

光信息处理实验报告

2200011477 李昊润 六组 7号

2024年3月22日

1 实验现象记录与数据处理

1.1 不同结构的空频谱与像的分布

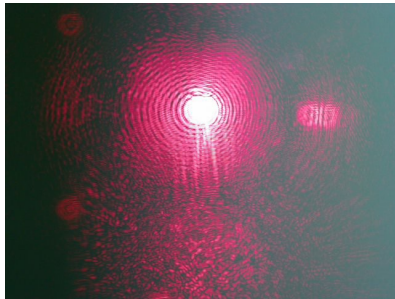


图 1: 1-1 单方孔 频谱

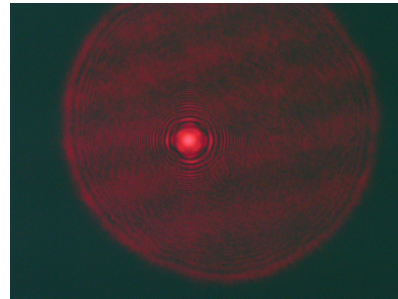


图 2: 1-1 单方孔 像面

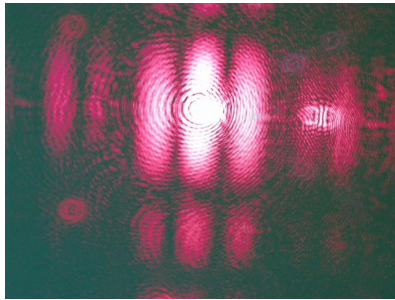


图 3: 1-2 双方孔 频谱

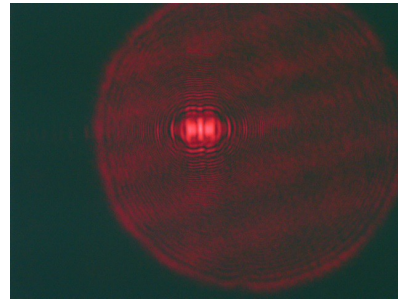


图 4: 1-2 双方孔 像面

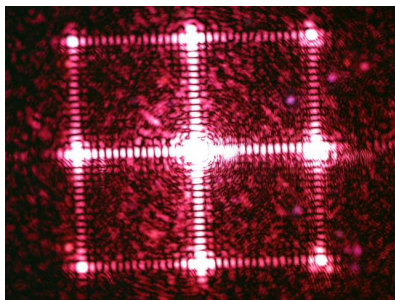


图 5: 1-3 方孔方阵 频谱

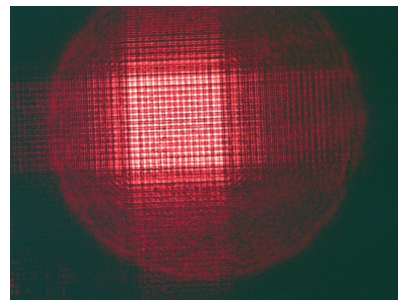


图 6: 1-3 方孔方阵 像面

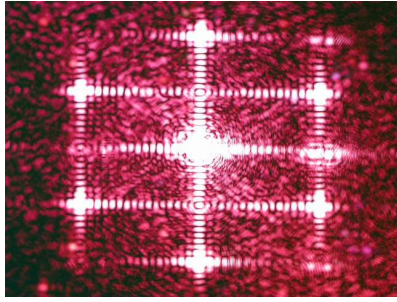


图 7: 1-4 方孔密排 频谱

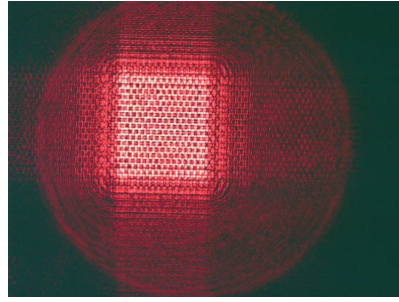


图 8: 1-4 方孔密排 像面

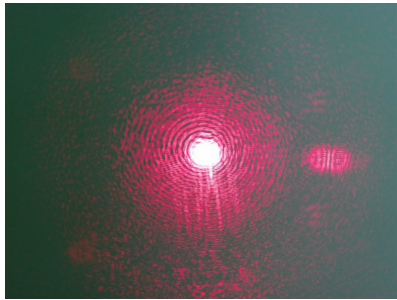


图 9: 1-5 单圆孔 频谱

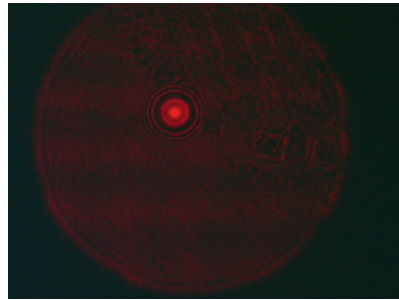


图 10: 1-5 单圆孔 像面

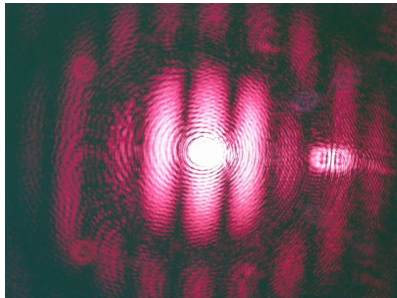


图 11: 1-6 双圆孔 频谱

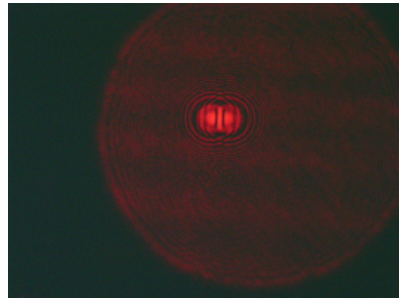


图 12: 1-6 双圆孔 像面

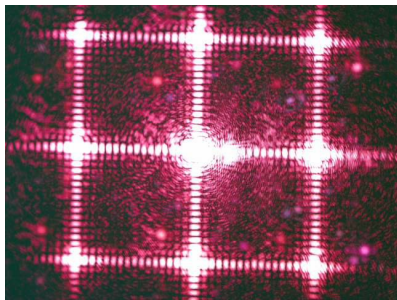


图 13: 1-7 圆孔方阵 频谱

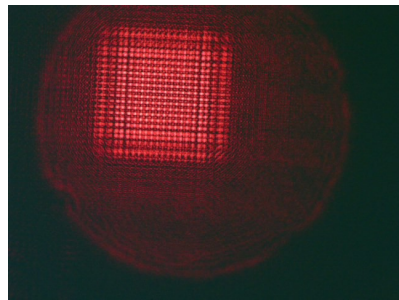


图 14: 1-7 圆孔方阵 像面

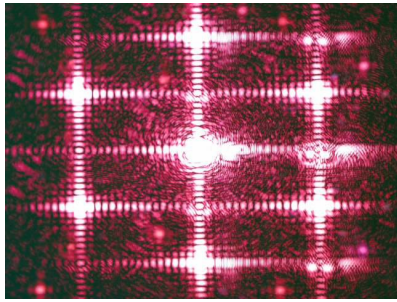


图 15: 1-8 圆孔密排 频谱

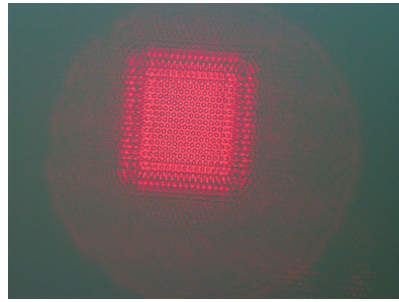


图 16: 1-8 圆孔密排 像面

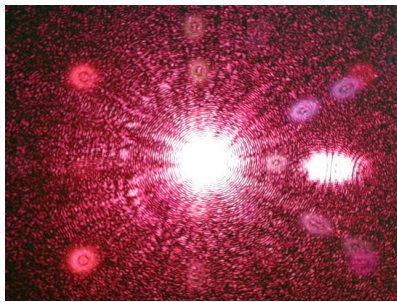


图 17: 2-1 单方屏 频谱

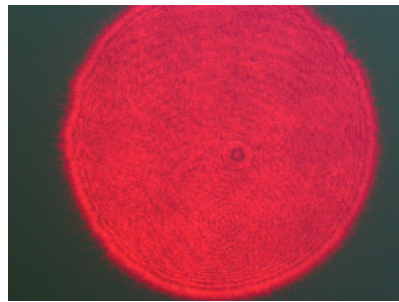


图 18: 2-1 单方屏 像面

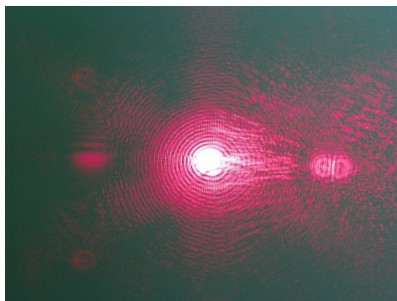


图 19: 2-2 等边三角孔 频谱



图 20: 2-2 等边三角孔 像面

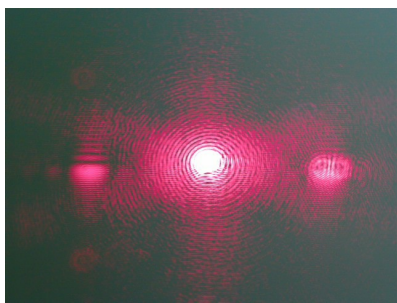


图 21: 2-3 等腰三角孔 频谱



图 22: 2-3 等腰三角孔 像面

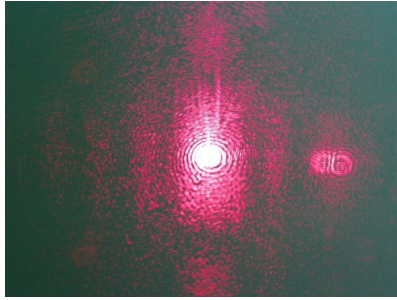


图 23: 2-4 矩形孔 频谱

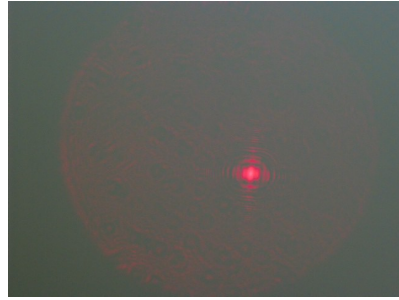


图 24: 2-4 矩形孔 像面



图 25: 2-5 单圆屏 频谱

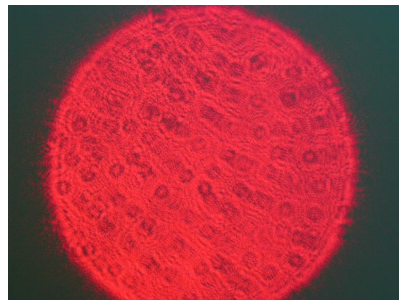


图 26: 2-5 单圆屏 像面

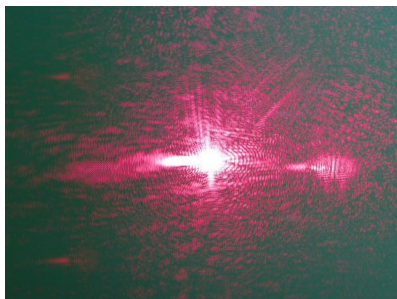


图 27: 2-6 五角星孔 频谱



图 28: 2-6 五角星孔 像面

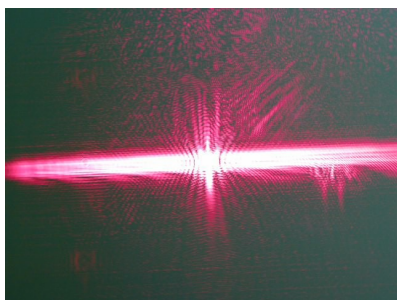


图 29: 2-7 单缝 频谱

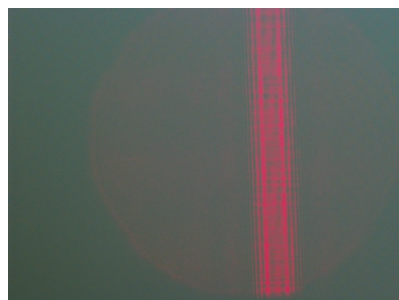


图 30: 2-7 单缝 像面

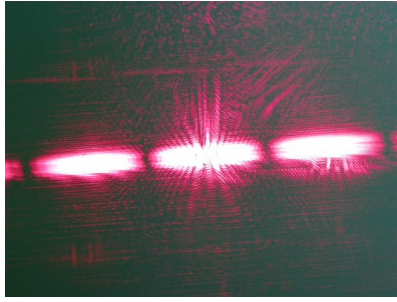


图 31: 2-8 双缝 频谱

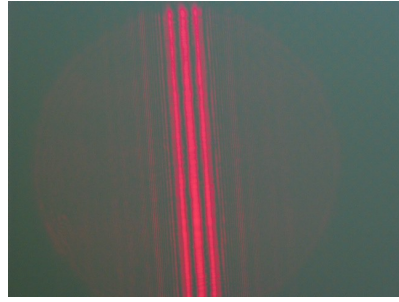


图 32: 2-8 双缝 像面

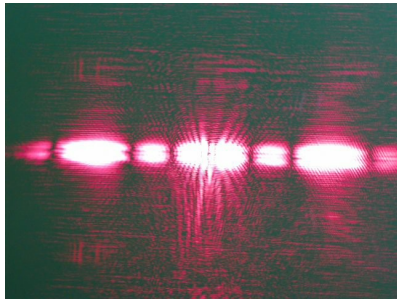


图 33: 3-1 三缝 频谱

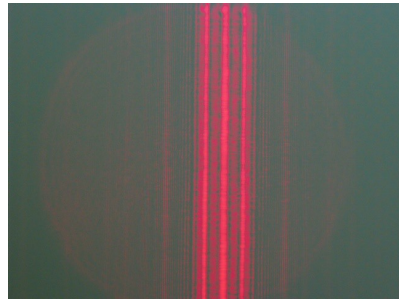


图 34: 3-1 三缝 像面

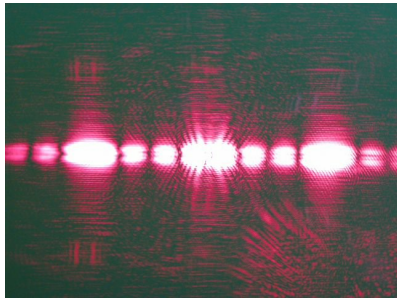


图 35: 3-2 四缝 频谱

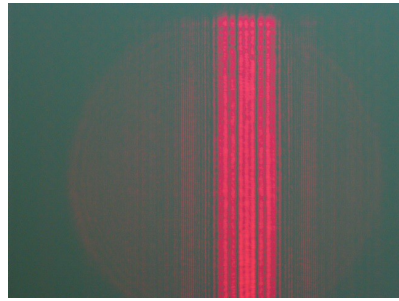


图 36: 3-2 四缝 像面

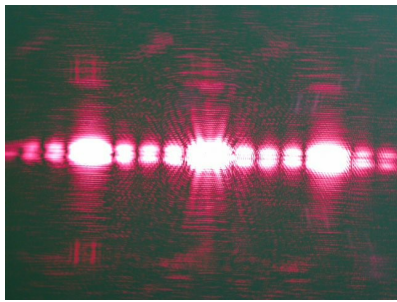


图 37: 3-3 三缝 频谱

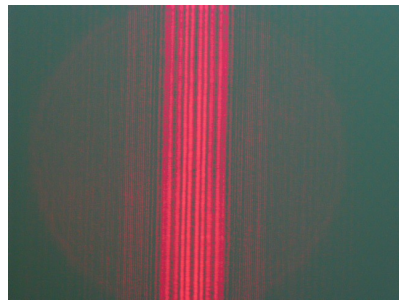


图 38: 3-3 五缝 像面

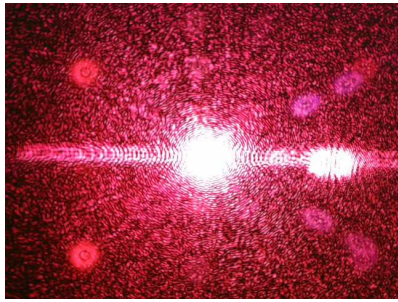


图 39: 3-4 单丝 频谱

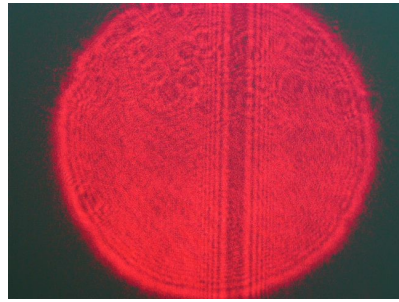


图 40: 3-4 单丝 像面

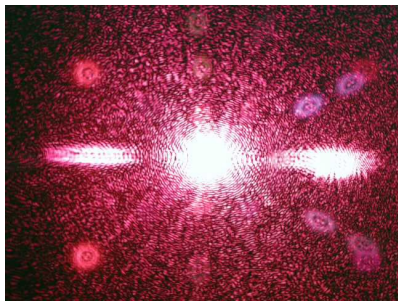


图 41: 3-5 双丝 频谱

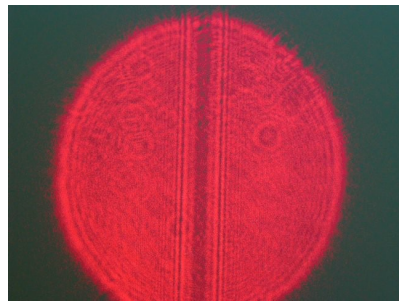


图 42: 3-5 双丝 像面

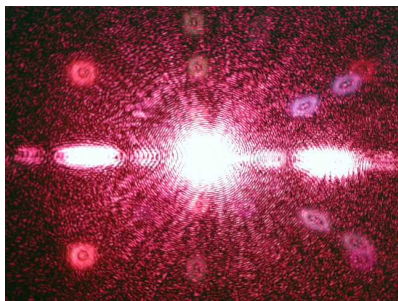


图 43: 3-6 三丝 频谱

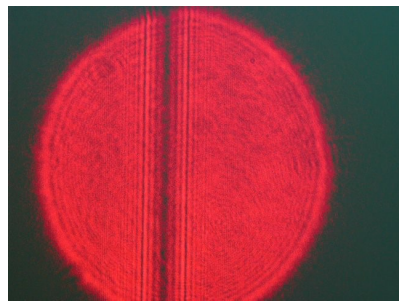


图 44: 3-6 三丝 像面

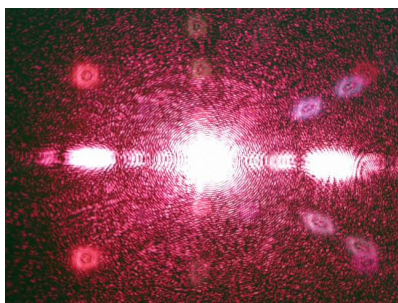


图 45: 3-7 四丝 频谱

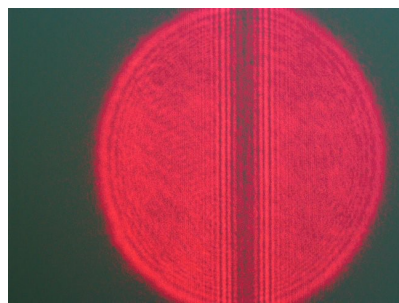


图 46: 3-7 四丝 像面

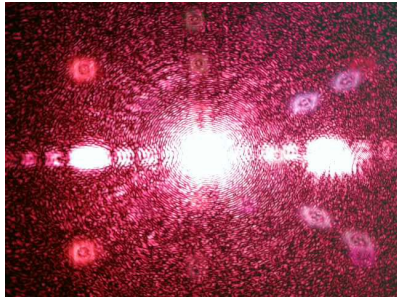


图 47: 3-8 五丝 频谱

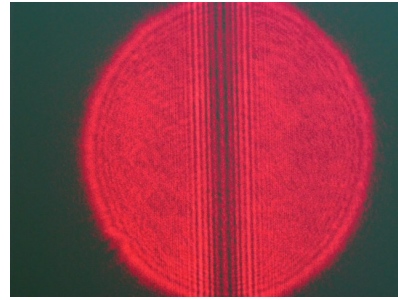


图 48: 3-8 五丝 像面

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。

解释：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。

1.2 一维光栅



图 49: 一维光栅 频谱

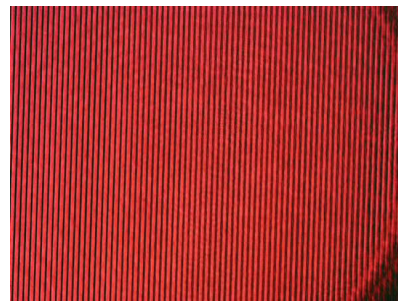


图 50: 一维光栅 像面

在频谱面放上可调狭缝及其它附加光阑进行空间滤波：

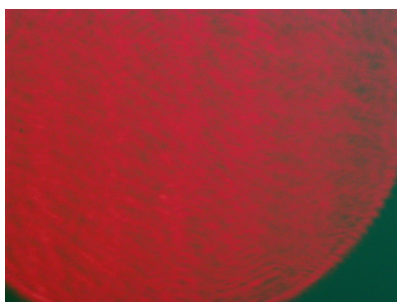


图 51: 一维光栅 只过零级

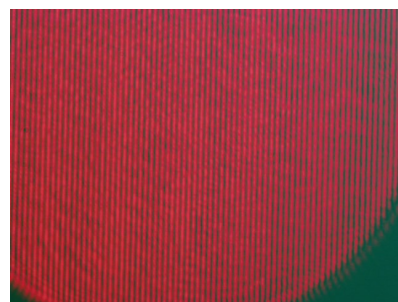


图 52: 一维光栅 只过零级和一级

图 51 显示了一维光栅在频谱面放上可调狭缝只过零级的像面，像面变为一片均匀，因为只保留了直流信息，失去了交流信息。

图 52 显示了一维光栅在频谱面放上可调狭缝只过零级和一级的像面，大体上与一维光栅的像类似，但是在亮暗的边界处变得模糊，条纹之间的小亮点和小暗斑明显减少，因为失去了高频信息。



图 53: 一维光栅 滤去零级

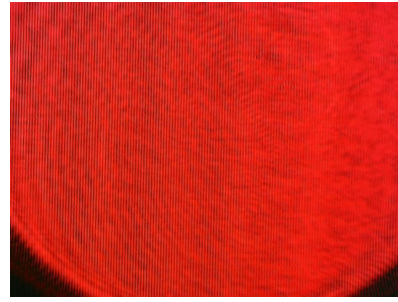


图 54: 一维光栅 滤去一级

图 53 显示了一维光栅在频谱面放上光阑滤去零级的像面，干涉条纹频率增加，因为滤去了低频信息。

图 54 显示了一维光栅在频谱面放上光阑滤去一级的像面，干涉条纹频率变为原来的二倍，因为复振幅扣除一级的振幅使得原来的每条暗纹中间出现了一条新的亮纹。

1.3 二维光栅

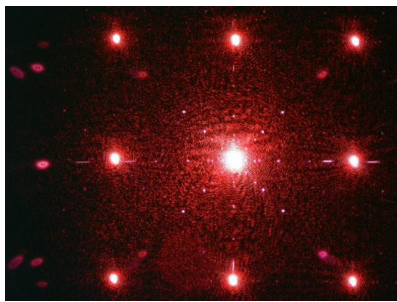


图 55: 二维光栅 频谱

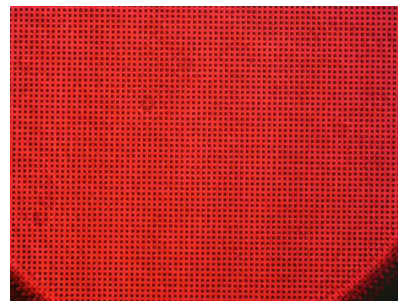


图 56: 二维光栅 像面

在频谱面上利用小孔及不同取向的狭缝光阑进行空间滤波：

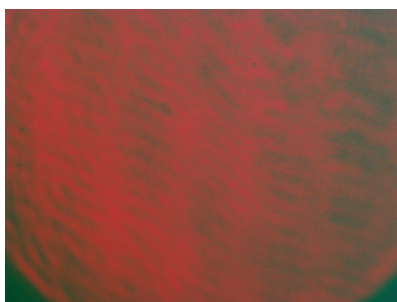


图 57: 二维光栅 小孔滤波

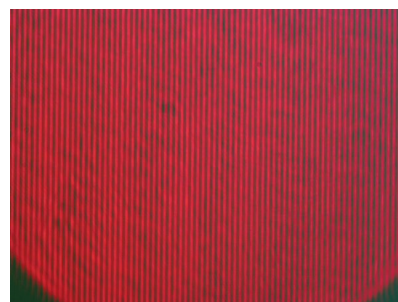


图 58: 二维光栅 水平取向狭缝滤波

图 57 显示了二维光栅在频谱面上放上了小孔光阑滤波的像面，像面变为一片均匀，因为只让零级通过，只保留了直流信息，失去了交流信息。

图 58 显示了二维光栅在频谱面上放上了水平取向狭缝光阑滤波的像面，得到了竖直的条纹，因为只保留了水平方向的频率信息。

图 59 显示了二维光栅在频谱面上放上了竖直取向狭缝光阑滤波的像面，得到了水平的条纹，因为只保留了竖直方向的频率信息。

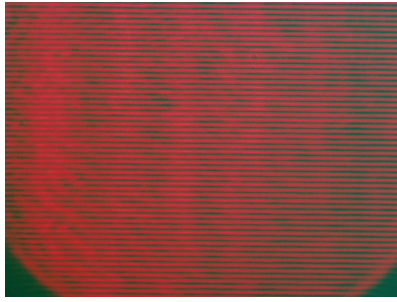


图 59: 二维光栅 竖直取向狭缝滤波

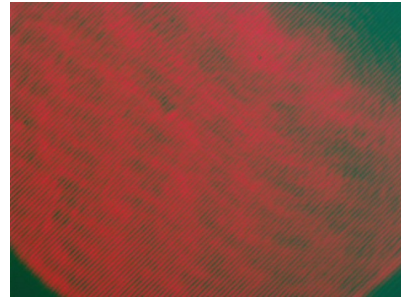


图 60: 二维光栅 倾斜取向狭缝滤波

图 60 显示了二维光栅在频谱面上放上了倾斜取向狭缝光阑滤波的像面，得到了由右上到左下的倾斜条纹，因为只保留了由左上到右下的倾斜方向的频率信息。

1.4 “光”字叠加光栅

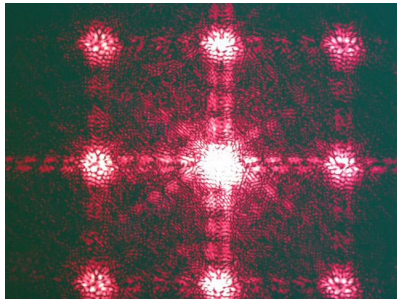


图 61: “光”字 频谱

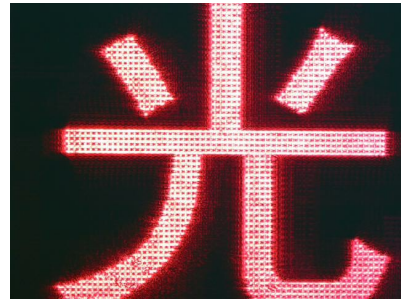


图 62: “光”字 像面

利用 $\phi = 1\text{ mm}$ 和 $\phi = 0.3\text{ mm}$ 的圆孔光阑进行滤波：

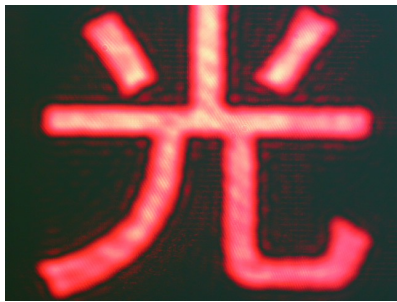


图 63: “光”字 $\phi = 1\text{ mm}$ 圆孔滤波

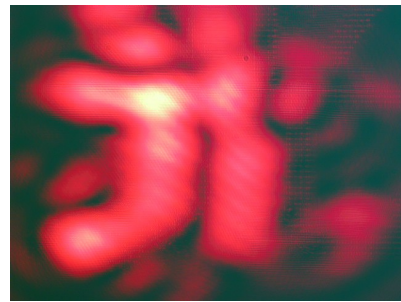


图 64: “光”字 $\phi = 0.3\text{ mm}$ 圆孔滤波

图 63 显示了“光”字利用 $\phi = 1\text{ mm}$ 的圆孔滤波的像面，像面变为均匀的“光”字，而看不到光栅，同时边缘变得模糊，因为只让零级通过，失去了高频信息。

图 64 显示了“光”字利用 $\phi = 0.3\text{ mm}$ 的圆孔滤波的像面，像面变为均匀但不完整的“光”字，且看不到光栅，同时边缘变得模糊，因为孔径过小只让零级的一部分通过，连“光”字的频谱都只保留了很小的一部分，失去了高频信息且失去了“光”字的完整的形状。

图 65 显示了“光”字利用 $\phi = 1\text{ mm}$ 的圆孔使一级斑通过滤波的像面，像面变为变暗的均匀的“光”字，因为只让一级通过，仅有一种频率信息。

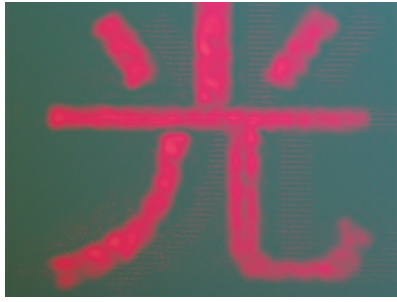


图 65: “光”字 $\phi = 1 \text{ mm}$ 圆孔一级斑

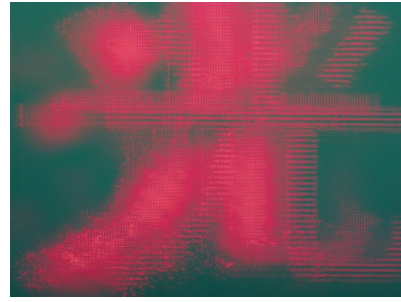


图 66: “光”字 $\phi = 0.3 \text{ mm}$ 圆孔一级斑

图 66 显示了“光”字利用 $\phi = 0.3 \text{ mm}$ 的圆孔使一级斑通过滤波的像面，像面变为变暗的均匀但不完整的“光”字，因为孔径过小只让一级的一部分通过，仅有一种频率信息且失去了“光”字的完整的形状。

1.5 “十”字孔

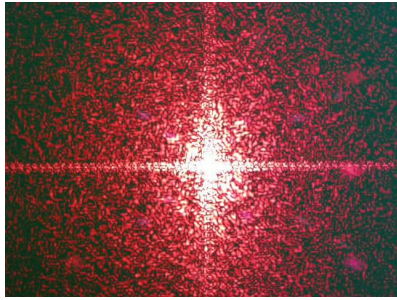


图 67: “十”字 频谱

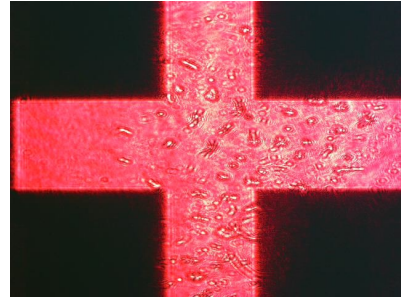


图 68: “十”字 像面

在频谱面上放一圆屏光阑滤去频谱中心部分：

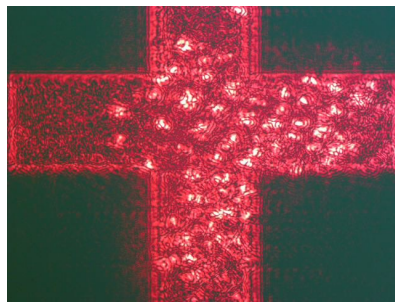


图 69: “十”字 滤去零级

图 69 显示了“十”字孔在频谱面上放一圆屏光阑滤去频谱中心部分的像面，原本图像的均匀的亮处变暗，边缘处依旧比较亮，因为滤去零级，失去了低频信息，但高频信息依旧保留。

1.6 两个正交光栅

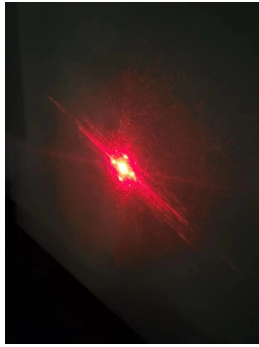


图 70: 20 条/mm

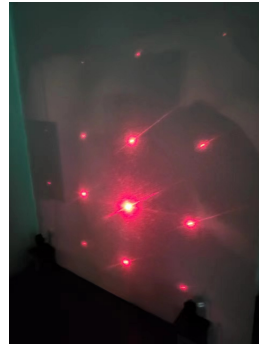


图 71: 200 条/mm

将两光栅重叠并先后转动两光栅之一：



图 72: 两光栅重叠



图 73: 转动 20 条/mm 光栅

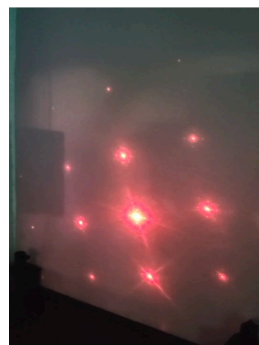


图 74: 转动 200 条/mm 光栅

图 72 显示了两光栅重叠的频谱面，在 200 条/mm 的空间频率代表的亮点周围分布着局部图像类似于 20 条/mm 的空间频率代表的亮点。

图 73 显示了两光栅重叠后转动 20 条/mm 光栅的频谱面，在 200 条/mm 的空间频率代表的亮点周围分布着的局部图像类似于 20 条/mm 的空间频率代表的亮点随之转动。

图 74 显示了两光栅重叠后转动 200 条/mm 光栅的频谱面，200 条/mm 的空间频率代表的亮点随之转动，但局部图像类似于 20 条/mm 的空间频率代表的亮点不随之转动。

解释：因为两正交光栅重叠的透过率函数可以由两正交光栅的透过率函数乘积得到，根据卷积定理，原函数的乘积变换为像函数的卷积。

1.7 θ 调制

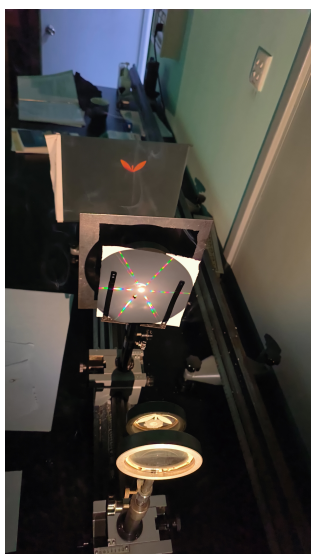


图 75: θ 调制 1

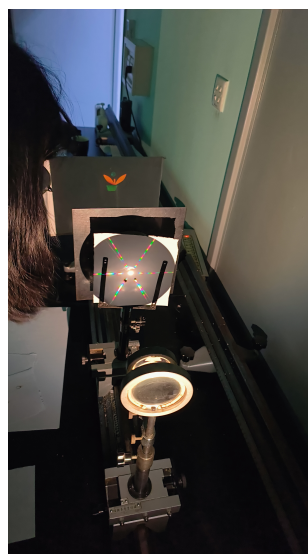


图 76: θ 调制 2

一个衍射屏的图形是花盆中的一枝花，其中不同的部位叠加有不同取向的一维光栅。在单色光成像的光路中，物屏上不同区域的频谱就会呈现在频谱面的不同区域。如果采用白光照明，物屏上每个区域的各种单色光频谱在频谱面上相互错位，形成它的彩色频谱。这样，在不同颜色的频谱处做小孔通光滤波，就可让相应区域在像面上呈现不同颜色的像。

2 收获与感想

本次实验中最大的收获是对于光学实验的能力的综合训练，从调节光路到 $4F$ 系统的搭建；从 CCD 的使用到图像的观察与记录。其次就是对于光学傅立叶变换的概念和情景有了非常直观的感受，对于抽象的概念建立了直观的认知，对于原理（如卷积等）和操作（不断地调光）有了更深刻的认识。实验中多次出现的细节问题也令我更加深刻地认识到了实验工作的严谨细致、一丝不苟，希望我能够在今后的实验中，学习和体会前辈物理学家进行物理实验的精神与思想，能够真切益于我的物理学学习甚至生活之中。