

# 天津大学物理实验报告

信息 学院 2013 年级 通信工程 专业 四 班 姓名 刘莉

成绩

9

实验日期: 2015.3.25 学号 3013209272 同组实验者

## 实验题目: 迈克耳孙干涉仪

### 一. 实验目的

- 1) 了解迈克耳孙干涉仪的构造原理和调节使用方法;
- 2) 掌握薄膜的等倾干涉和等厚干涉;
- 3) 掌握如何利用迈克耳孙干涉仪测量光的波长。

### 二. 实验仪器

迈克耳孙干涉仪, 低压钠灯, 白炽灯, 带“+”标志的毛玻璃片。

### 三. 实验原理

#### 1) 等倾干涉环的产生和单色光波长的测量

在图 33-2 的迈克耳孙干涉仪光路中, 当  $M_1$  和  $M_2$  两镜面相互垂直时, 眼睛在 E 处观察到的反射镜  $M_2$  的虚像  $M_2'$  是平行于  $M_1$  的一个对应平面; 而光源 S 的虚像  $S_1$  和  $S_2'$  则可视为两个相干的虚光源 (参见图 33-3), 其中  $S_1$  由  $G_1$  和  $M_1$  反射得来, 而  $S_2'$  由  $G_1$  和  $M_2'$  (等效于  $M_2$ )

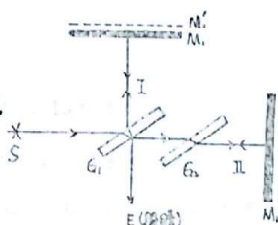
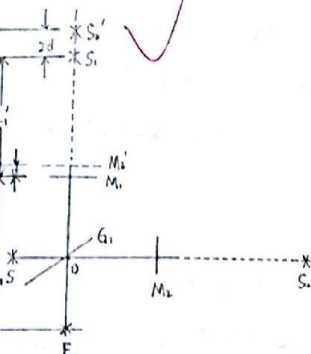


图 33-2 迈克耳孙干涉仪光路

反射得来。若  $M_1$  和  $M_2'$  相距为  $d$ , 则  $S_1$  与  $S_2'$  相距为  $2d$ 。因此, 眼睛在 E 处观察到的干涉现象, 如同来自  $S_1$  和  $S_2'$  两个虚光源的相干光波叠加产生的干涉图样。就扩展光源 (例如钠灯照亮的毛玻璃面 Z, 图 33-4) 而言, 发光面上某点 S 以  $i$  角入射的光, 相当于虚光源上对应点  $S_1$  和  $S_2'$  以  $i$  角发来 = 平行光束的叠加, 其光程差  $\delta = 2d \cos i$  (33-1)

表明当  $d$  一定时, 所有倾角相同的光束具有相同的光程差, 会

聚到透镜, 使平面外的干涉加强与减弱的情况也相同。图 33-3 干涉仪光路中的相干光源



# 天津大学物理实验报告

附 页

所以叫做“等倾干涉”。相同倾角的光束会聚于焦平面以光轴为中心的圆环上, 所以干涉条纹为一系列明暗相间的同心圆环。圆心处所对应的入射角  $i=0$ , 两相干光光程差最大 ( $\delta=2d$ ), 对应的干涉级最高, 从圆心向外级次逐渐降低 (与牛顿环相反)。

当移动平面镜  $M_1$  的位置, 使  $M_1$  与  $M_2'$  的距离逐渐增大时, 干涉环会一个一个“冒”出来; 反之, 当  $d$  减小时, 干涉环会一个一个向中心“缩”进去。每“冒”出或“缩”进一个干涉环, 相应光程差改变了一个波长, 也就是  $M_1$  镜与  $M_2'$  间的距离变化了半个波长。若观察到  $\Delta N$  个干涉环的变化, 则距离  $d$  的变化量

$$\Delta d = \Delta N \cdot \frac{\lambda}{2} \quad (33-2) \quad \text{因而} \quad \lambda = \frac{2\Delta d}{\Delta N} \quad (33-3)$$

实际观察干涉条纹时, 若以人的眼睛取代图 33-4 中的凸透镜, 就能够直接看到干涉环, 这时环心总是在眼睛的光轴上, 因而随眼睛的移动而移动。

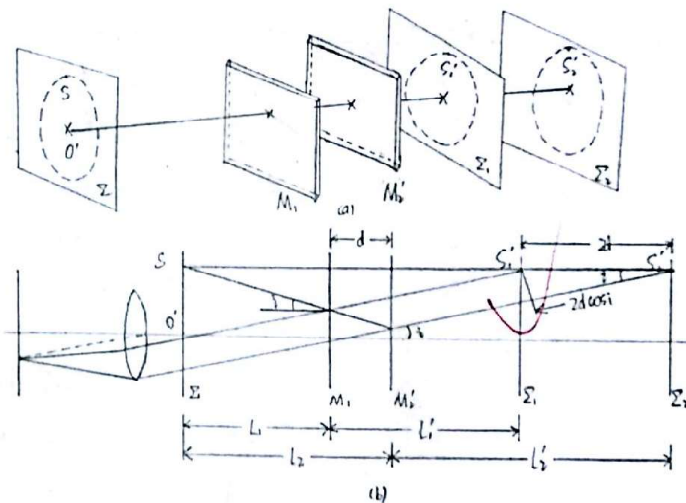


图 33-4 扩展光源干涉条纹的产生

#### 2) 等厚干涉条纹和白光干涉条纹

当  $M_1$  与  $M_2'$  相距很近时, 把  $M_2$  镜稍稍倾斜,  $M_1$  与  $M_2'$  间形成的劈形薄膜在扩展光源照射下 (图 33-5 视为垂直入射), 可形成定位于镜面附近的等厚干涉条纹。由式 (33-1)

$$\delta = 2d \cos i = 2d (1 - \sin^2 i)^{1/2} \approx 2d (1 - \frac{1}{2} i^2) = 2d - d i^2 \quad (33-4)$$

# 天津大学物理实验报告

# 天津大学物理实验报告

附 页

信息学院 2013 年级 通信工程 专业 四 班 姓名 刘南 成绩

实验日期: 2015.3.25 学号 2013200272 同组实验者

## 实验题目: 迈克尔逊干涉仪

若  $M_1$  与  $M_2'$  相交, 交线上  $d=0$ , 所以  $\delta=0$ . 因光程差被  $G$  反射时有相位变化, 所以在交线处产生较暗的直条纹, 即中央条纹. 在交线两侧附近, 因  $d$  很小, 而  $d$  也很小, 故式中的  $d^2$  项可忽略, 于是有  $\delta=2d$  (33-5) 所以, 产生的近似直条纹与中央条纹平行. 离交线较远处因  $d^2$  项的影响增大, 条纹发生弯曲, 凸向中央条纹.

由于干涉条纹的明暗取决于光程差  $\delta$  与光源波长  $\lambda$  之间的关系, 故若用白光光源, 各种波长的光产生的干涉条纹明暗互相重叠, 各色光在中央暗条纹两侧展开, 产生多种混合色, 组成彩色条纹, 而在较高级的干涉级, 几乎每点都有各种颜色的光出现, 基本上合成白色, 所以白光干涉条纹每侧只可见不多的几条.

## 四. 实验步骤

### 1) 观察等倾干涉条纹

- 1) 点亮带有毛玻璃窗的钠灯, 使毛玻璃片与干涉仪的分束器等高, 并正对反射镜  $M_2$ .
- 2) 检查固定镜  $M_2$  后的 3 个调节螺钉以及两个微调拉簧螺钉, 使其松紧适中, 留有双向调节余量.
- 3) 调节粗调手轮, 使两个反射镜与分束器的距离大致相等. 这时视场中将出现经  $M_1$  镜和  $M_2$  镜反射的两组毛玻璃上的“+”字影像, 调节固定镜  $M_2$  后的调节螺钉, 使视场中的两组“+”字影像重合, 直至视场中出视干涉条纹. 若条纹很模糊, 或者看不到干涉条纹, 可转动粗调手轮约半圈, 再重新调节两组“+”字影像重合 (实验室已将镜  $M_1$  的螺钉不许动了). 调出干涉条纹后, 再用两个拉簧螺钉仔细地调节  $M_2$  镜的方位, 把干涉条纹调成圆形, 环的中心调至视场中央. 直到眼睛上下、左右移动时, 环内条纹明暗无明显变化, 此时  $M_2$  与  $M_1$  即达到完全平行.

### 2) 测量钠黄光的波长

- 1) 转动微调手轮, 观察干涉环的“冒”或“缩”视场, 直至出现清晰的干涉环. 调节微调手轮零点.
- 2) 轻轻转动微调手轮 (与调零点时间方向), 每冒出 (或缩进) 50 个环读一次  $M_2$  镜的位置. 按数据处理示例的表格记录数据, 用逐差法计算  $\Delta d$ , 根据式 (33-3) 计算钠黄光的波长, 并计算不确定度.

## 3) 观察等厚和白光干涉条纹

慢慢转动粗调手轮, 使圆条纹逐渐缩小入圆心. 直到视场内条纹极入, 即  $M_1$  与  $M_2'$  已十分靠近时, 调节  $M_2$  镜的拉簧螺丝, 使二者垂直相交, 转动粗调手轮, 使圆条纹向圆心方向移动. 即逐渐出现直条纹就是等厚条纹. 然后加入白炽灯照明毛玻璃, 继续缓慢地转动微调手轮, 即可见彩色条纹出现. 此时挡住的光, 容易辨认中央条纹. 请你描述干涉条纹的形状和厚薄色分布特点.

## 五. 数据处理

### 1) 测量钠黄光波长原始数据

表 1. 钠黄光波长数据.

干涉环变化数 $N$	0	50	100
$M_2$ 镜的位置 $d_1/\text{mm}$	34.23000	34.24481	34.25951
干涉环变化数 $N_2$	150	200	250
$M_2$ 镜的位置 $d_2/\text{mm}$	34.27431	34.28914	34.30392
$\Delta N = N_2 - N_1$	150	150	150
$\Delta d =  d_2 - d_1 /\text{mm}$	0.04431	0.04433	0.04435
$\lambda = \frac{2\Delta d}{\Delta N} (\times 10^6)/\text{nm}$	591.60	591.07	591.33
$\lambda/\text{nm}$	591.33		

波长测量的不确定度:

$$\textcircled{1} \text{ A类不确定度: } U_A = t_{0.68} \cdot S_{\bar{\lambda}} = t_{0.68} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{3 \times 2}} = 1.32 \times 0.153 = 0.202 (\text{nm})$$

$$\textcircled{2} \text{ B类不确定度: } U_B = \frac{\Delta}{\sqrt{3}} = \frac{1 \times 10^{-4}}{\sqrt{3}} = 0.770 (\text{nm})$$

$$\therefore \text{ 波长的不确定度 } U = \sqrt{U_A^2 + U_B^2} = 0.80 (\text{nm}) \quad (P=68.3\%)$$

$$\therefore \text{ 波长的测量结果: } \lambda = (591.33 \pm 0.80) \text{ nm} \quad (P=68.3\%)$$

### 2) 观察等厚和白光干涉条纹

白光干涉条纹呈紫线分布. 中央条纹为白色, 两边对称. 从左至右依次是红、黄、蓝 (根据实验室实验板而写)





( ) 作业纸

系别 信息 班级 通信四班 姓名 刘莉 第 3013204372 页

干涉环变化数 $N_1$	0	50	100
$M_1$ 镜的位置 $d_1/\text{mm}$	34.23000	34.24481	34.25957
干涉环变化数 $N_2$	150	200	250
$M_2$ 镜的位置 $d_2/\text{mm}$	34.27437	34.28914	34.30392
$\Delta N = N_2 - N_1$	150	150	150
$\Delta d =  d_2 - d_1 /\text{mm}$	0.04437	0.04433	0.04435
$\lambda = \frac{2\Delta d}{\Delta N} (\times 10^6)/\text{nm}$	591.60	591.07	591.33
$\bar{\lambda}/\text{nm}$	591.33		

0 34.23000

50 34.24481

100 34.25957

150 34.27437

200 34.28914

250 34.30392

3.25  
7.81