

[预习重点]

1. 牛顿环产生的原理、曲率半径测量公式的解释
2. 了解对实验装置的调整要求和如何进行测量

[实验目的]

1. 了解等厚干涉的应用
2. 掌握移测显微镜的使用方法

[实验仪器]

牛顿环仪, 移测显微镜, 低压钠灯, 平行平面环玻璃两块及待测薄片

[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, 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, 则空气膜下缘面与上缘面反射的光就会在空气膜上缘面附近相遇而干涉, 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

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

因为 $R \gg d$, 所以 d^2 可略去, 得

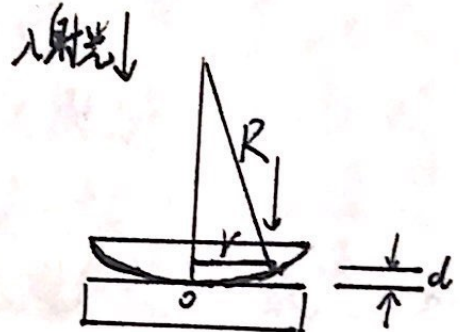
$$d = \frac{r^2}{2R}$$

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

$$\delta = 2d + \frac{\lambda}{2}$$

产生暗环的条件是

$$\delta = (2m+1)\frac{\lambda}{2}, \quad m=0, 1, 2, \dots$$



其中 m 为干涉级, 综合以上三式, 第 m 级暗环半径为

$$r_m = \sqrt{mR\lambda}$$

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, 以致接近圆心的干涉条纹也是宽阔而模糊的, 这就给 m 带来某种程度的不确定性, 根据式 (39-4), 并用直径 d_m 代入, 可得

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

两式相减, 可求得

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

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测量的不确定性带来的误差, 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

教师签字:

年 月 日

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。在单色光垂直照射下，可见空气膜上形成平行于两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

$$\delta = 2d + \frac{\lambda}{2} = (2k+1) \frac{\lambda}{2}, \quad k=0, 1, 2, \dots$$

与 k 级暗条纹对应的空气膜厚度为

$$d = k \frac{\lambda}{2}$$

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 x 和 l ，可知相邻暗条纹的间距

$$\Delta x = \frac{\lambda}{2}$$

于是有

$$\frac{d}{x} = \frac{t}{l}$$

将式(39-7)和式(39-8)代入式(39-9)得

$$t = \frac{l}{\Delta x} \cdot \frac{\lambda}{2}$$

[实验内容及要求]

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，轻微调节圆形框架上面的3个调节螺丝，使

天津大学本科实验报告专用纸

不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) 使显微镜筒居主尺中间, 将牛顿环仪置于显微镜筒下方的载物台上, 使钠黄光经牛顿环仪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对牛顿环聚焦并且消除视差

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

2. 测量平凸透镜的曲率半径

由于螺旋线间隙会带来的移测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, 具体转动取向由鼓轮上的零点与直尺示值的配合情况决定。例如, 先从中向一侧移动镜筒, 同时默数叉丝扫过的环数到 5 环后反向移动, 记下 50~41 环以及 25~16 环范围内每一环的位置 L_m 和 L_n , 再继续移至环另一侧, 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 $R = \frac{d_m^2 - d_n^2}{4(m-n)\lambda}$, 并计算平均值及其不确定度。

3. 薄膜厚度的测量

将劈形膜装置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

教师签字:

年 月 日

实验题目: 等厚干涉

由劈形膜两个波源的相对位置测得 L , 量出 20 个暗条纹的间距, 代入计算膜厚 e .

[实验数据]

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
读数 m	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41
$L_{左}$	33.750	33.700	33.630	33.570	33.502	33.484	33.371	33.302	33.237	33.158
$L_{右}$	18.852	18.918	18.988	19.035	19.120	19.170	19.250	19.323	19.391	19.461

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
读数 n	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
$L_{左}$	31.948	31.870	31.779	31.692	31.600	31.518	31.418	31.326	31.239	31.130
$L_{右}$	20.910	21.000	21.092	21.199	21.290	21.382	21.480	21.578	21.691	21.808

薄膜厚度测量

$$L_{左} = 32.495 \text{ mm}$$

$$L_{右} = 15.049 \text{ mm}$$

$$X_{左} = 20.110 \text{ mm}$$

$$X_{右} = 16.133 \text{ mm}$$

$$\lambda = 589.3 \text{ nm}$$

[数据处理]

序数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_m / mm	14.898	14.782	14.642	14.535	14.382	14.264	14.121	13.979	13.846	13.697
d_n / mm	11.038	10.870	10.687	10.493	10.310	10.136	9.938	9.748	9.539	9.322
$d_m^2 - d_n^2 / \text{mm}^2$	100.11	100.35	100.18	101.16	100.55	100.72	100.64	100.39	100.72	100.71
R / m	1.699	1.703	1.700	1.717	1.706	1.709	1.708	1.704	1.709	1.709
\bar{R} / m	1.7064									
μ_R / m	0.0017									

~~$\mu_R \approx \mu_A$~~ ; $R = \bar{R} \pm \mu_R = 1.7064 \pm 0.0017 \text{ m}$ or 1.706 ± 0.002

$$\mu_R = \frac{\mu_R}{\bar{R}} \times 100\% = 0.097\%$$

薄膜厚度:

$$l = l_{\text{左}} - l_{\text{右}} = 17.446 \text{ mm}$$

$$\Delta x = x_{\text{左}} - x_{\text{右}} = 3.977 \text{ mm}$$

$$t = \frac{l}{\Delta x} \cdot \frac{\lambda}{2} = 74.0885 \text{ nm}$$

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	33.750	33.700	33.630	33.570	33.502	33.434	33.371	33.302	33.237	33.158
L'_m / mm 右	18.852	18.918	18.988	19.035	19.120	19.170	19.250	19.323	19.391	19.461
$d_m = L_m - L'_m$	14.898	14.782	14.642	14.535	14.382	14.264	14.121	13.979	13.846	13.697
环数 N	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
L_n / mm 左	31.948	31.870	31.779	31.692	31.600	31.518	31.418	31.326	31.230	31.130
L'_n / mm 右	20.910	21.000	21.092	21.199	21.290	21.382	21.480	21.578	21.691	21.808
$d_n = L_n - L'_n$	11.038	10.870	10.687	10.493	10.310	10.136	9.938	9.748	9.539	9.322
$d_m^2 - d_n^2$	100.11	100.35	100.18	101.16	100.55	100.72	100.64	100.39	100.72	100.71
$R = \frac{d_m^2 - d_n^2}{4(m-n)\lambda}$	0.001699	1.703	1.700	1.717	1.706	1.709	1.708	1.704	1.709	1.709
(m)										
$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{10}$										1.7064
$\mu_R = \sqrt{\frac{\sum (R_i - \bar{R})^2}{n(n-1)}}$										0.0017
$\mu_R \approx \mu_R$										置信区间 P 0.95
$R = \bar{R} \pm \mu_R$										$1.7064 \pm 0.0017 \text{ m}$
$\mu_r = \frac{\mu_R}{\bar{R}} \times 100\%$										0.097%

$$l_{\text{左}} = 32.495$$

$$l_{\text{右}} = 15.049$$

$$l = 17.446$$

$$\chi_{\text{左}} = 20.110$$

$$\chi_{\text{右}} = 16.133$$

$$\chi = 3.977$$

$$\lambda = 589.3 \text{ nm}$$

$$t = \frac{l}{\Delta x} \cdot \frac{\lambda}{2} = 74.0885$$

26
209.312