

光信息处理

郑熔 2300011359 第一组 13 号

一. 实验现象记录和数据处理

1. 不同结构的空间频谱与像的分布

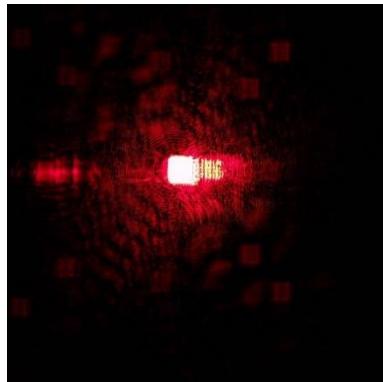


图 1.1-1 单方孔 像

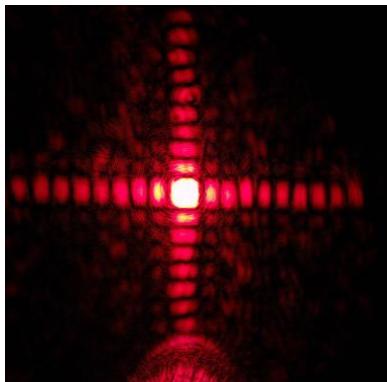


图 2.1-1 单方孔 频谱



图 3.1-2 双方孔 像

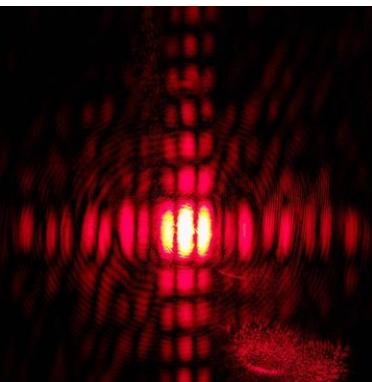


图 4.1-2 双方孔 频谱

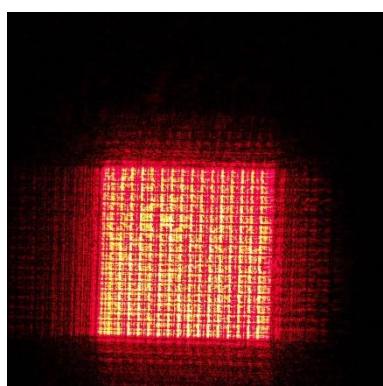


图 5.1-3 方孔方阵 像

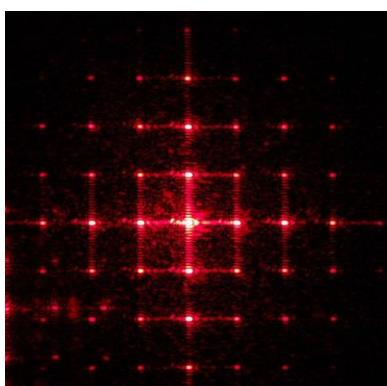


图 6.1-3 方孔方阵 频谱

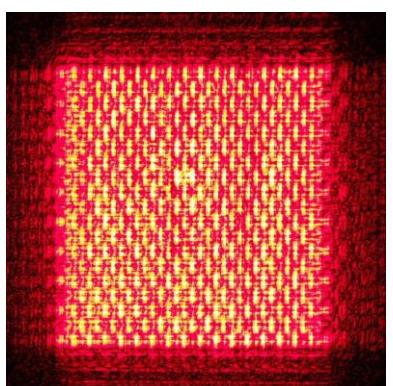


图 7.1-4 方孔密排 像

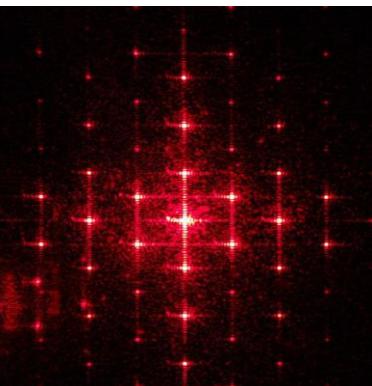


图 8.1-4 方孔密排 频谱

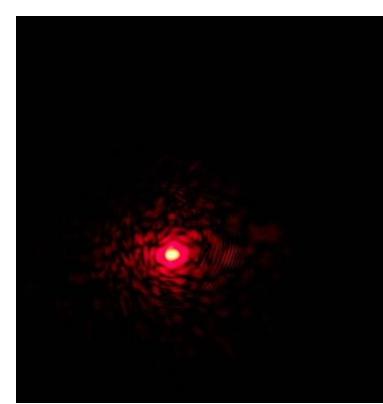


图 9.1-5 单圆孔 像

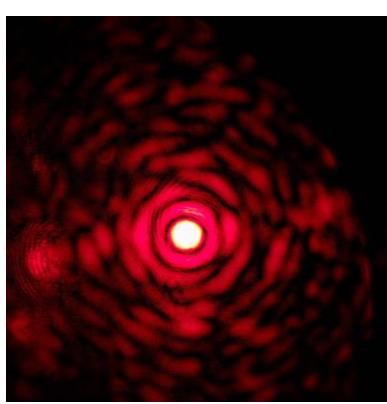


图 10.1-5 单圆孔 频谱

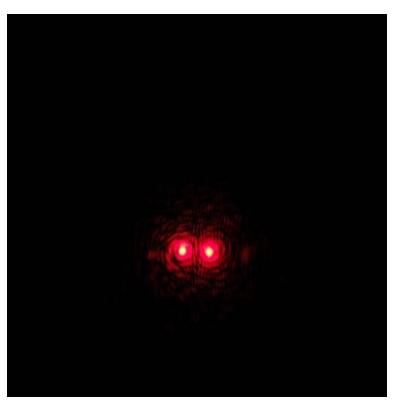


图 11.1-6 双圆孔 像



图 12.1-6 双圆孔 频谱

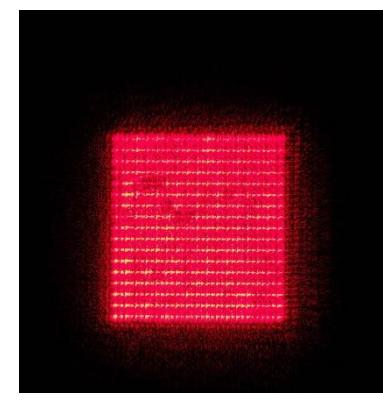


图 13.1-7 圆孔方阵 像

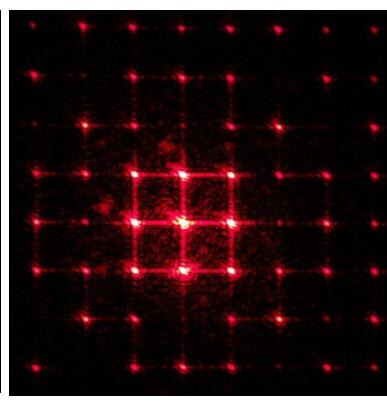


图 14.1-7 圆孔方阵 频谱

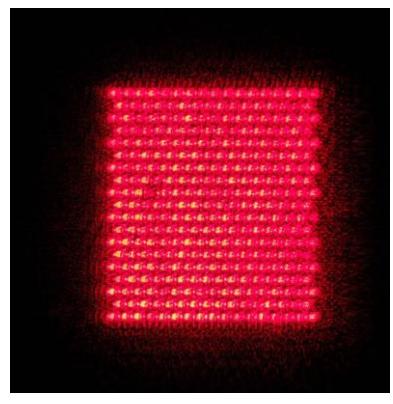


图 15.1-8 圆孔密排 像

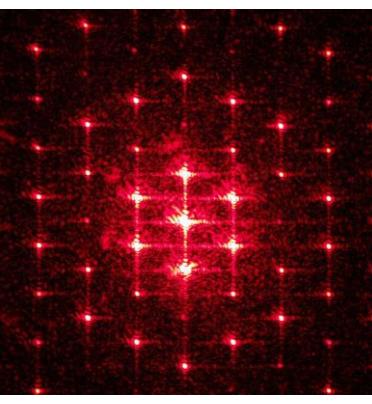


图 16.1-8 圆孔密排 频谱

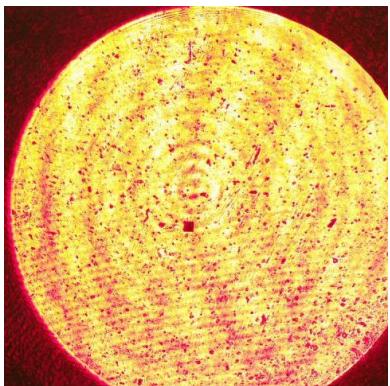


图 17.2-1 单方屏 像

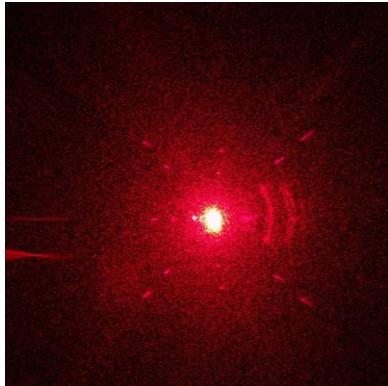


图 18.2-1 单方屏 频谱



图 19.2-2 等边三角孔 像

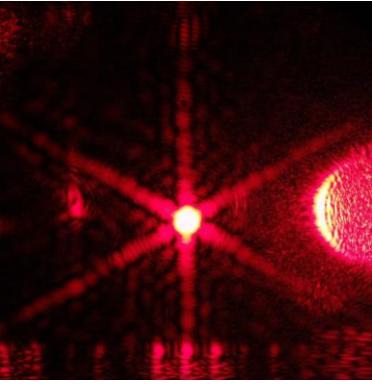


图 20.2-2 等边三角孔 频谱



图 21.2-3 等腰三角孔 像

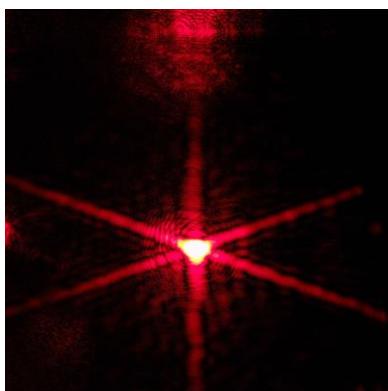


图 22.2-3 等腰三角孔 频谱



图 23.2-4 矩形孔 像

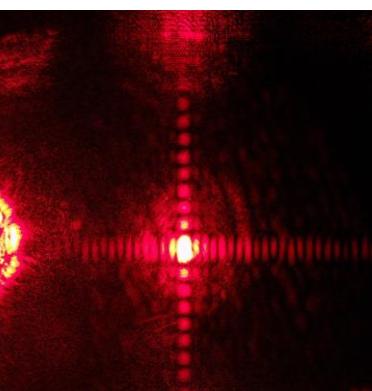


图 24.2-4 矩形孔 频谱

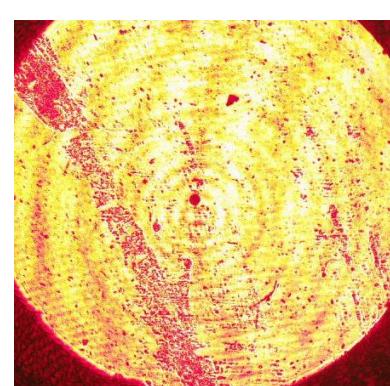


图 25.2-5 单圆屏 像

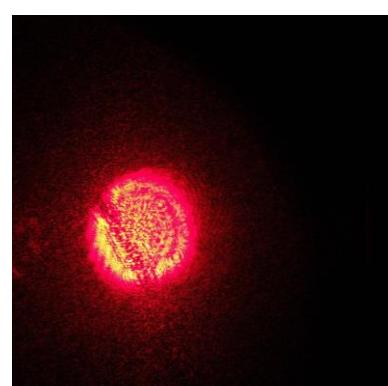


图 26.2-5 单圆屏 频谱

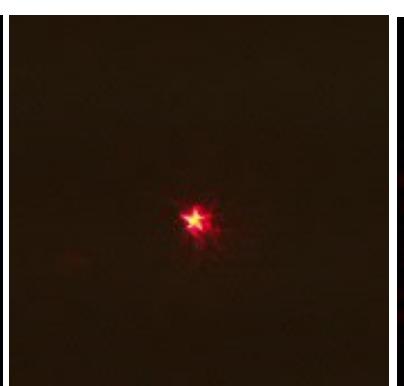


图 27.2-6 五角星孔 像

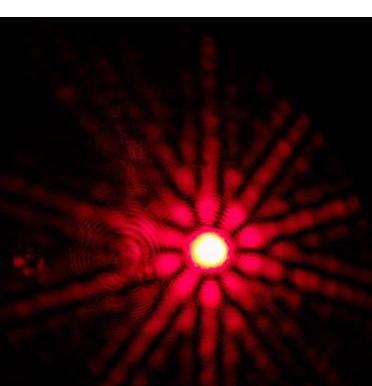


图 28.2-6 五角星孔 频谱

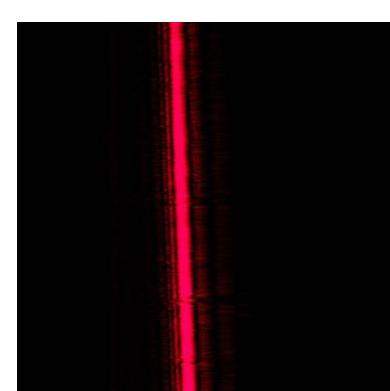


图 29.2-7 单缝 像

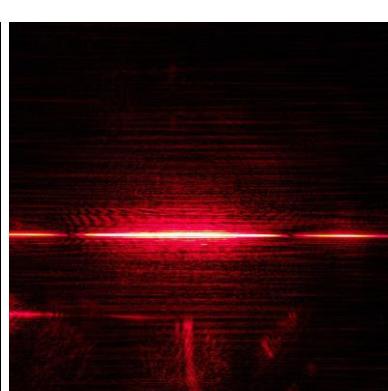


图 30.2-7 单缝 频谱

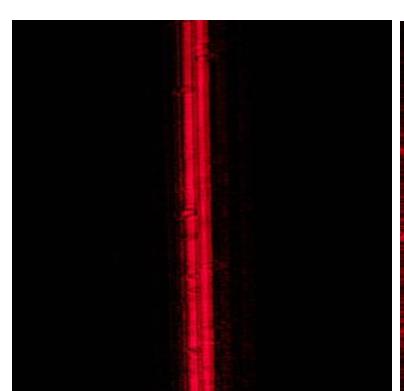


图 31.2-8 双缝 像

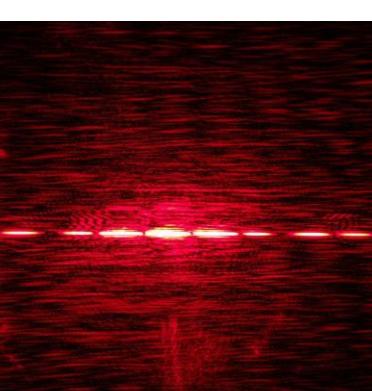


图 32.2-8 双缝 频谱

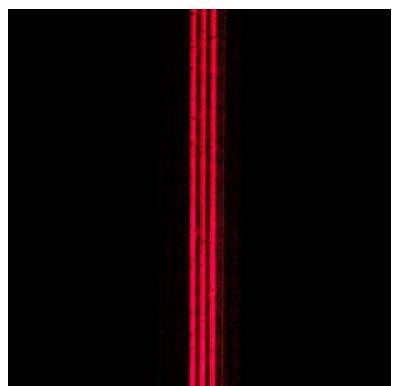


图 33.3-1 三缝 像

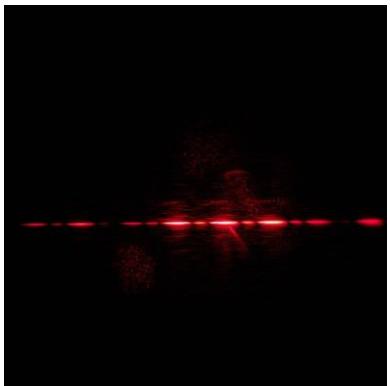


图 34.3-1 三缝 频谱

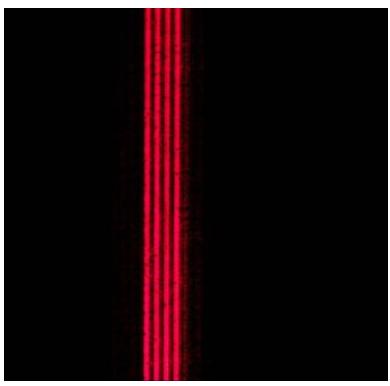


图 35.3-2 四缝 像

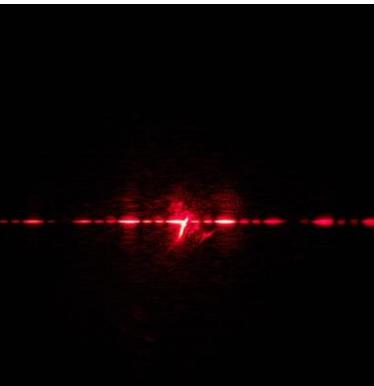


图 36.3-2 四缝 频谱

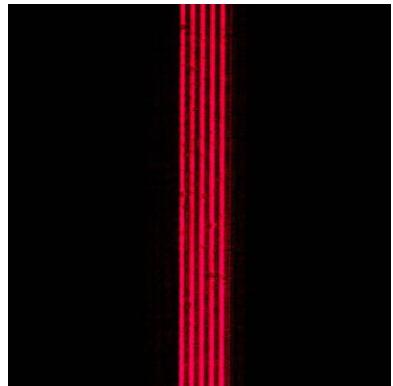


图 37.3-3 五缝 像

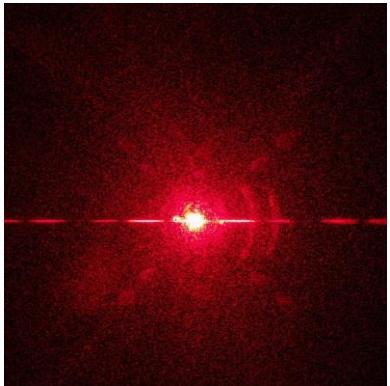


图 38.3-3 五缝 频谱

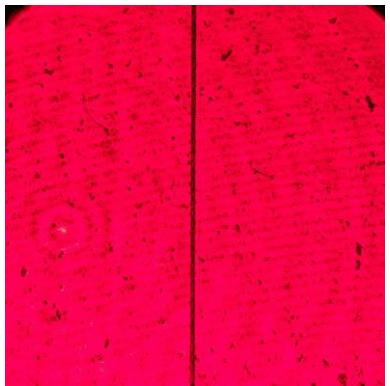


图 39.3-4 单丝 像



图 40.3-4 单丝 频谱

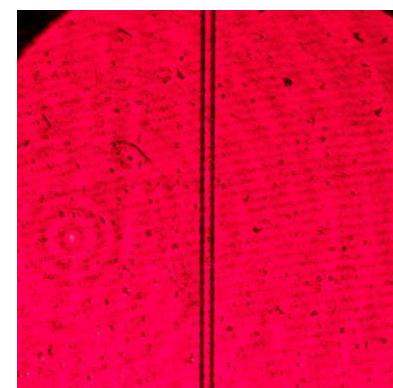


图 41.3-5 双丝 像

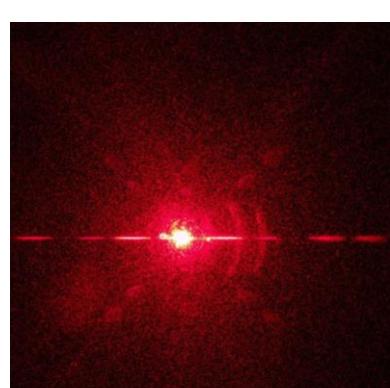


图 42.3-5 双丝 频谱



图 43.3-6 三丝 像

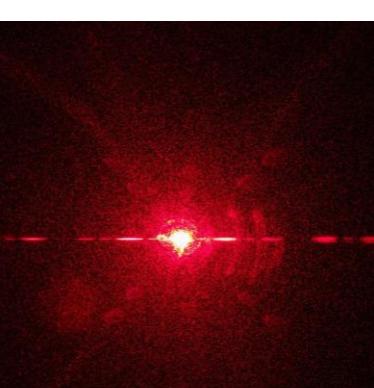


图 44.3-6 三丝 频谱

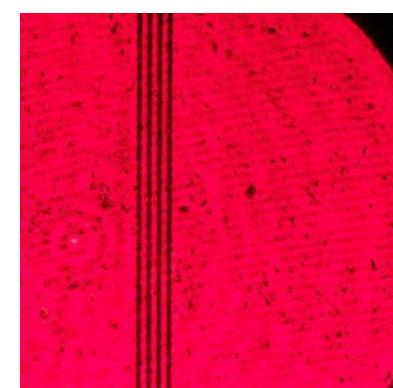


图 45.3-7 四丝 像

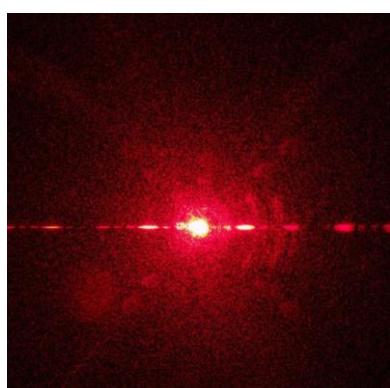


图 46.3-7 四丝 频谱

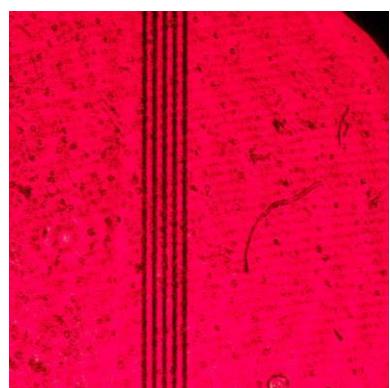


图 47.3-8 五丝 像

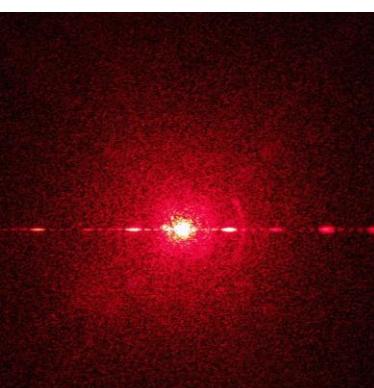


图 48.3-8 五丝 频谱

结构	频谱分布特征	原因
方孔方阵	呈现一系列大小相似的方格形状，方格格点上光强较强，其中，中心格点的光强最大，周围以一定规律分布一些次级大。	方孔方阵在横纵向拥有与像光栅一样的周期结构，因此在横向与纵向可以看到两个光栅干涉相乘的周期结构，在每一个小峰上表现为单方孔频谱的结构特点。
方孔密排	呈现一系列等边三角形组成的形状，格点上光强较强，其中，中心格点的光强最大，周围以一定规律分布一些次级大。	方孔密排在周期结构上呈现六边形的结构，频谱面依然保留这种对称性。同样，在每一个小峰上表现为单方孔的结构特点。
圆孔方阵	呈现一系列大小相似的方格形状，格点呈圆点型，方格格点上光强较强，其中，中心格点的光强最大，周围以一定规律分布一些次级大。	圆孔方阵在横纵向拥有与像光栅一样的周期结构，因此在横向与纵向可以看到两个光栅干涉相乘的周期结构，在每一个小峰上表现为单圆孔频谱的结构特点。
圆孔密排	呈现一系列等边三角形组成的形状，格点上光强较强，其中，中心格点的光强最大，周围以一定规律分布一些次级大。	圆孔密排在周期结构上呈现六边形的结构，频谱面依然保留这种对称性。同样，在每一个小峰上表现为单圆孔的结构特点。

总结：

小孔阵列的频谱特征：整体呈现单个小孔的频谱分布特征，但在细节上呈现出二维光栅结构的分布，即小孔阵列的频谱分布是单元小孔的频谱分布与二维结构的频谱分布的乘积。

原因：因为小孔阵列的透过率函数可以由小孔的透过率函数和二维结构的透过率函数卷积得到，根据卷积定理，原函数的卷积傅立叶变换为像函数的乘积。

2. 一维光栅衍射的空间频谱和像的分布



图 49.一维光栅像的分布

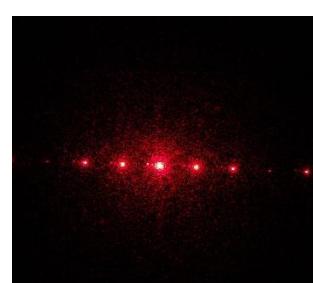


图 50.一维光栅频谱的分布

用光屏去承接时，测得中心 11 条亮斑之间的间距为 2.00cm，则条纹间距为 0.20cm。已知透镜焦距为 25cm，激光波长为 632.8nm。于是根据公式 $d = \frac{\lambda f}{\Delta x}$ ，得到光栅的空间周期为 $79.1\mu\text{m}$ ，空间频率为 12.64 条/mm。

进行滤波后：

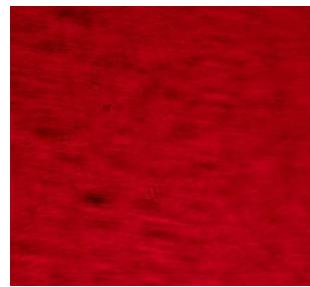


图 51.一维光栅只过 0 级

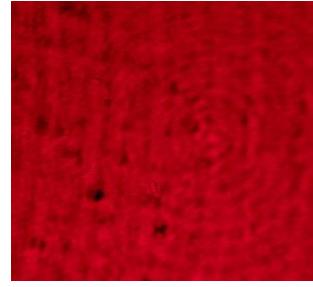


图 52.一维光栅只过 1 级

像面变化：当只过 0 级时，像面比较模糊。而只有 1 级通过时，像面条纹更为清晰一些。

解释：只过 0 级时，空间频率提高，条纹间距极小，较为模糊。只过 1 级时，细节信号保留的更多，条纹边界更清晰，条纹间距更大。

3、二维光栅衍射的空间频率和像的分布



图 53.二维光栅像的分布

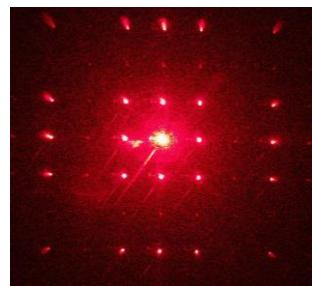


图 54.二维光栅频谱的分布

进行滤波后：

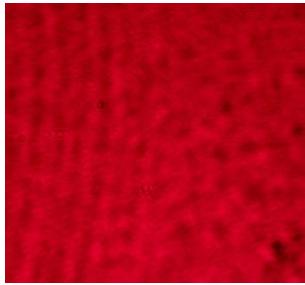


图 55.二维光栅小孔滤波
(只有 0 级)

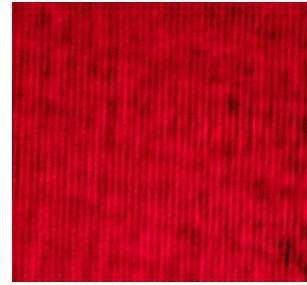


图 56.二维光栅水平狭缝

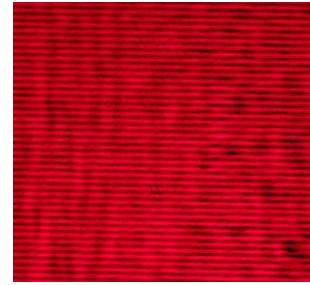


图 57.二维光栅竖直狭缝

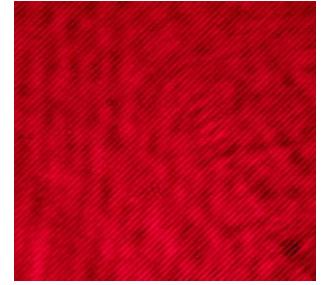


图 58.二维光栅倾斜狭缝

解释：

- (1) 小孔只保留了衍射低频信号，低频信号决定像的明暗程度，而失去了高
频更为细节的信息。所以像面比较模糊。
- (2) 水平狭缝滤波后，只保留了 x 方向上的频率信息，所以得到了竖直条纹。
- (3) 竖直狭缝滤波后，只保留了 y 方向上的频率信息，所以得到了水平条纹。
- (4) 倾斜狭缝滤波后，只保留了倾斜方向的频率信息，所以得到了与狭缝方
向垂直的条纹并且空间频率增大为原来的 $\sqrt{2}$ 倍。

4、“光”字的高低通滤波



图 59.光字成像

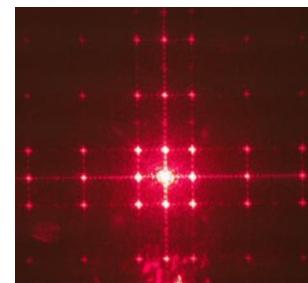


图 60.光字频谱

光字的频谱面与二维光栅的频谱面类似，频谱面呈格子状、十字形分布，光强主
要集中在格点，中心的格点光强最大。



图 61. 光字 1mm 小孔滤波



图 62. 光字 0.3mm 小孔滤波

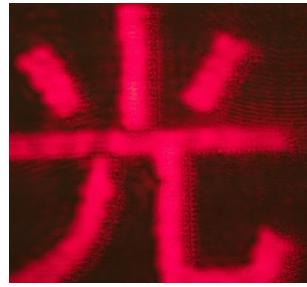


图 63. 光字 1mm 小孔通过 (1, 1) 级



图 64. 光字 1mm 小孔通过 (1, 5) 级

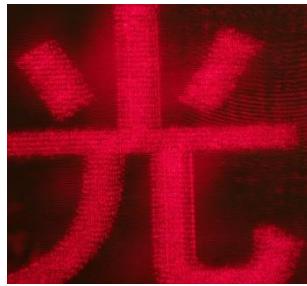


图 65. 光字 0.3mm 小孔通过 (1, 1) 级



图 66. 光字 0.3mm 小孔通过 (1, 5) 级

图 61 采用了直径为 1mm 的小孔作为低通滤波器，其作用原理是允许低频光信号通过，同时阻挡高频成分。所以在画面中可以看到光字，而看不到光栅，同时，由于高频成分的缺失，光字的边缘变得模糊。

图 62 采用了直径为 0.3mm 的小孔进行滤波，由于孔径过小，光字的频谱都只保留了很小的一部分，所以图像失去了原本的形状。

若想要使网格 (12 条/mm) 消失，即希望滤波器的孔径小于网格频率对应的频谱点的间距。根据公式 $d = \frac{\lambda f}{\Delta x}$, $\Delta x = 1.8984 \times 10^{-3}m$ 。即，让网格消失的滤波器的孔径为小于 1.8984mm。

想要使字迹 (0.5mm) 消失，即希望滤波器的孔径小于字迹频率对应的频谱点的间距。根据公式 $d = \frac{\lambda f}{\Delta x}$, $\Delta x = 3.164 \times 10^{-4}m$ 。即，让网格消失的滤波器的孔径为小于 0.3164mm。

图 63 和图 64 分别是使 $(1, 1)$ 级和 $(1, 5)$ 级衍射斑通过直径为 1mm 的小孔，像面上基本只有这一级衍射斑所对应的空间频率的条纹（由于 1mm 的直径仍然较大，所以可能还会有别的级通过孔，所以细节仍然不是特别清晰），所以最后的像的亮度基本上均匀的，并且图形保留了原有的形状。而 $(1, 5)$ 级衍射斑对应的像光强较小，像面较暗。

图 65 和图 66 分别是使 $(1, 1)$ 级和 $(1, 5)$ 级衍射斑通过直径为 0.3mm 的小孔，像面上只有这一级衍射斑所对应的空间频率的条纹，最后的像出现较为清晰的条纹，因为过滤后的光线较为单一。而 $(1, 5)$ 级衍射斑对应的像条纹更为清晰，因为高频决定细节。

5、十字孔的像、频谱



图 67.十字孔的像



图 68.十字孔的频谱

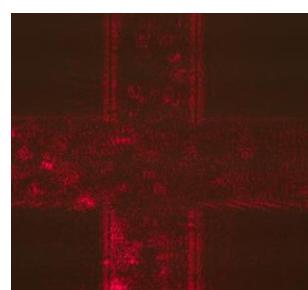


图 69.加光阑后十字孔的像

像面变化：原本的像面整个十字区域都是亮的，加上光阑后，只有十字轮廓附近的区域是明亮的。

解释：圆形光阑过滤掉的是频谱中心的部分，即过滤掉的是低频信息，而保留的

是高频信息。低频信息原本决定像面整体的明暗程度，被过滤掉之后像面整体偏暗。而高频信息决定细节信息。高频被保留后，像面的边缘比较明显。

6、正交光栅的频谱特点



图 70.20 条/mm 频谱

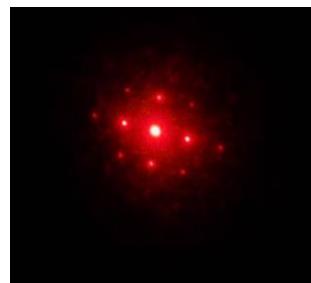


图 71.200 条/mm 频谱

特点：20 条/mm 光栅的频谱比 200 条/mm 光栅的频谱光点之间的间距更大，中心点的亮度更暗一些。

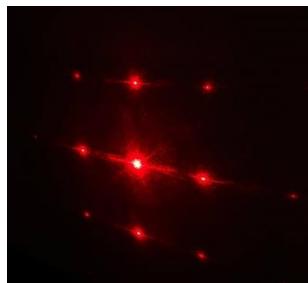


图 72.20 条/mm 和 200 条/mm 重叠的频谱

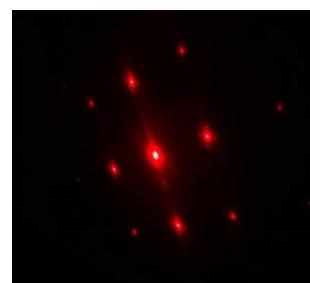


图 73.在图 72 的基础上旋转

频谱特点：频谱面上间距较大的点来自 20 条/mm 光栅对应的频谱，而在这些格点的周围分布着一些间距较小的点，来自于 200 条/mm 光栅对应的频谱。

转动后：若转动 200 条/mm 的光栅，则间距较大的格点位置不发生改变，而分布在这些格点周围的小格点发生旋转。若转动 20 条/mm 的光栅，则间距较大的格点也随之旋转，而小格点与大格点之间保持相对静止。

解释：这是由于卷积定理。原函数的乘积对应像函数的卷积。产生的结果类似于

将 200 条/mm 的光栅频谱在 20 条/mm 的光栅频谱附近作展开。

7、 θ 调制



图 74.0 调制实验装置与结果

现象：白光在经过无色花型衍射屏后，在频谱面上呈现彩色图案（6 条颜色交替的射线）。烧掉对应位置的对应颜色，我们便可以看到彩色的花：此即白光彩色成像。

解释：由于盆栽不同部位的光栅取向存在差异，导致它们在衍射屏上产生的频谱位置各不相同。因此，我们可以通过烧掉频谱面上的特定颜色，选择性的让频谱面上特定频率的光通过，来调控盆栽不同部位的颜色。

二. 收获与感想

在第一节课时，我们光路搭的没有很准确，导致摄像机拍摄到的频谱面有诸多杂光。第二节课时，我们重新搭建了光路，但是开始时也没有搭好，导致光路已知向上倾斜，最后的元器件不够高，无法拍摄到图像。最后我们仔细调整了光路，拍摄到了较为合理的图像。这启示我们，光学实验中任何一点光路的偏差都有可能导致实验无法进行下去。所以在摆放实验仪器的时候一定要精益求精。