

# 光信息处理

雷逸鸣

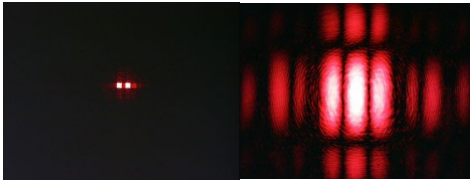
## 1. 频谱与像的对应关系：

### 1) 单方孔：



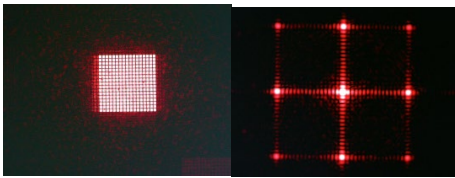
频谱与原像均为轴对称结构，在纵横两个维度上均可看作一个单缝衍射，叠加后得到一系列衍射峰。

### 2) 双方孔：



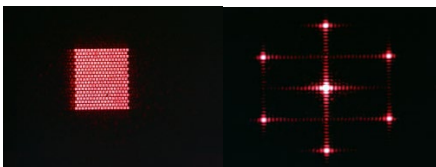
双方孔在方孔的基础上叠加了一个双缝干涉因子，因此横向会出现更多的“小峰”。

### 3) 防控方阵：



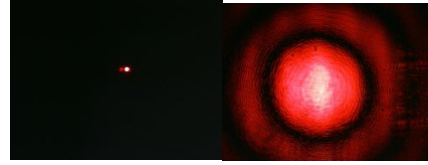
方孔方阵在横纵向拥有类似光栅的周期结构，因此首先在横向与纵向可以看到两个光栅干涉相乘的周期结构，在每一个小峰上表现为（1）的结构特点。

### 4) 方孔密排：



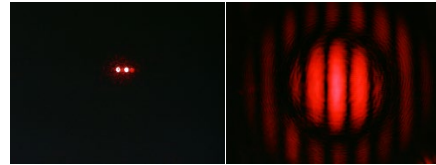
方孔密排在周期结构上呈现六边形的结构。三个两两夹角为  $60^\circ$  的周期结构，反应在衍射图样上，频谱面依然保留这种对称性。同样，在每一个小峰上表现为（1）的结构特点。

### 5) 单圆孔：



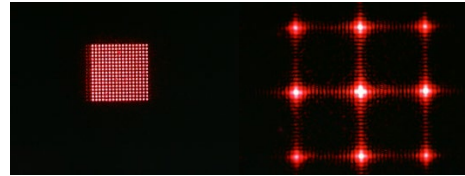
单圆孔的衍射图样与艾里斑相同

### 6) 双圆孔

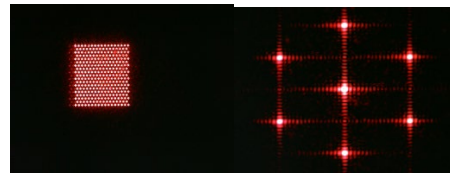


同双方孔的周期结构相似。（接下来至圆孔密排均可与方孔类比，故不赘述）

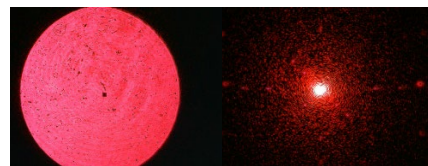
### 7) 圆孔方阵：



### 8) 圆孔密排：

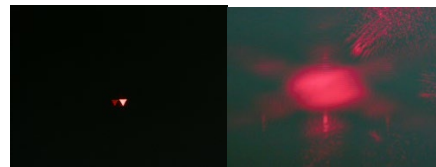


### 9) 单方屏：



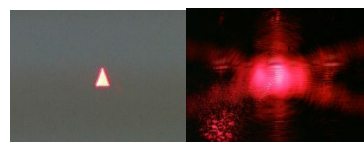
图样应与（1）相同。

### 10) 等边三角形：



类比方孔，三角形孔具有  $120^\circ$  旋转对称性，故生成类六边形度频谱。

### 11) 等腰三角形：



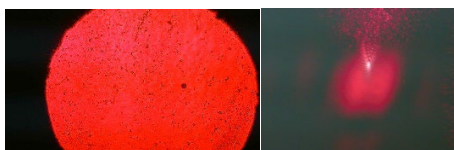
等腰三角形与等边三角形相比，两腰的倾角有改变，频谱面随之变化。

12) 矩形孔:



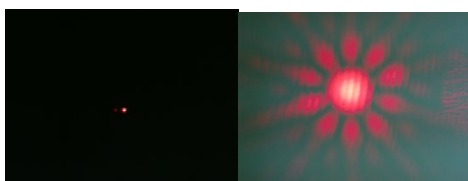
与方孔类似，只是纵横方向的周期结构有变化，故整体发生了缩放。

13) 单圆屏:



应为艾里斑。

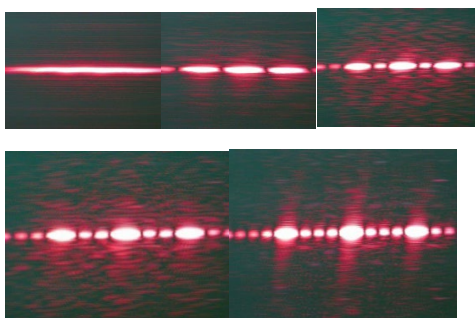
14) 五角星孔:



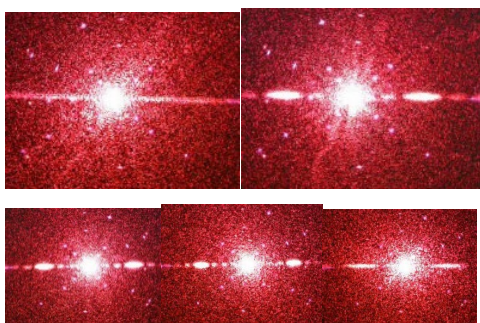
同样，根据对称性，频谱面应有 10 个角。

15) 单缝 (N 缝):

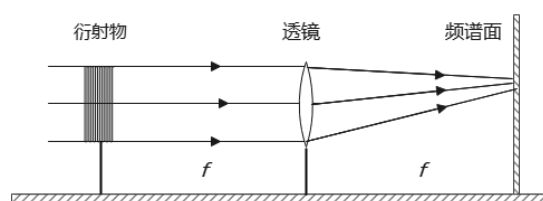
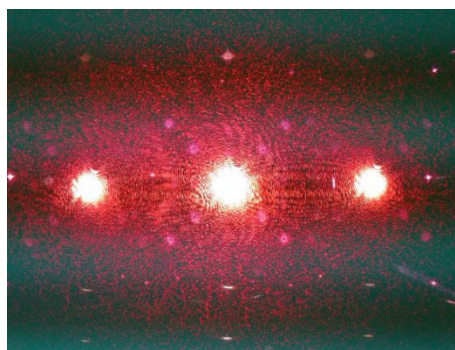
有解析解，计算过程从略。



16) N 丝:



2. 一维光栅:



仪器摆放示意图

频谱面图样图图所示。

$$\Delta x = 397px \times 1.43\mu m/px = 568\mu m$$

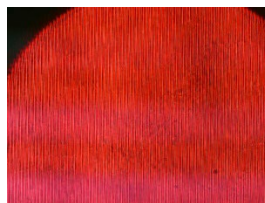
光栅基频:

$$\Delta \theta = \frac{\Delta x}{2f} = 1.14 \times 10^{-3}$$

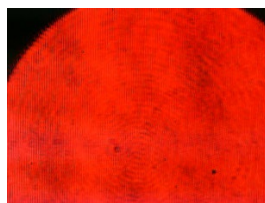
空间频率:

$$d = \frac{\lambda}{\sin \theta} = 557\mu m$$

a) 只保留 0 级频谱:



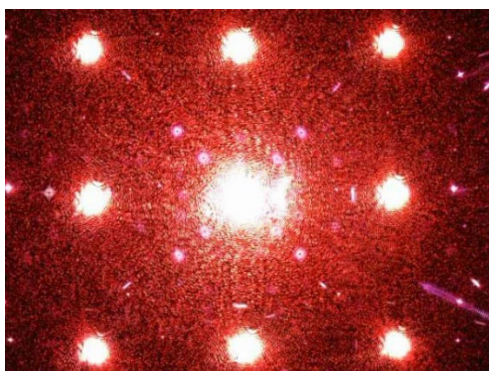
b) 去除 ±1 级频谱:



观察发现像面的空间频率发生了变化，原因是过滤掉了代表 ±1 级频谱所对应的频率的光线。

3. 二维光栅:





频谱面图样图图所示。

$$\Delta x_1 = 399px \times 1.43\mu m/px = 570\mu m$$

$$\Delta x_2 = 396px \times 1.43\mu m/px = 567\mu m$$

光栅基频：

$$\Delta \theta_1 = \frac{\Delta x_1}{2f} = 1.14 \times 10^{-3}$$

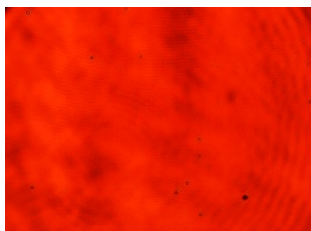
$$\Delta \theta_2 = \frac{\Delta x_2}{2f} = 1.13 \times 10^{-3}$$

空间频率：

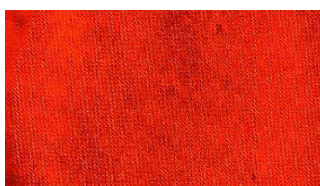
$$d_1 = \frac{\lambda}{\sin \theta_1} = 450\mu m$$

$$d_2 = \frac{\lambda}{\sin \theta_2} = 557\mu m$$

a) 只保留主极大



b) 保留 (1, 1) 级斑



c) 保留 (0, 5) 级斑



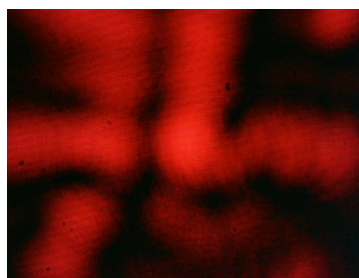
经观察，同样发现像面的空间频率发生了变化。原因是不同的衍射版代表了不同的空间频率信息。

4. “光”字的高低通滤波：

a)  $\phi = 1mm$  滤波：



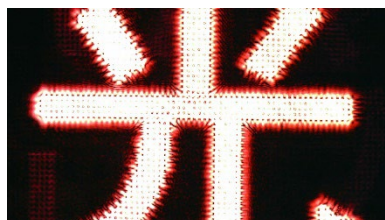
b)  $\phi = 0.3mm$  滤波：



c) 通过 0 级：



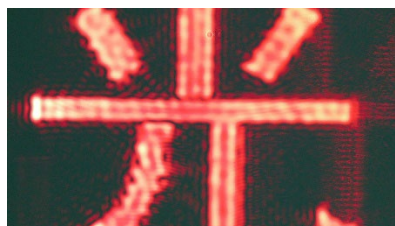
d) 通过 0 级和 1 级：



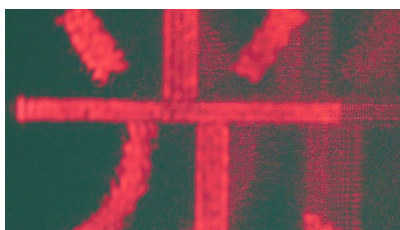
e) 通过 5 级以内：



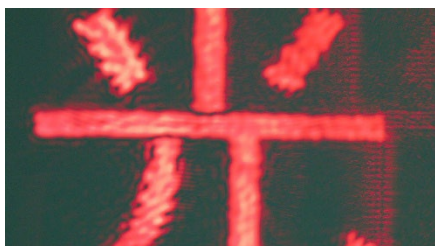
f) 仅通过 (1,0) 级：



g) 仅通过 (5,0) 级:

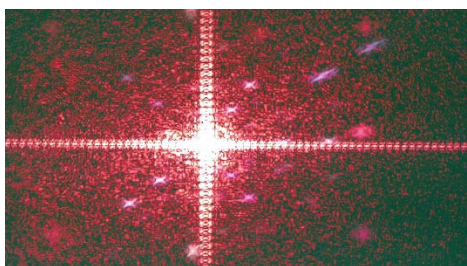


h) 仅通过 (1,1) 级:

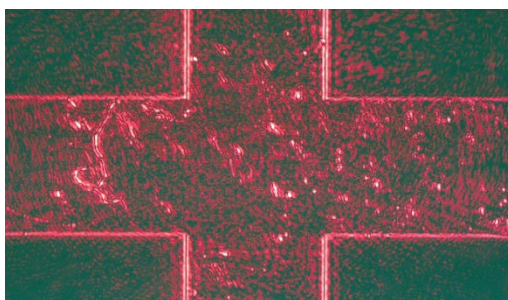


经观察,发现,只保留主极大时,观测不到光栅频谱信息,因为这部分卷积所带来的项均已被挡住。当我们取 $\phi = 0.3mm$ 滤波时,由于频谱的一部分信息被挡住,所以光字并不能完整的显示在像面处。当我们只选某一处的衍射斑允许通过时,我们会在像面上看到这一级衍射斑所对应的空间频率的条纹,因为此时我们只保留了这一空间频率。

## 5. 十字孔:



十字孔频谱如上图所示。

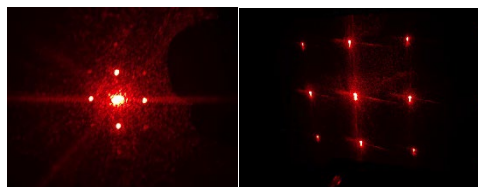


将频谱中心部分滤去后,像平面只有十字孔的轮廓是明亮的。

解释: 频谱面中距离光轴越远的光斑中

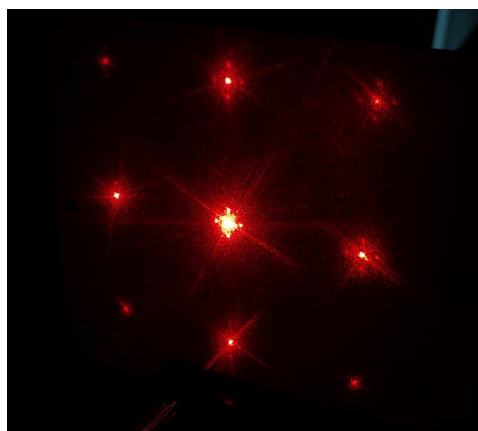
保存的是衍射物中越高频,越细节的信息。而 0 级光斑中蕴含的主要为衍射物的亮度信息。因而,将 0 级滤去后,只展现衍射物的细节信息,对应于的是衍射物清晰的轮廓。

## 6. 两个正交光栅:

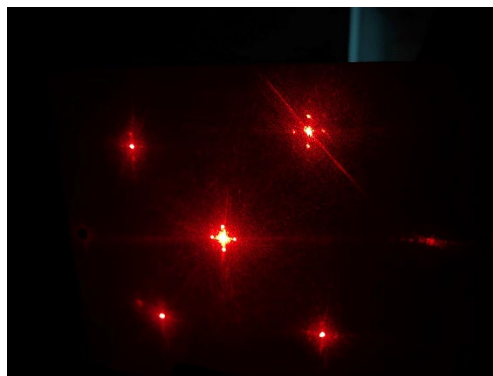


20 条/mm 频谱

200 条/mm 频谱



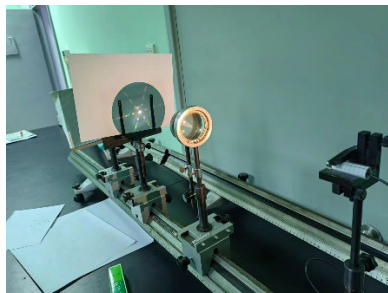
将二维光栅叠加后,形成的频谱如上图所示。



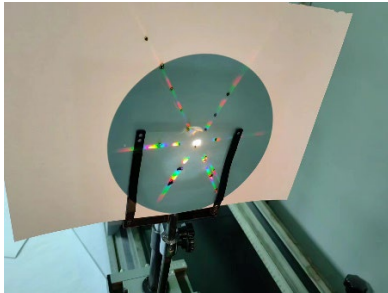
将二维光栅进行旋转后,转动光栅对应的卷积核也发生了旋转,因而,频谱图中 200 条/mm 光栅对应的大光斑发生了旋转,而小光斑之间相对静止。

同理,若转动小光栅,出现的现象便应该是小光栅内部旋转而大光斑之间保持相对静止。这一结论可以对以上实验取 200/mm 光栅为参考系得到。

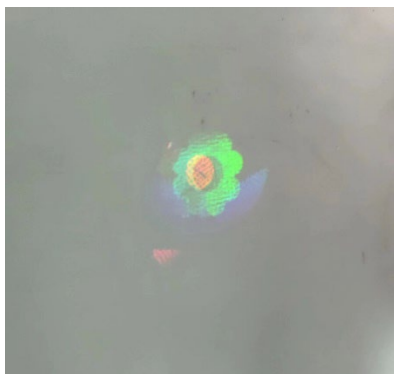
## 7. $\theta$ 调制:



实验装置图



频谱面颜色的选择



最终生成的盆栽团

**解释:** 由于盆栽团中不同部位的光栅取向不同, 所以不同部位在衍射屏上的频谱不相互重合。因此, 我们可以通过选择性的让频谱面上特定频率的光通过, 来实现调控盆栽不同部位颜色的目的。

## 8. 关于调节光路的感想:

在调整透镜时, 光阑上的反射光斑不重合是由于透镜的水平竖直位置导致的, 而光斑重合后, 与光阑圆心之间的距离是由透镜倾角导致的。在调节光路时, 可以先调节透镜的位置, 使光斑重合, 再调节倾角, 这样操作起来会比较便捷。

在调节物镜时, 由于光学元件的移动范围整体相较于物镜低一些, 可以通过更改物镜底座让物镜的调节范围降低。

调节物镜光轴与激光平行是使实现现象清晰的重要一步。在我们更换了物镜底座后, 可以通过前后平移物镜, 观察透镜上光斑位置来调整物镜倾角。当前后移动物镜, 光斑中心保持不动时, 物镜就与光轴平行了。在将此调节完后, 再前后移动物镜, 调整至光斑最明亮的位置。这样, 可以使光路达到最优的效果。