

# 实验报告

(21)

课程名称: 实验名称: 光的衍射实验 实验日期: 2023 年 10 月 22 日 上午  
班 级: 07162201 教学班级: 学 号: 1120220508 姓 名: 郭忠滨

## 一、实验目的

- (1) 掌握光的衍射现象, 测量单缝夫朗和费衍射的光强分布
- (2) 掌握 CCD 单缝衍射仪的使用方法

## 二、实验仪器

CCD 光强分布测量仪, SB14 数显示波器, 半导体激光器, 组合光栅, 光具座

## 三、实验原理

光的衍射分为菲涅耳衍射与夫朗和费衍射两种。本实验观察的是夫朗和费衍射。夫朗和费衍射是远场衍射, 光源和衍射屏到衍射屏物的距离均为无限远。实验装置如图 1 所示。由单色光源 S 发生的光经过透镜  $L_1$ , 单缝 AB, 透镜  $L_2$  后会聚在观察屏 P 上, 呈现一组清晰的明暗相间的衍射条纹。中央的明条纹具有最大光强, 通常称为零级主极大, 其光强记为  $I_0$ ; 沿图示  $\theta$  角穿过单缝 AB 的衍射光经透镜  $L_2$  会聚于屏上  $P_\theta$  处, 其光强记为  $I_\theta$ :

$$I_\theta = I_0 \frac{\sin^2 u}{u^2} \quad (1)$$

其中

$$u = \frac{\pi a \sin \theta}{\lambda} \quad (2)$$

式中:  $\theta$  是衍射角;  $a$  是单缝宽度;  $\lambda$  是入射单色光的波长

可以看出:

(1) 当  $\theta = 0$  时,  $u = 0$ ,  $I = I_0$ , 是衍射条纹中光强最大的值, 称为中央主极大

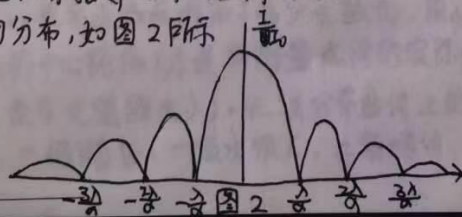
(2) 当  $\sin \theta = \frac{k\lambda}{a}$  时, 其中  $k = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$ ,  $u = k\pi$ , 则  $I_\theta = 0$ , 即出现暗条纹。由于  $\theta$  很小,  $\sin \theta \approx \theta$ , 所以可近似认为暗条纹出现的条件是

$$\theta = \frac{k\lambda}{a} \quad (3)$$

(3) 中央主极大两侧暗条纹 ( $k = \pm 1$ ) 之间的角宽度为

$$\Delta \theta = \frac{2\lambda}{a} \quad (4)$$

其他任意两条相邻暗条纹之间的角宽度为  $\Delta \theta = \frac{\lambda}{a}$ , 所有暗条纹以  $P_0$  为对称轴等间隔均匀分布, 如图 2 所示



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: \_\_\_\_\_

(4) 除中央主极大外, 两相邻暗条纹之间还存在各级次极大, 其光强的最大值为次极大。

由图1,  $\tan \theta = \frac{x}{D}$ , 因为  $\theta$  很小, 故  $\sin \theta \approx \tan \theta \approx \theta$ , 故

$$\theta = \frac{k\lambda}{D} = \frac{x}{D} \quad (k = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots) \quad (5)$$

## 四、实验内容与步骤

### 1. 实验仪器调整

#### (1) 检查电路连接

CCD 光强仪、SB 14 控制器、显示器之间的连接如图 3 所示。将 CCD 光强仪后面板上的“示波器/微机”开关指向“示波器”。

#### (2) 调整实验系统光路

调整激光器使光束照射到 CCD 光强仪采光窗口的中间; 调整组合光栅, 使其与激光束垂直。

### 2. 观察光的衍射现象

移动光栅片, 使激光束分别照在单缝、双缝、多缝、单丝上, 观察它们的衍射

如果衍射的光强分布曲线不对称, 说明光学系统共轴不好或是光线不垂直于单缝或 CCD 光强仪采光窗平面。

如果曲线出现削顶现象, 可先把 SB 14 控制器上的“增益调”, 观察波形是否改善, 若曲线仍有削顶, 应减小激光光强。

### 3. 测量单缝夫朗和费衍射的光强分布及单缝宽度

#### (1) 调整光路及装置, 使显示器屏幕上出现单缝衍射的光强分布曲线

(2) 旋转 SB 14 控制器上的标志线旋钮, 将光标移动到曲线上的各测量点上, 记录各点的  $x$  值和  $y$  值。 $x$  值表示测量点对应在 CCD 器件上的位置, 两个测量点的  $x$  值之差  $\Delta x$  表示这两点间隔了多少光敏元, 用  $\Delta x$  乘以  $11 \mu\text{m}$  (精密中心距, 即两相邻光敏元的中心距离) 才是两测量点间的实际水平距离  $x$ ;  $y$  值表示测量点的光电压值 (表示光强的强弱)。光强分布曲线上的一些特殊点必测, 如中央明纹主极大位置, 一级暗纹, 一级次极大, 二级暗纹, 二级次极大等位置。另外在中央

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: \_\_\_\_\_

中极大到一级暗纹两个位置之间应加测若干点。

注意: 如果较高级次暗纹与较低级次暗纹的  $y$  值读数相差较大, 说明尚未满足  
- 远场条件; 如果正负方向  $y$  值相差较大, 说明单缝与 CCD 器件还没有调垂直

(3) 测量 CCD 器件到单缝距离  $D$ 。

(4) 作出  $\frac{I}{I_0} \sim x$  相对光强分布曲线

(5) 计算单缝宽度

根据式 (5), 由第一级暗条暗纹的衍射角  $\theta$  计算单缝宽度  $a$

$$a = \frac{\lambda}{\theta} \approx \frac{\lambda}{x} D$$

## 五、思考题

1. 如果用白炽灯作光源观察夫朗和费单缝衍射, 衍射图像将如何?
2. 若将单缝及单缝衍射屏之间的区域都浸没在水中, 图像将如何变化?

联系方式: \_\_\_\_\_

指导教师签字: \_\_\_\_\_

# 作业纸

课程名称: \_\_\_\_\_

原始数据

班级: \_\_\_\_\_

教学班级: \_\_\_\_\_

姓名: \_\_\_\_\_

学号: \_\_\_\_\_

第 \_\_\_\_\_

页

$$L_{\text{测量}} = \frac{92.00 + 99.00 + 90.00}{3} = 93.67 \text{ cm}$$

$$L_{\text{真实}} = 92.00 + 21 - 37 = 884.0 \text{ mm}$$

狭缝	$a(\text{mm})$	$m$	$x_{\pm}(\text{m})$	$x_0(\text{m})$	$\Delta x(\text{m})$	$a(\text{nm})$
$L = 884.0 \text{ mm}$						
0.02 mm	0.020	1	0.0343	0.0831	0.0488	23549.2
0.04 mm	0.040	1	0.0402	0.0667	0.0265	44347.2

$$L = 904.0 \text{ mm}$$

$$a \times \Delta x / 2L = m\lambda, \quad a = \frac{2m\lambda L}{\Delta x} = \frac{2 \times 1 \times 650 \times 884}{48.8} = 23549.2$$

$$\lambda = 650 \text{ nm}$$

狭缝	$a(\text{mm})$	$d(\text{mm})$	$n$	$x_{\pm}(\text{m})$	$x_0(\text{m})$	$\Delta x(\text{m})$	$\lambda(\text{nm})$	$\Delta \lambda$
0.04a - 0.25d (1)	0.040	0.25	5	0.0363	0.0649	0.0286		
0.04a - 0.25d (2)	0.040	0.25	11	0.0261	0.0785	0.0524		
0.04a - 0.50d (1)	0.040	0.50	10	0.0366	0.0649	0.0283		
0.04a - 0.50d (2)	0.040	0.50	19	0.0259	0.0781	0.0522		

联系方式: \_\_\_\_\_



## 作业纸

课程名称: \_\_\_\_\_

数据处理

班级: \_\_\_\_\_

教学班级: \_\_\_\_\_

姓名: \_\_\_\_\_

学号: \_\_\_\_\_

第 \_\_\_\_\_

页 \_\_\_\_\_

单缝	缝宽	$a(\text{mm})$	$m$	$x_L(\text{m})$	$x_R(\text{m})$	$\Delta x(\text{m})$	$a(\text{mm})$
值	0.02mm	0.020	1	0.0343	0.0831	0.0488	23549.2
数	0.04mm	0.040	1	0.0402	0.0667	0.0265	44347.2

据 波长  $\lambda = 650\text{nm}$ ,  $L_{\text{测量}(0.02)} = 900.0\text{mm}$ ,  $L_{\text{测量}(0.04)} = 920.0\text{mm}$

$$L_{\text{真实}(0.02)} = 900.0 + 21.0 - 37.0 = 884.0\text{mm}$$

$$L_{\text{真实}(0.04)} = 920.0 + 21.0 - 37.0 = 904.0\text{mm}$$

$$a_{0.02} = \frac{2m\lambda L_{\text{真实}(0.02)}}{\Delta x_{0.02}} = \frac{2 \times 1 \times 650 \times 884}{0.0488 \times 10^3} = 23549.2\text{nm} = 0.024\text{mm}$$

$$a_{0.04} = \frac{2m\lambda L_{\text{真实}(0.04)}}{\Delta x_{0.04}} = \frac{2 \times 1 \times 650 \times 904}{0.0265 \times 10^3} = 44347.2\text{nm} = 0.044\text{mm}$$

问题答: 随缝宽密度减小, 波的振荡幅度减小, 振荡周期延长

双缝	缝宽	$a(\text{mm})$	$d(\text{mm})$	$n$	$x_L(\text{m})$	$x_R(\text{m})$	$\Delta x(\text{m})$	$\lambda(\text{nm})$
值	0.04a-0.25d(1)	0.040	0.25	5	0.0363	0.0649	0.0286	790.9
数	0.04a-0.25d(2)	0.040	0.25	11	0.0261	0.0785	0.0524	658.6
据	0.04a-0.50d(1)	0.040	0.50	10	0.0366	0.0649	0.0283	782.6
	0.04a-0.50d(2)	0.040	0.50	19	0.0259	0.0781	0.0522	759.7

波长  $\lambda = 650\text{nm}$ ,  $L_{\text{真实}} = 904.0\text{mm}$

$$\lambda_1 = \frac{d\Delta x}{2nL} = \frac{0.25 \times 28.6}{2 \times 5 \times 904.0} = 0.0007909\text{mm} = 790.9\text{nm}$$

$$\lambda_2 = \frac{d\Delta x}{2nL} = \frac{0.25 \times 52.4}{2 \times 11 \times 904.0} = 0.0006586\text{mm} = 658.6\text{nm}$$

$$\lambda_3 = \frac{d\Delta x}{2nL} = \frac{0.50 \times 28.3}{2 \times 10 \times 904.0} = 0.0007826\text{mm} = 782.6\text{nm}$$

$$\lambda_4 = \frac{d\Delta x}{2nL} = \frac{0.50 \times 52.2}{2 \times 19 \times 904.0} = 0.0007597\text{mm} = 759.7\text{nm}$$

联系方式: \_\_\_\_\_

# 作业纸

课程名称: \_\_\_\_\_

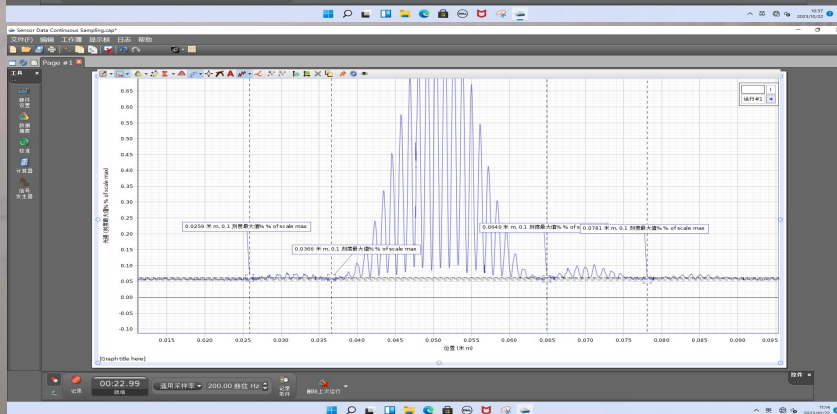
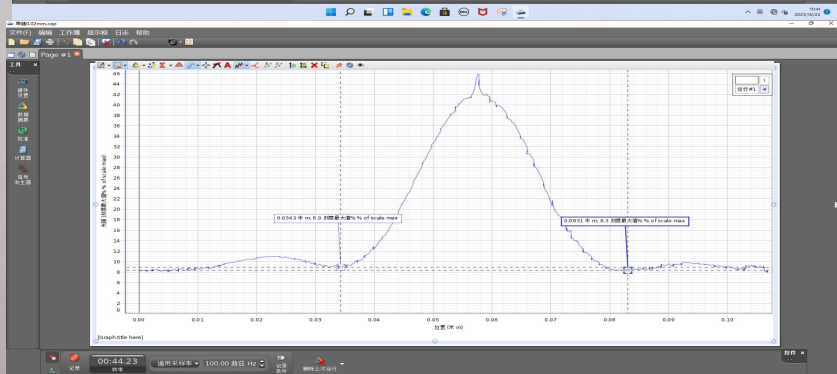
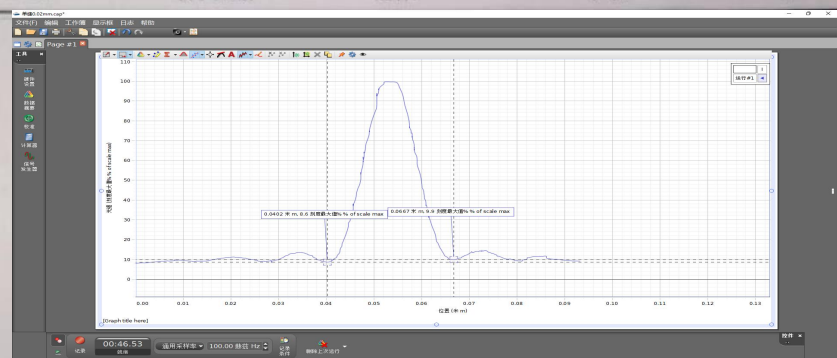
班级: \_\_\_\_\_

教学班级: \_\_\_\_\_

姓名: \_\_\_\_\_

学号: \_\_\_\_\_

第 \_\_\_\_\_ 页



联系方式: \_\_\_\_\_

# 作业纸

课程名称: \_\_\_\_\_

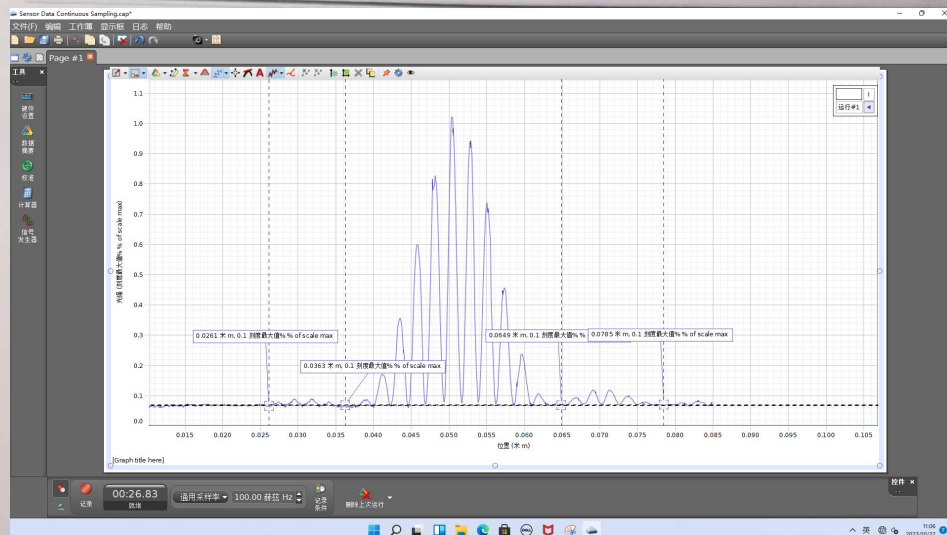
班级: \_\_\_\_\_

教学班级: \_\_\_\_\_

姓名: \_\_\_\_\_

学号: \_\_\_\_\_

第 \_\_\_\_\_ 页



思考题:

1. 比较单缝衍射与双缝干涉图形的相似和不同点?

答: 单缝衍射和双缝干涉的图形都为正弦曲线状振荡波形; 但单缝衍射图形只有一个逐渐减弱的中央曲线(亮斑), 且周期相对较大; 而双缝干涉的图形产生多个明暗条纹, 且周期相对较小

2. 比较不同缝隙间距的双缝干涉图形?

答: 不同缝隙间距的双缝干涉图形都会有在一个中央亮纹且会形成明暗交替的条纹; 而缝隙间距较大的图形条纹间距和条纹宽度较宽, 而振幅幅度(亮度)较小, 条纹数目更少

联系方式: \_\_\_\_\_