

实验报告

19/10 下

课程名称: _____ 实验名称: 光的干涉 实验日期: 2023 年 10 月 19 日下午
班 级: 07162201 教学班级: _____ 学 号: 1120220508 姓 名: 郭忠滨

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, 形成的这种稳定的强度不均匀的现象, 称为光的干涉。

1. 劈尖干涉

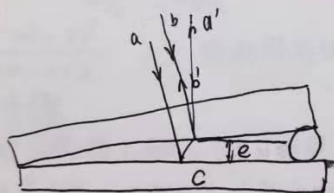


图 1

如图 1 所示, 将放置玻璃丝于两平面玻璃之间, 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 点的两束反射光 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

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

同一干涉条纹所在处的各点空气劈的厚度都是相等的, 因此等厚干涉条纹。在两块玻璃相接触处 $e=0$, 两束光的光程差 $\delta = \frac{\lambda}{2}$, 所以应看到暗纹。设第 k 条暗纹处的劈尖厚度为 e_1 , 第 $k_1 + \Delta k$ 暗纹处的劈尖厚度为 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 :

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

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

玻璃丝直径

$$D = \tan \theta = \frac{\lambda \Delta k}{2x}$$

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: _____

2. 牛顿环

牛顿环装置如图2所示,当平行光束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劈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,分析可得牛顿环的 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的一个暗点而是一个暗斑,这样造成牛顿环的中心及级数 k 无法确定,因此可以使 k 分别取任意的 m 与 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: $R = \frac{r_m^2 - r_n^2}{(m-n)\lambda}$, 实验所用钠光灯波长为 $\lambda = 589.3 \text{ nm}$

四. 实验内容与步骤

在实验系统的显微镜下面有一个半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 轴方向移动,鼓轮上有刻度,每个小格为 0.01 mm

1. 观察劈尖的干涉

(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玻璃丝平行与棱边 ②远离劈尖 ③劈尖移动方向与工作台移动方向垂直

(2) 给显微镜调焦,直到看到清晰的干涉条纹

(3) 使叉丝的交点移到劈尾一边,注意空程的影响,记录某一暗纹的影响,然后数30条暗纹(Δk 取30)记录位置,同时测量30条暗纹间的距离 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,

(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,使能看清叉丝,将镜筒降低靠近牛顿环,然后再向上调节直到牛顿环清晰为止

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: _____

(3) 调节鼓轮, 使叉丝通过干涉圆斑中心

(4) 转动鼓轮, 使叉丝的对准牛顿环圆斑外第一个环, 然后再转动鼓轮, 数到右边第 11 个环处, 为了消除空程的影响, 必须多移一些距离, 然后再回到第 11 个环处, 记下此时的位置 (X_{11}), 然后再向左移动到第一个环, 记下位置 (X_1)。再继续向左移动到圆斑另一侧第一环处 (记为 X'_1), 继续向左, 再到左边第 11 个环处 (记为 X'_{11})。这样就测到了 4 个位置, 由 $(X_{11} - X'_{11})/2$ 和 $(X_1 - X'_1)/2$ 可得到 r_{11} 和 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

五. 思考题

1. 在牛顿环实验中, 反射光与透射光所形成的干涉条纹有什么不同?

2. 劈尖干涉实验中所得到的干涉条纹并不与棱完全平行, 解释原因

3. 在测量牛顿环的平凸透镜曲率半径 R 时, 如果在实验中测 r_m 与 r_n 时, 未通过干涉圆条纹中心, 是否仍可以使用公式 $R = \frac{r_m^2 - r_n^2}{(m-n)\lambda}$?

原始数据

作业纸

课程名称: _____

班级: _____

教学班级: _____

姓名: _____

学号: _____

第 页

	X_{11}	X_1	X_1'	X_{11}'	D_{11}	D_{11}'
1	27.444mm	26.028mm	27.855mm	22.380mm	5.064mm	2.173mm
2	27.510	26.049	23.865	22.459	5.051mm	2.184mm
3	27.432	26.050	23.870	22.371	5.061mm	2.180mm
4	27.561	26.041	23.845	22.448	5.113mm	2.196mm
5	27.439	25.980	23.798	22.350	5.089mm	2.182mm

X_{11}'	X_1'	L_{11}'	L_1'	
4.981	7.293	29.010	2.220	6m
5.150	7.447	29.044	2.240	6m
5.262	7.591	29.356	2.515	1)
5.378	7.670	29.411	2.723	
5.578	7.891	29.500	2.880	5

联系方式: _____

李

作业纸

数据处理

课程名称: _____

班级: _____

教学班级: _____

姓名: _____

学号: _____

第 页

牛顿环	X_{11}/mm	X_1/mm	X'_1/mm	X''_1/mm	D_{11}/mm	D_1/mm
1	27.444	26.028	23.855	22.380	5.064	2.173
2	27.510	26.049	23.865	22.459	5.051	2.184
3	27.432	26.050	23.870	22.371	5.061	2.180
4	27.561	26.041	23.845	22.448	5.113	2.196
5	27.439	25.980	23.798	22.350	5.089	2.182

$$\bar{D}_{11} = \frac{\sum_{i=1}^5 D_{11i}}{5} = 5.076 \text{ mm}$$

$$\bar{D}_1 = \frac{\sum_{i=1}^5 D_{1i}}{5} = 2.183 \text{ mm}$$

$$U_A(D_{11}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (D_{11i} - \bar{D}_{11})^2}{5 \times 4}} = 0.011 \text{ mm}$$

$$U_B(D_{11}) = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.006 \text{ mm}$$

$$U_A(D_1) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (D_{1i} - \bar{D}_1)^2}{5 \times 4}} = 0.004 \text{ mm}$$

$$U_B(D_1) = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.006 \text{ mm}$$

$$U(D_{11}) = \sqrt{U_A^2(D_{11}) + U_B^2(D_{11})} = 0.013 \text{ mm}$$

$$U(D_1) = \sqrt{U_A^2(D_1) + U_B^2(D_1)} = 0.007 \text{ mm}$$

$$R = \frac{D_{11}^2 - D_1^2}{4 \times (11-1) \times \lambda} = \frac{5.076^2 - 2.183^2}{4 \times 10 \times 589.3 \times 10^{-6}} = 890.727 \text{ nm}$$

$$U(R) = \frac{\sqrt{D_{11}^2 U^2(D_{11}) + D_1^2 U^2(D_1)}}{2 \times (11-1) \times \lambda} = \frac{\sqrt{5.076^2 \times 0.013^2 + 2.183^2 \times 0.007^2}}{2 \times 10 \times 589.3 \times 10^{-6}} = 5.5926 \text{ nm}$$

$$R = (890.727 \pm 5.5926) \text{ nm}$$

联系方式: _____

作业纸

课程名称: _____

班级: _____

教学班级: _____

姓名: _____

学号: _____

第 _____

页

劈尖干涉

	$X_{初}/mm$	$X_{末}/mm$	$L_{初}/mm$	$L_{末}/mm$	$X_{末}-X_{初}/mm$	$L_{末}-L_{初}/mm$
1	4.981	7.293	29.010	2.220	2.312	26.790
2	5.150	7.447	29.044	2.240	2.297	26.804
3	5.262	7.591	29.356	2.575	2.329	26.781
4	5.378	7.670	29.411	2.723	2.292	26.688
5	5.578	7.891	29.500	2.880	2.313	26.620

$$\bar{X} = \frac{2.312 + 2.297 + 2.329 + 2.292 + 2.313}{5} = 2.309 \text{ mm}$$

$$\bar{L} = \frac{26.790 + 26.804 + 26.781 + 26.688 + 26.620}{5} = 26.737 \text{ mm}$$

$$U_A(X) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (\Delta X_i - \bar{X})^2}{5 \times 4}} = 0.007 \text{ mm} \quad U_B(X) = 0.006 \text{ mm}$$

$$U_A(L) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (\Delta L_i - \bar{L})^2}{5 \times 4}} = 0.036 \text{ mm} \quad U_B(L) = 0.006 \text{ mm}$$

$$U(X) = \sqrt{U_A^2(X) + U_B^2(X)} = 0.009 \text{ mm} \quad U(L) = \sqrt{U_A^2(L) + U_B^2(L)} = 0.036 \text{ mm}$$

$$D = \frac{L \lambda \Delta K}{2X} = \frac{26.737 \times 589.30 \times 10^{-6} \times 10}{2 \times 2.309} = 0.0341 \text{ mm}$$

$$U(P) = \frac{\lambda \Delta K}{2} \sqrt{\frac{U^2}{X^2} + \frac{L^2 U^2}{X^4}} = \frac{589.3 \times 10^{-5}}{2} \sqrt{\frac{0.036^2}{2.309^2} + \frac{26.737^2 \times 0.009^2}{2.309^4}} = 0.0001 \text{ mm}$$

思考题:

答: 反射光产生的干涉条纹与透射光产生的干涉条纹强度相反, 即反射光与透射光形成的干涉条纹是互补的, 反射干涉条纹是亮纹的地方对应透射干涉条纹是暗纹, 原因在于从光疏介质到光密介质在界面上发生反射, 存在半波损失

联系方式: _____

存在半波损失