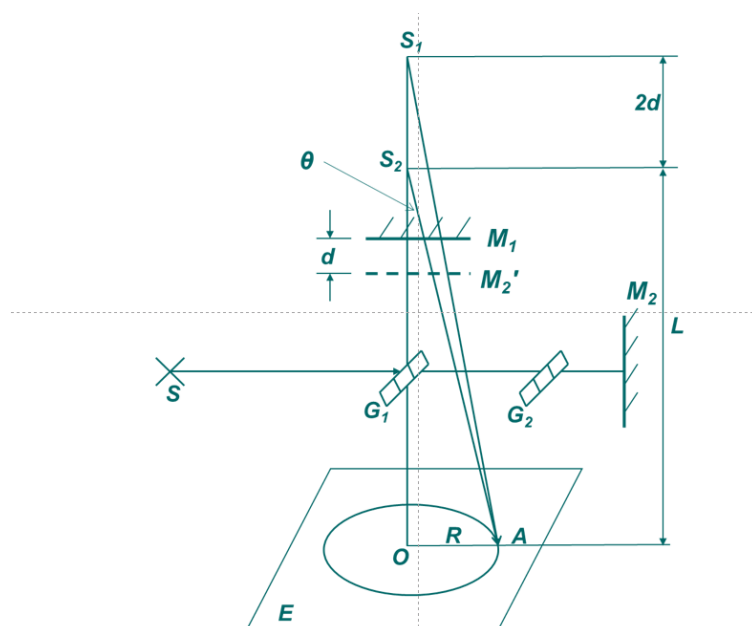
结构：光路，补偿板，两反射镜方位调节、动镜位置变化及读数。

迈克尔逊干涉仪原理图



迈克尔逊干涉仪产生的干涉，与  $M_1$ 、 $M_2$  之间的空气薄膜产生的干涉一样。

### 三、实验原理



- 1、M2 通过 G1 形成像 M2'
- 2、S 通过 G1 形成像 S'
- 3、S 通过 M1 形成像 S''
- 4、S 通过 M2 形成像 S'''
- 5、得到相干光源 S1 和 S2,在空间发生干涉，形成双叶双曲面族。

光程差为:

$$\delta = S_1A - S_2A = \sqrt{(L + 2d)^2 + R^2} - \sqrt{L^2 + R^2}$$

由于  $L \gg d$ , 将上式按级数展开，并略去高阶无穷小项，可得:

$$\delta = \frac{2dL}{\sqrt{L^2 + R^2}} = 2d \cos \theta = \begin{cases} k & (\text{明纹}) \\ \frac{(2k + 1)\lambda}{2} & (\text{暗纹}) \end{cases}$$

$$2d \cos \theta = k\lambda$$

若中心处 ( $\theta = 0$ ) 为明条纹，则

$$2d_1 = k_1\lambda$$

若改变光程差，使中心仍为明条纹，则

$$2d_1 = k_2\lambda$$

那么可得

$$\Delta d = d_2 - d_1 = \frac{1}{2}(k_2 - k_1)\lambda = \frac{1}{2}\Delta k\lambda$$

### 条纹特点

- 1、 $\theta$  越小，级次越大， $\theta = 0$  时级次最高。
- 2、 $d$  增加时条纹涌出， $d$  减小时条纹淹没针对  $i=0$  的中央条纹，当  $d$  增加(减小)半个波长时，便有一个条纹涌出(淹没)。设涌出或淹没的条纹数  $\Delta k$ ，则  $\lambda = 2\Delta d/\Delta k$ 。
- 3、增大时条纹变细变密， $d$  减小时条纹变粗变疏。

$$\delta = 2d \cos \theta = k\lambda$$

### 定域干涉与非定域干涉

定域就是某个一定的区域，非定域就是空间任何区域。

两个单色相干点光源在空间任意一点相遇，总有一确定的光程差，从而产生一定的强度分布，并能观察到清晰的干涉条纹，这种干涉称为非定域干涉

在扩展光源的情况下，在空间任意一点，由光源上不同点源发出的，到达该点并产生双光束干涉的两支相干光的光程差不同，在光程差变化大于四分之一波长的区域观察不到干涉条纹，小于四分之一波长的区域，尽管采用了扩展光源，仍可观察到清晰干涉条纹.这种干涉称为定域干涉。可观察到 w 一个点光源 S 发出的光束经干涉仪 M1 和 M2 反射后，相当于由两个虚

光源 S1 和 S2 发出的相干光束 S1 和 S2 间的距离为 M1'和 M2 间距两倍，将观察屏放入光场叠加区的任何位置处，都可观察到干涉条纹，这种条纹称为非干涉条纹。

$$\delta = 2d\cos\theta = k\lambda$$

用面光源照射，当  $M_1 \parallel M_2$  时，被  $M_1$ 、 $M_2$  反射的两束光互相平行，若用透镜接收这两束光，则这两束光在透镜的焦平面上相遇发生干涉，其光程差为：

$$\delta = 2d\cos\theta$$

由此可知：在  $d$  一定时，倾角相同的入射光束，对应同一级干涉条纹，因此称为等倾干涉，倾角相同的光在透镜的焦平面上对应同一干涉圆环，因此其干涉条纹为一组同心圆。用聚焦于无穷远的眼睛直接观察或放置一会聚透镜，在其后焦平面上用观察屏可观察到等倾干涉条纹。

若上下底面不平行，用面光源照射，光线经上下表面反射后得到的一对相干光  $a_1$  与  $a_2$ ，将不再平行，如图。设某处膜的厚度为  $d$  如果入射角  $\theta$  以及的夹角  $\alpha$  都很小时，两束相干光的光程差  $\delta$  为

$$\delta = 2d - d\theta^2$$

干涉条纹沿等厚线分布，故称为等厚干涉。 $\theta$  很小时， $\theta = \frac{\alpha}{2}$ ，干涉图样是等距离分布的明暗相间的直条纹：离中央条纹较远处，影响较大，条纹弯曲凸向两镜面交线的方向离交线越远，条纹越弯曲。

白光干涉

w 如果面光源是白光，由于等厚条纹的间隔随波长增加而增加。各种波长，也就是各种颜色的光在离开交线稍远处便迭加得根本观察不到干涉现象，但在交线附近我们可以看到色散后的美丽条纹，稍远一些便看不清条纹了。

干涉图样

在迈克耳逊干涉仪中，由M1、M2反射出来的光是两束相干光，M1和M2可看作是两个相干光源，因此在迈克耳孙干涉仪中可观察到：

- (1) 点光源产生的非定域干涉条纹
- (2) 面光源等倾干涉条纹。
- (3) 面光源等厚干涉条纹

干涉类型	条件	干涉条纹位置	观察
非定域干涉 (等倾干涉)	点光源照射	相遇空间的任何地方	观察屏
定域干涉 (等倾干涉)	1、面光源照射 2、 $M1 // M2$	无穷远	用透镜或聚焦无穷远的眼睛观察
定域干涉 (等厚干涉)	1、面光源照射 2、 $M1$ 与 $M2$ 有很小夹角	镜面附近	用眼睛向镜面附近观察

- 1、如果光源是点光源，则产生非定域干涉。
- 2、如果光源是扩展光源，则产生定域干涉。
- 3、如果两个平面镜严格垂直，即空气膜厚度处处相等，则形成等倾干涉条纹-----同心圆环
- 4、如果两个平面镜稍有倾斜，即空气膜为一个空气劈尖，则形成等厚干涉条纹-----直条纹。
- 5、如果利用扩展白光源，则可以看到彩色条纹。

#### 相干性问题(时间相干性)

相干性是光源相干程度的一个描述。为简单起见，以入射角 $i = 0$ 作为例子,讨论相距为 $d$ 的薄膜上、下两表面反射光的干涉情况.这时两束光的光程差 $L = 2d$ ，干涉条纹清晰.当 $d$ 增加某一数值 $d$ 后，原有的干涉条纹变成一片模糊, $2d$ 就叫作相干长度，用 $L_m$ 表示.相干长度除以光速 $c$ ,是光走过这段长度所需的时间，称为相干时间。

#### 四、实验步骤

迈克耳逊干涉仪的调节

光源的调节

- 1、放置好激光使光源和分光板 G1、补偿板 G2 及反射镜 M2 中心大致等高，且三者连线大致垂直于 M2 镜。适当调节光源及扩束透镜的位置使得视野可看到均匀的亮斑。
- 2、等倾干涉条纹的调节



(1) 转动粗动手轮，尽量使 M1、M2 距分光板后表面的距离相等。

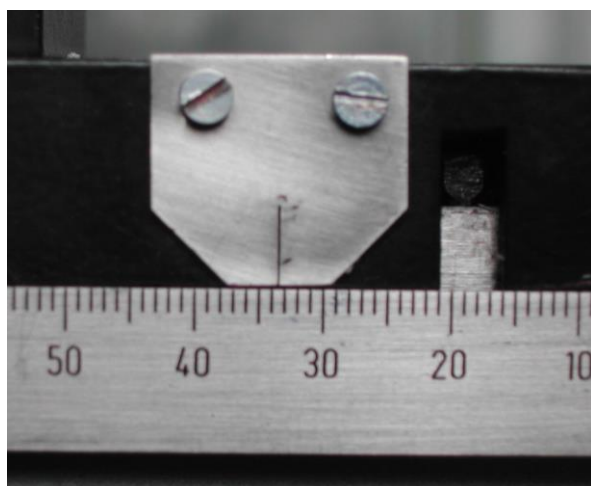
(2) 在扩束透镜和分光板之间，调整 M1 反射镜 (或 M2 反射镜) 镜后螺丝，使笔尖 2 个投影重合，即可观察到等厚条纹。

(3) 调整 M2 反射镜微调螺丝，使条纹变粗、弯曲，直至成圆环形。若条纹对比度 (反衬度) 下降，可略微调整丝杆，移动 M1 反射镜，使条纹对比度改善。

(4) 上下晃动眼睛调节 M2 反射镜的垂直拉簧微调螺丝，，左右晃动眼睛调节 M2 反射镜的水平拉簧微调螺丝，反复细致地调节，使圆环形等倾条纹大小不因观察位置而变 (即无吞吐现象) 为止。

(5) 测量前应转动微调手轮，移动 M1 反射镜，观察等倾条纹的变化情况选择合适一段区间，以利完成测量。

### 3、迈克尔逊干涉仪读数系统



主尺 分度值 1mm



粗动手轮读数窗口 分度值  $10^{-2}\text{mm}$



微动手轮 分度值  $10^{-4}\text{mm}$ , 可估读至  $10^{-5}\text{mm}$

## 五、数据处理

	环数 $N_i$	$d_i$	$i+5$	环数 $N_{i+5}$	$d_{i+5}$	$\Delta d = d_{i+5} - d_i$
1	20	43.13200	6	120	43.16531	0.03310
2	40	43.13801	7	140	43.17191	0.03390
3	60	43.14472	8	160	43.17852	0.03380
4	80	43.15152	9	180	43.18511	0.03359
5	100	43.15836	10	200	43.19196	0.03360

$$\begin{cases} \Delta_{\Delta dA} = \frac{t_{0.95}}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (\Delta \bar{d} - \Delta d)^2}{n-1}} = 3.543 \times 10^{-4} \\ \Delta_{\Delta dB=0.0001mm} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Delta \bar{d} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \Delta d_i \\ \bar{\lambda} = \frac{2 \times \Delta \bar{d}}{100} \end{cases} \rightarrow \lambda = 672nm$$

$$u_{\Delta d} = \sqrt{\Delta_{\Delta dA}^2 + \Delta_{\Delta dB}^2} = 3.681 \times 10^{-4} \quad u_{\lambda} = \frac{u_{\Delta d}}{50} = 7.362 \times 10^{-6}$$

$$\begin{cases} \lambda = \bar{\lambda} \pm u_{\lambda} = 672 \pm 7.362nm \\ U_{r\lambda} = \frac{U_{\lambda}}{\bar{\lambda}} = 1.1\% \end{cases}$$

相对误差 6.3%

## 六、误差分析

- 1、分光板与入射光源并不是完美的  $45^\circ$ 。
- 2、调节平面镜时两个投影没有完全重合。
3. 没有选择到一段合适的区间进行测量

## 七、实验小结与思考

本次实验中，他的测量是较为简单的，难的是测量前的工作，调整仪器高度，位置，角度，使同心圆环和干涉条纹出现这是比较困难的，很多情况下，中心光斑会丢失，只看得到条纹，其次，扩束透镜位置的放置也很重要，放错了一点，就会导致光束射不到分光板上，简而言之，就是，光源产生的光可能需要调整仪器调整很久才能正确投射到分光板上，从而产生干涉条纹。在实验过程中，我们组是同时调节三台设备，依然花费了很长时间才有一台能够出现较好的干涉条纹。即便如此，产生的误差也还是比较大，我觉得可能需要把单次读数时间间隔的条纹数增大，但这也会出现一个问题，如果因需要数的条纹数增大而导致多数或者漏数，这样也会导致误差的产生，本次实验误差较大的原因也可能是仪器缺少补偿板。

# 八、附上原始数据:



## 南昌大学实验报告

学生姓名: \_\_\_\_\_ 学号: \_\_\_\_\_ 专业班级: \_\_\_\_\_

实验类型: ☐验证 ☐综合 ☐设计 ☐创新 实验日期: \_\_\_\_\_ 实验成绩: \_\_\_\_\_

	环数 $N_i$	$d_i$	$i+5$	环数 $N_{i+5}$	$d_{i+5}$	$\Delta d = d_{i+5} - d_i$
1	20	43.13200	6	120	43.16531	0.03310
2	40	43.13801	7	140	43.17191	0.03390
3	60	43.14472	8	160	43.17852	0.03380
4	80	43.15152	9	180	43.18511	0.03359
5	100	43.15836	10	200	43.19196	0.03360

处理后  $\lambda = \bar{\lambda} \pm \Delta\lambda = 672 \pm 7.362 \text{ nm}$

全祖赐

2023-11-13

朱紫华 5908122030

吴锦瑞 5908122011

彭锋 5908122013

刘小斌 5908122029

