

# 《基础物理实验》实验报告

实验名称 傅里叶光学基础 指导教师 郭庆洋  
姓 名                      学号                      分班分组及座号                      号 (例: 1-04-5 号)  
实验日期 2023 年 11 月 23 日 实验地点 705 调课/补课 ☐ 是 成绩评定                     

## 第一部分：阿贝成像与基本空间滤波

### 【实验目的】

1. 掌握一维导轨上光路的调节；
2. 通过搭建阿贝成像光路和观察不同空间滤波器的效果，体会和理解成像过程、频谱面、谱空间与实空间对应关系、空间滤波、衍射等物理概念。

### 【实验仪器与用具】

组件名称	包含器件
激光器组件	激光器、棱镜夹持器、一维平移台、宽滑块、支杆和套筒
扩束镜组件	凹透镜 ( $\phi 6, f-10\text{mm}$ )、透镜架、滑块、支杆和套筒
准直镜组件	凸透镜 ( $\phi 40, f-80\text{mm}$ )、透镜架、滑块、支杆和套筒
光栅字组件	光栅字 ( $\phi 40, 10\text{线/mm}$ )、滑块、支杆和套筒
变换透镜组件	凸透镜 ( $\phi 76, f-175\text{mm}$ )、镜架、滑块、支杆和套筒
滤波器组件	滤波器(低通、方向滤波)、干板架、滑块、支杆和套筒
白屏组件	白屏、干板架、滑块、支杆和套筒

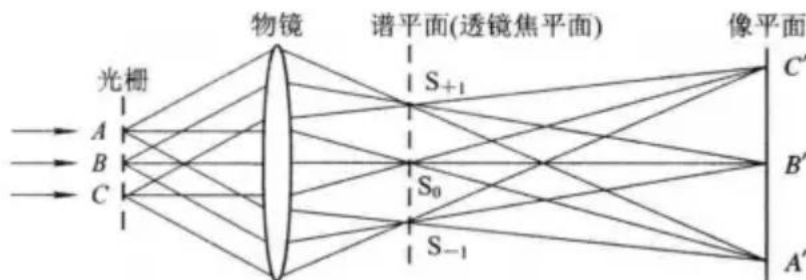
### 【实验原理】

#### 1. 阿贝成像与基本空间滤波

阿贝成像原理将成像过程分为两步：

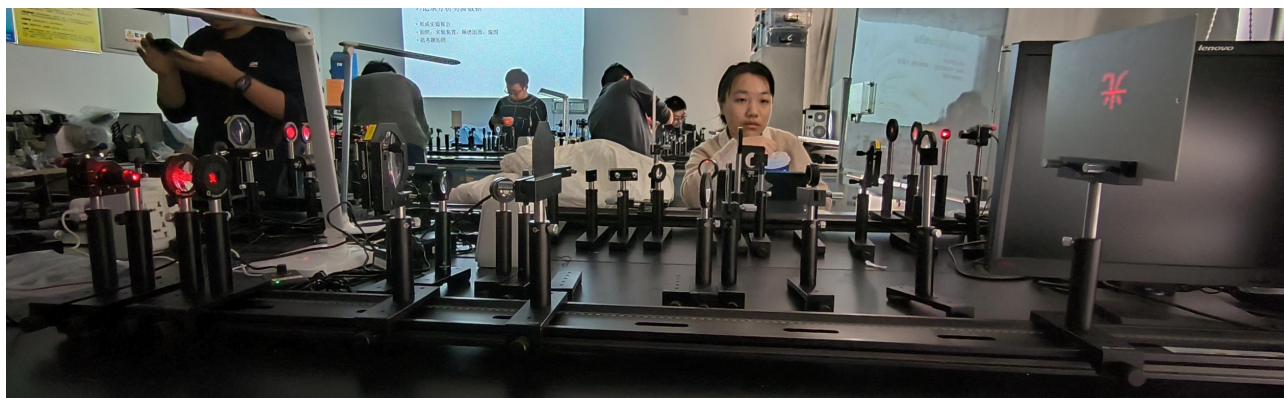
由阿贝的观点来看，许多成像光学仪器就是一个低通滤波器，物平面包含从低频到高频的信息，透镜口径限制了高频信息通过，只许一定的低频通过，因此，丢失了高频信息的光束再合成，图像的细节变模糊。孔径越大，丢失的信息越少，图像越清晰。

阿贝成像原理的意义在于：它以一种新的频谱语言来描述信息，它启发人们用改造频谱的方法来改造信息。阿贝成像原理在原有波动光学衍射和干涉概念的基础上，通过引入数学上的傅里叶变换方程，以及物理上的频谱面、频谱花样与物信息的关联关系等概念，为空间滤波和操作提供了有力理解工具，为傅里叶变换光学奠定了基础。

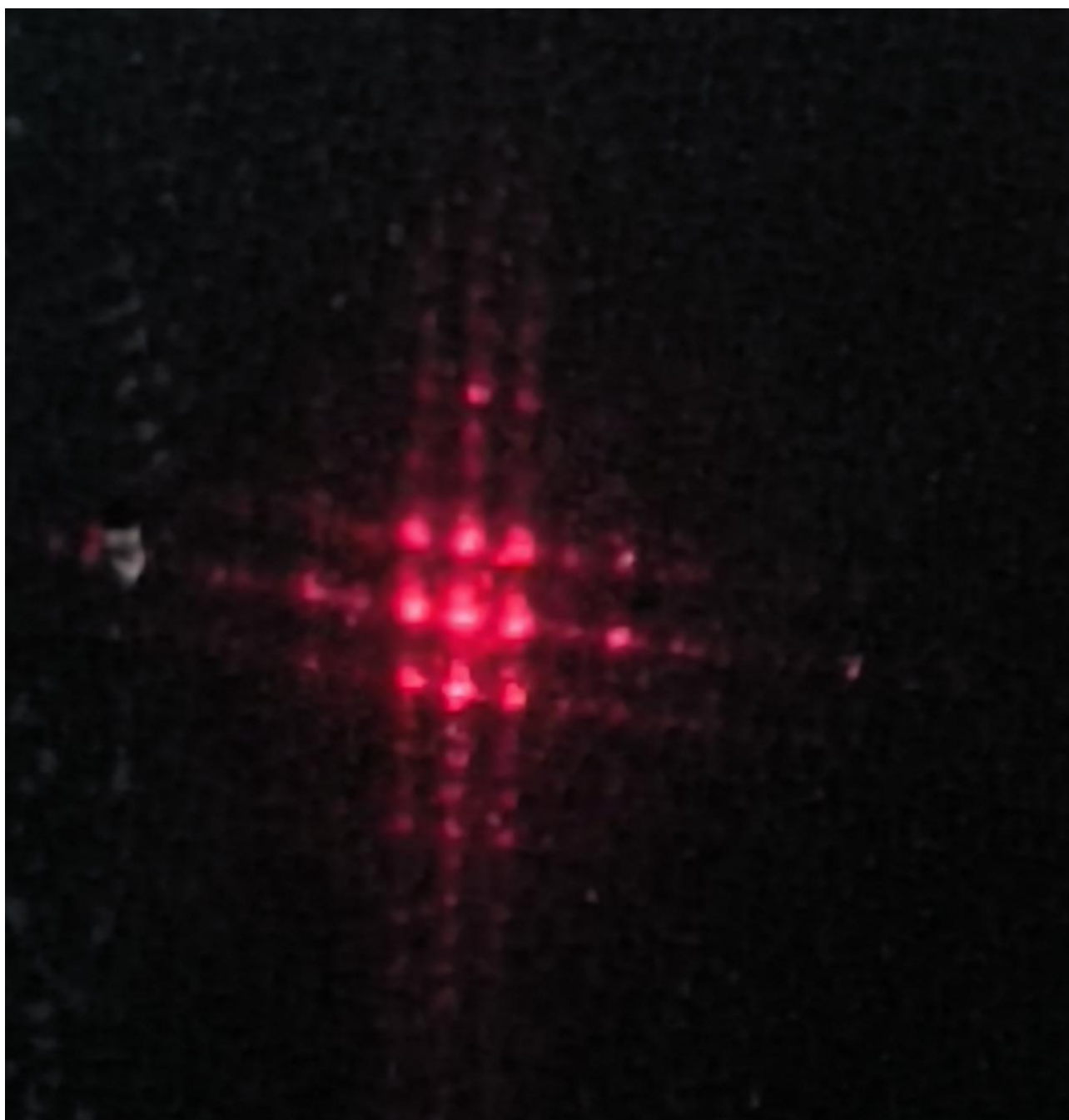


### 【实验内容】

光路搭建如下



观察到频谱图



无滤波器时，可以观察到“光”字的像中间既有横向条纹，又有竖向条纹。

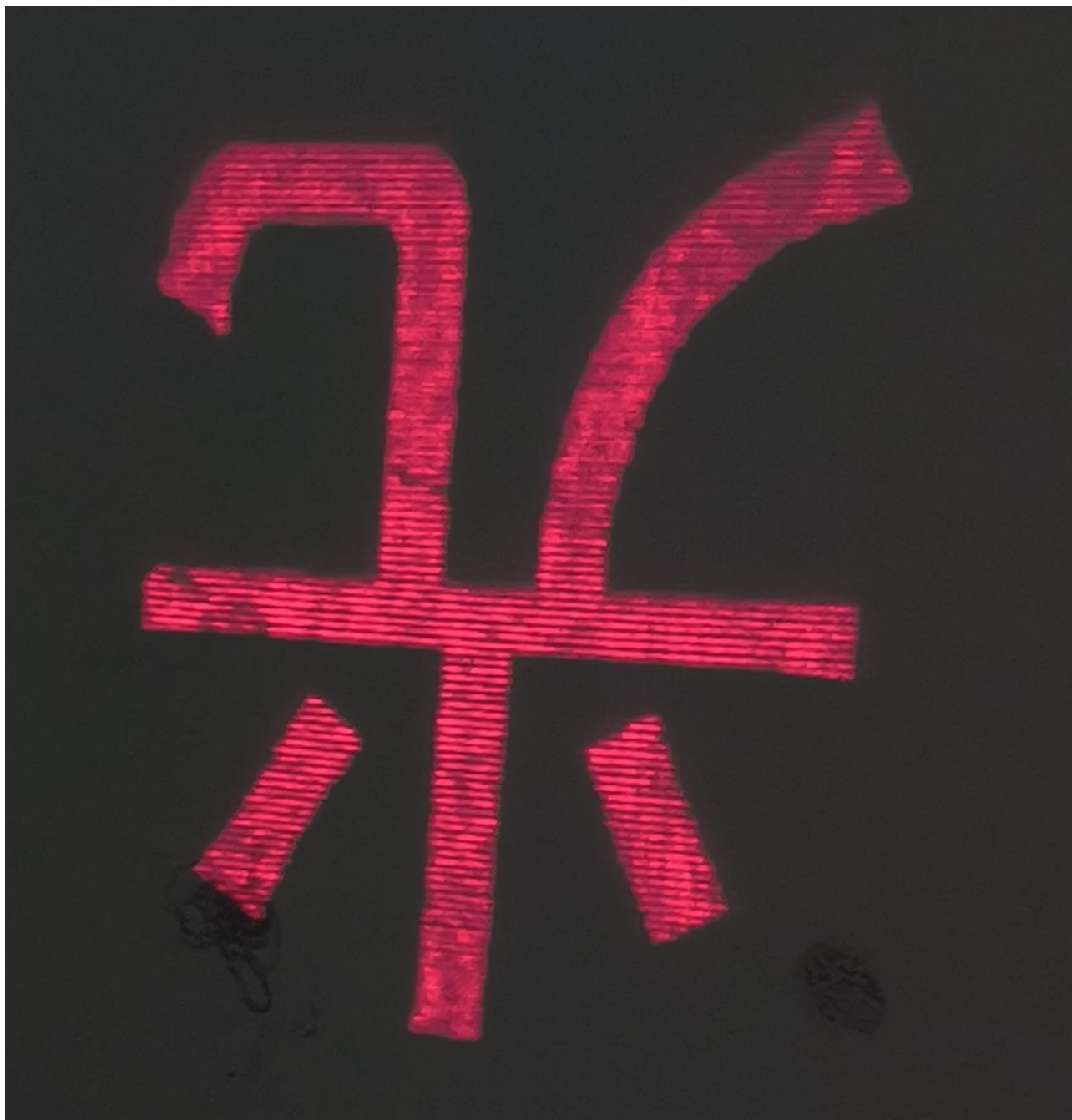


选择滤波器中的“缝”，在频谱面水平放置，使包括 0 级在内的一排点通过，我们可以观察到“光”的像中间充满竖向条纹。





将“缝”旋转 90 度竖直放置，使包括 0 级在内的一排点通过，我们可以观察到“光”的像中间充满横向条纹。



将“缝”与光栅方向夹角 45 度放置滤波时，可以观察到图像的条纹仍与“缝”的方向夹角 90 度。



将滤波器中的“孔”放置在频谱面，只让 0 级点通过，我们即可以观察到 “光” 的像中间没有条纹，只剩下 “光” 字轮廓。



为了制作一个高通滤波，我们可以只使 0 级点通过。可以观察到高通滤波器使边缘更突出但整体变暗。因为高通滤波器会抑制低频信息。

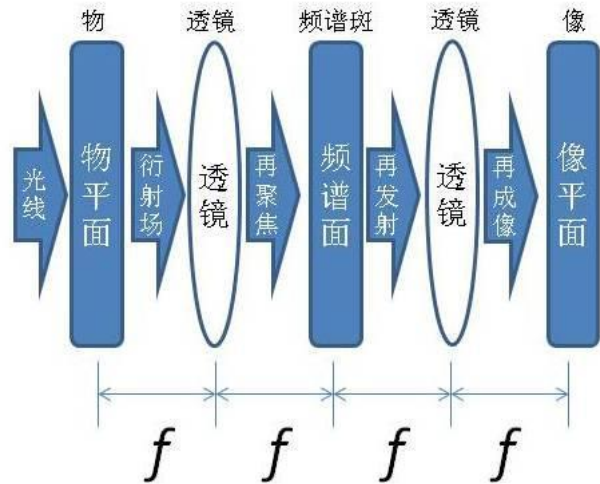
第二部分：光学 4F 系统成像

【实验目的】

体会和掌握光学 4F 成像系统的组织和搭建；在前面阿贝成像实验的基础上，进一步体会更为复杂的光学信息处理。光学 4F 系统目前广泛应用于飞秒激光脉冲整形器中，产生不同频带和脉宽的光脉冲。

【实验原理】

4F 图像处理系统（如下图 5 所示）使用两个透镜依次实现傅里叶变换和反傅里叶变换的光学操作，把成像要素与频谱操作要素分离开，是一种可控性、保真性、稳定性更好的相干光学处理系统。



光学 4f 系统成像，如图所示。一束平行光照射透明物体（待处理的图像），物置于第一个透镜的前焦面处，在第一透镜的后焦面上得到物函数  $g(x_0, y_0)$  的频谱  $G(f_\xi, f_\eta)$ ，此频谱面又位于第二透镜的前焦面上，在第二透镜的后焦面上得到频谱函数的傅里叶变换。物函数经过两次傅里叶变换又得到了原函数，只是变成了倒像。在上图中，像平面采用的  $x, y$  坐标与物平面的  $x_0, y_0$  坐标的方向相反，因而可以消除由于两次傅里叶变换引入的负号。如果在频谱面上插入空间滤波器就可以改变频谱函数，从而使输入信号得到处理。

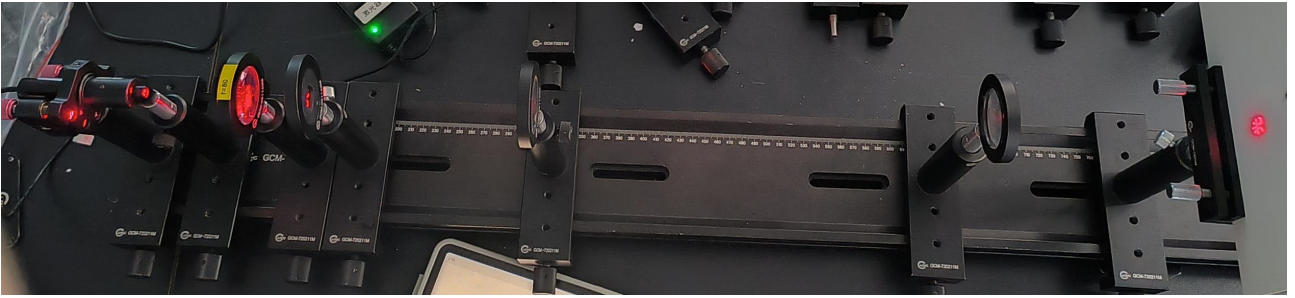
【实验仪器与用具】

组件名称	包含器件
光源组件	半导体激光器(650nm)一维平移台、宽滑块、支杆和套筒
准直镜组件	凹透镜( $\phi 6, f=9.8\text{mm}$ )、凸透镜( $\phi 25, f=80\text{mm}$ )、透镜架、滑块、支杆和套筒
调制物组件	物板、干板架、滑块、支杆和套筒
变换透镜组件	凸透镜( $\phi 40, f=150\text{mm}$ )2个、镜架、滑块、支杆和套筒
滤波器组件	滤波器(低通、方向滤波)、精密平移台、干板夹、滑块、支杆和套筒
白屏组件	白屏、干板架、滑块、支杆和套筒

【实验内容】



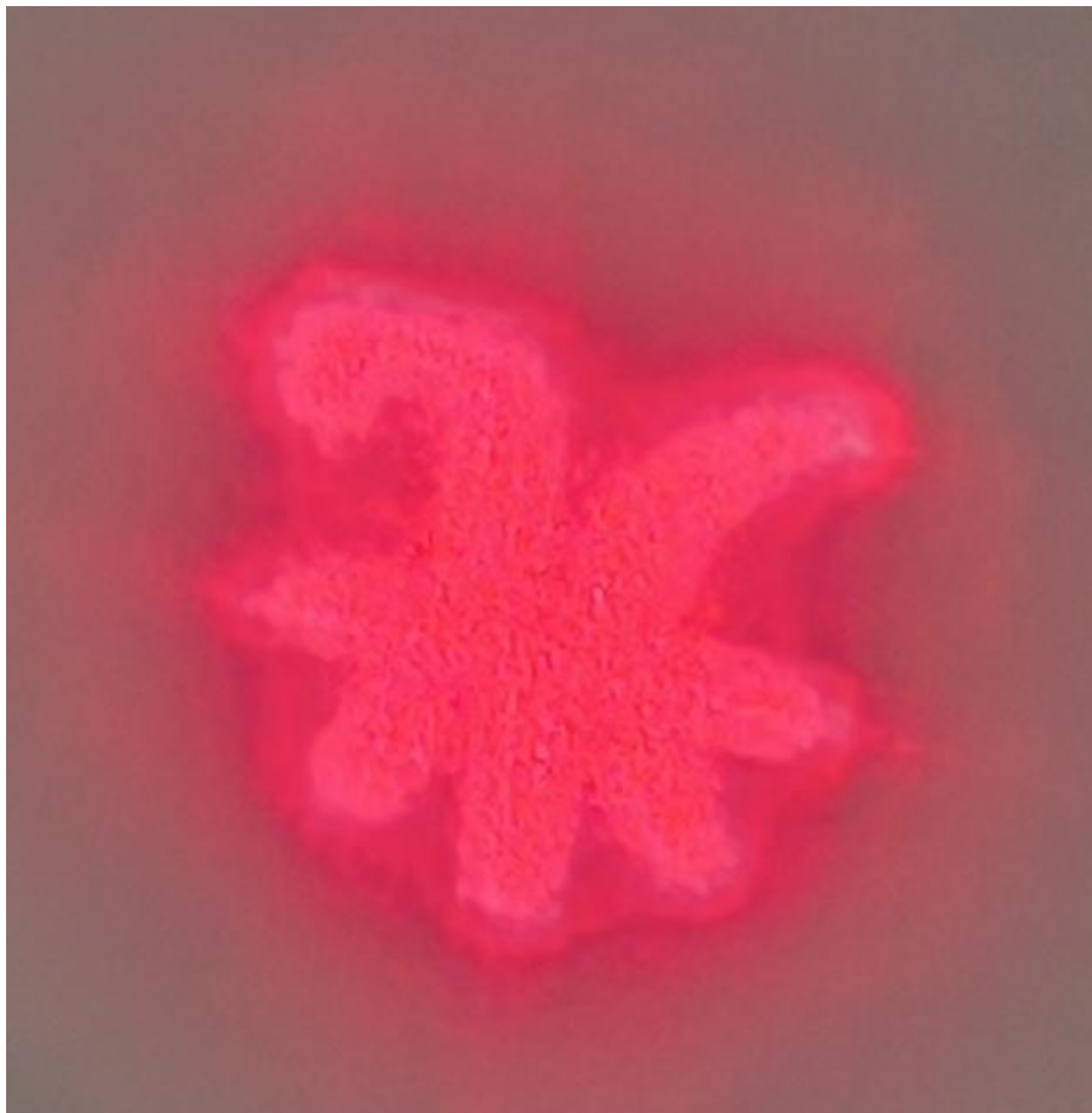
光路搭建如下



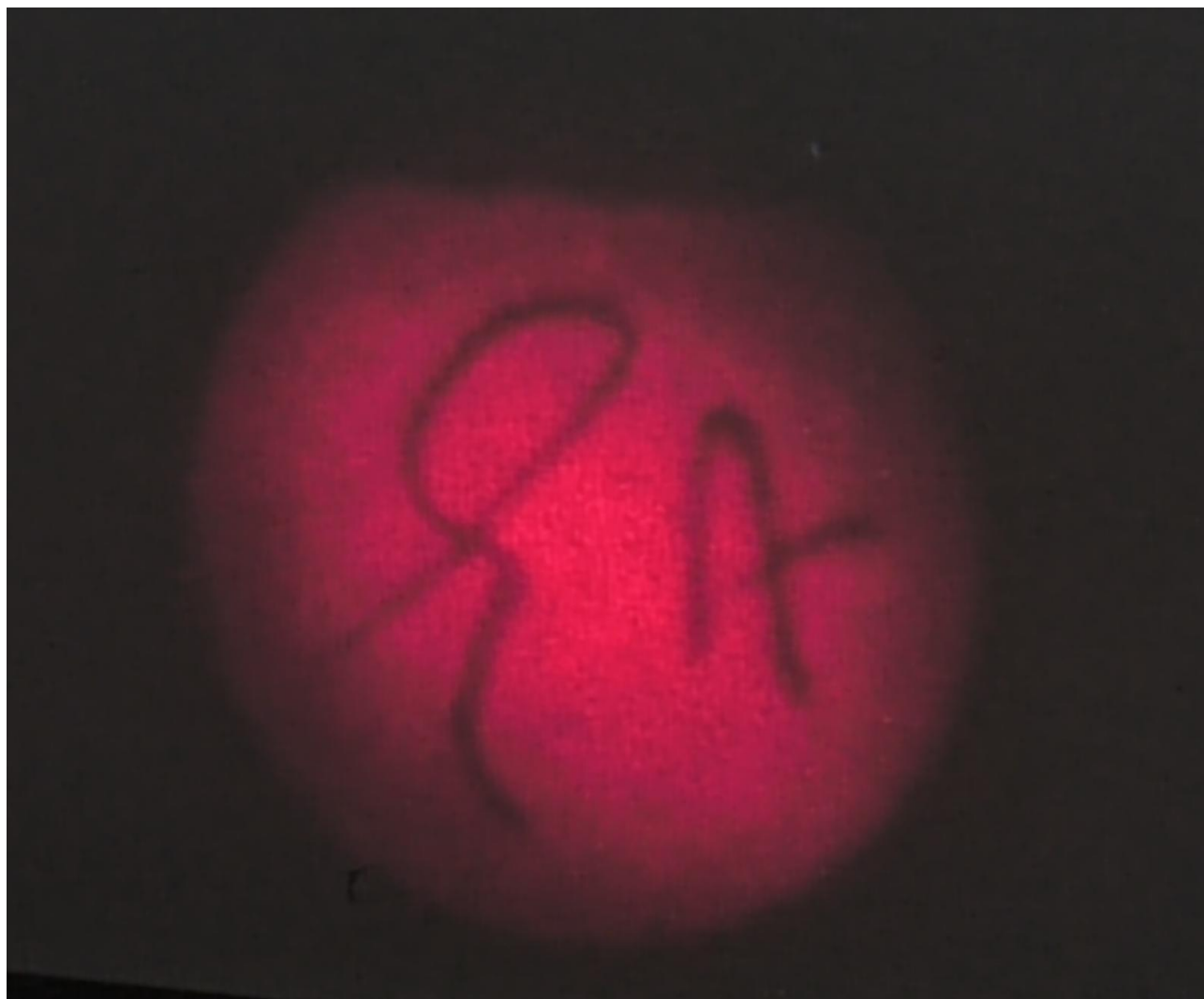
使用“光”字光栅，且使用两个透镜时，可以发现图像较为清晰



将其中的一个透镜去掉，可以明显地看到图像变得不再清晰



将“光”字光栅换成白纸黑字后，使用两个透镜仍可以看到较为清晰的像



去掉一个透镜后，图像变得不再清晰，甚至难以分辨





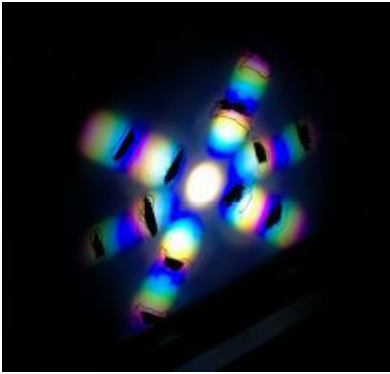
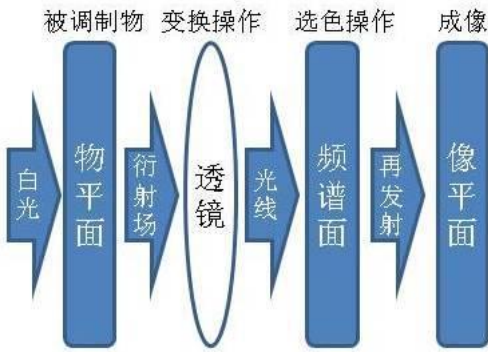
第三部分：假色彩编码

【实验目的】

在基本空间滤波的基础上，进一步体会光栅衍射的色散效果和选频滤波操作，掌握  $\theta$  调制假彩色编码的选频滤波和色散选区滤波的原理；并利用提前预制分区信息的光栅图案，实现该图像的假彩色编码。

【实验原理】

在前面的阿贝成像实验中，我们讲解了频谱面、频谱面上的基本滤波操作（方向滤波和低通滤波）；在本章节，我们会使用白光光源来照明一个分区事先预制了不同取向光栅的天安门图案；然后分别使用颜色滤波器和自制的空间选色滤波器，来实现天安门图像的选区假彩色编码。

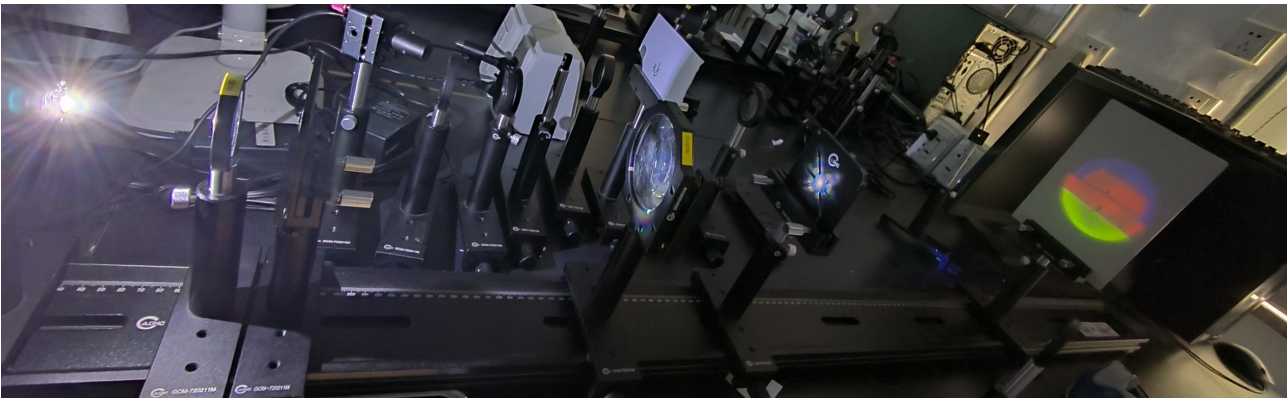


【实验仪器与用具】

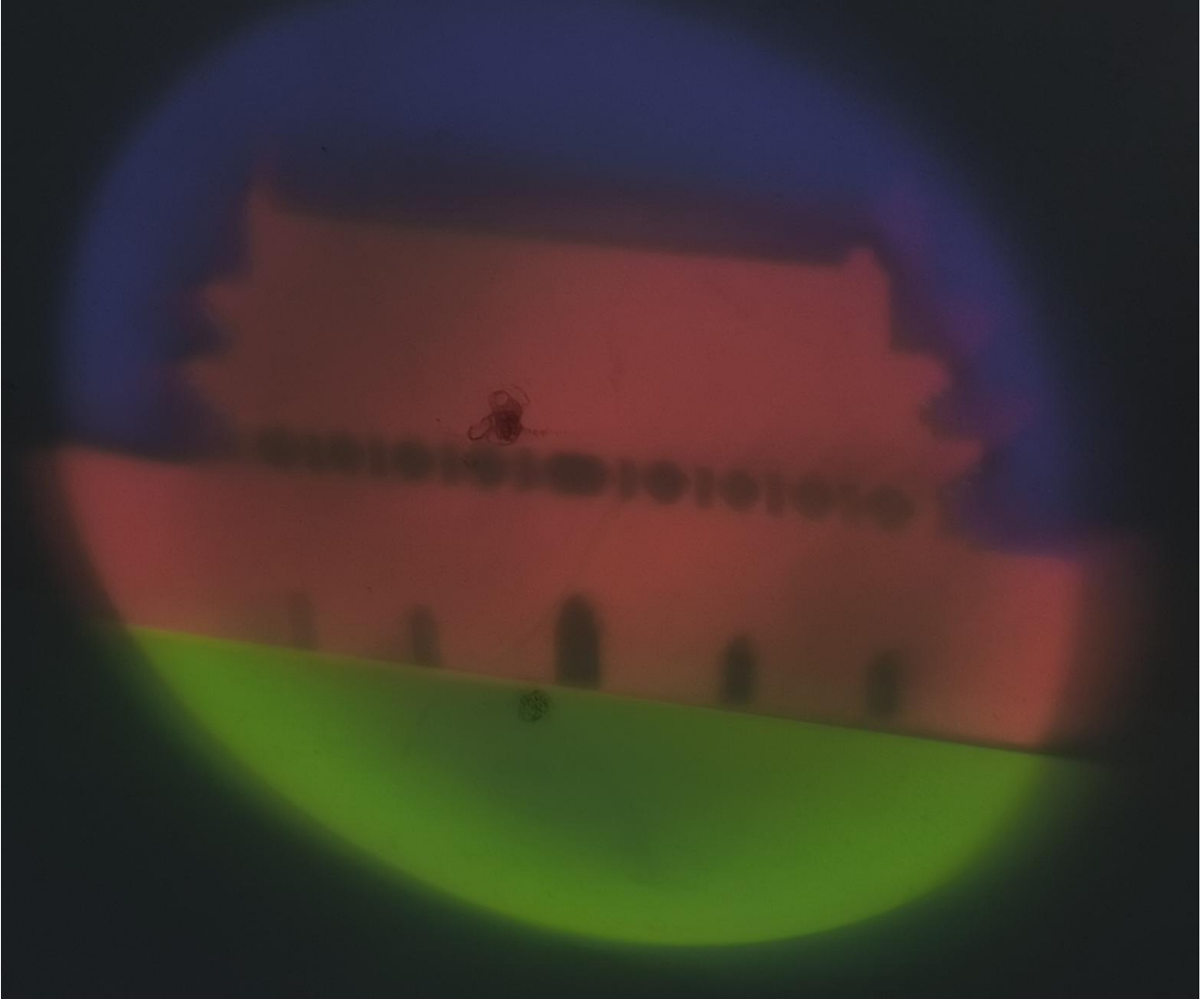
组件名称	包含器件
光源组件	白光LED、一维平移台、宽滑块、支杆和套筒
准直镜组件	凸透镜( $\phi$ 40, $f$ -80mm)、透镜架、滑块、支杆和套筒
调制物组件	天安门光栅(100线/mm)、干板架、滑块、支杆和套筒
变换透镜组件	凸透镜( $\phi$ 76, $f$ -175mm)、镜架、滑块、支杆和套筒
滤波器组件	滤波器、干板架、滑块、支杆和套筒
白屏组件	白屏、干板架、滑块、支杆和套筒

【实验内容】

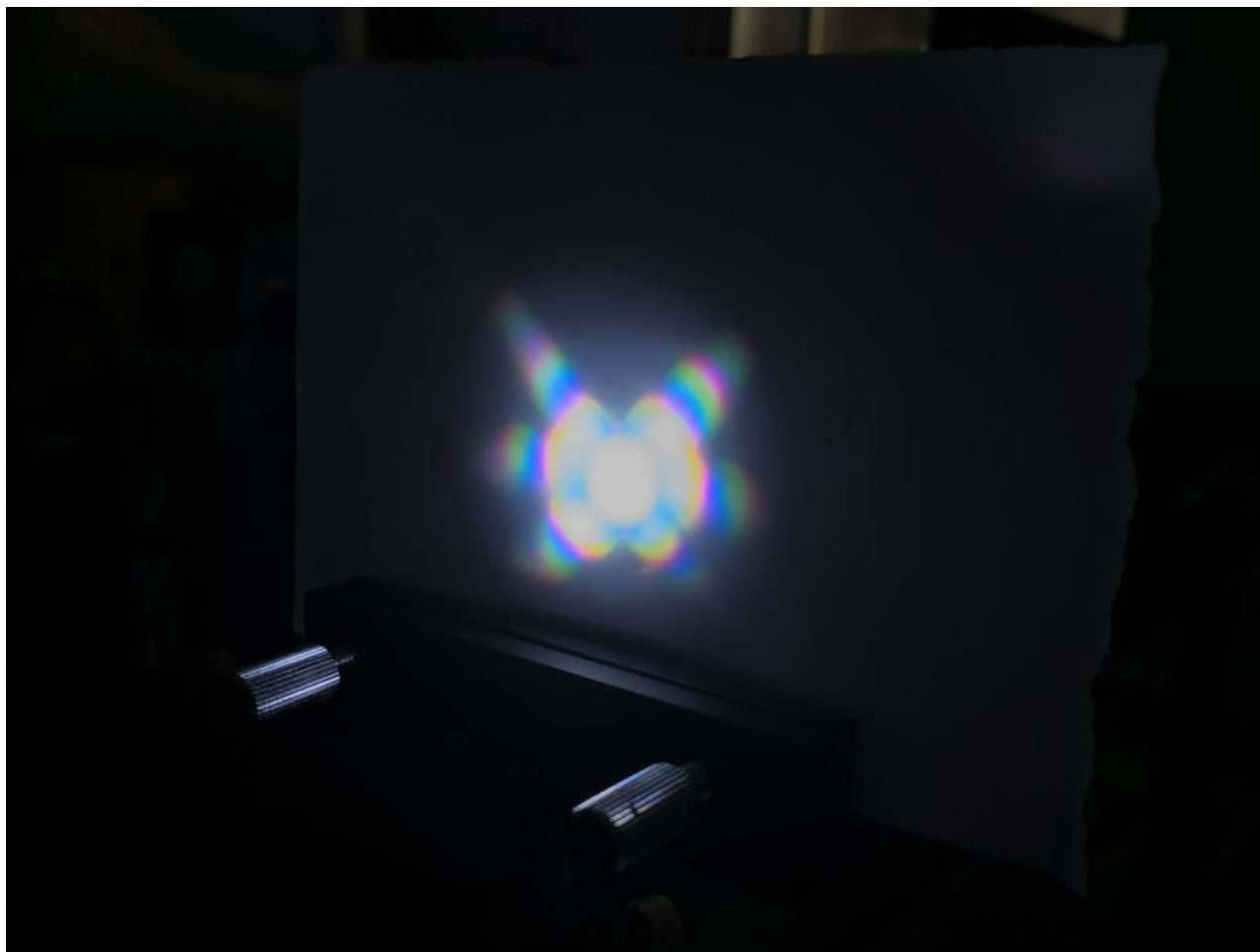
光路搭建如图



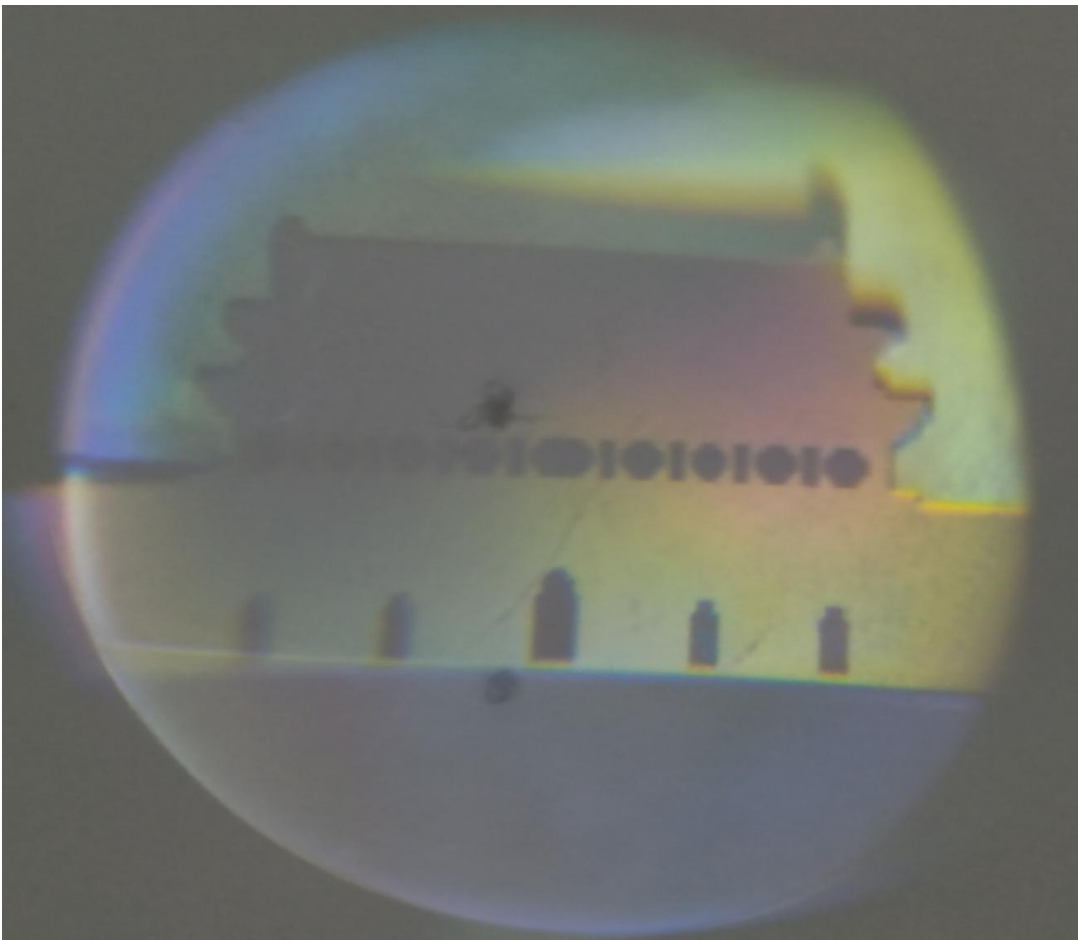
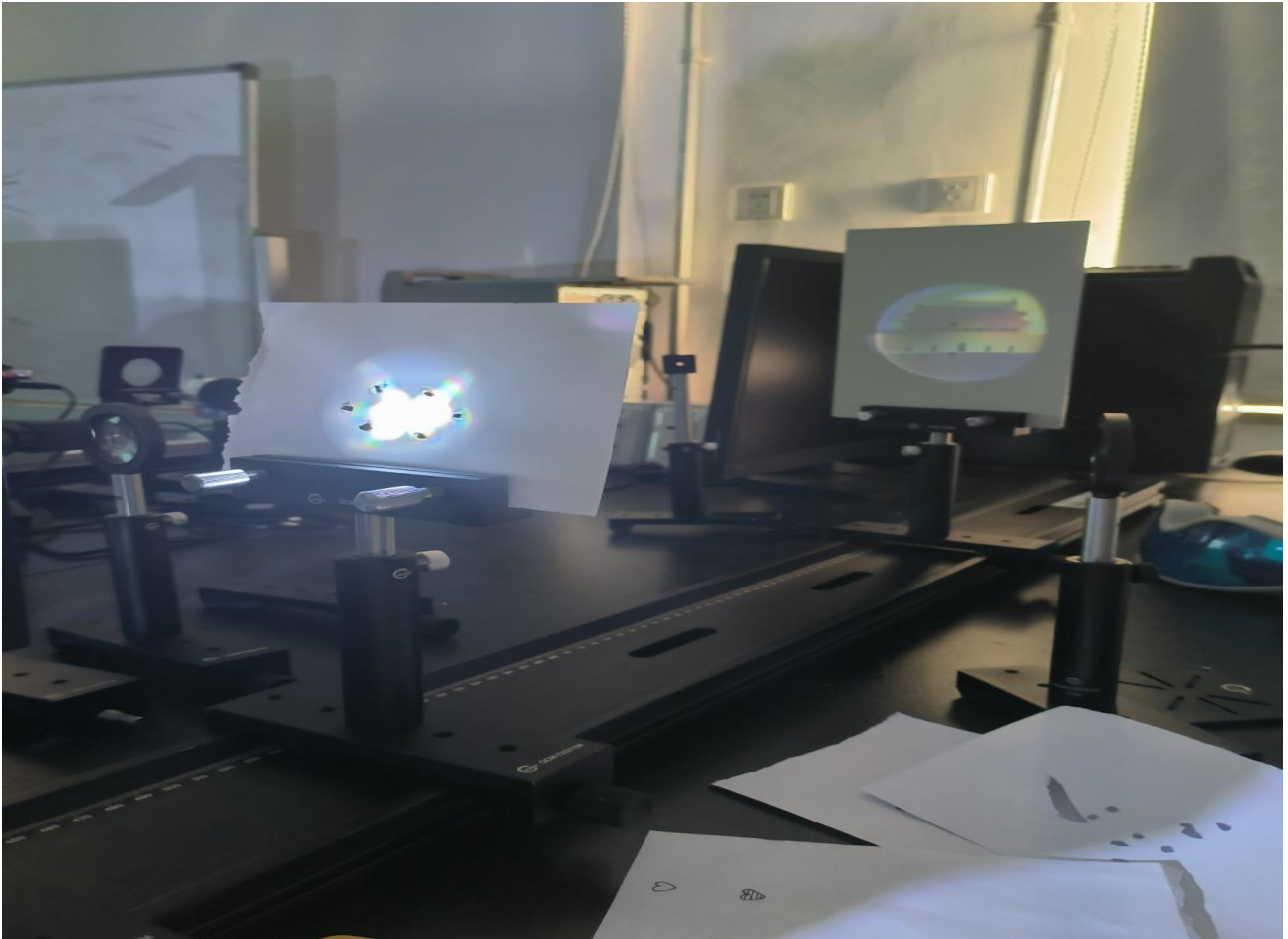
使用  $\theta$  调制滤波器：根据预想的各部分图案所需要的颜色，使用提供的  $\theta$  调制滤波器（三色滤片滤波器）实现指定的分区着色——蓝天、红色天安门、绿地。



自制滤波器，频谱面如图

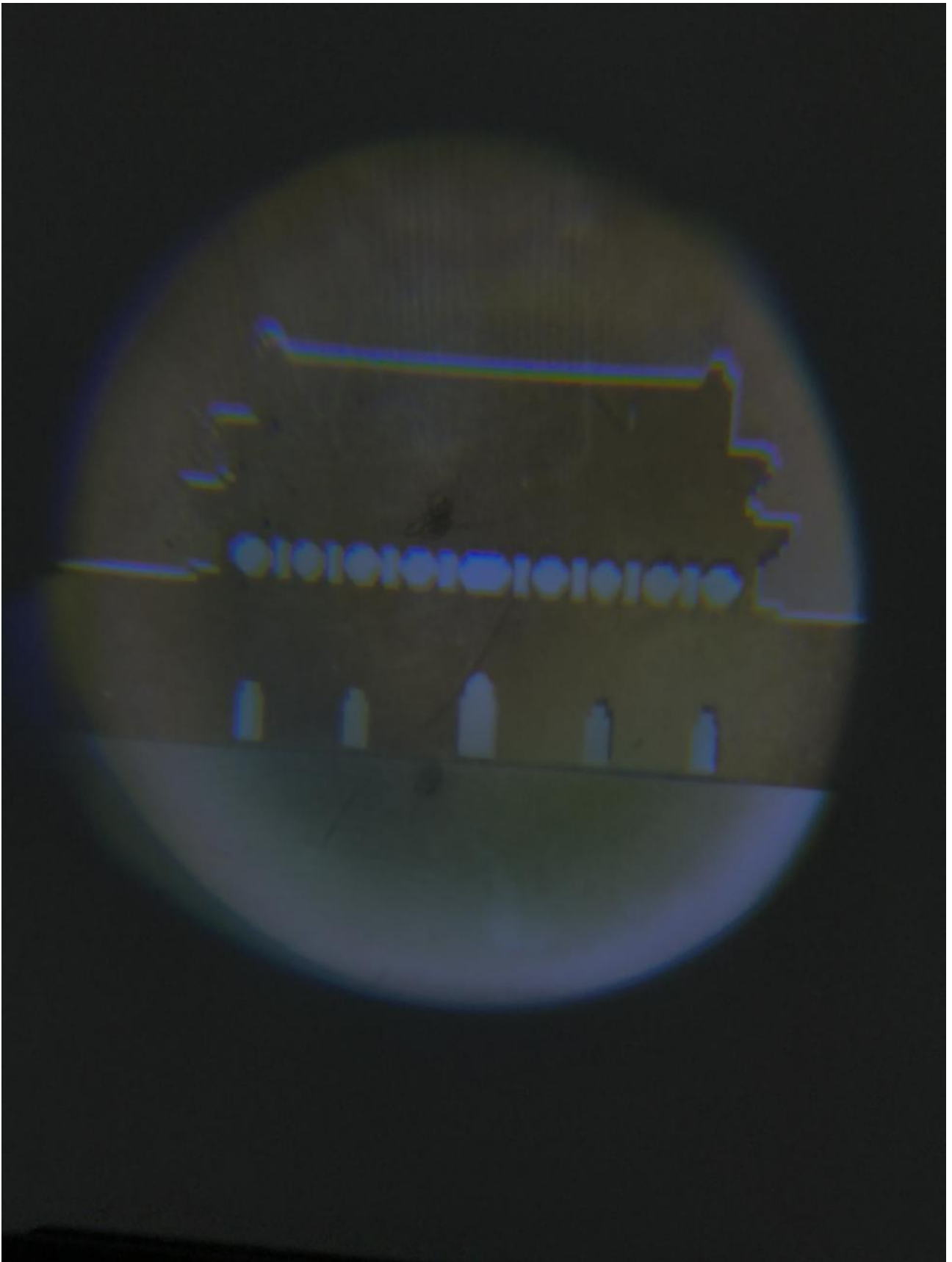


根据频谱面上不同颜色的光出现的位置，在想要得到的颜色处抠洞，实现想要的效果。





思考题：为了使门洞变亮，我们可以将中心挖出一个洞，使得白光通过，达到使门洞变亮的效果。



#### 第四部分：光栅光谱仪实验

##### 【实验一】光栅衍射测量光栅常数实验

将透射光栅放入光路中，根据衍射光斑图样，根据光栅方程 $d \sin \theta = m\lambda$ ， $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ 计算出光栅常数  $d$ 。其中，光栅常数  $d$  为相邻两缝的中心距离， $\theta$  为从干涉图样中心到第  $m$  级极大之间的夹角， $\lambda$  为光的波长， $m$  为级次。

实验的光路搭建如图：

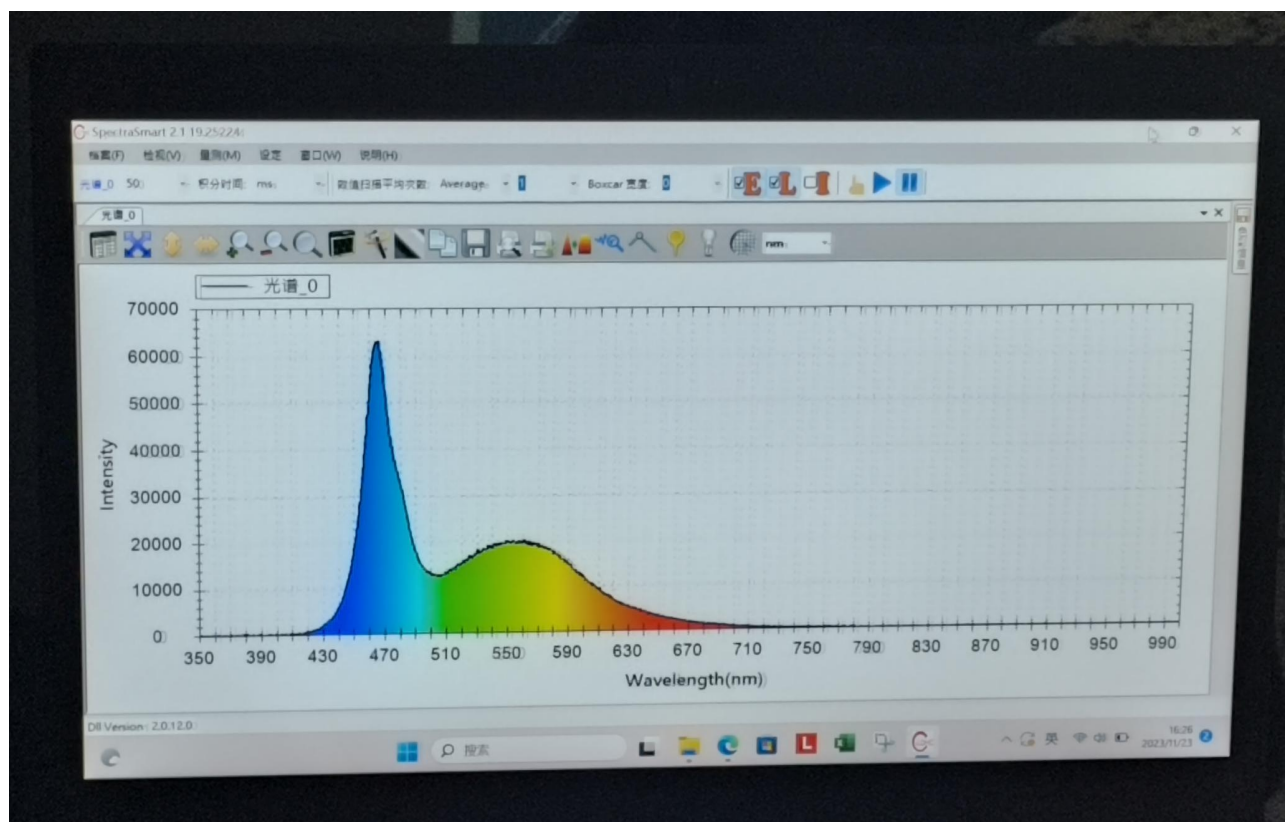


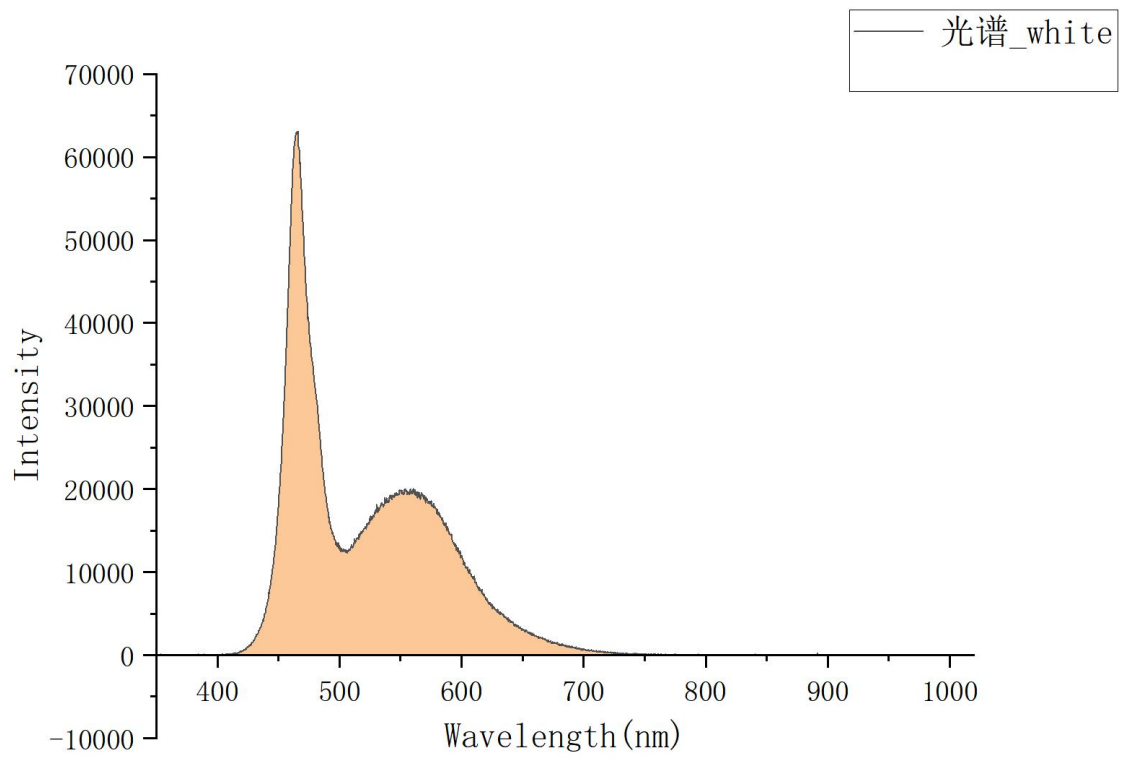
光栅到光屏间距约为 89mm，从干涉图样中心到第 1 级极大之间的距离约为 430mm，据此可将  $\sin \theta$  估计为 89/430，根据公式可求得，光栅常数  $d$  约为 129。

##### 【实验二】光栅光谱仪测光谱实验

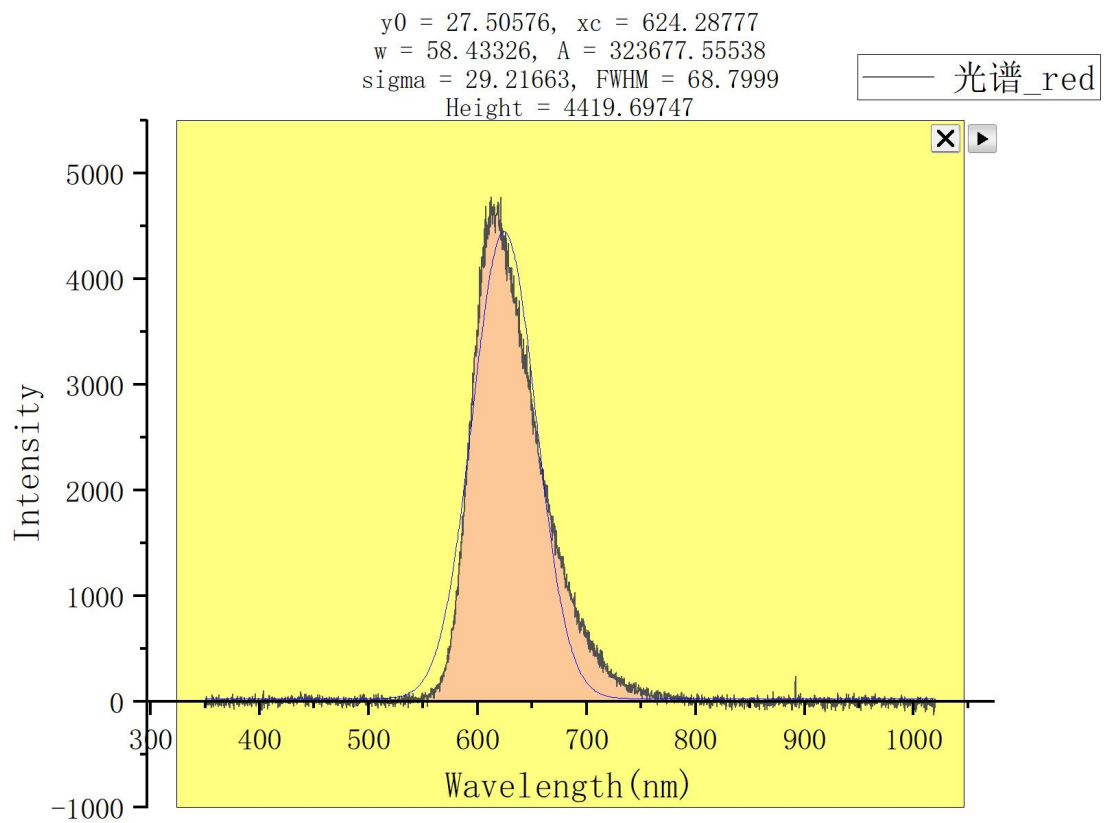
使用手持式光栅光谱仪和 SpectraSmart 软件测量白光或单色光光谱，利用 origin 软件处理数据，Lorenz 函数拟合曲线，记录中心波长、峰值强度与线宽，判断与经验值是否一致。

白光的光谱如图



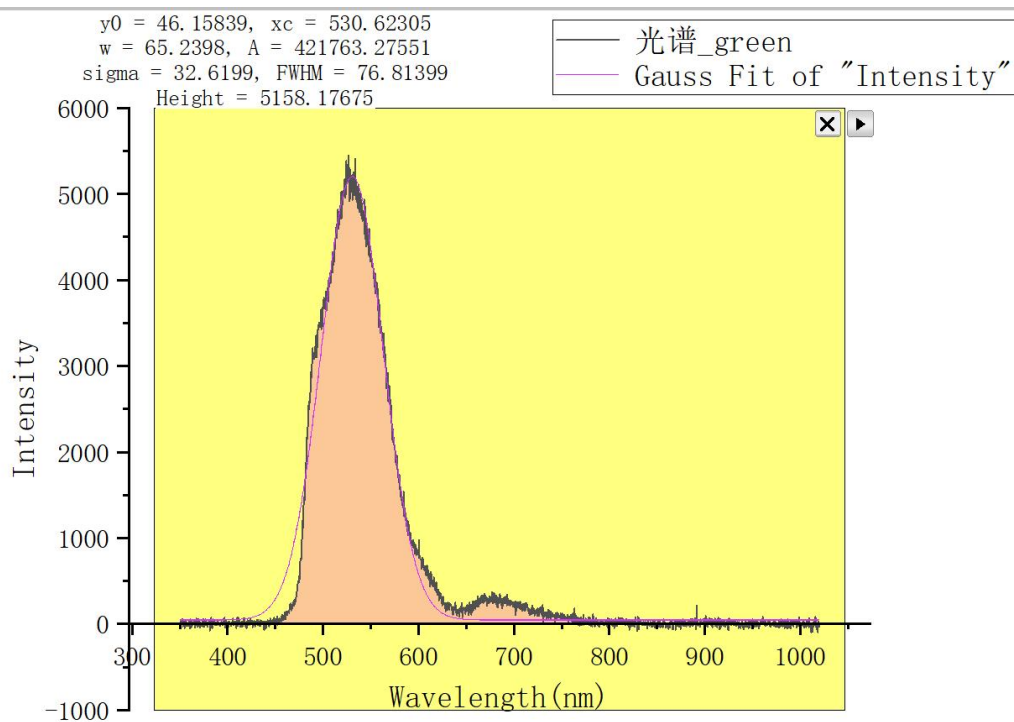


红光



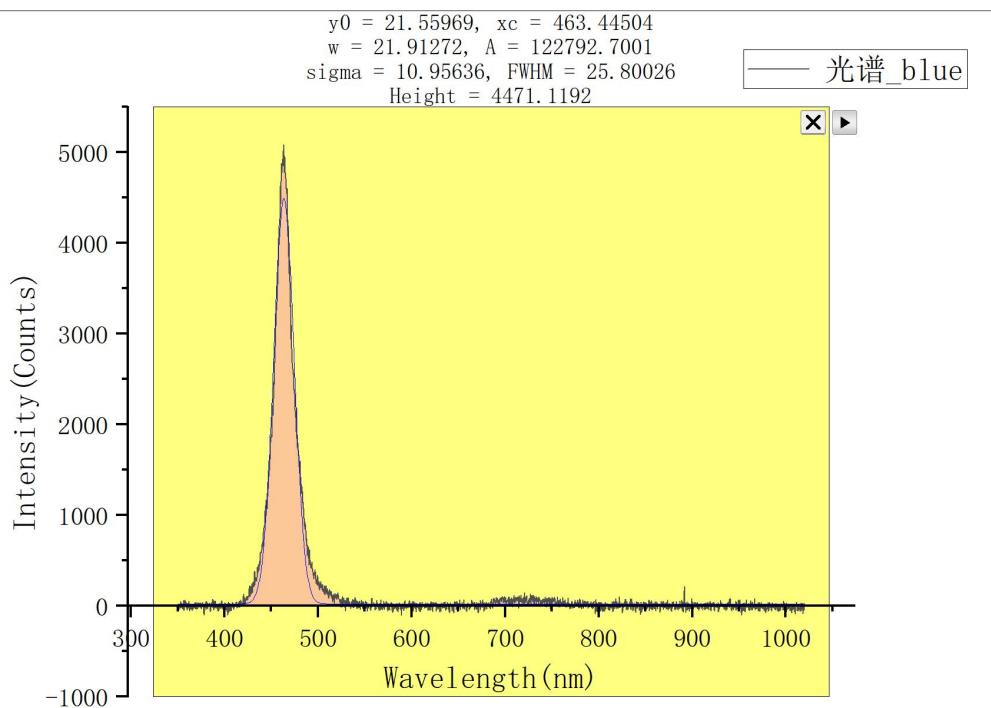
由拟合后输出可知，在波长为 624.29nm 时，强度最强。红光的理论波长为 622-760nm。

## 绿光



利用高斯函数拟合, 根据拟合后结果可知, 在波长为 530.62nm 时, 强度最强。绿光的理论波长为 500–565nm, 拟合结果在该范围内。

## 蓝光

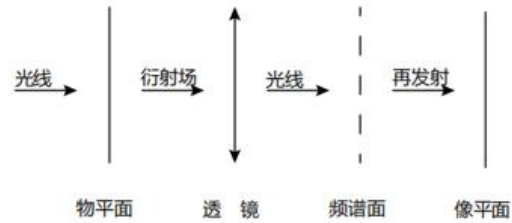




由拟合后的输出可知，当波长为 463.46nm 时，强度最强。蓝光的理论波长范围为 475–495nm 之间。但可能由于实验室中存在其他光源的干扰，导致测量的结果值稍微偏离理论值，但仍在误差允许范围内。综合分析三组数据可知，本次实验数据拟合效果较好，采用高斯函数进行拟合较为合适。

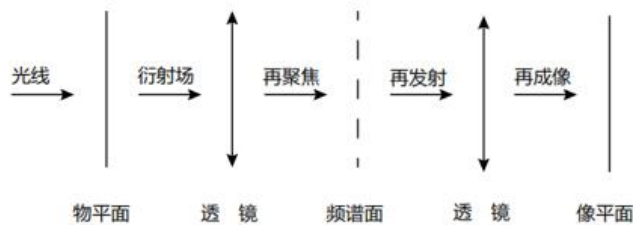
傅里叶光学基础预习报告 赵姝琦 2022K8009907030  
(前三项实验名称及对应的光路图)

一. 阿贝成像与基本空间滤波



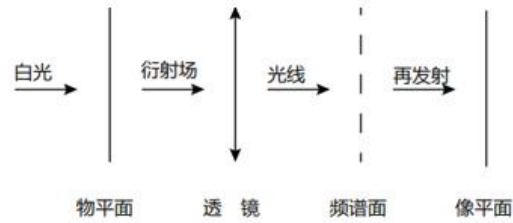
图表 1 阿贝成像与基本空间滤波光路图

二. 光学 4F 系统成像



图表 2 光学 4F 系统成像光路图

三. 假彩色编码



图表 3 假彩色编码光路图