

3

吴 12/10w

实验报告

课程名称: 物理实验B 实验名称: 光的干涉 实验日期: 2024 年 10 月 12 日 晚上
班 级: 0711304 教学班级: 学 号: 112023329 姓 名: 陈昱菲

实验: 光的干涉

一、实验目的

- (1) 观察劈尖干涉和牛顿环这两种光的干涉现象。
- (2) 练习利用劈尖干涉原理测量玻璃丝的直径; 用牛顿环测量球面曲率半径。

二、实验仪器

测量显微镜, 钠光灯, 牛顿环, 光学平面玻璃。

三、实验原理

当两列振动方向相同, 频率相同, 而且位相差保持恒定的单色光相遇后, 相遇的区域内有些地方由于两列波的叠加, 振动总是加强的, 而另一些地方由于振动的叠加总是减弱, 形成这种稳定的强弱不均匀的现象, 称为光的干涉。

干涉在科研和工程技术方面有广泛应用, 如利用光的干涉方法可精确地测量长度及变化, 检测光学元件表面的光洁度, 测定薄膜的波长及其表面结构等。

1. 劈尖干涉

将玻璃丝置于两平面玻璃之间, 且平行于相交之棱边。当单色的平行光垂直 ($i=0$) 入射到两平面玻璃形成的空气劈 ($n=1$) 时, 在劈尖C处的两束反射光 a', b' 产生干涉, 形成明暗相间的条纹, 根据薄膜干涉的公式, 有

$$\begin{cases} \delta = 2e + \frac{\lambda}{2} = 2k \frac{\lambda}{2} & k=1, 2, 3, \dots \text{明条纹} \\ \delta = 2e + \frac{\lambda}{2} = (2k+1) \frac{\lambda}{2} & k=0, 1, 2, \dots \text{暗条纹} \end{cases}$$

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

同一干涉条纹所在处的各点空气膜的厚度都是相等的,因此称为等厚干涉条纹。在两块玻璃相接触处, $e=0$, 两光束的光程差为 $\delta=\frac{\lambda}{2}$, 所以应看到暗纹。设第 k 条暗纹处处的劈尖厚度为 e_1 , 第 k_1+k 暗纹处处的劈尖厚度为 e_2 , 这两条暗纹间的横向水平距离为 x , 而两暗纹处劈尖厚度差为 Δd :

$$\Delta d = e_2 - e_1 = \Delta k \frac{\lambda}{2}$$

$$\tan \alpha = \frac{\Delta d}{x} = \Delta k \frac{\lambda}{2x}$$

玻璃丝直径

$$D = 1 \cdot \tan \alpha = \lambda \Delta k / 2x$$

2. 牛顿环

当平行光垂直照射到曲率半径很大的透镜下表面与平面玻璃上表面形成的空气膜时产生光的干涉现象, 干涉条纹是属于等厚干涉的许多同心圆环, 称为牛顿环。

干涉原理同劈尖干涉, 分析可得牛顿环第 k 级暗纹半径 r_k 与透镜曲面半径 R 的关系为

$$R = \frac{r_k^2}{k\lambda} \quad (k=0, 1, 2, \dots)$$

注意: 牛顿环中心不是理论上一个暗点而是一个暗斑, 这样造成牛顿环中心及级数 k 无法确定因此可以使 k 分别取任意 m 和 n 值, 例如取 $m=11, n=1$, 则有

$$\begin{cases} r_m^2 = mR\lambda \\ r_n^2 = nR\lambda \end{cases}$$

可得:

实验所用钠光灯波长为 $\lambda = 589.3 \text{ nm}$

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

四、实验步骤和內容

在实验系统的显微镜下面有一个反射镜可以将平行光线反射到显微镜工作台上, 旋转两个鼓轮可以使工作台分别在X, Y两个方向移动, 鼓轮上有刻度, 每个小格为0.01 mm.

1. 观测劈尖干涉

(1) 将玻璃片放在显微镜工作台上, 在两玻璃之间夹上一根玻璃丝。
注意: ①让玻璃丝平行于棱边 ②远离劈尖; ③劈尖的移动方向与玻璃的移动方向垂直。

(2) 给显微镜调焦, 直到看到清晰的干涉条纹。

(3) 使叉丝的交点移到靠近劈尖一边, 注意空程的影响, 记录某一条纹的位置, 然后数30条暗纹 (Δk 取30) 记录位置, 同时测量30条暗纹的距离 x , 本实验要求重复5次, 可以连续朝一个方向不断数下去, 共数5个30条这样可以避免来回数时每次都要考虑空程影响

(4) 测量从劈尖到玻璃丝的距离 L 。

2. 观测牛顿环干涉

(1) 把牛顿环放到工作台上, 打开钠光灯, 转动半透镜, 使从目镜中看到的视野最亮

(2) 调节目镜, 使能看到叉丝, 将半透镜同降低靠近牛顿环, 然后再向上调节直到牛顿环清晰为止。

(3) 调节鼓轮, 使叉丝通过干涉图斑中心

(4) 转动鼓轮, 使叉丝交点对准牛顿环图斑外第一个环, 然后再转动鼓轮

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

数到右边第1个环处,为了消除光程的影响,必须多移一段距离,然后
再返回到第1个环处,记下此时的位置(X_{11}),然后再向左移动数到第
1个环,记下位置(X_1)。再继续向左移动到出现另外一侧第一环处(记
为 X_1'),继续向左,再到左边第1个环处(记为 X_{11}')。这样就得到了4
个位置,由 $(X_{11}-X_{11}')/2$ 和 $(X_1-X_1')/2$ 可得到 r_{11} 及 r_1 。按以上步骤重复测
6次,测量过程中注意消除空程的影响。

$$(+) u(D_n) = \sqrt{\frac{D_n^2 - D_n'^2}{4(m-n)\lambda}} = \sqrt{\frac{D_n^2 - D_n'^2}{4(m-n)\lambda}} \quad u(D_n) = \sqrt{\frac{D_n^2 - D_n'^2}{4(m-n)\lambda}}$$

$$R = \frac{D_m^2 - D_n^2}{4(m-n)\lambda} \quad \frac{R}{D_n} = \frac{D_n}{2(m-n)\lambda} \quad \frac{R}{D_n} = \frac{D_n}{2(m-n)\lambda}$$

$$u(R) = \sqrt{\left(\frac{R}{D_n}\right)^2 + \left(\frac{R}{D_n}\right)^2} = \sqrt{\frac{2R^2}{D_n^2}} = \frac{\sqrt{2}R}{D_n} \approx 1.9 \text{ mm}$$

$$R = \frac{D_m^2 - D_n^2}{4(m-n)\lambda} = 909.1 \text{ mm}$$

$$R(u) = 909.1 (1.9) \text{ mm}$$

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

数据处理

1. 利用牛顿环测量曲率半径不确定度计算

$$(1) \bar{D}_m = \frac{\sum_{i=1}^5 D_{mi}}{5} = 5.192 \quad \bar{D}_n = \frac{\sum_{i=1}^5 D_{ni}}{5} = 2.351$$

$$(2) u_A(D_m) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (D_{mi} - \bar{D}_m)^2}{5 \times (5-1)}} = 0.002168 \quad u_A(D_n) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (D_{ni} - \bar{D}_n)^2}{5 \times (5-1)}} = 0.003962$$

$$(3) u_B(D_m) = u_B(D_n) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.002887$$

$$(4) u(D_m) = \sqrt{u_A^2(D_m) + u_B^2(D_m)} = 0.003610 \quad u(D_n) = \sqrt{u_A^2(D_n) + u_B^2(D_n)} = 0.004992$$

$$\text{而 } R = \frac{D_m^2 - D_n^2}{4(m-n)\lambda} \quad \frac{\partial R}{\partial D_m} = \frac{D_m}{2(m-n)\lambda} \quad \frac{\partial R}{\partial D_n} = \frac{D_n}{2(m-n)\lambda}$$

$$u(R) = \sqrt{\left(\frac{\partial R}{\partial D_m}\right)^2 \cdot u^2(D_m) + \left(\frac{\partial R}{\partial D_n}\right)^2 \cdot u^2(D_n)} \\ = \frac{\sqrt{D_m^2 u^2(D_m) + D_n^2 u^2(D_n)}}{2(m-n)\lambda} \approx 1.9 \text{ mm}$$

$$R = \frac{\bar{D}_m^2 - \bar{D}_n^2}{4(m-n)\lambda} = 909.1 \text{ mm}$$

$$R(u_R) = 909.1 (1.9) \text{ mm}$$

$$D(u_D) = 0.03137 (0.00313) \text{ mm}$$

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

在2. 利用劈尖测量细铜丝的直径不确定度计算

$$(1) \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^5 \bar{X}_i}{5} = 7.709 \quad \bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^5 \bar{L}_i}{5} = 27.359$$

$$(2) u_A(X) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (X_i - \bar{X})^2}{5 \times (5-1)}} = 0.02499 \quad u_A(L) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (L_i - \bar{L})^2}{5 \times (5-1)}} = 0.003707$$

$$(3) u_B(X) = u_B(L) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.002887$$

$$(4) u(X) = \sqrt{u_A^2(X) + u_B^2(X)} = 0.025075 \quad u(L) = \sqrt{u_A^2(L) + u_B^2(L)} = 0.004698$$

$$\text{而 } D = \frac{L\lambda}{2X} \Delta k. \quad \frac{\partial D}{\partial X} = \frac{-L\lambda}{2X^2} \Delta k \quad \frac{\partial D}{\partial L} = \frac{\lambda}{2X} \Delta k$$

$$\begin{aligned} u(D) &= \sqrt{\left(\frac{\partial D}{\partial X}\right)^2 u^2(X) + \left(\frac{\partial D}{\partial L}\right)^2 u^2(L)} \\ &= \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2X} \Delta k\right)^2 u_L^2 + \left(\frac{L\lambda}{2X^2} \Delta k\right)^2 u_X^2} \\ &= \frac{\lambda}{2} \Delta k \sqrt{\frac{1}{X^2} u_L^2 + \frac{L^2}{X^4} u_X^2} \\ &\approx 0.00010 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{而 } D = \frac{L\lambda}{2X} \Delta k \approx 0.03137 \text{ mm}$$

$$D(u_D) = 0.03137 (0.00010) \text{ mm.}$$

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

思考题

在牛顿环实验中,反射光与透射光形成的干涉条纹有什么区别?为什么?

① 反射光与透射光形成的干涉条纹是互补的,即反射光形成的条纹是亮纹的地方,对应的透射光形成的干涉条纹是暗纹

② 原因: 光从空气^疏介质射向玻璃^密介质时,在界面上发生反射,产生半波损失,这一次得到的反射光产生了 π 的相位突变。而透射光未发生半波损失。~~所以~~所以在形成干涉条纹时,透射光线形成暗纹的地方,反射光线会形成明纹,反之亦然。

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

吴

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____ 单位: mm

	X_{11}	X_1	X_1'	X_{11}'	$D_{11} = X_{11} - X_{11}' $	$D_1 = X_1 - X_1' $
1	27.639	26.219	23.869	22.449	5.190	2.350
2	27.637	26.228	23.880	22.446	5.191	2.348
3	27.638	26.220	23.865	22.444	5.194	2.355
4	27.639	26.231	23.868	22.453	5.186	2.363
5	27.640	26.218	23.879	22.441	5.199	2.339

$$R = \frac{D_{11}^2 - D_1}{4(m-n)\lambda}$$

$$R(u_R) = 909.1(1.9) \text{ mm}$$

	$X_{\text{初}}$	$X_{\text{末}}$	$X_i = X_{\text{末}} - X_{\text{初}} $	$L_{\text{初}}$	$L_{\text{末}}$	$L_i = L_{\text{末}} - L_{\text{初}} $	$\bar{L}(u_L)$	$\bar{X}(u_X)$
1	15.108	15.108 7.471	7.637	34.059	6.689	27.370	27.392	7.7092
2	22.805	15.108	7.697	34.060	6.700	27.360		
3	30.532	22.805	7.727	34.068	6.720	27.348		
4	23.060	30.850	7.790	34.058	6.703	27.355		
5	15.365	23.060	7.695	34.071	6.708	27.363		

$$D = \frac{L\lambda}{2X} \Delta k$$

$$D(u_D) = 0.03137(0.00010) \text{ mm}$$

联系方式: _____

指导教师签字: _____