

级数箱: 004

## 天津大学物理实验报告

机械学院 2017 年级 机械专业 4 班 姓名 王祥 成绩 90

实验日期: 学号 2017201174 同组实验者

### 实验题目: 等厚干涉 ①

#### 一、实验目的

1. 了解等厚干涉的应用
2. 掌握利用显微镜的使用方法

#### 二、实验仪器设备

牛顿环仪, 测微显微镜, 低压钠灯, 平行平面玻璃两块及待测薄片

#### 三、实验原理

1. 利用牛顿环测凸透镜的球面半径

一个曲率半径很大的平凸透镜, 以其凸面朝下, 放在一块平面玻璃板上 (图 39-1), 二者之间形成从中心向周边逐渐增厚的空气膜。若对透镜垂直投射单色平行光, 则空气膜下表面与上表面反射的光就会在空气膜上表面附近相遇而干涉, 出现以玻璃接触点为中心的一系列明暗相间的圆环, 即牛顿环。

设透镜曲率半径为  $R$ , 与接触点  $O$  相距  $r$  处的膜厚为  $d$ , 则

$$r^2 = d(2R - d) = 2Rd - d^2$$

因  $R \gg d$ , 所以  $d^2$  可略去, 得:

$$d = \frac{r^2}{2R} \quad (39-1)$$

光线垂直入射几何光程差为  $2d$ , 还要考虑光波在平面玻璃上反射会有半波损失, 从而带来  $\lambda/2$  的附加光程差, 所以总光程差为

$$\delta = 2d + \lambda/2 \quad (39-2)$$

产生干涉的条件是

$$\delta = (2m+1)\lambda/2, \quad m=0,1,2,\dots \quad (39-3)$$

其中  $m$  为干涉级, 综合以上三式, 第  $m$  级暗环半径为

$$r_m = \sqrt{mR\lambda} \quad (39-4)$$

实际上, 由于两镜面接触点之间难免存在细微的尘埃, 使光程差

# 天津大学物理实验报告

附 页

产生难以确定的变化,中央暗点,可变为亮点,或若明若暗;再者,接触压力引起的玻璃形变会使接触点扩大成一个接触面,以致接近圆心处的干涉条纹也是宽阔而模糊的,这就给 $m$ 带来了某种程度的不确定性。根据式(39-4),并用直径 $d_m$ 代入,可得  $d_m^2$

$$d_m^2 = 4mR\lambda, d_n^2 = 4nR\lambda$$

两式相减,可求得

$$R = \frac{d_m^2 - d_n^2}{4(m-n)\lambda} \quad (39-5)$$

因 $m$ 和 $n$ 有着相同的不确定度,利用 $m-n$ 这一相对性测量,恰好消除了由绝对值测量的不确定度性带来的误差。另外,在测量时直径 $d$ 往往是弦长,可以证明,用弦长代替直径其测量结果不变。

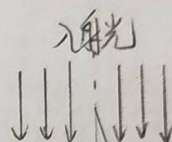


图 39-

## 2. 利用劈形膜干涉测薄片厚度

在叠合的两块平板玻璃的一端夹一薄片,即构成空气的劈形膜(见图39-2)。在单色光垂直照射下,可见空气膜上形成平行于两块玻璃面交线的等距干涉条纹。据式(39-2)形成暗条纹的条件为

$$2d + \lambda/2 = (2k+1)\frac{\lambda}{2}, k=0,1,2,3,\dots \quad (39-6)$$

与级条纹对应的空气膜厚度为

$$d = k \cdot \frac{\lambda}{2} \quad (39-7)$$

设薄片的厚度为 $t$ ,从劈形膜尖端到 $k$ 级暗纹和薄片端面的距离分别为 $a$ 和 $l$ ,可知相邻暗纹的间距

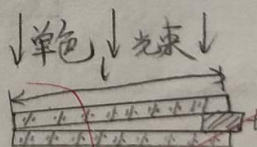
$$\Delta x = \frac{\lambda}{2} \quad (39-8)$$

现有

$$\frac{a}{t} = \frac{l}{t} \quad (39-9)$$

将式(39-7)和式(39-8)代入(39-9)得:

$$t = \frac{l}{\Delta x} \cdot \frac{\lambda}{2} \quad (39-10)$$





# 天津大学物理实验报告

机械学院 2017 年级 机械专业 4 班 姓名 王祥 成绩 \_\_\_\_\_

实验日期: \_\_\_\_\_ 学号 2017201174 同组实验者 \_\_\_\_\_

实验题目: 等厚干涉 ②

## 四. 实验步骤

### 1. 调节仪器

(1) 目视调节: 在白光下观察牛顿环仪可以看到很小的彩色干涉环, 轻轻调节圆形框架下面的 3 个调节螺丝, 使环中心大致固定在牛顿环仪中心。注意不要拧得过紧以免干涉条纹变形或光学玻璃破裂。

(2) 使显微镜筒居主尺中间, 镜筒下 45° 反射玻璃对准光源。

(3) 将牛顿环仪置于显微镜筒下方的载物台上, 使钠黄光经牛顿环反射进入显微镜视场。

(4) 转动目镜对十字叉丝聚焦, 并使一根叉丝与镜筒移动方向平行, 再转动显微镜的调焦手轮将牛顿环聚焦并消除误差。

(5) 移动牛顿环装置让牛顿环圆也位于视场中心, 移动显微镜筒检查环心左右是否均能看清 70 条以上的干涉环。

### 2. 测量平凸透镜的曲率半径

由于螺旋副间隙会带来的视显微镜在改变移动方向时的空程误差, 测量时必须单方向转动显微镜的读数鼓轮读取数据。具体转动由取向由鼓轮上的零点与直尺的示值的配合情况决定。例如先从中心向一侧移动镜筒同时默数叉丝扫过的环数, 到 55 环后反方向移动, 记下 50~44 环以及 25~16 环范围内的每一环的位置  $L_m$  和  $L_n$ , 再继续移向环心另一侧, 记下 16~25 和 41~50 各环的位置读数  $L'_m$  和  $L'_n$ , 计算  $d_m = L_m - L'_m$  和  $d_n = L_n - L'_n$ , 各牛顿环的直径 (可能是弦长) 求曲率半径  $R = \frac{d_m^2}{4\lambda}$ , 并计算平均值及其不确定度。

### 3. 薄膜厚度的测量

## 天津大学物理实验报告

附 页

将劈形膜某置于移测显微镜的载物台上,观察劈形膜干涉现象,使待测薄片的直边与干涉条纹平行.由劈开膜两个位置的相对位置测得 $l$ ,量出20个暗条纹的总间距,代入式(39-10),计算膜厚 $d$ .

## 四、五、数据表格与数据处理

### (一) 牛頓環

$$\lambda = 89.3 \text{ nm}$$

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
环数 $M$	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41
$L_m$ / mm (左)	30.773	30.720	30.660	30.600	30.550	30.481	30.428	30.365	30.300	30.230
$L_n$ / mm (右)	19.395	19.475	19.540	19.620	19.670	19.750	19.480	19.550	19.620	19.690
$d_m = L_m - L_n$ (mm)	11.378	11.245	11.12	10.98	10.88	10.731	10.948	10.815	10.680	10.54
环数 $N$	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
$L_n$ / mm (左)	29.080	29.015	28.930	28.885	28.770	28.680	28.585	28.495	28.405	28.300
$L_n'$ / mm (右)	20.795	20.860	20.935	21.015	21.105	21.200	21.300	21.375	21.465	21.560
$d_n = L_n - L_n'$ (mm)	8.285	8.155	7.995	7.83	7.665	7.48	7.285	7.12	6.94	6.74
$\overline{d_m^2} - \overline{d_n^2}$ (mm <sup>2</sup> )	60.82	59.95	59.73	59.25	59.62	59.20	66.79	66.27	65.90	65.66
$R = \frac{\overline{d_m^2} - \overline{d_n^2}}{4(m-n)\lambda}$ (m)	1.032	<del>1.011</del>	1.014	1.005	1.012	1.005	1.133	1.125	1.118	1.114
$\overline{R} = \frac{R + R_1 + \dots + R_n}{10}$ (m)	1.058									

$$u_A = 0.95 \sqrt{\frac{\sum (R_i - \bar{R})^2}{n(n-1)}} \text{ (m)}$$

(不确定度计算)

$$u_R \approx u_A$$

$$U_R \approx U_A$$

$$R = \bar{R} \pm u_R \text{ (m)}$$

$$U_R = \frac{U_R}{R} \times 100\%$$

(相对不确定度)

0.017

置信概无种

0.95

$$1.058 \pm 0.017$$

1.6%

## 天津大学物理实验报告

机械学院 2017 年级 机械专业 4 班 姓名 王祥 成绩

实验日期: 学号 3017201174 同组实验者

实验题目: 等厚干涉②

(二) 薄膜厚度

$$L = 34.480 - 15.535 = 18.945 \text{ mm}$$

$$x = 28.210 - 24.195 = 4.015 \text{ mm}$$

$$\Delta x = \frac{x}{20} = 0.201 \text{ mm}$$

$$\text{故 } t = \frac{L}{\Delta x} \cdot \frac{\lambda}{2} = 0.026 \text{ mm}$$