

内蒙古工业大学物理实验报告

姓名	杨昊泽	班级	材20-2班	教师签字	20.9
学号	202010401061	组别		成绩	
日期	2021.9.17	题目	等厚干涉		

[实验目的]

1. 观察研究等厚干涉现象
2. 利用等厚干涉测量微小厚度和凸透镜曲率半径
3. 学习逐差法处理数据

[实验仪器]

测量显微镜 牛顿环仪
透射式牛顿环实验装置 待测薄片一片(复写纸)
钠光灯 光学平板玻璃两块

[实验步骤]

一、测薄片厚度

1. 将被测薄片夹在两个平板之间,置于测量显微镜载物台上
2. 点燃钠光灯,调节增设的45°采光玻璃,从目镜中观察干涉条纹
3. 抽样测出条纹的密度,算出N值
4. 测出条纹存在的总区间长度L,在两端及中部各测20对明暗条纹的宽度,记录相应数据

二、测平凸透镜曲率半径

1. 在白光下观察干涉图样并把接触点调到中心
2. 把牛顿环仪置于测量显微镜载物台上,观察干涉条纹的特征
3. 调节显微镜,使在X方向行程内能观察到约30个暗环的两侧,且环心始终能沿横叉丝运动
4. 测 $m=25, 24, 23, 22, 21$ 暗环及 $n=10, 9, 8, 7, 6$ 暗环的直径,记录相应数据

[实验原理概述]

若两束反射光在相遇时的光程差取决于产生反射光的薄膜厚度,则同一干涉条纹上各点所对应的薄膜厚度相同,这就是等厚干涉。

一、用劈形膜测微小厚度

当用单色光垂直照射时,其光程差为:

$$\delta = 2e + \frac{1}{2}\lambda \text{ (反射) 或 } \delta = 2e \text{ (透射)}$$

式中 e 为入射点薄膜的厚度, λ 为入射光波长

当 $\delta = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$, $k=0, 1, 2, \dots$
是相消干涉,呈暗条纹;当

$$\delta = k\lambda, k=1, 2, \dots$$

是相长干涉,呈明条纹

联立两式,得被测厚度为: $d = N\frac{\lambda}{2}$

若入射光波长 λ 已知,则数出N即可求得 d

二、用牛顿环测平凸透镜的曲率半径

由图可知: $R^2 = r^2 + (R-e)^2$

化简并略去 e^2 ,得: $e = \frac{r^2}{2R}$

代入光程差公式并与相消干涉条件联立,

得: $r_m^2 = kR\lambda$ (反射) 或 $r_m^2 = (k+1/2)R\lambda$ (透射)

设附加厚度为 $\pm\alpha$,由相消干涉条件

$$\delta = 2(e \pm \alpha) + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \text{ (反射) 或}$$

$$\delta = 2(e \pm \alpha) = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \text{ (透射)}$$

得 $e = k\frac{\lambda}{2} \pm \alpha$ (反射) 或 $e = (k+1/2)\frac{\lambda}{2} \pm \alpha$ (透射)

将 $e = \frac{r^2}{2R}$ 代入,得

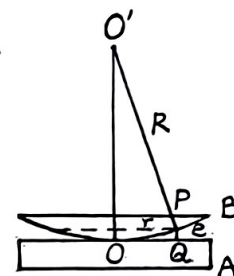
$$r^2 = kR\lambda \pm 2R\alpha \text{ (反射) 或 } r^2 = (k+1/2)R\lambda \pm 2R\alpha \text{ (透射)}$$

消去附加项,得

$$r_m^2 - r_n^2 = (m-n)R\lambda$$

用易于测量的直径取代,得

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



[实验数据记录]

劈尖干涉数据

	L	l_1	l_2	l_3
x_1	1.373	1.373	5.073	10.473
x_2	38.110	5.073	10.473	14.805
$ x_1 - x_2 $	36.737	3.700	5.400	4.332

牛顿环干涉数据

m		25	24	23	22	21	
读数/mm	x_1	19.170	19.206	19.351	19.481	19.691	
	x_2	31.497	31.322	31.190	30.982	30.852	
d_m/mm		12.327	12.116	11.839	11.501	11.161	
d_m^2/mm^2		151.95	146.80	140.16	132.27	124.57	
n		10	9	8	7	6	
读数(mm)	x_1	21.173	21.338	21.502	21.671	21.846	
	x_2	29.430	29.252	29.110	28.937	28.760	
d_n/mm		8.257	7.914	7.608	7.266	6.914	
d_n^2/mm^2		68.18	62.63	57.88	52.79	47.80	平均值
$d_m^2 - d_n^2/\text{mm}^2$		83.77	84.17	82.28	79.48	76.77	81.294

[数据处理及结果表达]

一. 用劈尖干涉测量薄纸厚度

$$\text{条纹密度} = (l_1 + l_2 + l_3) / (20 \times 3) = 0.224$$

$$N = L / 0.224 = 164.00$$

则复写纸厚度为:

$$d = N \frac{\lambda}{2} = 0.048 \text{ mm}$$

复写纸的厚度约为 0.048 mm

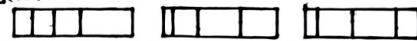
二. 测平凸透镜的曲率半径

将测得的实验数据代入公式, 得

$$R = \frac{d_m^2 - d_n^2}{4(m-n)\lambda} = 2299.17 \text{ mm}$$

即该透镜的曲率半径为 2.3 m

思考题]

1. " $+\frac{\lambda}{2}$ " 项体现了半波损失, 空气劈尖干涉条纹紧靠劈棱的是暗条纹, 其宽度窄于别的条纹, 因为劈尖的宽度不太可能刚好是条纹宽度的整数倍, 而棱处又一定是暗条纹, 那么这暗条纹只能窄于其他条纹。
2. 这种说法是对的。牛顿环上表面的反射光无半波损失, 而下表面反射光有半波损失, 二者一叠加, 干涉相消, 所以是黑点, 理想的接触点使光程差为 0。
3.  对于单调变厚的空气膜, 尽管干涉条纹分布位置不同, 但数量是相同的, 即条纹密度相同, 与三角形膜的条纹密度是一样的, 适用相同的计算方式, 都可用来测微小厚度与直径。
4. 将公式中的曲率半径换为另一光的式子, 再做整理, 得
$$\lambda = \frac{d_m^2 - d_n^2}{d_{m0}^2 - d_{n0}^2} \lambda_0$$
5. 引入系统误差
6. 不是放大像的尺寸。改变物镜、目镜的放大倍数不会有影响
7. 逐差法可用于加速度实验中分析纸带, 提高数据利用率

实验心得]

等厚干涉为我们提供了一种测微小厚度或直径的方法, 利用等厚干涉可以较为精确地测得微小物体的尺寸, 不必再测量很多物体叠加再取平均值。

在测量过程中, 需要用读数显微镜数干涉条纹, 需要极大的耐心与细心, 不然容易出错。这个实验体现了科研人员所应具备的良好品质, 我们应该努力锻炼这些品质, 为以后的工作打好基础。

说明: 实验报告共 50 分。其中前实验目的、实验仪器和实验步骤共 5 分, 这三项要求课前完成; 实验原理概述 15 分 (课后完成); 数据记录 5 分 (课上完成); 数据处理及结果表达 10 分 (课后完成); 思考题 5 分 (课后完成); 实验心得 5 分 (课后完成); 报告整洁度 5 分。上课迟到扣 10 分, 未按时交实验报告扣 10 分, 补做实验扣 10 分。每人必须准备一个“原始实验数据记录本”, 实验数据首先记录于此, 经教师检查确定后再誊抄到实验报告上, 无“原始实验数据记录本”扣 20 分。