

北京理工大学
实验报告

时间:
年 10 月 31 日

上午
下午
晚上

实验报告

课程名称: _____ 实验名称: 光衍射实验 实验日期: 2023 年 10 月 31 日

班 级: _____ 教学班级: 实验班 学 号: _____

一、实验目的

1. 观察光的衍射现象, 测量单缝衍射的光强分布图。
2. 比较单缝衍射和双缝干涉实验现象的不同, 加深对物理原理的理解。
3. 学习使用传感器采集数据开展物理实验的方法。

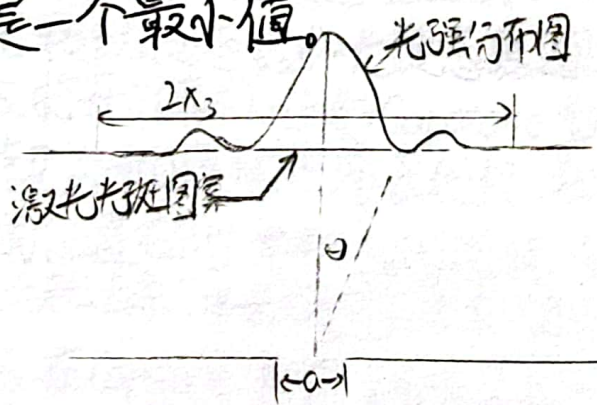
二、实验仪器

光学轨道, 高精度单缝衍射狭缝, 650nm 半导体激光器, 线性转换器, 高灵敏度传感器, 转动传感器, 500 通用接口, 计算机。

三、实验原理

当光通过单缝发生衍射时, 衍射图案中的最小角度(暗纹)由公式(1)给出: $a \sin \theta = m \lambda$ ($m=1, 2, 3, \dots$) (1) 其中, a 是缝隙宽度, θ 是从图案中心到最小值的角度, λ 是光的波长, m 是级数。

在图1中, 激光光斑图案显示在计算机上给出的强度与位置关系图正下方。角度 θ 是从单缝中心到第一个最小值的角度, 因此在图中情况下 $m=1$ 。请注意, 干涉图案中心的斑点宽度是其他斑点的两倍, 因为 $m=0$ 不是一个最小值。



由于 θ 是一个非常小的角度, 所以 $\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{x_m}{L}$ 其中 x_m 是从中央主极大到主极大两侧第 m 个最小值的距离, L 是从缝隙到屏幕的距离。测量从一侧的第 m 个最小值到另一侧的第 m 个最小值的距离 Δx ($\Delta x = 2x_m$) 比判断图案的中心要容易, 因为方程(2)变为 $\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{\Delta x}{2L}$

通过尽可能增大 Δx 可提高测量精度。

缝隙宽度并不是严格等于标称的数值, 它有最多 $\pm 0.005 \text{ mm}$ 的加工误差, 对 0.020 mm 的缝隙来说, 这是一个 25% 的不确定度, 所以我们不使用缝隙宽度来代替激光波长的数值, 而是使用已知的激光波长来计算更准确的缝隙宽度数值。

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、仪器介绍

1. 激光器安装在光学台的末端。将高精度单缝衍射狭缝安装在光学导轨上印刷面朝向激光器。打开激光器背面的电源,选择所需的缝隙时,只需将圆盘旋转,直到其卡入位,选择的缝隙将被激光照亮。
2. 移动传感器安装在线性位移台的支架上,线性位移台安装在光学导轨的另一端。线性位移台臂装有一个黑色挡块,是转动传感器的限位器,作为测量位置的起始点。光传感器安装在光学支架上,设置缝隙为6号。光传感器应与支架对齐,使其指向光学轨道的方向。
 1. 移动光传感器,直到在白色屏幕上的某个位置可以看到光束。使用激光器上的调节螺丝来调整激光束的左右和上下位置,以便白色屏幕上的图案尽可能明亮。一旦设置了这个位置,查看圆盘时就不需要再调整激光位置。由于缝隙可以轻松卡位,即使在黑暗中也可以轻松切换到下一个缝隙。
 2. 调整激光出射高低角度,使光束正居于6号狭缝上。
 3. 通过按下光传感器上的“0-1”按钮可设置为最大灵敏度。如果光强度过高,则可按下光传感器上的“0-100”按钮将敏感度降低。
 4. 转动传感器和光传感器通过850通用接口上的PASSPORT箱输入端口接入采集。
 5. 打开计算机,运行Capstone数据采集软件,单机界面左侧的“硬件设置”按钮,单机转动传感器图标,在硬件设置面板底部标有“旋转运动传感器”的位置右侧,单机齿轮图标,在线性附件行中,单击白色三角形并选择齿轮与齿轮齿条,单击“确定”,点击“硬件设置”按钮关闭屏幕。
 6. 在Capstone中,将通用传感器采样率设置为50Hz。创建一个相对强度与距离的图,横坐标选择“位置”,纵坐标选择“相对光强”。

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: _____

五、实验内容

1. 测量狭缝到屏幕的距离 L 。读取单缝支架底部指示脚在轨道上的刻度和线性位移台边缘在轨道上的刻度, 加上狭缝侧的偏移量 21.0mm 和屏幕侧的偏移量 37.0mm , 得到狭缝到屏幕的距离 L 并做记录。记录激光的波长。
2. 关掉亮间的灯光。
3. 当将单缝旋转到其四个位置上 0.16mm , 0.08mm , 0.04mm , 0.02mm 时, 观察屏幕上的图案。
4. 将单缝圆盘设置为 0.02mm 的缝隙。
5. 移动光传感器, 使转动传感器靠在线性位移器臂上的黑色挡块上。如果开始采集时位置都为负数, 请单击“硬件设置”并单击旋转运动传感器的属性齿轮, 然后选中更改符号。
6. 按下光传感器“0-100”按钮。
7. 设置 0.04mm 的单缝, 重复以上操作, 标记运行“0.04mm”。

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: _____

原始数据

1. 单缝衍射

L 测量 79.2cm $\lambda = 650nm$

狭缝	a(mm)	m	X _左 (m)	X _右 (m)	Δx (m)	a(nm)
0.02mm	0.020	1	0.0278	0.0704	0.0426	19286
0.04mm	0.040	1	0.0374	0.0603	0.0229	44951 35878

$$a \times \frac{\Delta x}{2L} = m\lambda \quad a = \frac{m \cdot \lambda \cdot 2L}{\Delta x}$$

$$a = \frac{0.0426}{2(79.2+24-37)} = 1 \times 650 \quad a = 0.01928mm$$

2. 双缝干涉

狭缝	a(mm)	d(mm)	n	X _左 (m)	X _右 (m)	Δx (m)	λ (nm)	$\frac{\Delta \lambda}{\lambda}$
0.04a-0.25d(1)	0.040	0.25	5	0.03876	0.05837	0.01961	619	4.8%
0.04a-0.28d(2)	0.040	0.25	11	0.02683	0.07050	0.04367	627	3.5%
0.04a-0.50d(1)	0.040	0.50	10	0.03874	0.05831	0.01957	618	4.4%
0.04a-0.50d(2)	0.040	0.50	17	0.03160	0.06555	0.03395	627	3.5%

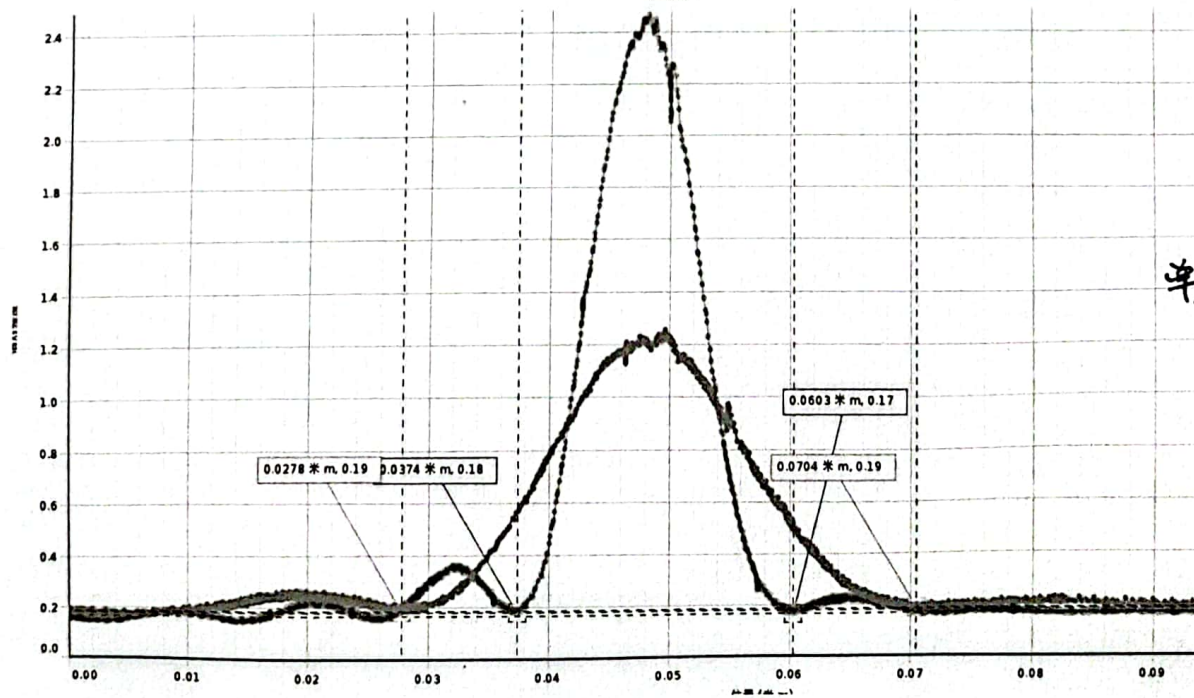
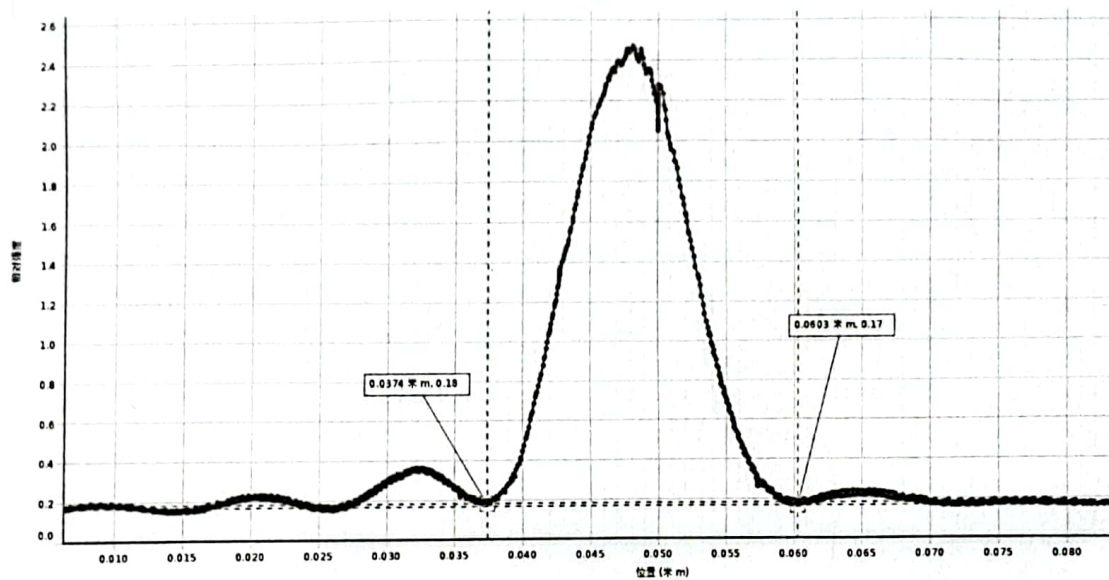
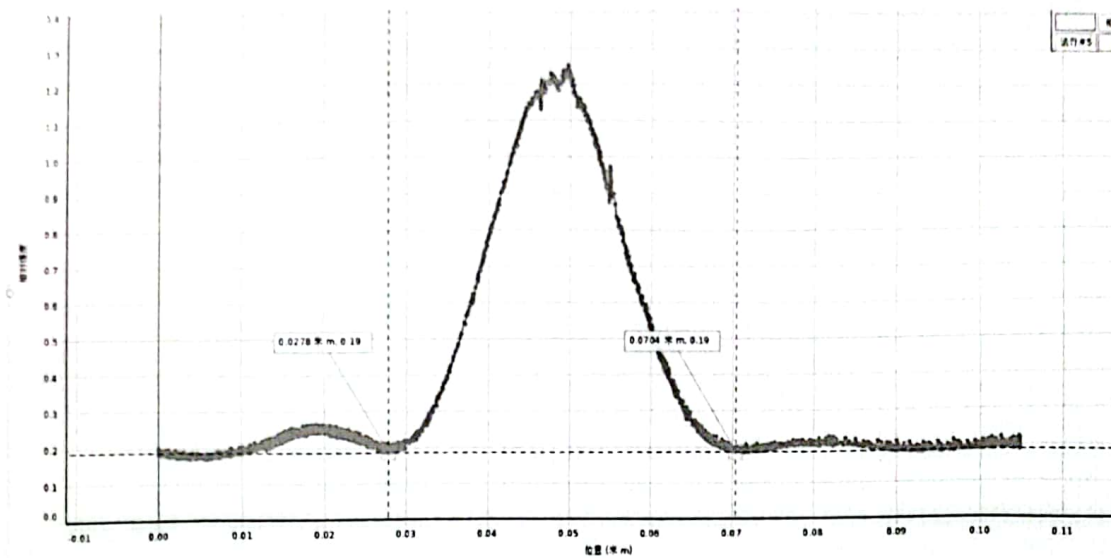
$$d \times \frac{\Delta x}{2L} = n\lambda$$

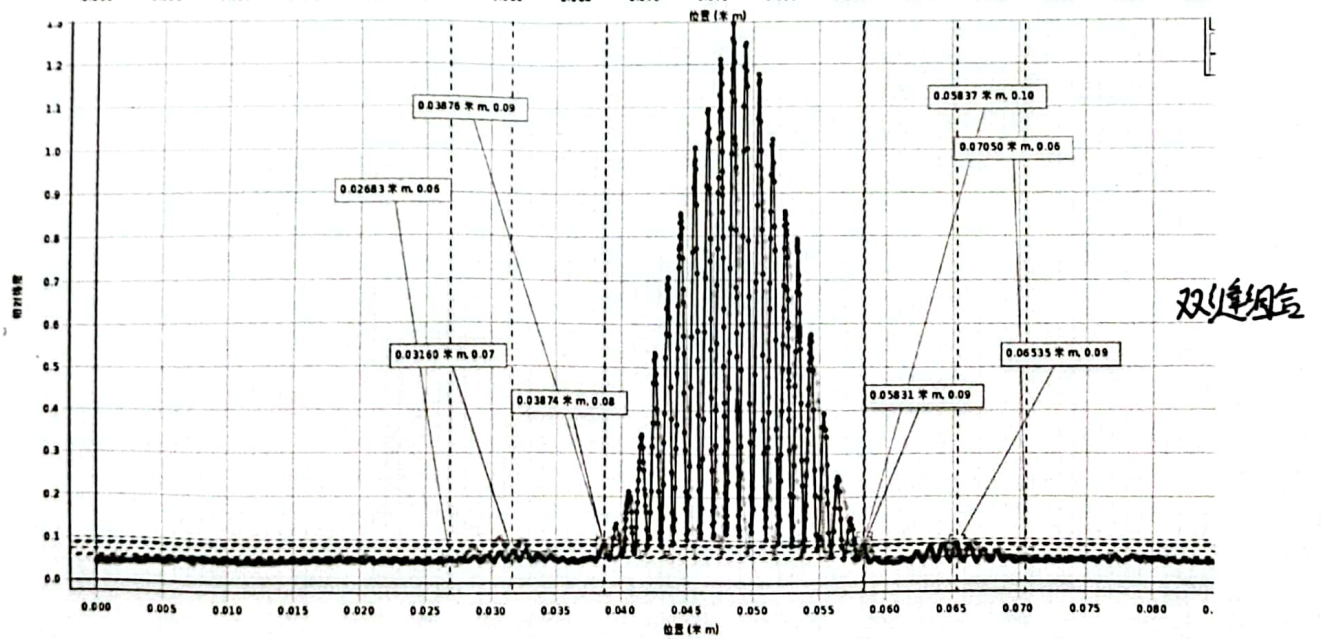
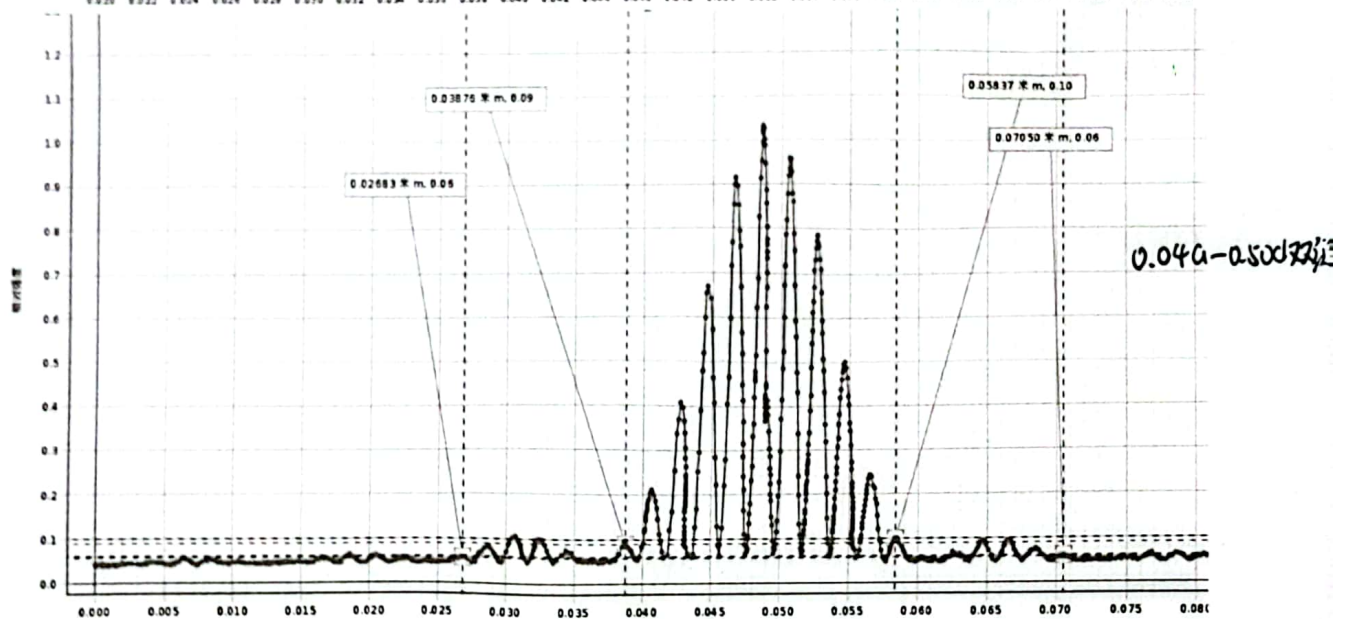
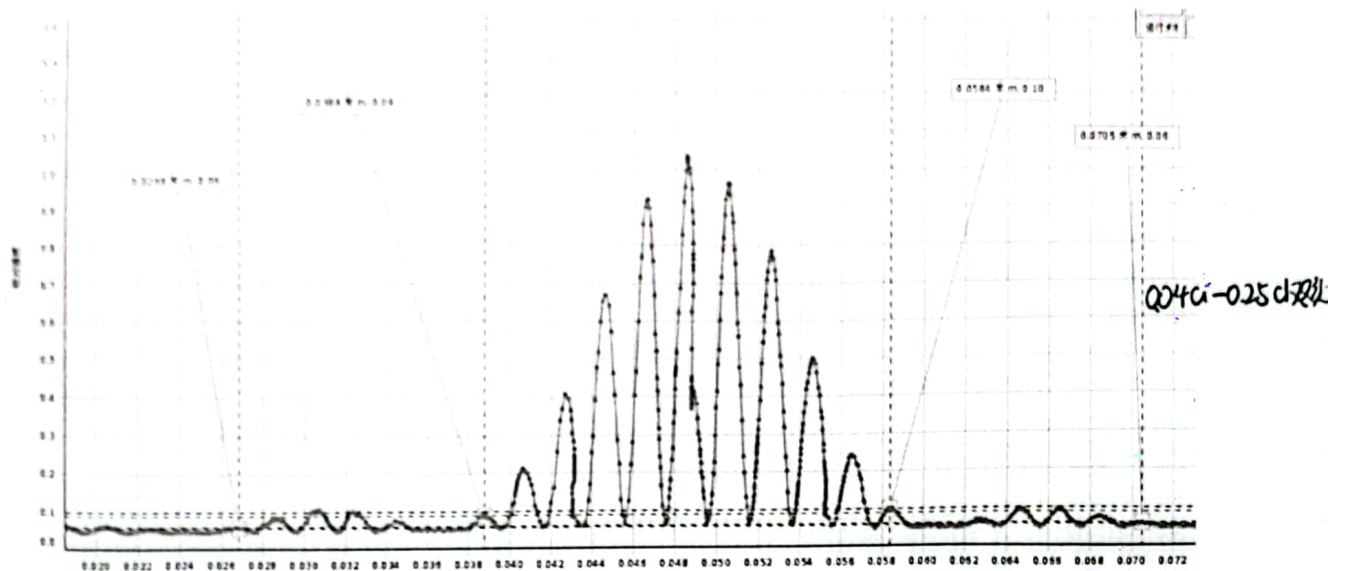
$$\lambda = \frac{d \cdot \Delta x}{2nL}$$

联系方式: _____

序号:	实验 6		
时间:	年	月	日
上午	指导教师签字:	下午	晚上

北京理工大学良乡校区管理处监制 电话: 81382088





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. 根据原始数据计算填表。

① 单缝衍射 $a \times \frac{\Delta x}{2L} = m\lambda$ $a = \frac{2L \cdot m\lambda}{\Delta x}$, 其中 $\Delta x = x_{\text{右}} - x_{\text{左}}$.
 $L = L_{\text{测量}} + 21 - 37 = 63.2$

$$a_1 = \frac{2L \cdot m\lambda}{\Delta x_1} = \frac{2 \times (79.2 + 21 - 37) \times 1.650}{0.0426 \times 10^9} = 19286 \text{ (nm)}$$

$$a_2 = \frac{2L \cdot m\lambda}{\Delta x_2} = \frac{2 \times (79.2 + 21 - 37) \times 10^7 \times 1.650}{0.0229 \times 10^9} = 35878 \text{ (nm)}$$

狭缝	a(mm)	m	$x_{\text{左}}(\text{m})$	$x_{\text{右}}(\text{m})$	$\Delta x(\text{m})$	a(nm)
0.02mm	0.020	1	0.0278	0.0704	0.0426	19286
0.04mm	0.040	1	0.0374	0.0603	0.0229	35878

② 双缝干涉 $d \times \frac{\Delta x}{2L} = n\lambda$ $\lambda = \frac{d \cdot \Delta x}{2nL}$, 代入数据

$$\lambda_1 = \frac{0.25 \times 10^6 \times 0.01961 \times 10^9}{2 \times 5 \times 79.2 \times 10^7} = 619 \text{ (nm)}$$

$$\frac{\Delta \lambda_1}{\lambda} = 4.8\%$$

$$\lambda_2 = \frac{0.25 \times 10^6 \times 0.04367 \times 10^9}{2 \times 11 \times 79.2 \times 10^7} = 627 \text{ (nm)}$$

$$\frac{\Delta \lambda_2}{\lambda} = 3.5\%$$

$$\lambda_3 = \frac{0.50 \times 10^6 \times 0.01957 \times 10^9}{2 \times 10 \times 79.2 \times 10^7} = 618 \text{ (nm)}$$

$$\frac{\Delta \lambda_3}{\lambda} = 4.9\%$$

$$\lambda_4 = \frac{0.50 \times 10^6 \times 0.03375 \times 10^9}{2 \times 17 \times 79.2 \times 10^7} = 627 \text{ (nm)}$$

$$\frac{\Delta \lambda_4}{\lambda} = 3.5\%$$

狭缝	a(mm)	d(mm)	n	$x_{\text{左}}(\text{m})$	$x_{\text{右}}(\text{m})$	$\Delta x(\text{m})$	$\lambda(\text{nm})$	$\frac{\Delta \lambda}{\lambda}$
204 a-0.25d(1)	0.040	0.25	5	0.03876	0.05837	0.01961	619	4.8%
204 a-0.25d(2)	0.040	0.25	11	0.02683	0.07050	0.04367	627	3.5%
204 a-0.50d(1)	0.040	0.50	10	0.03874	0.05831	0.01957	618	4.9%
204 a-0.50d(2)	0.040	0.50	17	0.03160	0.06535	0.03375	627	3.5%

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. 截图打印

3. 单缝衍射图像特征:

- ① 中央条纹亮而宽。
 - ② 两侧亮条纹具有对称性, 亮条纹宽度逐渐变窄, 亮度逐渐减弱。
- 对应到传感器图像, 对于每一个单缝衍射,

- ① 中间有一个最高最宽的波峰
 - ② 两侧曲线分布具有对称性, 波峰的宽度逐渐变窄, 峰值逐渐减小。
- 通过组合图像还可发现: 狭缝 a 越宽, 通光量越大, 最大峰值越高, 但缝越宽, 衍射现象越不明显, 所以曲线下降也会更陡。

双缝干涉图像特征:

- 明暗相间, 条纹间距相等, 中间级次低, 两边级次高。
- 对应到传感器图像, 对于每一个双缝干涉,
- 有剧烈上下的波峰和波谷, 每个波峰到波谷之间的^(相同)距离相等, 波峰位置构成正弦图像(中间高两边低)超出距中心一定距离急剧降低。
- 通过组合图像还可发现: 狭缝 d 越宽, 通光量越大, 最大峰值越高, 但缝越宽, 干涉现象越不明显, 但也不能太小, 变成双缝衍射了。

4. 课件问题

- ① 单缝衍射宽度减少, 图案如何变化?
宽度越大, 亮点越多, 始终排列在一条横线上且中心最亮
- ② 增大双缝距离, 干涉图案如何变化?
宽度越大, 亮线越多, 但亮线中的亮点越少

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

比较单缝衍射和双缝干涉图形

相似之处: 均有多峰, 峰值中间高两边低, 图像均对称

不同之处: 衍射只有一个大峰值, 其余衍射条纹较暗, 峰值小

干涉中间有许多峰值和谷值, 超出一定范围峰值才显著
减小

比较不同缝间距的双缝干涉图形

相似之处: 均有剧烈上下的波峰和波谷, 每个波峰到波谷之间的横
距离相等, 波峰位置构成正弦图像, 超出中心一定距离会急剧降

不同之处: 狭缝宽的通光量大, 最大峰值越高, 但缝宽的干涉现象
不太明显,

联系方式: _____

指导教师签字: _____