

# 光衍射的定量研究

陈启钰 2300011447

2023 年 11 月 20 日

## 目录

<b>1</b>	<b>单缝缝宽的测量</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>三缝衍射的缝宽及缝间距测量</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>其它形状的衍射图案</b>	<b>4</b>
3.1	单方孔衍射 . . . . .	4
3.2	双方孔衍射 . . . . .	5
3.3	方孔方阵衍射 . . . . .	5
3.4	方孔密排衍射 . . . . .	5
3.5	单圆孔衍射 . . . . .	6
3.6	双圆孔衍射 . . . . .	6
3.7	圆孔方阵衍射 . . . . .	6
3.8	圆孔密排衍射 . . . . .	7
3.9	等边三角形衍射 . . . . .	7
3.10	等腰三角形衍射 . . . . .	7
<b>4</b>	<b>实验记录纸</b>	<b>9</b>

# 1 单缝缝宽的测量

单缝衍射测量得到的光强分布如图所示

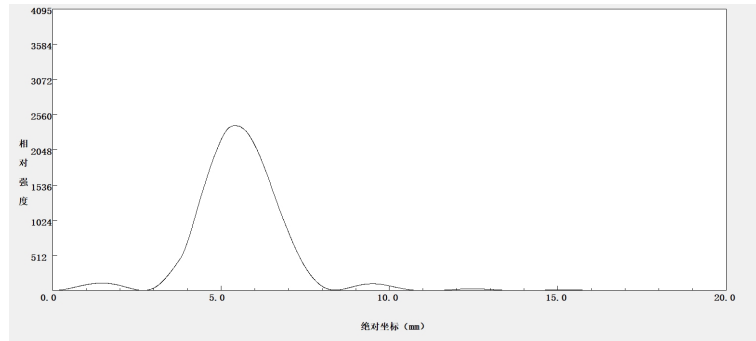


图 1: 单缝衍射光强分布

表 1: 单缝衍射主极大和次极大测量值

$i$	1	2	3
$x_i/\text{mm}$	1.400	5.405	9.470
相对光强 $I_i$	113	2401	103

可以验证

$$\frac{|I_1 - I_3|}{\frac{I_1 + I_3}{2}} = 9.26\% < 10\% \quad (1)$$

以及

$$\frac{\frac{I_1 + I_3}{2}}{I_2} = 4.5\% \quad (2)$$

与4.7%的相对差距小于5%，所以该次测量得到的光强分布可以认为是关于主极强是对称的，可以进行缝宽的计算。衍射屏到光强接收器的距离

$$z = 779.0\text{mm} \quad (3)$$

屏上次极强到主极强的距离

$$\Delta x = \frac{x_3 - x_1}{2} = 4.035\text{mm} \quad (4)$$

根据缝宽的计算公式可得

$$b = \frac{1.43\lambda z}{\Delta x} = 174.7\mu\text{m} \quad (5)$$

与标准缝宽 $b_0 = 175\mu\text{m}$ 的相对差距

$$B = 0.17\% \quad (6)$$

可见这个差距是相当小的，也就是说测得的结果很准确。

## 2 三缝衍射的缝宽及缝间距测量

三缝得到的光强分布如图所示

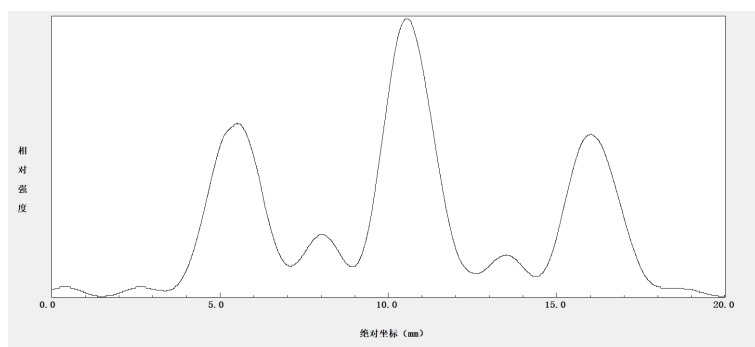


图 2: 三缝衍射光强分布

一些关键数据点的测量结果如下（包括主极强，两个次极强以及两个极小）

表 2: 三缝衍射数据记录表					
$i$	1	2	3	4	5
$x_i/\text{mm}$	5.505	10.710	15.980	8.940	12.651
相对光强 $I_i$	161	257	151	29	22

先算缝间距，第一个极小点到主峰的距离

$$\Delta x = \frac{x_4 + x_5}{2} = 1.856\mu\text{m} \quad (7)$$

缝间距

$$d = \frac{1}{3} \frac{\lambda z}{\Delta x} = 88.53\mu\text{m} \quad (8)$$

与标准值 $d_0 = 90\mu\text{m}$ 差距

$$B_d = 1.6\% \quad (9)$$

再求缝宽，由光强分布公式可知，主峰和次极大的光强之比应为

$$\left(\frac{\sin \alpha}{\alpha}\right)^2 = \frac{I_1 + I_3}{I_2} = 0.607 \quad (10)$$

式中

$$\alpha = \frac{\pi b \Delta x / z}{\lambda} \quad (11)$$

解得

$$\alpha = 1.193 \quad (12)$$

而

$$\Delta x = \frac{x_3 - x_1}{2} = 5.238 \text{mm} \quad (13)$$

从而可计算缝宽

$$b = 1.193 \frac{\lambda z}{\pi \Delta x} = 35.74 \mu\text{m} \quad (14)$$

与标准值  $b_0 = 40 \mu\text{m}$  的差距

$$B_b = 11\% \quad (15)$$

这里只能说缝宽的测量结果是合理的，不能说是准确的。下面略微进行一些分析。

根据表2可以看出，三缝衍射的光强分布图对称性不是特别好，主峰两边的极大值和极小值都有一些偏移，这可能造成了一定的误差。还有我们在解  $\alpha$  时，解方程的过程可能会放大光强测量的误差，从而导致  $\alpha$  的误差相对变大。但总体来说，这个结果还是可以接受的。

### 3 其它形状的衍射图案

#### 3.1 单方孔衍射

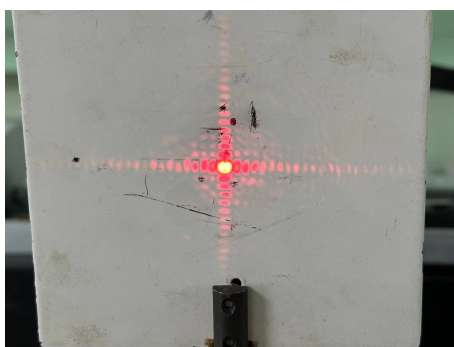


图 3: 单方孔衍射图案

### 3.2 双方孔衍射

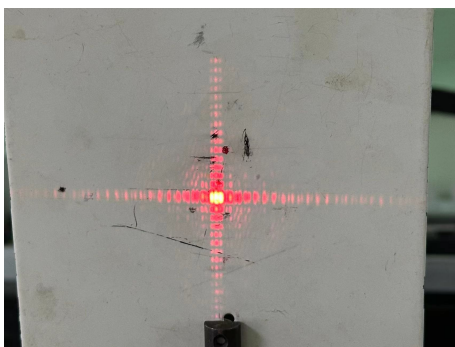


图 4: 双方孔衍射图案

### 3.3 方孔方阵衍射

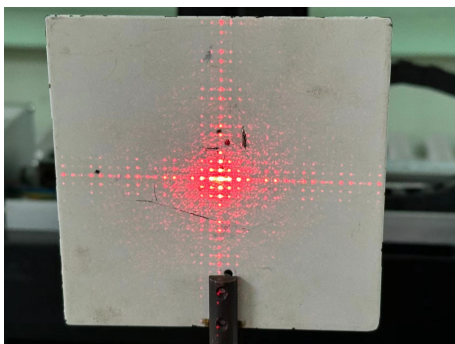


图 5: 方孔方阵衍射图案

### 3.4 方孔密排衍射

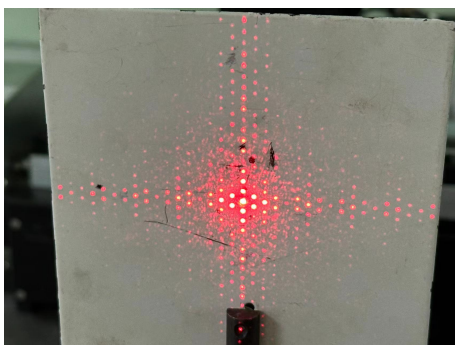


图 6: 方孔密排衍射图案

### 3.5 单圆孔衍射

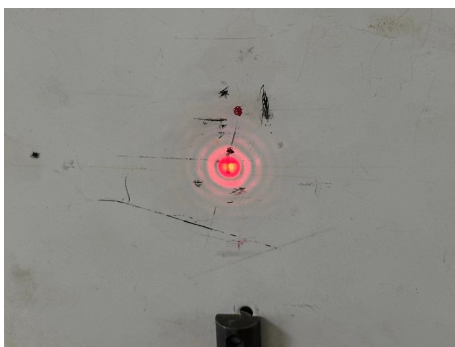


图 7: 单圆孔衍射图案

### 3.6 双圆孔衍射

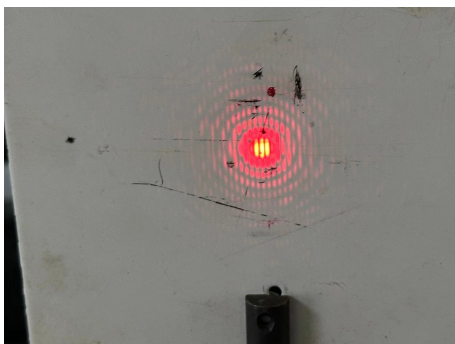


图 8: 双圆孔衍射图案

### 3.7 圆孔方阵衍射

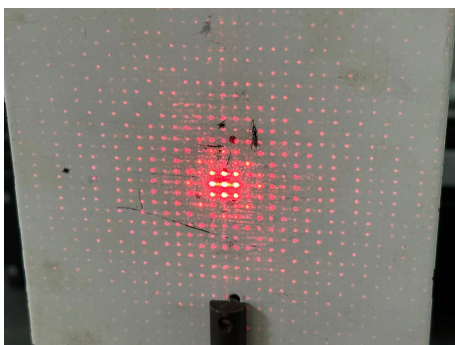


图 9: 圆孔方阵衍射图案

### 3.8 圆孔密排衍射

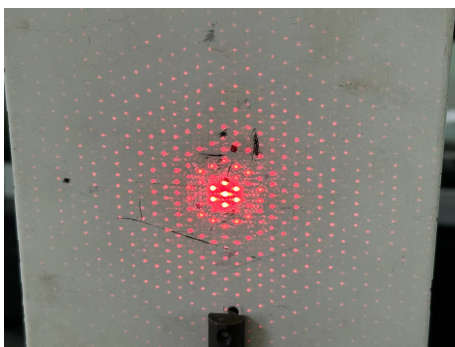


图 10: 圆孔密排衍射图案

### 3.9 等边三角形衍射

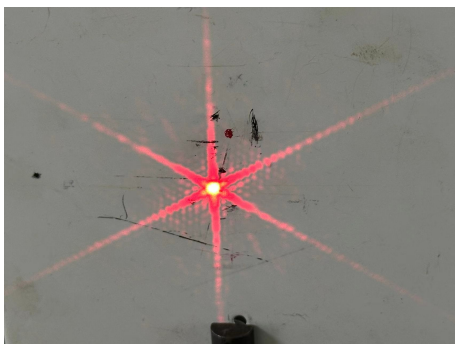


图 11: 等边三角形衍射图案

### 3.10 等腰三角形衍射

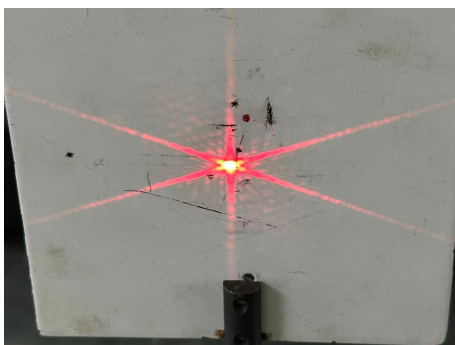


图 12: 等腰三角形衍射图案





## 4 实验记录纸

衍射光栅常数测定实验

姓名 陈启钊 学号 \_\_\_\_\_ 星期 \_\_\_\_\_ 第 \_\_\_\_\_ 组 页码 \_\_\_\_\_

**单缝**

X/mm	相对光强
1.400	113
5.405	240
9.470	103

$$\frac{I_1 - I_2}{\frac{I_1 + I_2}{2}} = 9.26\%$$

$$\frac{\frac{I_1 + I_2}{2}}{I_{\max}} = 4.5\%$$

$z = 77.90 \text{ cm}$

$\Delta x = 4.035 \text{ mm}$

缝宽  $b = \frac{1.43 \lambda z}{\Delta x} = 174.7 \mu\text{m}$

**三缝**

X/mm	相对光强
5.505	161
10.710	257
15.980	151
8.940	29
12.651	22

次极大

极小

$\Delta x = 1.856 \text{ mm}$

$d = \frac{1}{3} \frac{\lambda z}{\Delta x} = 88.53 \mu\text{m}$

**缝距**

缝宽  $\left(\frac{5.162}{a}\right)^2 = \frac{151+161}{257} = 0.607$

$\Rightarrow \alpha = 1.193 = \frac{\lambda b}{\lambda} \frac{\Delta x'}{z}$

$\Delta x' = \frac{15.980 - 5.505}{2} \text{ mm} = 5.238 \text{ mm}$

$b = \frac{1.193 \lambda z}{\lambda \Delta x'} = 35.74 \mu\text{m}$

11.20