


班级 3118 学号 2023311803 姓名 邢俊源 教师签字 王
 实验日期 2024/4/12 预习成绩 2 总成绩

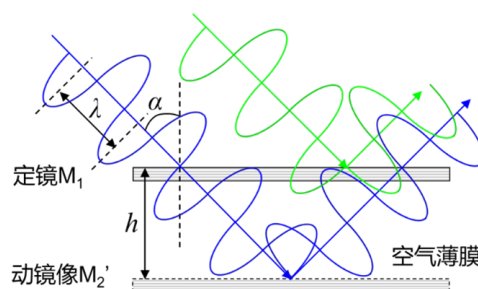
实验内容 迈克尔逊干涉仪

一 预习

- 1 结合下图迈克尔逊干涉仪的等效光路图，推导出光程差的表达式 $\Delta L = 2h \cos \alpha$ 。



$$\begin{aligned}\Delta L &= \frac{2h}{\cos \alpha} - 2h \cdot \tan \alpha \cdot \sin \alpha \\ &= \frac{2h - 2h \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \\ &= 2h \cos \alpha\end{aligned}$$



- 2 本实验将测量 He-Ne 激光的波长，若等倾干涉圆环每变化 50 环，动镜 M2 对应的螺旋测微器读数变化为 d （注意：M2 实际移动距离为 $d/20$ ），根据光程差的表达式光程差 $\Delta L = 2h \cos \alpha$ ，结合中心圆环对应的倾角 $\alpha \approx 0$ 这一近似条件，推导出波长的表达式（提示：光程差每改变 1 个波长，干涉圆环变化 1 环）。

$$\begin{aligned}\Delta L &= 2h \cos \alpha \\ h &= \frac{d}{20} \\ \Delta L &= 50 \lambda \quad \text{联立得 } \lambda = \frac{d \cos \alpha}{500} \\ &\text{又因为 } \alpha \approx 0 \text{ 这一近似条件,} \\ &\text{故有 } \lambda = \frac{d}{500}\end{aligned}$$

二 实验目的及任务

- 1 了解迈克尔孙干涉仪的结构、原理及调节方法；
- 2 观察光的非定域和定域干涉现象，包括等倾和等厚干涉；
- 3 逐差法测定 He-Ne 激光波长；
- 4 作图法计算空气的折射率。

三 原始数据记录

1

表 1: 测定 $He-Ne$ 激光波长数据

圆环变化数目	0	50	100	150	200	250
M_2 位置读数 (mm)	13.00	13.34	13.66	13.97	14.29	14.63

2

表 2: 测定空气折射率数据

测量次数	$\Delta P(mm\ Hg)$	50	100	150	200	250
1	N	5.0	9.0	13.0	18.5	22.0
2	N	4.0	9.0	14.0	17.0	23.0
3	N	4.5	8.5	13.0	17.5	22.0
N 平均值		4.5	8.8	13.3	17.7	22.3

3 观察等倾和等厚现象，并附现象图。

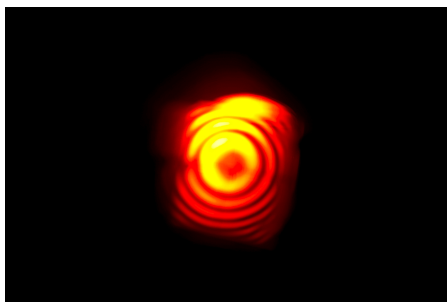


图 1: 等倾干涉

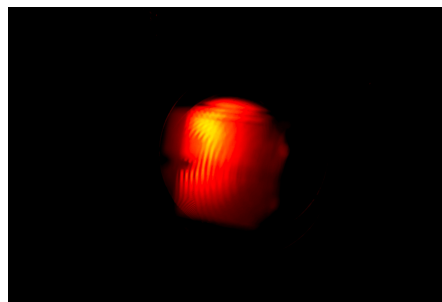


图 2: 等厚干涉

教师	姓名
签字	王亚 3

四 数据处理

1 利用逐差法计算氦-氖激光波长

由光学知识可推导得变化了 k 个环时, 已知测微器变化距离 d , 可根据此式求出波长:

$$k\lambda = 2 \times \frac{d}{20} = \frac{d}{10}$$

利用逐差法计算 $\bar{\lambda}$

$$\bar{\lambda} = \frac{\sum_{i=1}^3 d_{i+3} - d_i}{10 \times 3^2 \times 50} = 642.2 \text{ nm}$$

2 作出条纹变化数 Δn 相对于气压变化 Δp 的曲线, 用图解法计算斜率, 求出空气的折射率。(想想还有什么其他合适的方法, 也可以采用, 不一定非要用图解法)

取 $\Delta n = \bar{N}$ 并使用最小二乘法:

$$\hat{k} = \frac{\sum_{i=0}^5 \Delta n_i \Delta p_i - 6 \bar{\Delta n} \bar{\Delta p}}{\sum_{i=0}^5 \Delta p_i^2 - 6 \bar{\Delta p}^2} = 0.08891428$$

$$\hat{b} = \bar{\Delta n} - \hat{k} \bar{\Delta p} = -0.01422857$$

绘出图像

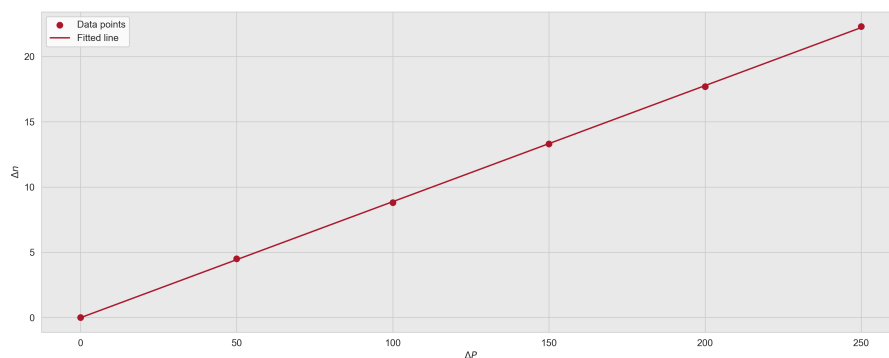


图 3: 拟合直线

空气折射率:

$$n = 1 + \frac{\bar{\lambda} P_{amb}}{2l} \cdot \frac{\Delta n}{\Delta P} = 1 + \frac{\hat{k} \bar{\lambda} P_{amb}}{2l} = 1.0002712$$

3 记录等倾和等厚现象、特点并分析。

等倾条纹的特点是同心圆环，且中间较疏，越向外越密。这是因为同一特定光程差的干涉发生在某距成像中心的特定距离，这自然是圆环。

等厚条纹的特点是平行明暗条纹。定镜、动镜像夹角极小时，可视为其间存在一线性空气薄层，可以发生等厚干涉。

经过仔细调节，可认为成功将动镜反射中心的像成在定镜反射中心处。调节观察位置可得到比较标准的直平行等厚条纹。

五 讨论题

1 归纳非定域干涉和定域干涉的特点。

图片见数据记录页。

对于相干性较差的光源，在调整光路得到干涉条纹的过程中，只能在较小的调节范围（数厘米）内看到清晰的干涉条纹，即定域干涉。需要缓慢地调节出对应的图样。

对于相干性较好的光源，在调整光路得到干涉条纹的过程中，可以在较大的调节范围（数米）内看到清晰的干涉条纹，即非定域干涉。往往不用特意调节就可以产生干涉条纹。

2 迈克尔孙干涉仪所产生的干涉条纹疏密程度是由什么因素决定的？变化规律怎样？

干涉条纹的变化根源在于光程差的改变。当某一点的干涉条纹变得更密时，这是因为该点附近的光程差变化速度加快了。本实验中的压力气室实验正是基于这一原理，增加气压会导致折射率增大，从而使条纹更密集。此外，调整动镜和定镜的角度和高度也会引起条纹密度的变化。这是因为光路的整体变化导致对应点的光程差发生了改变，条纹疏密也大概率会发生变化。

3 说明仪器要设计补偿片的原因。

在半透半反镜和动镜之间放置的补偿板与半透半反镜的厚度相等，并且方向平行。该补偿板的目的是确保透射光和反射光的光程相等。如果没有补偿板，在不考虑多次反射透射的情况下，被半透半反镜反射出的光会经过该半透半反镜片两次，而被半透半反镜透射的光则不会再次穿过该半透半反镜。这将导致两束光的光程相差两倍半透半反镜的光程。为了消除这种误差，需要设计了一个补偿片，如图示。

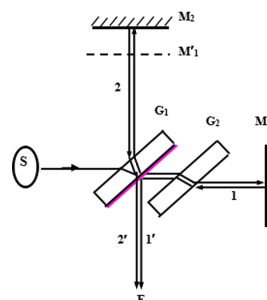


图 4: 光路