

【实验目的】

1. 理解牛顿圈和尖劈干涉条纹的成因与等厚干涉的含义。
2. 学习用等厚干涉法测量球面曲率半径和薄膜厚度。
3. 学会使用读数显微镜。

【实验原理】（电学、光学画出原理图）

1. 牛顿圈

将一束单色光垂直地投射上去，于是入射光在空气层上下两表面反射且在上表面产生干涉，而这两束光的光程差为： $\delta = 2en + \frac{\lambda}{2}$ 。其中 n 为空气的折射率近似为 1， $\frac{\lambda}{2}$ 项是由于光从光疏介质到光密介质交界面上反射时发生“半波损失”所引起的。

满足明、暗圈的干涉条件分别为：

$$\delta = 2e + \frac{\lambda}{2} = k\lambda \quad (k=1, 2, 3, \dots); \quad \delta = 2e + \frac{\lambda}{2} = (2k+1) \cdot \frac{\lambda}{2} \quad (k=0, 1, 2, \dots)$$

由上图可知： $R^2 = r^2 + (R-e)^2$ 即 $r^2 = 2eR - e^2$ $\because R \gg e \therefore e = \frac{r^2}{2R}$

$$\Rightarrow \begin{cases} r^2 = (2k-1)R \cdot \frac{\lambda}{2} \text{ (明圈)} \\ r^2 = k\lambda R \text{ (暗圈)} \end{cases} \quad \text{但由于接触点、脏物等因素，} a \text{ 为脏物线条：}$$

$$2(e+a) + \frac{\lambda}{2} = (2k+1) \cdot \frac{\lambda}{2} \quad \frac{r_m^2 - r_n^2}{(m-n)\lambda} = \frac{d_m^2 - d_n^2}{4(m-n)\lambda}$$

$$\Rightarrow r_m^2 = m\lambda R - 2Ra, \quad r_n^2 = n\lambda R - 2Ra \Rightarrow R = \frac{r_m^2 - r_n^2}{(m-n)\lambda} = \frac{d_m^2 - d_n^2}{4(m-n)\lambda}$$

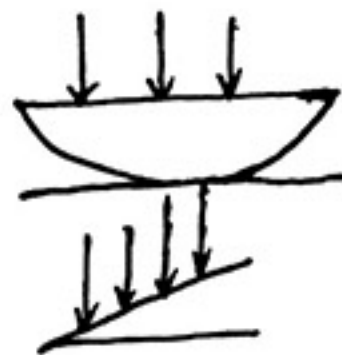
2. 尖劈

两片很平的玻璃叠合在一起，并在其一端垫入薄片，单色光来垂直照射下，经薄膜上、下表面反射回后两束反射光在薄膜上表面附近相遇产生干涉。相邻两明条（或暗条）厚度差为 $\frac{\lambda}{2}$ 。劈尖到待测薄膜厚度为 e 的地方的距离为 L ，这段中明条纹或暗条纹数为 N ，则有

$$e = N \cdot \frac{\lambda}{2}, \text{ 从而 } N = nL$$

$\therefore n$ 为单位长度上的明条或暗条的数量，

$$\text{故 } e = nL \cdot \frac{\lambda}{2}$$



【实验内容】（重点说明）

1. 利用牛顿圈测量透镜曲面的曲率半径：

(1) 开亮钠灯，调节玻片使显微镜中可以看到较强黄光。

(2) 调节显微镜致清晰看到牛顿圈，然后转动装置木盒，使叉丝与牛顿圈相切，旋转手轮 N 使镜筒往一个方向移动，右移到第17圈然后左移到12圈开始测量读数，每圈一读，至第3圈，继续读左移通过中心，从第3~12圈记下读数，算出牛顿圈直径，最后根据直径公式求出牛顿圈的曲率半径。

2. 测量薄片厚度

(1) 将材料放于显微镜平台，正对显微镜下方，调节反光玻片，致能看到较强黄光。

(2) 将尖劈置于观察台上，调节显微镜看到清晰的干涉条纹。

(3) 测量干涉条纹的线密度 n 和劈尖到待测薄膜边缘间的距离 L （测量次数不小于6次），设计表格并将数据计入。

【实验器材及注意事项】

实验器材：读数显微镜、平凸透镜与平板玻璃组成的牛顿圈装置、两块叠在一起的平板玻璃组成的劈尖装置、单色光源（钠灯）

- 注意事项：
1. 钠光灯开关后需等数分钟之后才会发出的强的黄光。每开关一次对灯的寿命很有影响，因此不得随意开关灯，且在钠灯开亮时应垂直放置，不得受冲击或颠倒摇动。
 2. 读数过程中，显微镜手轮只能顺一个方向转动，不能倒退，否则全部重读。
 3. 挡光玻片中方向的 45° 倾斜把光往下照射，使显微镜中看到较强黄光。
 4. 测量尖劈实验中 L 时，要从最右边第一条条纹测量到最左边第一条条纹。
 5. 尖劈实验干涉条纹倾斜，则必须校正。牛顿圈看不到，则拿四个面组合必有一对组合是正确的。
 6. 讲卫生。实验结束后整理好仪器和桌面。

【数据处理与结果】

a. 利用牛顿圈测量透镜曲面的曲率半径 R . 钠光波长 $\lambda = 589.3 \text{ nm}$

读数圈数	标尺读数		第 n 圈直径 (mm)	直径平方 $d^2(\text{mm}^2)$	相隔五圈直径 平方数之差	$R=(\text{m})$
	左(mm)	右(mm)				
10	22.638	27.908	5.270	27.773	12.218	1.037
9	22.753	27.788	5.035	25.351	12.361	1.049
8	22.878	27.659	4.781	22.858	12.161	1.032
7	22.995	27.530	4.535	20.566	12.358	1.049
6	23.119	27.402	4.283	18.344	12.641	1.073
5	23.291	27.235	3.944	15.555		
4	23.455	27.059	3.604	12.989		
3	23.620	26.890	3.270	10.693		
2	23.820	26.685	2.865	8.208		
1	24.082	26.420	2.338	5.703		

$R = \frac{\sum R_n}{n} = 1.048 (\text{m})$; 标准差 $S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (R_k - \bar{R})^2} = 1.91 \times 10^{-2} \text{ mm} = 1.584 \times 10^{-2} \text{ mm}$
 故 $\mu_A = \frac{S}{\sqrt{n}} = 7.085 \times 10^{-3} \text{ mm}$; $\mu_B = \pm 0.004 \text{ mm}$; $\mu = \sqrt{\mu_A^2 + \mu_B^2} = 8.136 \times 10^{-3} \text{ mm} \approx 0.008 \text{ mm}$
 故 $R = (1.048 \pm 0.008) \text{ m}$

b. 测量薄片厚度

条纹条数	标尺读数		逐差(n=10) (mm)	线密度 mm (1/mm)	第 n 次测 量 L	L (mm)
	小	大				
10(20)	26.988	26.575	4.642	2.154	1	43.750
9(19)	26.888	26.058	4.740	2.110		
8(18)	26.610	25.555	4.945	2.022		
7(17)	19.968	24.992	5.024	1.990	2	43.944
6(16)	19.281	24.458	5.177	1.932	3	43.982
5(15)	18.567	23.905	5.338	1.873	4	43.812
4(14)	18.031	23.345	5.314	1.882	5	43.733
3(13)	17.411	22.761	5.350	1.869		
2(12)	16.813	22.221	5.408	1.849		
1(11)	16.257	21.581	5.324	1.878	6	43.823

$\bar{n} = \frac{1}{10} \sum n_i = 1.958 (\text{个/mm})$ $\bar{L} = 43.841 (\text{mm})$ $\bar{N} = \bar{n} \bar{L} = 85.749$

标准 $\Rightarrow \bar{e} = \frac{\lambda}{\bar{n} \bar{L}} = 2.527 \times 10^{-5} (\text{m})$

L 的平均方差为: $u_L = 0.198 \text{ mm}$ B类不确定度为: 0.005 mm
 故按 0.07 ± 0.002 的修正系数计算 $u_L(\text{修正}) = 1.386 \times 10^{-3} \text{ mm}$
 故 $e = 2.527 \times 10^{-5} \pm 0.002 \times 10^{-5} = 2.527 \pm 0.002 (2.527 \pm 0.002) \times 10^{-5} (\text{m})$

【误差分析】

1. 由于我实验室中使用的显微镜的校准度十分低读数的准确度不敢恭维
2. 由于显微镜类似于螺旋测微器的主尺和螺旋尺刻度的对应不上导致我记录数据时mm测量有误差部分有误差, 回来做报告的时候又改了一下比较符合预期。(由于确实是当时记数据的时候都在犹豫是向上记还是向下记的问题)
3. 眼十字刻度与边缘相切时由于眼睛疲劳等因素读数不准
4. 待测物体精度不佳(如本身就有污点, 且申尼龙纸厚度有凹凸等)
5. 视觉疲劳等等。

【实验心得及思考题】

实验心得: 个人感觉吧, 我的整个实验进行的得不是特别顺利, 比如显微镜无论怎么调整也无法获得清晰明了的光线图像。

对于光学实验, 对于精度的要求比较高, 在做实验的时候一是要保持足够锐利的眼神, 二是对数据的敏感预其度时刻有一个度, 再次是对于实验仪器的熟悉, 仪器的精密程度也十分重要。

- 思考题:
1. 找物象是调节镜筒, 单向读数可以消除丝杆和丝帽之间的误差
 2. 由于牛顿圈切平面的倾斜角度越来越大, 故由最开始的 0° 不断上升, 故条纹越来越密集(0° 时无法看到 $\rightarrow 90^\circ$ 集中到只有一条或没有)
 3. 可以. 相位不同, 相差 π .
 4. 由空气层上表面和下表面两交界处反射光干涉产生。当然是相干光, 且同一频率不同相位。不是相干光不能产生稳定干涉图样。

【数据记录及草表】

牛顿圈:

10	27.908	10	22.638
9	27.788	9	22.753
8	27.659	8	22.878
7	27.530	7	22.995
6	27.402	6	23.119
5	27.235	5	23.291
4	27.059	4	23.455
3	26.890	3	23.620
2	26.685	2	23.820
1	26.420	1	24.082

尖臂: ϕ

1	16.257	11	24.581
2	16.813	12	24.221
3	17.411	13	24.761
4	18.013	14	24.345
5	18.567	15	24.905
6	19.281	16	24.458
7	19.968	17	24.992
8	20.610	18	25.555
9	21.338	19	25.058
10	21.935	20	25.575

总长: ① 6.210 ~ 49.950 (43.750)
 ② 4.181 ~ 48.125 (43.944)
 ③ 2.543 ~ 46.425 (43.982)
 ④ 5.533 ~ 49.345 (43.812)
 ⑤ 5.437 ~ 49.270 (43.733)
 ⑥ 6.034 ~ 49.857 (43.823)

教师签字: 李静