

# 《普通物理实验》实验报告

实验名称 光信息处理 实验日期 2024 年 5 月 10 日  
姓名 李灿辉 学号 2200017799 实验地点 南楼 332

## 第一部分 实验现象记录与数据处理

### 1 不同结构的空间频谱与像的分布

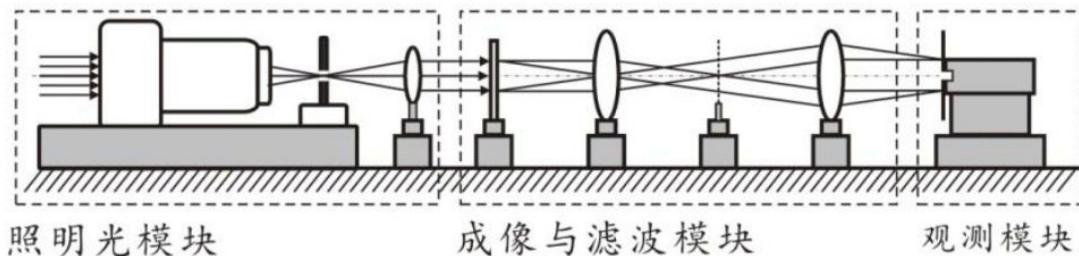


图 1: 实验光路示意图

单方孔	双方孔	方孔方阵	方孔密排	单圆孔	双圆孔	圆孔方阵	圆孔密排
单方屏	等边三角孔	等腰三角孔	矩形孔	单圆屏	五角星孔	单缝	双缝
三缝	四缝	五缝	单丝	双丝	三丝	四丝	五丝

图 2: 空间结构顺序

按照图一搭建好实验光路，并调好共轴，按图二顺序拍摄各空间结构的频谱和像面的照片。拍摄结果如图 3-图 50 所示，其中左侧图片为像面拍摄结果，右侧为频谱面拍摄结果。

小孔阵列(方孔方阵、方孔密排、圆孔方阵、圆孔密排)的频谱分布特征与解释：

1. 小孔阵列的像由单孔的透射函数与  $\delta$  函数阵列卷积而成
2. 小孔阵列的频谱面是单孔的频谱与  $\delta$  函数阵列的频谱直接相乘
3. 因此，中心附近频谱面的细节主要取决于小孔排列方式，而远处较大范围处光强分布整体形状取决于小孔形状。
4. 因此，方阵结构的频谱极大主要以方格点形式排列，密排结构则以六边形格子格点形式排列。

# 《普通物理实验》实验报告

实验名称 光信息处理      实验日期 2024 年 5 月 10 日  
姓名 李灿辉      学号 2200017799      实验地点 南楼 332

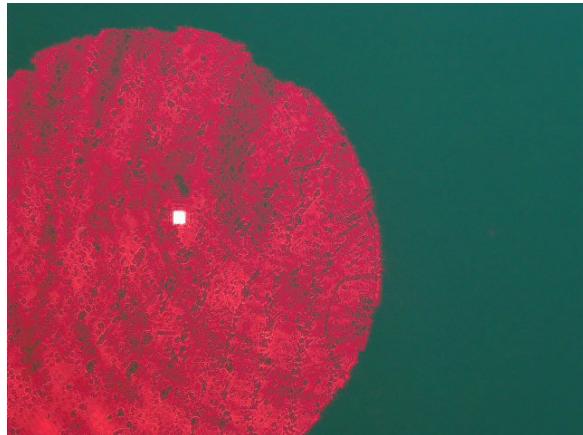


图 3: 单方孔像

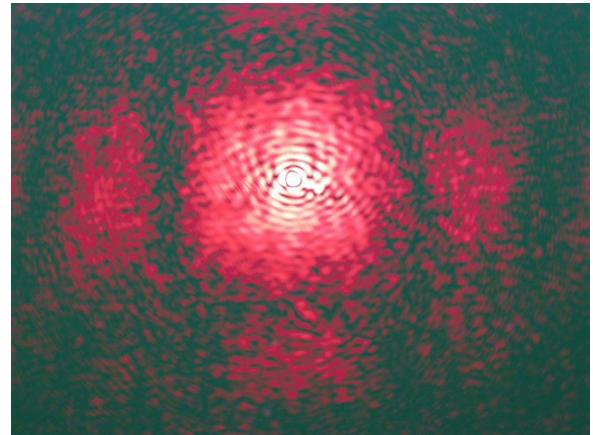


图 4: 单方孔频谱

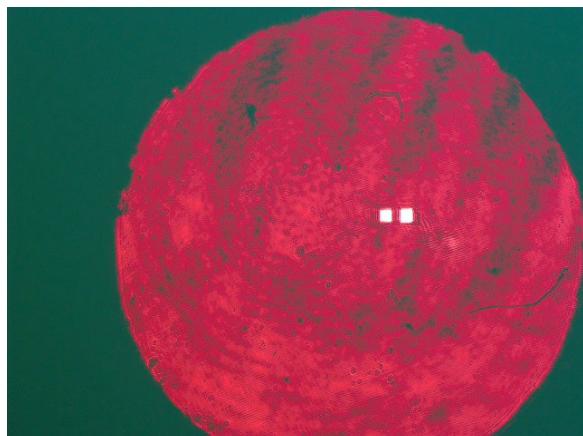


图 5: 双方孔像

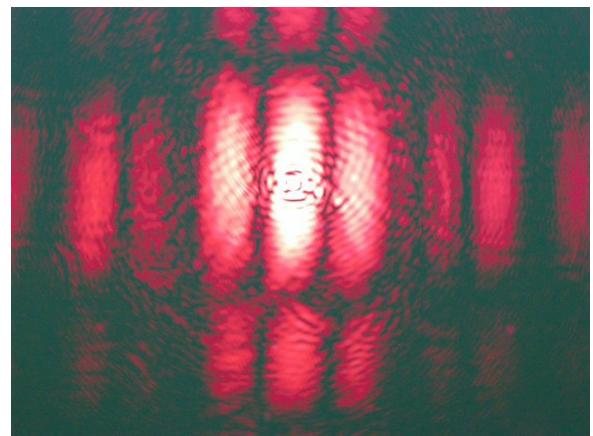


图 6: 双方孔频谱

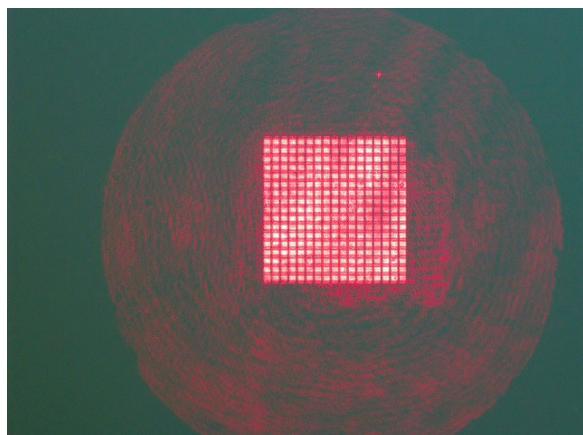


图 7: 方孔方阵像

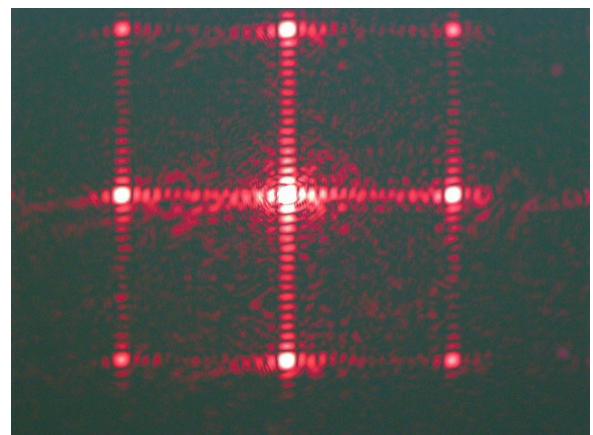


图 8: 方孔方阵频谱

# 《普通物理实验》实验报告

实验名称 光信息处理      实验日期 2024 年 5 月 10 日  
姓名 李灿辉      学号 2200017799      实验地点 南楼 332

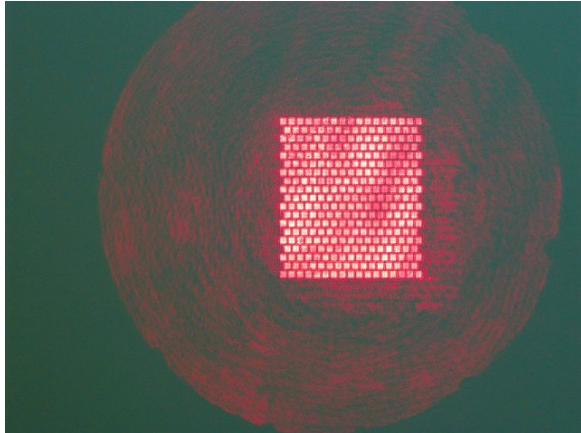


图 9: 方孔密排像

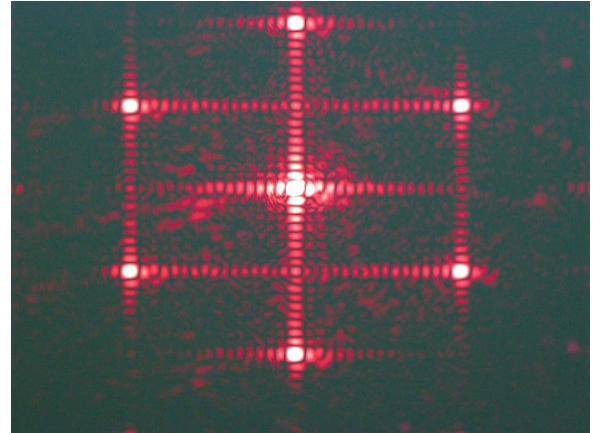


图 10: 方孔密排频谱

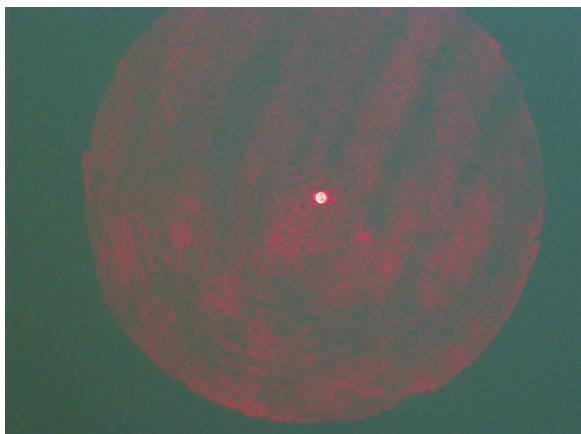


图 11: 单圆孔像

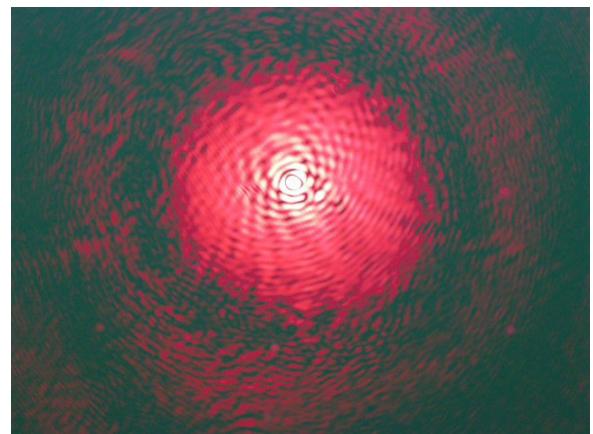


图 12: 单圆孔频谱

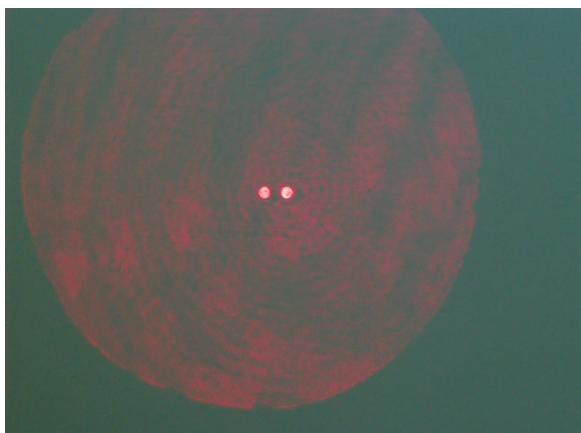


图 13: 双圆孔像

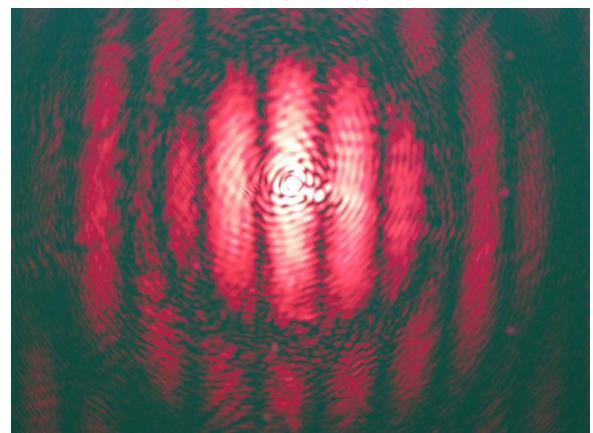


图 14: 双圆孔频谱

# 《普通物理实验》实验报告

实验名称 光信息处理      实验日期 2024 年 5 月 10 日  
姓名 李灿辉      学号 2200017799      实验地点 南楼 332

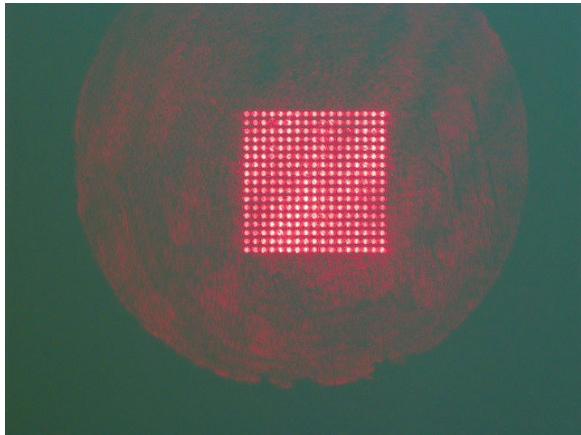


图 15: 圆孔方阵像

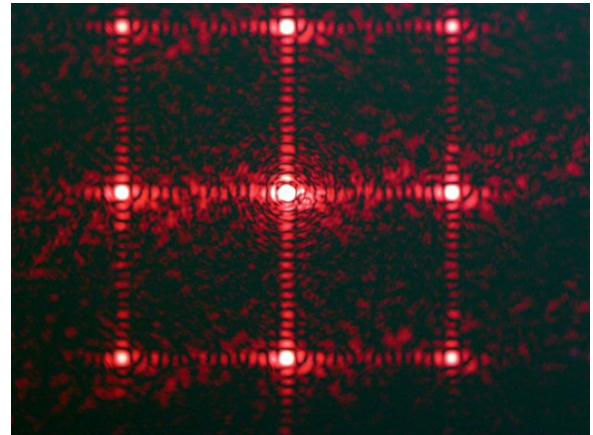


图 16: 圆孔方阵频谱

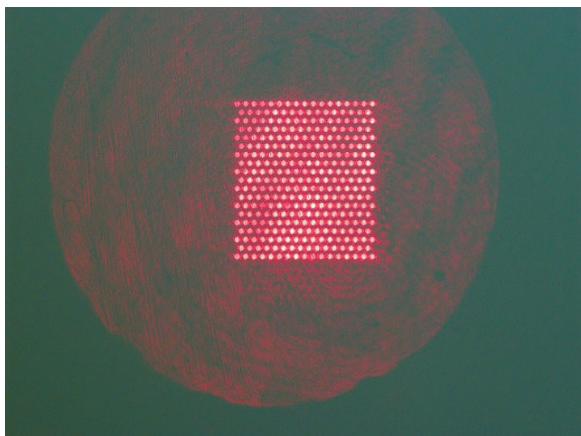


图 17: 圆孔密排像

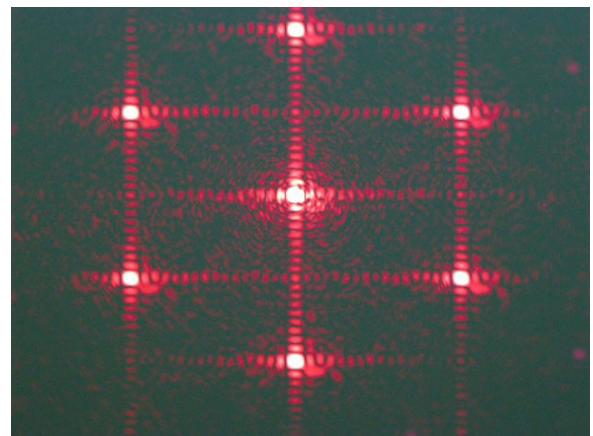


图 18: 圆孔密排频谱



图 19: 单方屏像

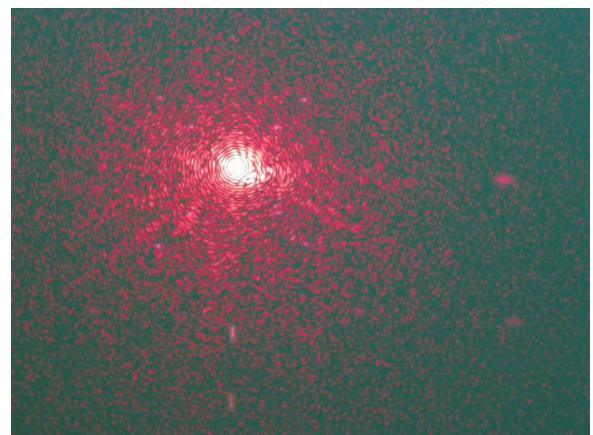


图 20: 单方屏频谱

# 《普通物理实验》实验报告

实验名称 光信息处理      实验日期 2024 年 5 月 10 日  
姓名 李灿辉      学号 2200017799      实验地点 南楼 332

---



图 21: 等边三角孔像

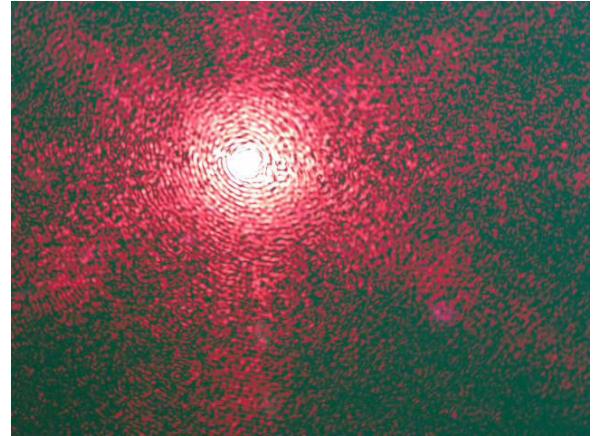


图 22: 等边三角孔频谱



图 23: 等腰三角孔像

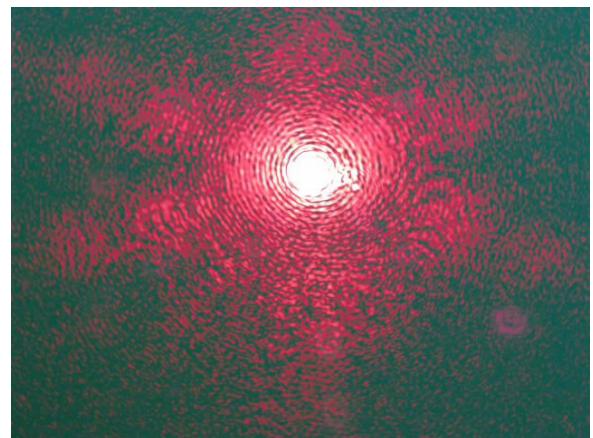


图 24: 等腰三角孔频谱



图 25: 矩形孔像

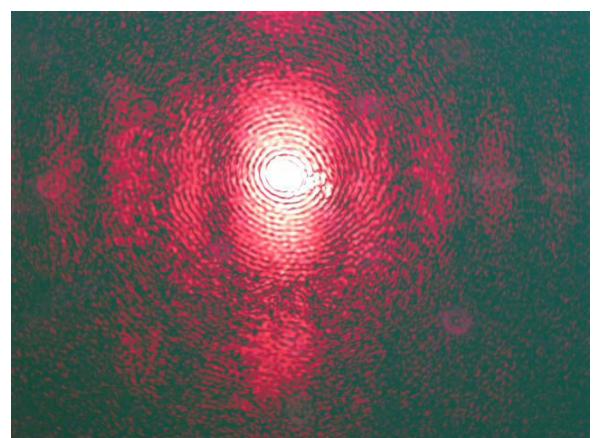


图 26: 矩形孔频谱

# 《普通物理实验》实验报告

实验名称 光信息处理      实验日期 2024 年 5 月 10 日  
姓名 李灿辉      学号 2200017799      实验地点 南楼 332



图 27: 单圆屏像

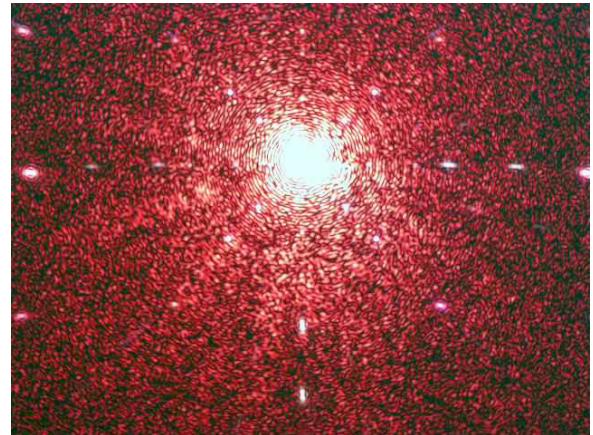


图 28: 单圆屏频谱



图 29: 五角星孔像

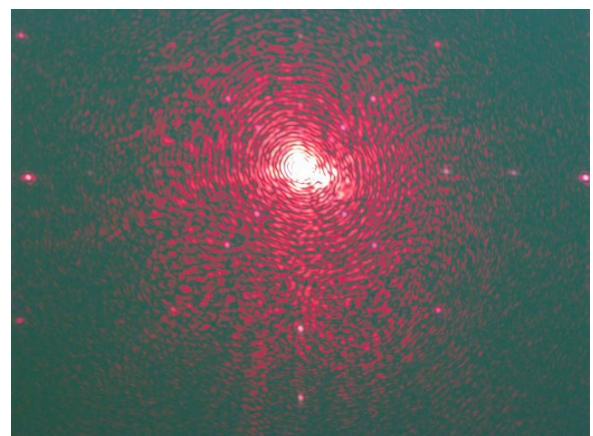


图 30: 五角星孔频谱

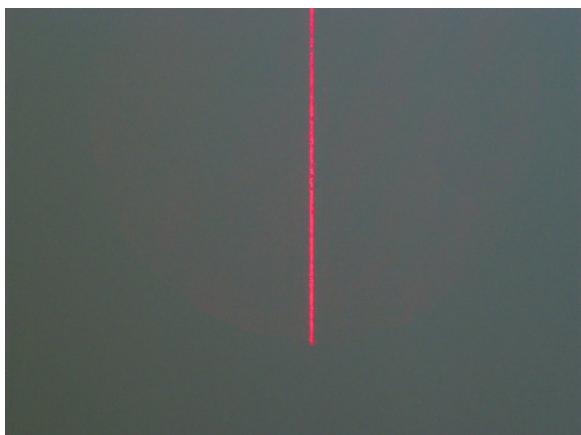


图 31: 单缝像

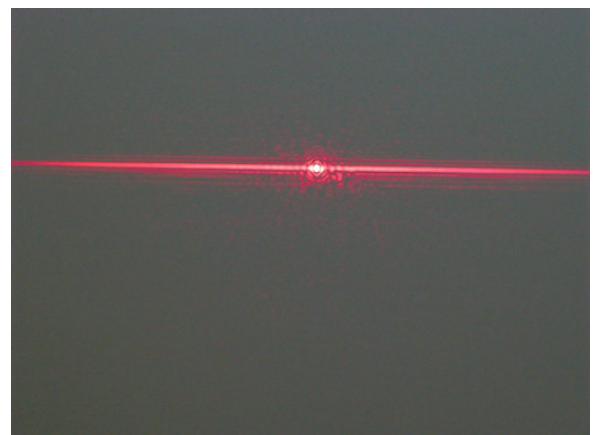


图 32: 单缝频谱

# 《普通物理实验》实验报告

实验名称 光信息处理      实验日期 2024 年 5 月 10 日  
姓名 李灿辉      学号 2200017799      实验地点 南楼 332



图 33: 双缝像



图 34: 双缝频谱

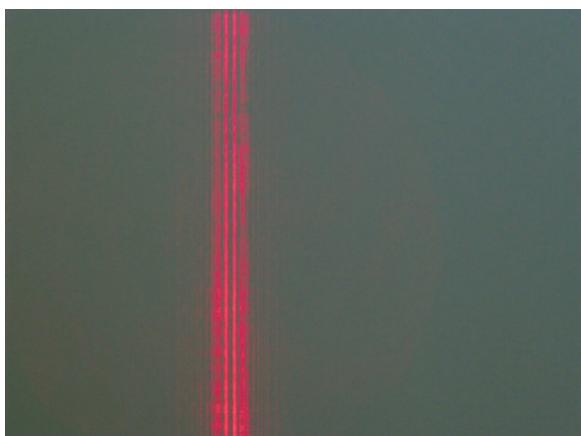


图 35: 三缝像



图 36: 三缝频谱

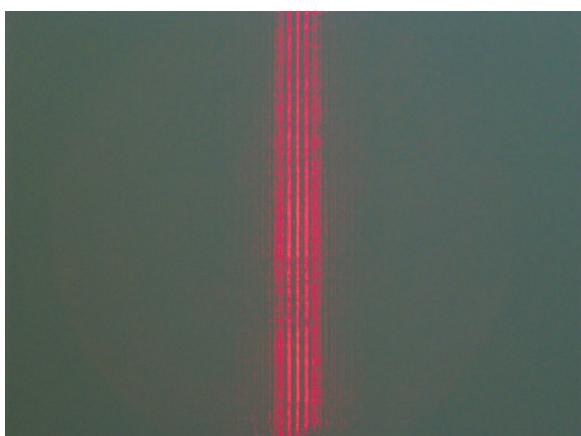


图 37: 四缝像



图 38: 四缝频谱

# 《普通物理实验》实验报告

实验名称 光信息处理      实验日期 2024 年 5 月 10 日  
姓名 李灿辉      学号 2200017799      实验地点 南楼 332



图 39: 五缝像

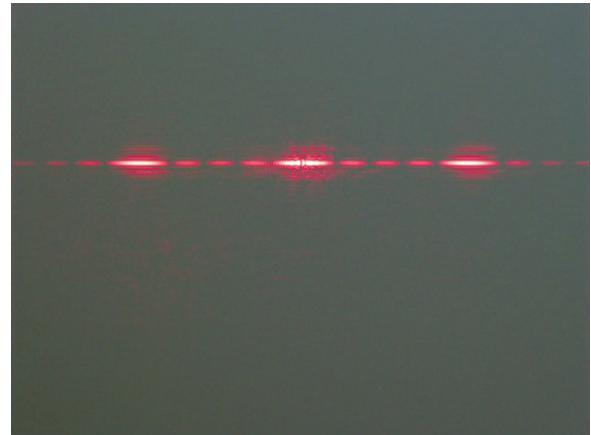


图 40: 五缝频谱

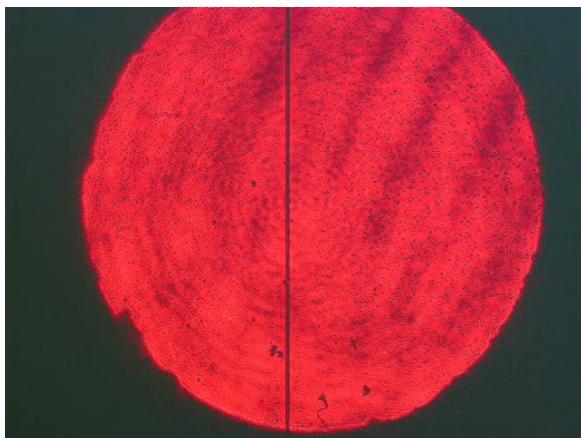


图 41: 单丝像

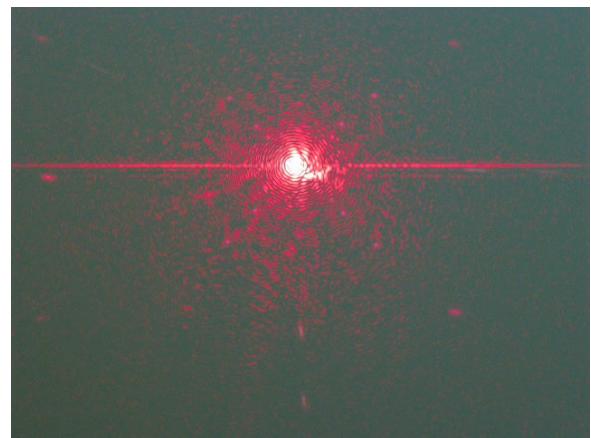


图 42: 单丝频谱

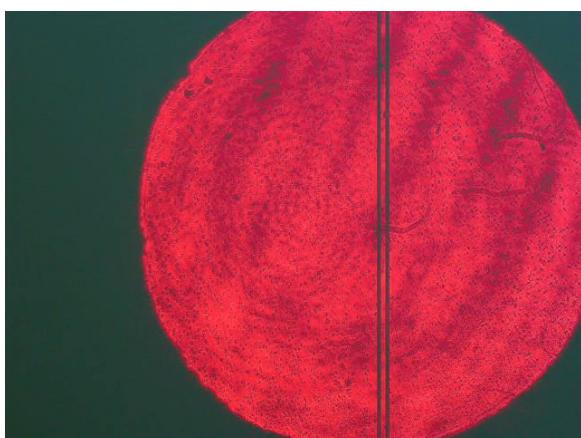


图 43: 双丝像

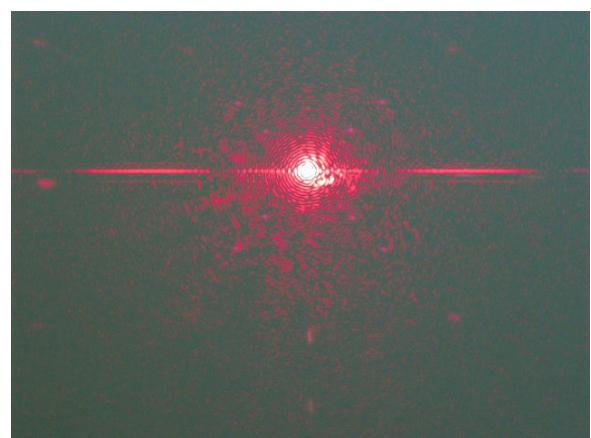


图 44: 双丝频谱

# 《普通物理实验》实验报告

实验名称 光信息处理 实验日期 2024 年 5 月 10 日  
姓名 李灿辉 学号 2200017799 实验地点 南楼 332

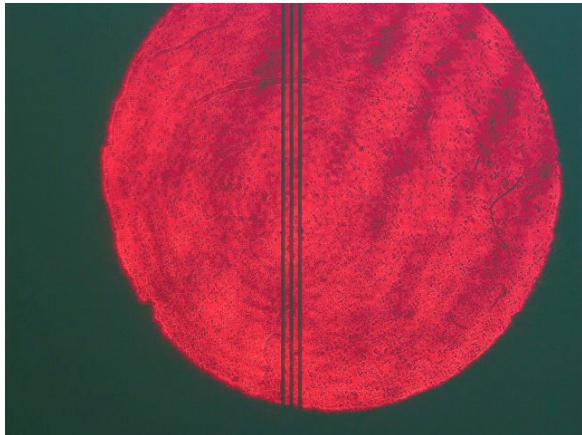


图 45: 三丝像

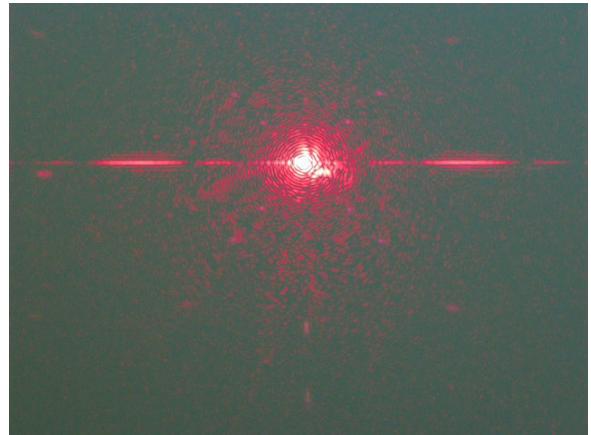


图 46: 三丝频谱

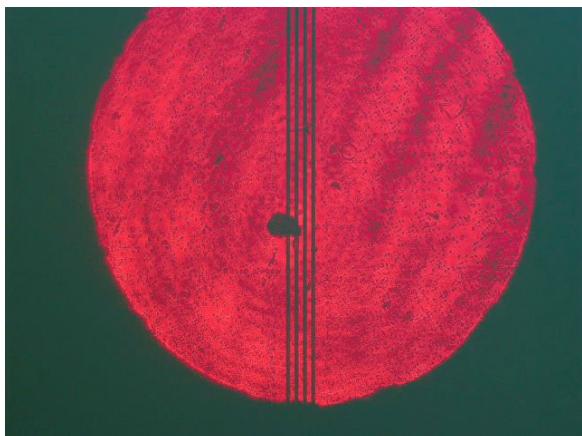


图 47: 四丝像

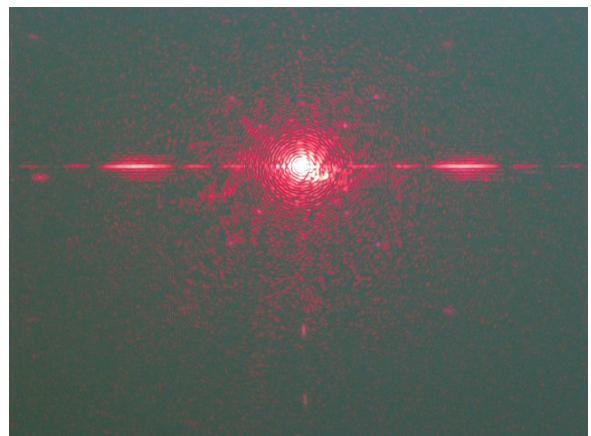


图 48: 四丝频谱

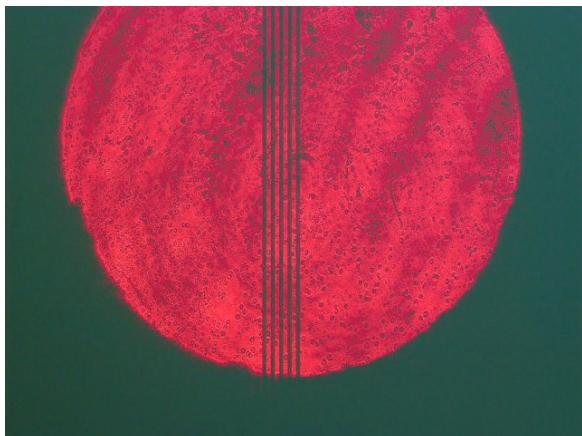


图 49: 五丝像

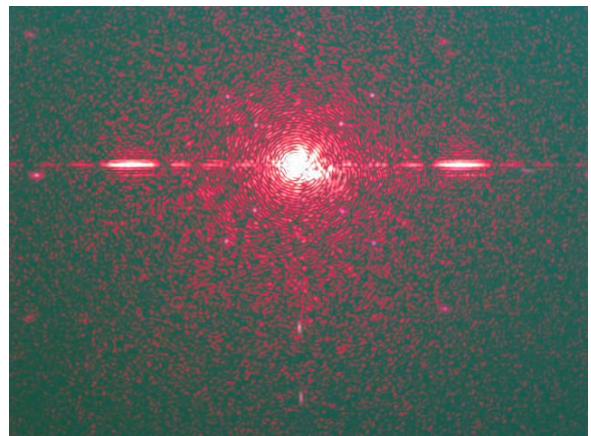


图 50: 五丝频谱

# 《普通物理实验》实验报告

实验名称 光信息处理 实验日期 2024 年 5 月 10 日  
姓名 李灿辉 学号 2200017799 实验地点 南楼 332

## 2 一维光栅衍射

一维光栅经过 4f 系统后成像结果和频谱面照片如图 51-图 52 所示。

经过滤波的结果如图所示

1. 一维光栅的像是平行等距排列的分立直线, 滤波后的结果如图 53-56 所示。
2. 一维光栅的频谱面是垂直于刻线方向的一系列分立亮斑
3. 只通过零级班的结果为均匀亮斑, 只通过  $0, \pm 1$  的结果为比原本像根模糊的平行等距排列的分立直线
4. 只滤掉零级的结果是亮度下降且更模糊的平行等距排列的分立直线
5. 只滤掉  $0, \pm 1$  级的结果是亮度下降且条纹间距变小的平行等距排列的分立直线, 条纹间距大约为原本的一半。

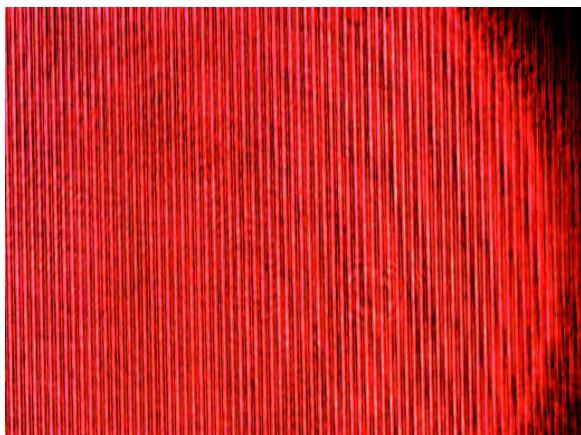


图 51: 一维光栅像面

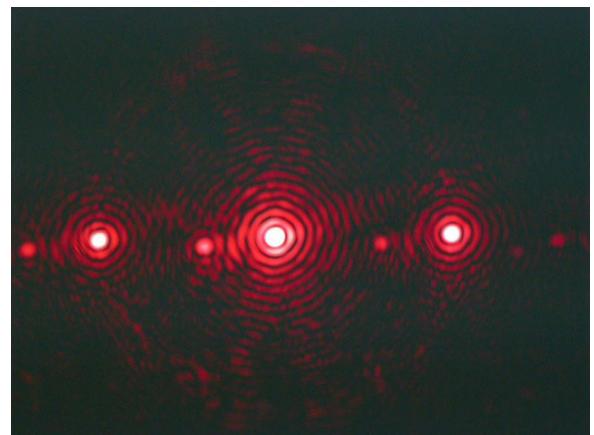


图 52: 一维光栅频谱

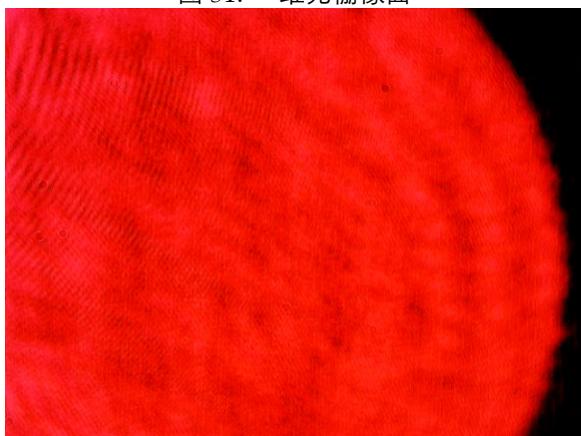


图 53: 只通过 0 级衍射斑



图 54: 只通过  $0, \pm 1$  级衍射斑

# 《普通物理实验》实验报告

实验名称 光信息处理 实验日期 2024 年 5 月 10 日  
姓名 李灿辉 学号 2200017799 实验地点 南楼 332



图 55: 只滤掉 0 级衍射斑



图 56: 只滤掉 0, ±1 级衍射斑

## 3 二维光栅衍射

二维光栅经过 4f 系统后成像结果和频谱面照片如图 57-图 58 所示。

经过滤波的结果如图 59-65 所示：

1. 二维光栅的像是正交格子, 滤波后的结果如图-所示。
2. 二维光栅的频谱面是以正交格子形式排列的一系列分立亮斑
3. 只通过零级斑的结果为不均匀亮斑, 不均匀性可能是因为滤波器件位置和照明激光不够理想。只通过 1 个 1 级亮斑的结果为比原本像根模糊很多的正交格子
4. 只滤掉零级的结果是亮度下降且更模糊的正交格子
5. 通过水平方向单线光阑的结果为平行等距排列的竖直分立直线
6. 通过竖直方向单线光阑的结果为平行等距排列的水平分立直线
7. 通过与水平方向夹角  $\pm 45^\circ$  单线光阑的结果为平行等距排列的垂直于光阑单线方向的分立直线
8. 水平和竖直方向滤波结果的像直线间距基本一致, 且间距大于  $\pm 45^\circ$  方向的像

# 《普通物理实验》实验报告

实验名称 光信息处理      实验日期 2024 年 5 月 10 日  
姓名 李灿辉      学号 2200017799      实验地点 南楼 332

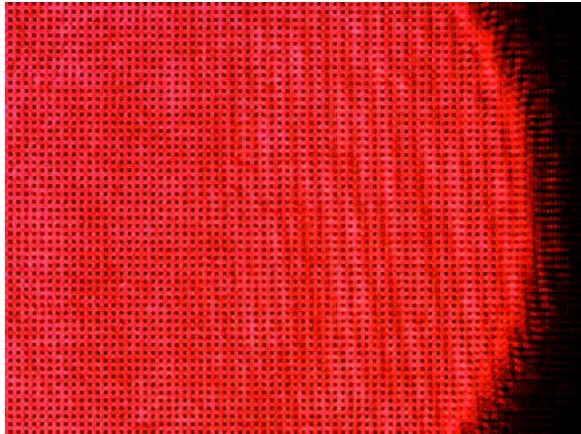


图 57: 二维光栅像面

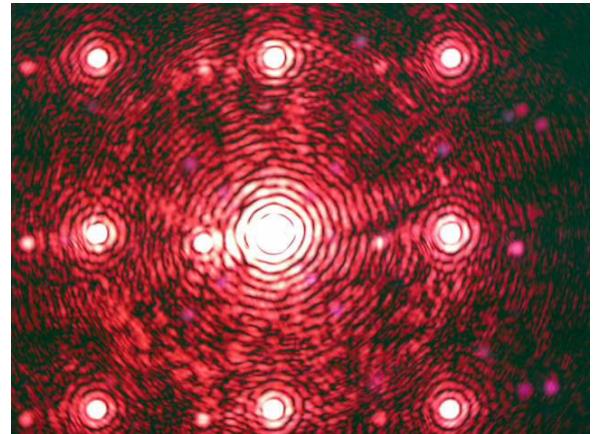


图 58: 二维光栅频谱

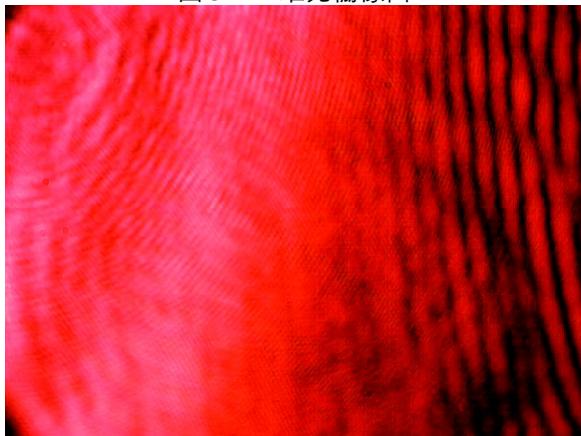


图 59: 只通过 0 级衍射斑



图 60: 只通过 ±1 级衍射斑

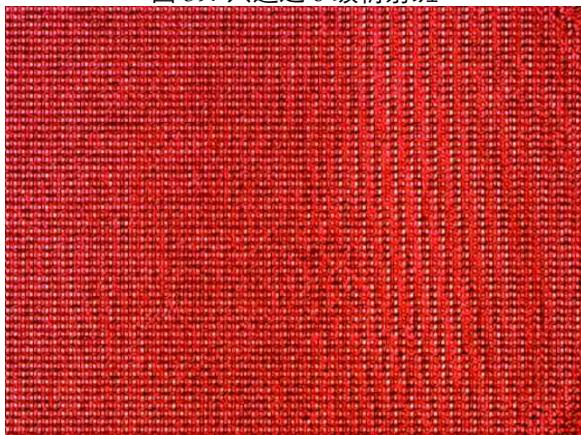


图 61: 只滤掉 0 级衍射斑

# 《普通物理实验》实验报告

实验名称 光信息处理 实验日期 2024 年 5 月 10 日  
姓名 李灿辉 学号 2200017799 实验地点 南楼 332

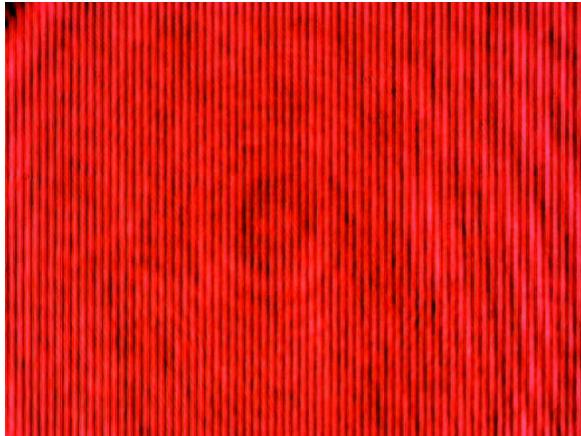


图 62: 使用水平方向光阑

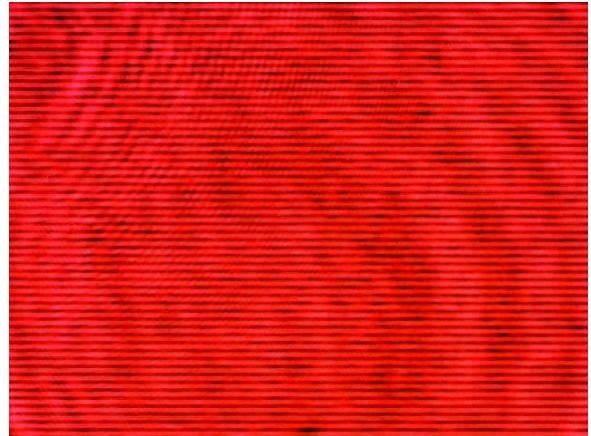


图 63: 使用垂直方向光阑

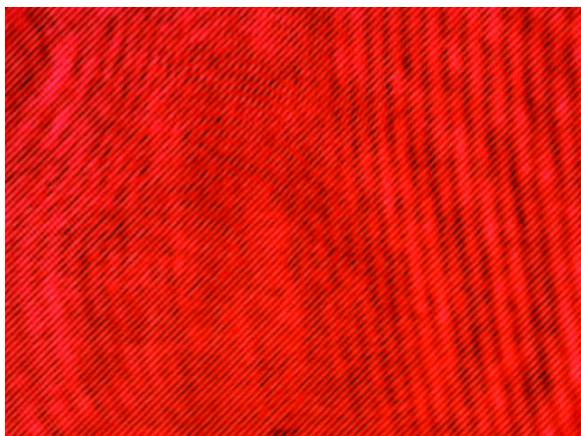


图 64: 使用旋转 45 度方向光阑



图 65: 使用旋转-45 度方向光阑

## 4 对一二维光栅实验现象的解释

1. 不滤波时的像:不滤波时的像理论上就是物处光阑的形状,对于一维光栅即为平行等距排列的分立直线,对于二维光栅即为正交格子。
2. 只通过零级时结果的解释:零级亮斑不包含光栅空间信息,因此理论上得到的是均匀亮斑,由于实验过程中可能存在的畸变,出现了不规则的形状。
3. 只通过  $0, \pm 1$  或只通过 1 级亮斑时的结果的解释:未滤波时频谱的主要成分是  $0, \pm 1$  级,因此滤去高频成分后,图样与未滤波的几乎一致,但是因为滤去了高频成分,图象亮度下降,衬比度提高了
4. 滤去零级的结果的解释:滤去零级亮斑后,相当于均匀背景光被去掉,图象衬比度提高,且由于高阶衍射更明显,图象会显现更多细节

# 《普通物理实验》实验报告

实验名称 光信息处理 实验日期 2024 年 5 月 10 日  
姓名 李灿辉 学号 2200017799 实验地点 南楼 332

5. 一维光栅滤去  $\pm 1$  级的结果的解释：滤去  $\pm 1$  级后，带有空间信息的最主要级次为  $\pm 2$  级，因此条纹衬比度更低，且条纹间距只有原来的一半。
6. 二维光栅使用不同方向狭缝光阑滤波后结果的解释：狭缝光阑保留了频谱在狭缝方向上的空间信息，滤去了正交方向上的空间信息。因此最后的像面结果类似于一个一维光栅的像，光栅刻线方向垂直于狭缝方向，且由于频谱形状，水平/竖直成像后的缝间距与正交格子在对应方向上的空间频率相等，而 45 度角成像结果则与前者相比空间频率为  $\sqrt{2}$  倍。

## 5 光栅和“光”字叠在一起进行高低通滤波实验

经过 4f 系统后成像结果，频谱及滤波后成像结果如图 66-图 71 所示。

1. 未滤波的像面图象是和物处照明区域等大的像
2. 频谱面的结果是“光”字频谱与二维光栅频谱的卷积，在中心附近接近于二维光栅的频谱，但是更为模糊
3. 使用小孔在零级斑处滤波的结果：结果基本保留了光字的形状，但是失去了二维光栅的网格图样。使用 1mm 圆孔能通过更多的空间信息，因此相比 0.3mm 的结果更清晰，能更清楚的看到光字的图样
4. 使用小孔在光轴旁最近一级斑处滤波的结果：由于一级斑的光强通量低于零级，滤波结果使光字亮度更低，且由于一级斑带有一定二维光栅的空间信息，所以图象可见模糊的光栅衍射条纹状光强分布

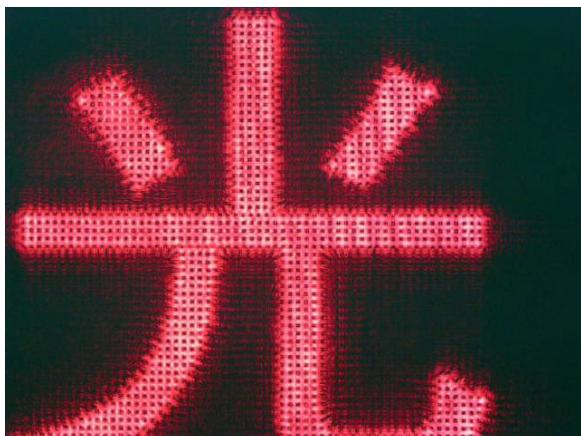


图 66: 成像结果

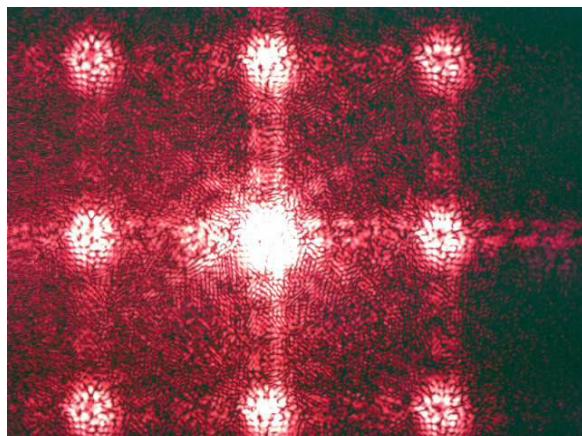


图 67: 频谱面

# 《普通物理实验》实验报告

实验名称 光信息处理 实验日期 2024 年 5 月 10 日  
姓名 李灿辉 学号 2200017799 实验地点 南楼 332

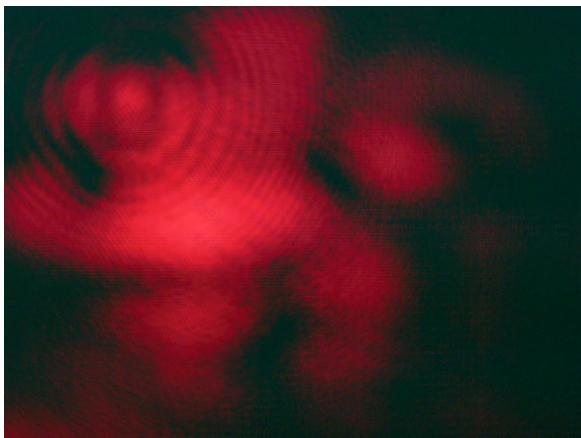


图 68: 使用 0.3mm 小孔滤波, 只保留零级

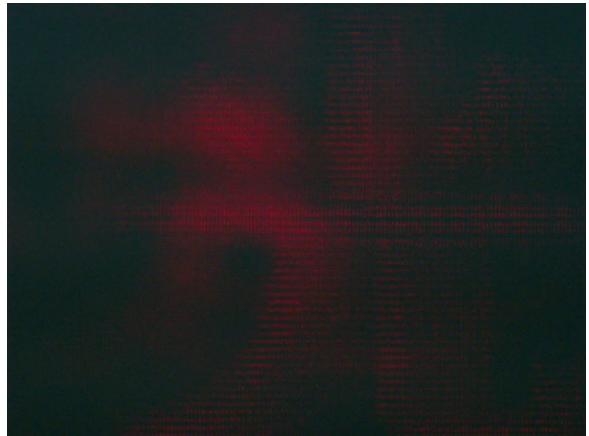


图 69: 使用 0.3mm 小孔滤波, 只保留光轴旁最近一级



图 70: 使用 1mm 小孔滤波, 只保留零级

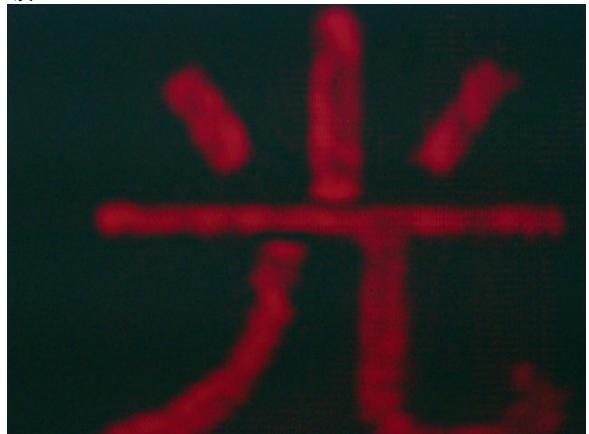


图 71: 使用 1mm 小孔滤波, 只保留光轴旁最近一级

## 6 “十”字孔滤波

将衍射物换成“十”字孔, 其频谱面和像面成像结果如图 72-74 所示

1. 未滤波的成像结果就是孔原本的形状。频谱面呈现为十字分布的亮斑, 且有亮度稍弱的正交格点斑。
2. 使用 0.3mm 小孔滤波后形状与滤波前相似, 但变得模糊。其原因是零级纹附近主要保留了变化较慢, 空间频率较低的信息。故滤波后边缘变化不如原本锐利。

# 《普通物理实验》实验报告

实验名称 光信息处理 实验日期 2024 年 5 月 10 日  
姓名 李灿辉 学号 2200017799 实验地点 南楼 332

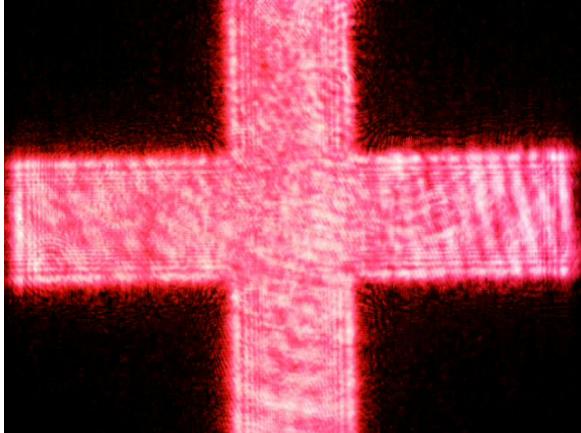


图 72: 成像结果

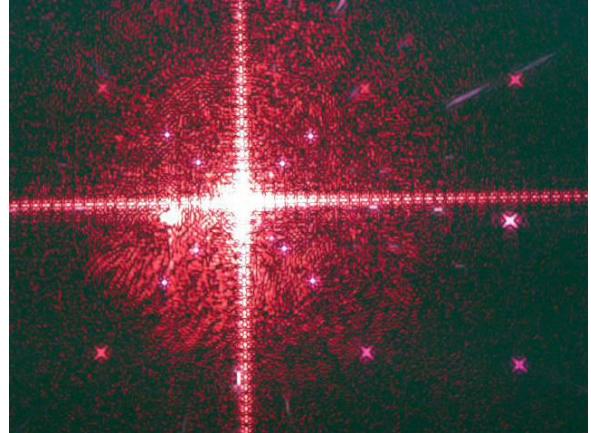


图 73: 频谱面

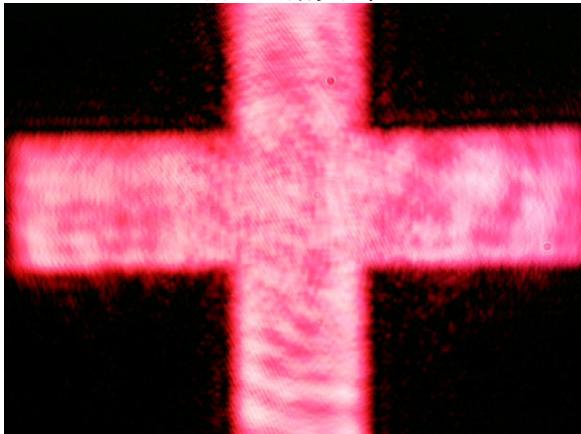


图 74: 使用 0.3mm 小孔滤波, 只保留零级

## 7 双正交光栅

图 75-图 80 为几个不同空间频率的二维和一维光栅重叠和单独成像的成像结果

1. 观察结果, 像的结果为重叠的两个光栅成像结果的卷积
2. 较密的光栅的衍射图象比较疏的更大更分散, 因此两个疏密程度不同的光栅重叠时衍射结果近似是较疏点阵和每个点周围分布的较密点阵, 旋转较疏光栅时, 大的点阵不动, 每个格点周围的较小衍射图样随光栅而旋转。
3. 解释: 根据卷积定理, 傅立叶变换衍射可以把乘积变成卷积, 当两个图样疏密程度差距较大时, 相当于较密者随较疏者格点平移后的结果, 二者的旋转结果互不相同。

# 《普通物理实验》实验报告

实验名称 光信息处理  
姓名 李灿辉 学号 2200017799 实验日期 2024 年 5 月 10 日  
实验地点 南楼 332

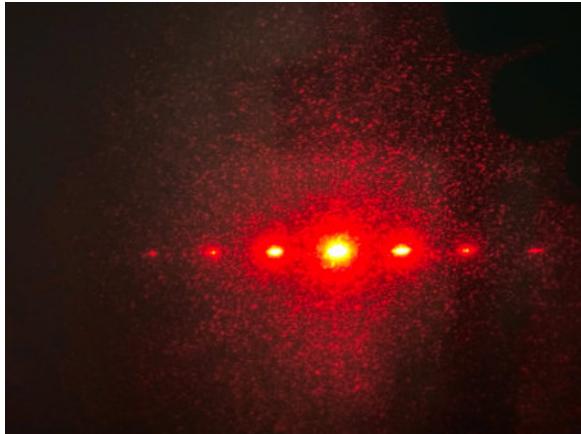


图 75: 一维光栅

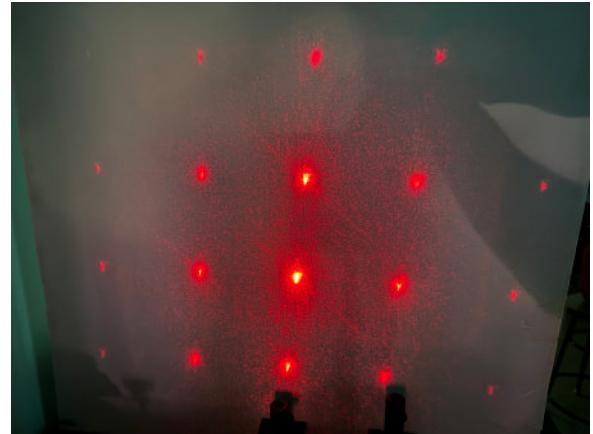


图 76: 二维光栅

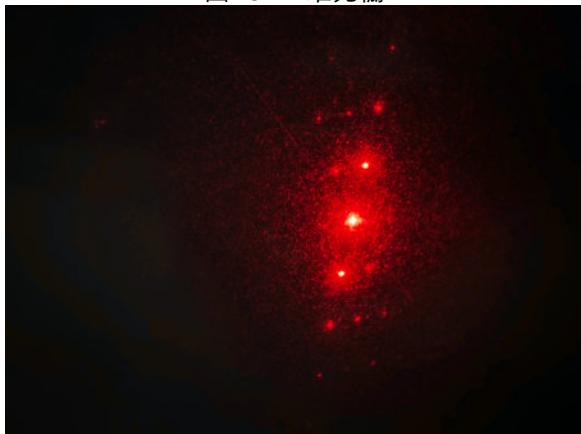


图 77: 两一维光栅重叠

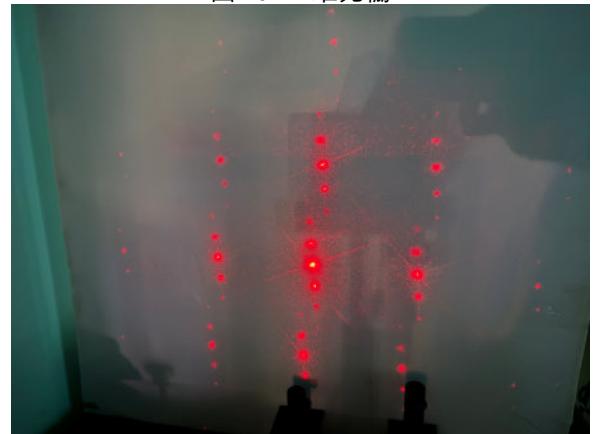


图 78: 一维和二维光栅重叠

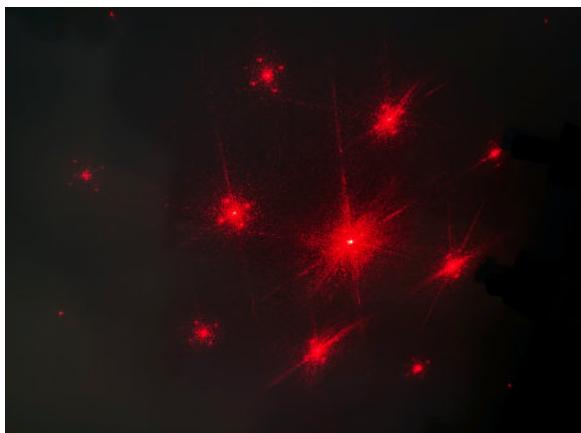


图 79: 两二维光栅同方向重叠

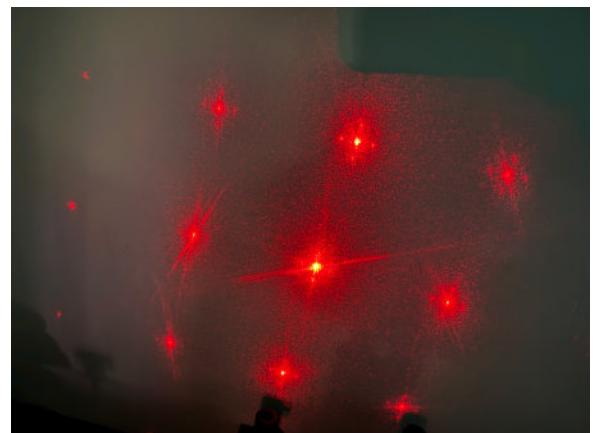


图 80: 两二维光栅夹 45 度角重叠

# 《普通物理实验》实验报告

实验名称 光信息处理 实验日期 2024 年 5 月 10 日  
姓名 李灿辉 学号 2200017799 实验地点 南楼 332

## 8 $\theta$ 调制现象

现象和解释：频谱面上出现了三组彩色的亮线，各自成 60 度角，分别对应三种不同取向的光栅，即对应了花盆的不同部分（因为花盆不同部分使用了不同取向的光栅），通过点燃挡光纸可以成不同部分的像，点燃的级次位置决定了这部分像的颜色，点燃的点所在衍射斑点角度决定了像的形状，即对应的盆景的部分。实验过程中，对应两个不同颜色的叶子的像和两组不同色彩选择的整个盆景像的图片如图 81-图 84 所示。但是由于光路的误差，最后组成的图象各部分出现了错位。



图 81: 一维光栅

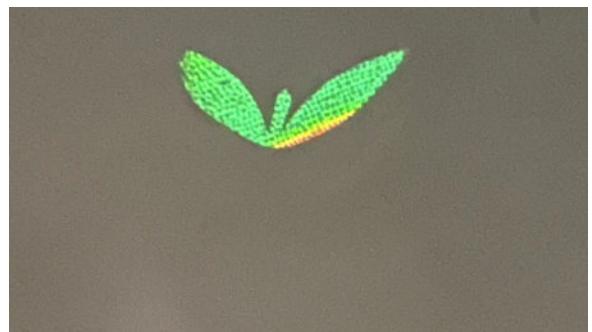


图 82: 绿色叶子

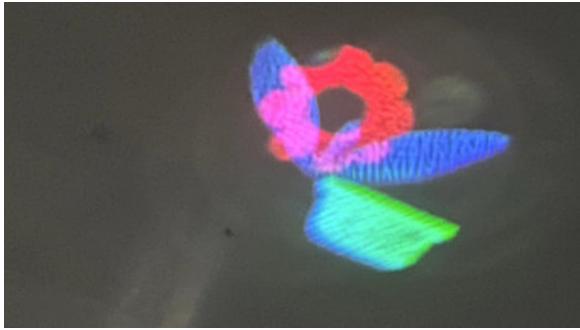


图 83: 盆景 1

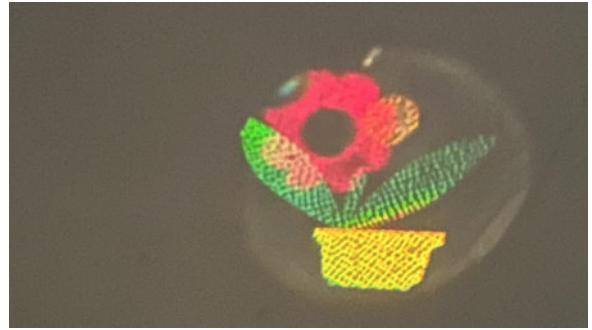


图 84: 盆景 2

## 第二部分 收获与感想

1. 光学实验中，共轴调节和光路的精确调节非常重要，最初光路调节的误差容易导致最后成像结果出现较大的误差，成像质量较差。
2. 为了实现动态调节和误差修正，应当在搭建光路时设置可调部分，在测量过程中通过调节实现良好成像。
3. 光学傅立叶变换通过把信息转移到频谱面上，精确的保存了原有图象的信息，并且可以通过滤波达到保留需要的信息的作用。
4. 通过光学实验，把熟悉的数学定理卷积定理变成了具象化的物理过程，让我有了更明确的理解。
5. 光信息处理方法可以通过简单的物理设备实现看似很复杂的物理过程，可以应用于多种图像处理过程中。