

高项期末汇报

2023/7/1

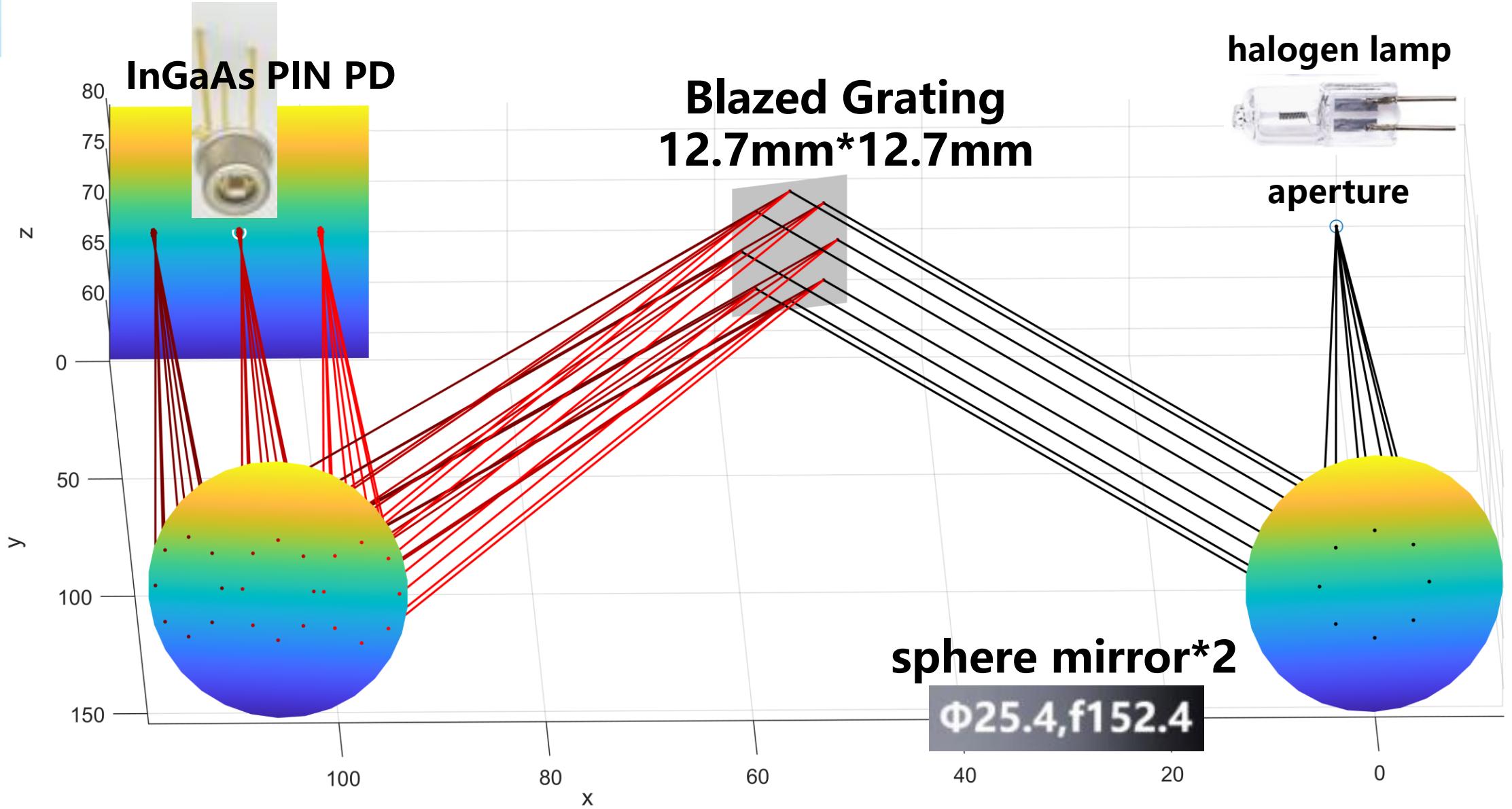
目录 / Content

- 01 光路部分模拟设计
- 02 仪器的搭建设计
- 03 测量原理
- 04 总结与问题思考

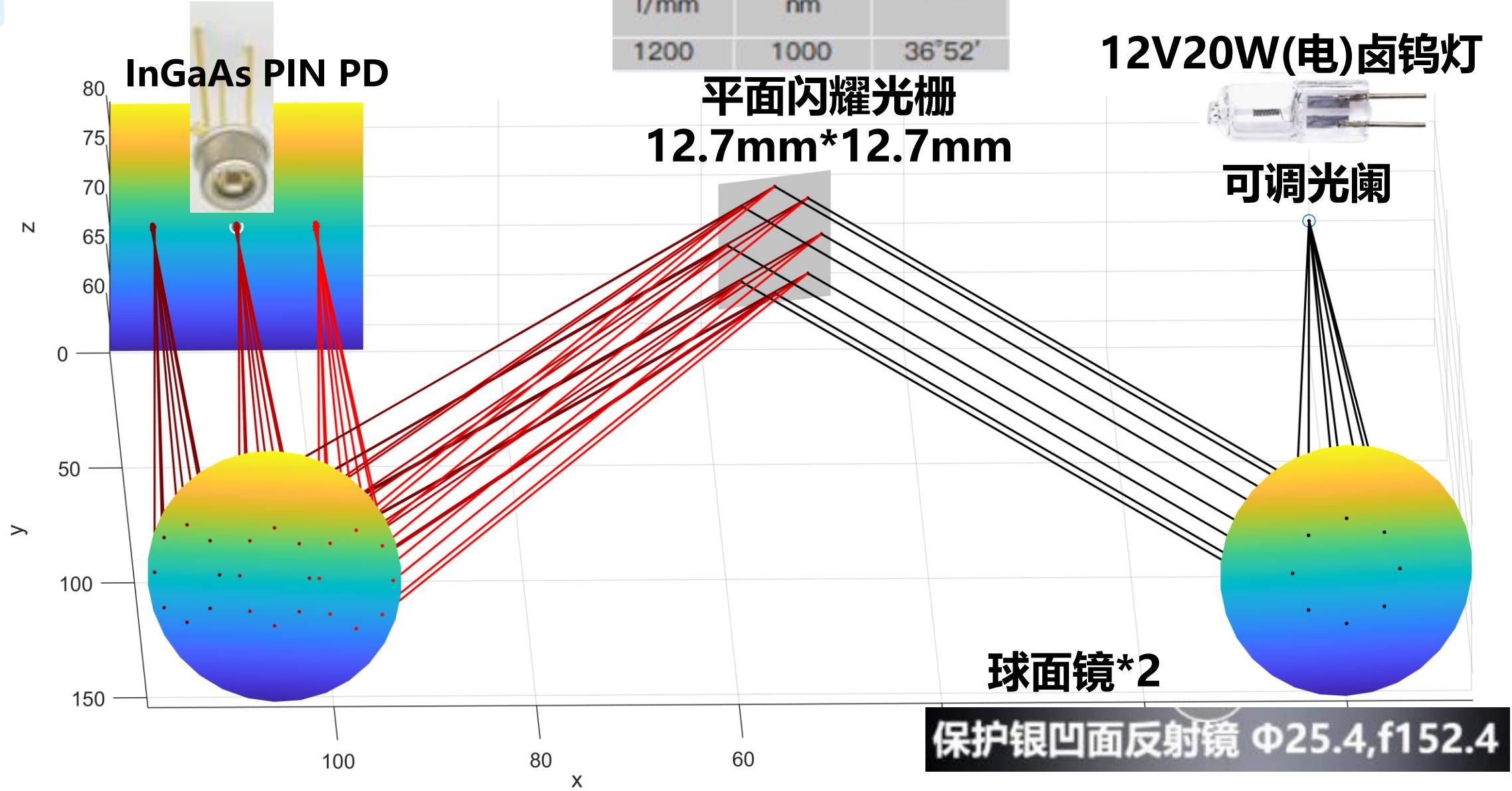


01

光路部分模拟设计

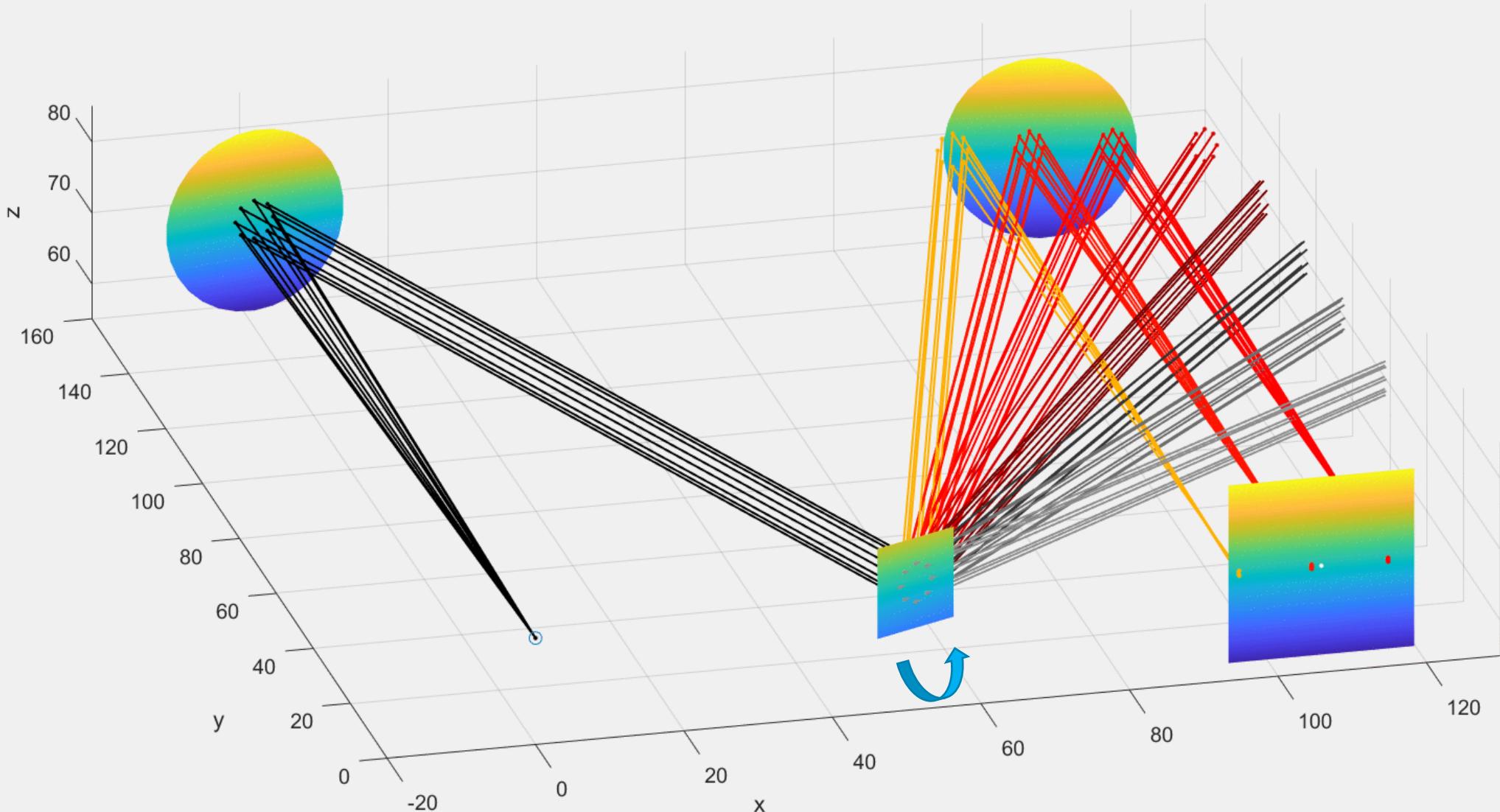


整体展示—设计图



整体展示

只画出了波长分别为600: 40: 1100 nm的一级衍射光



注：这里用灰色表示红外光，波长越长，灰度值越大；单位：mm

光路结构

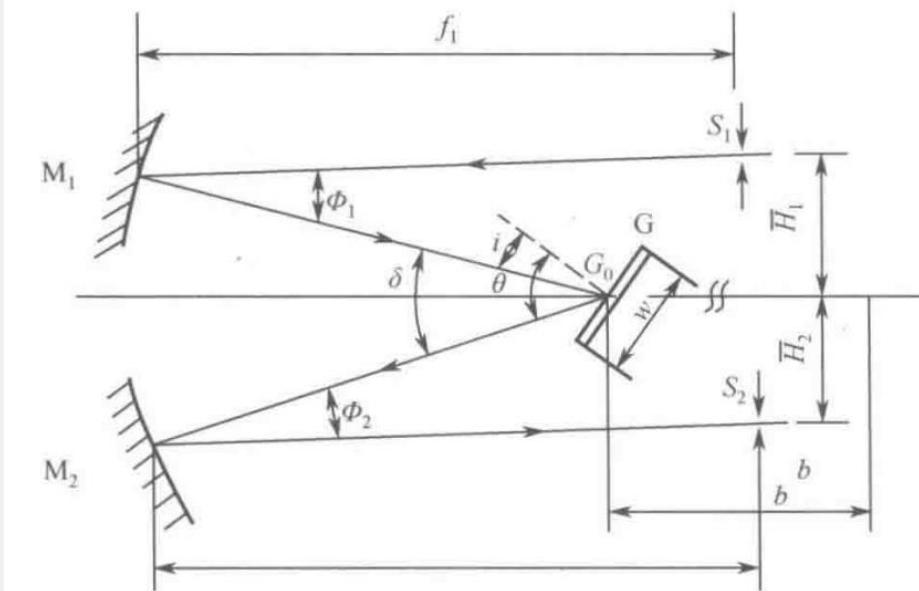
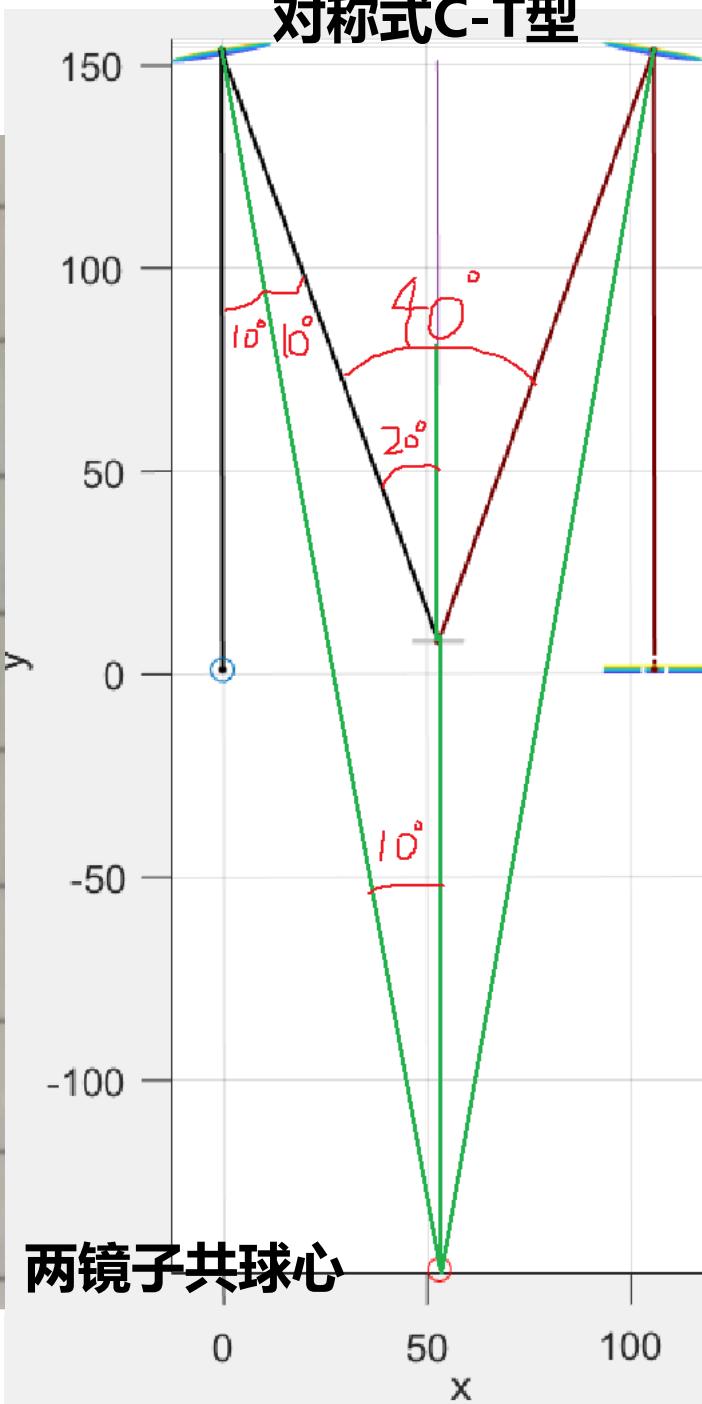
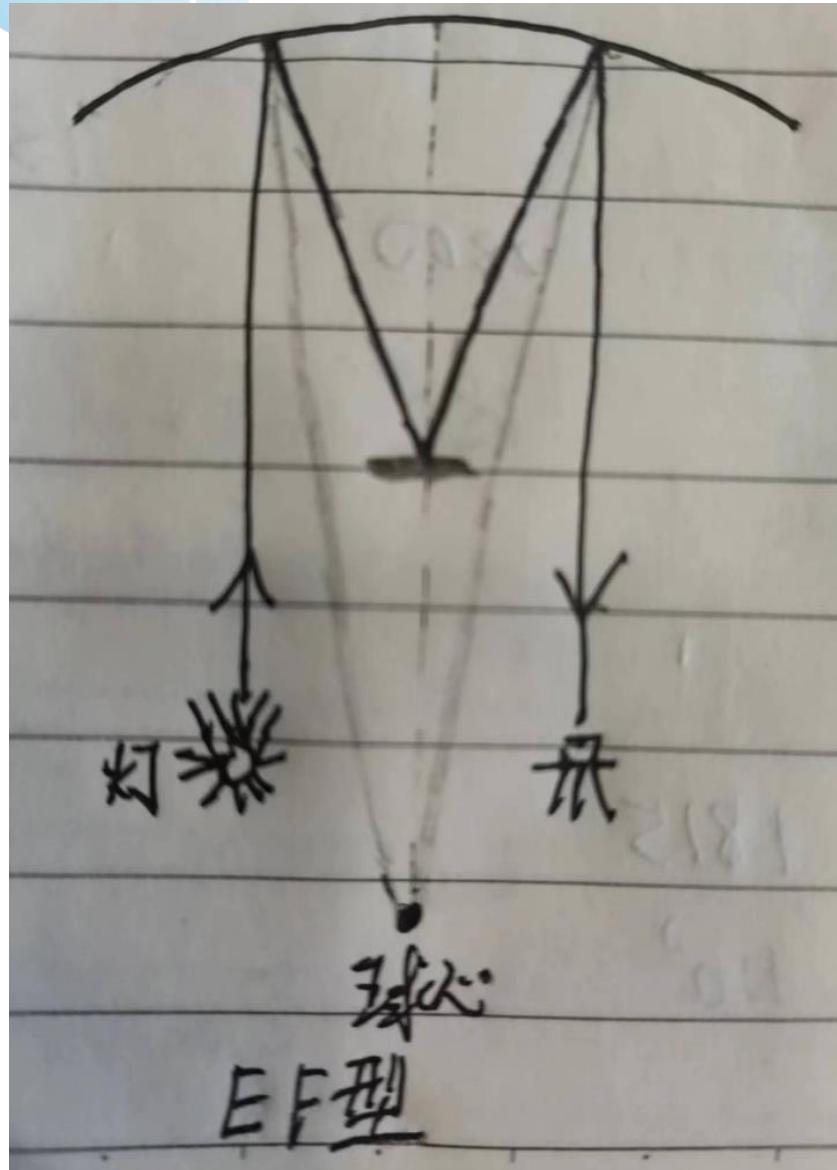


图 15.32 C-T 型平面光栅装置





利用可见光找红外光



单色仪性能分析--可测量的波长范围

% **可分的光波长上限**

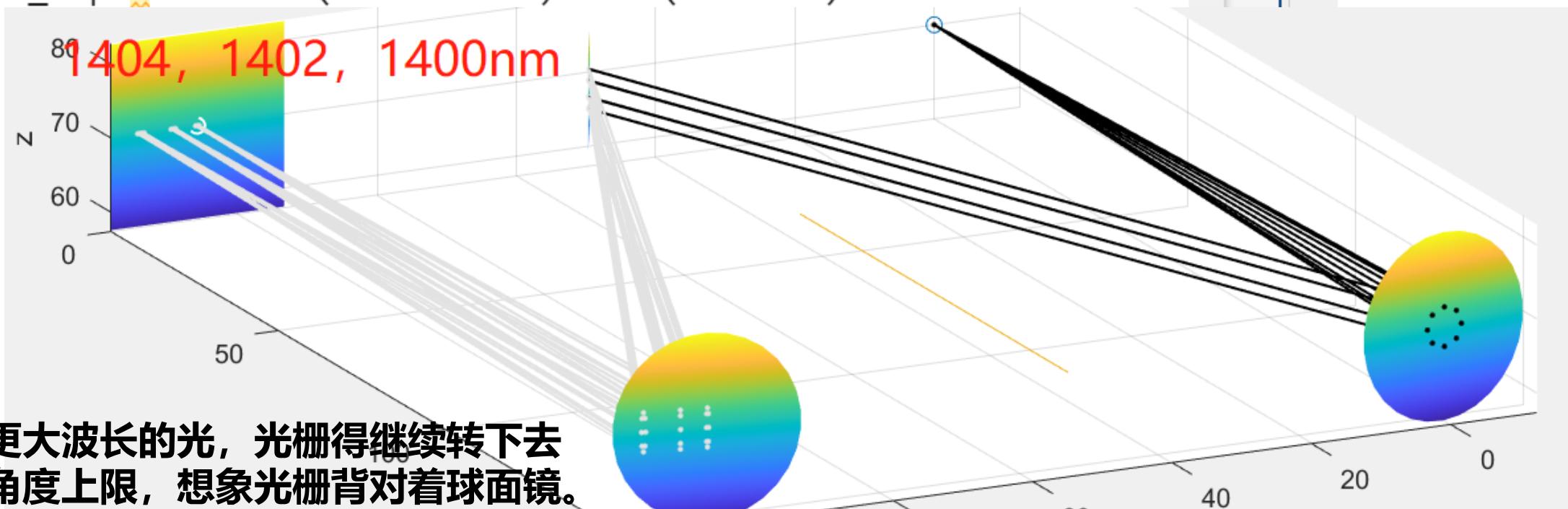
%1. 看公式 $\sin\theta = \lambda/d - \sin i$ 显然 λ/d 不得超过2

$\lambda_{sup1} = 2 * d * 1e6$ nm

%2. 能对准探测器的波长也有上限 由光路结构决定 $\delta=10^\circ$ 时最大1470左右

% $\phi - 90 < 90 - 2\delta$ 因为对准时该波长光线的反射角为 2δ

$\lambda_{sup2} = 2 * d * \sin(90 - 2 * \delta) * \cos(2 * \delta) * 1e6$ nm



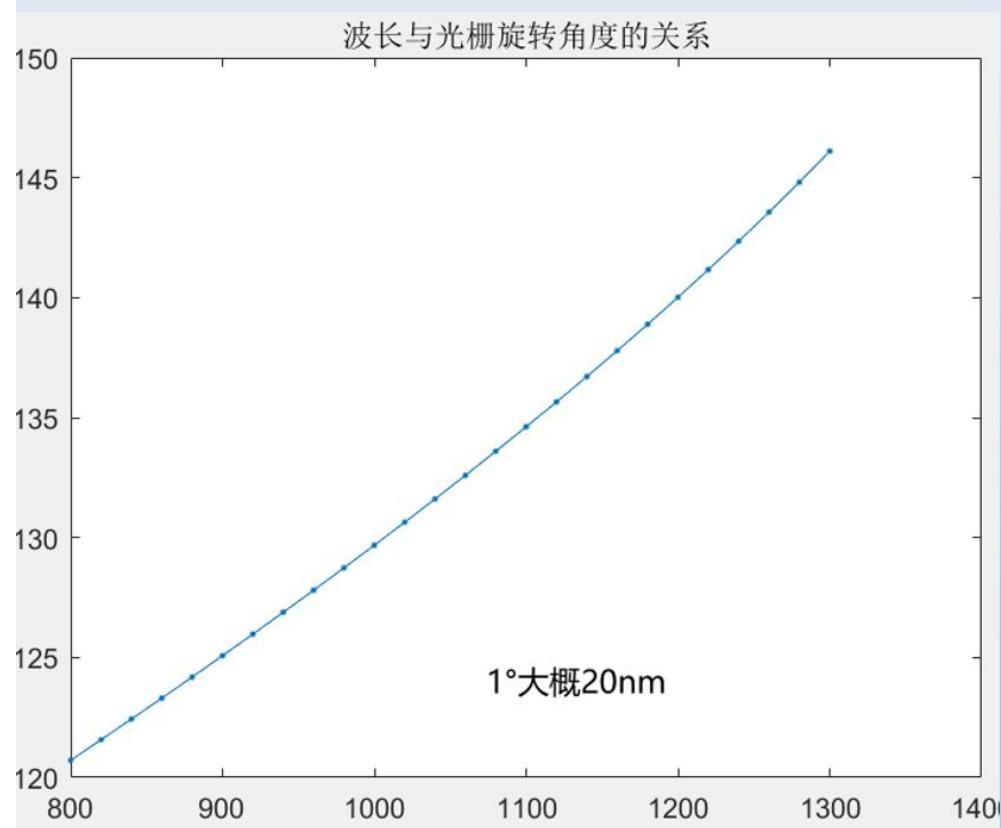
若想测更大波长的光，光栅得继续转下去
但会有角度上限，想象光栅背对着球面镜。

实际测出来，可以将第二级红光 (700nm) 对准探测器，可知至少能测到1400nm

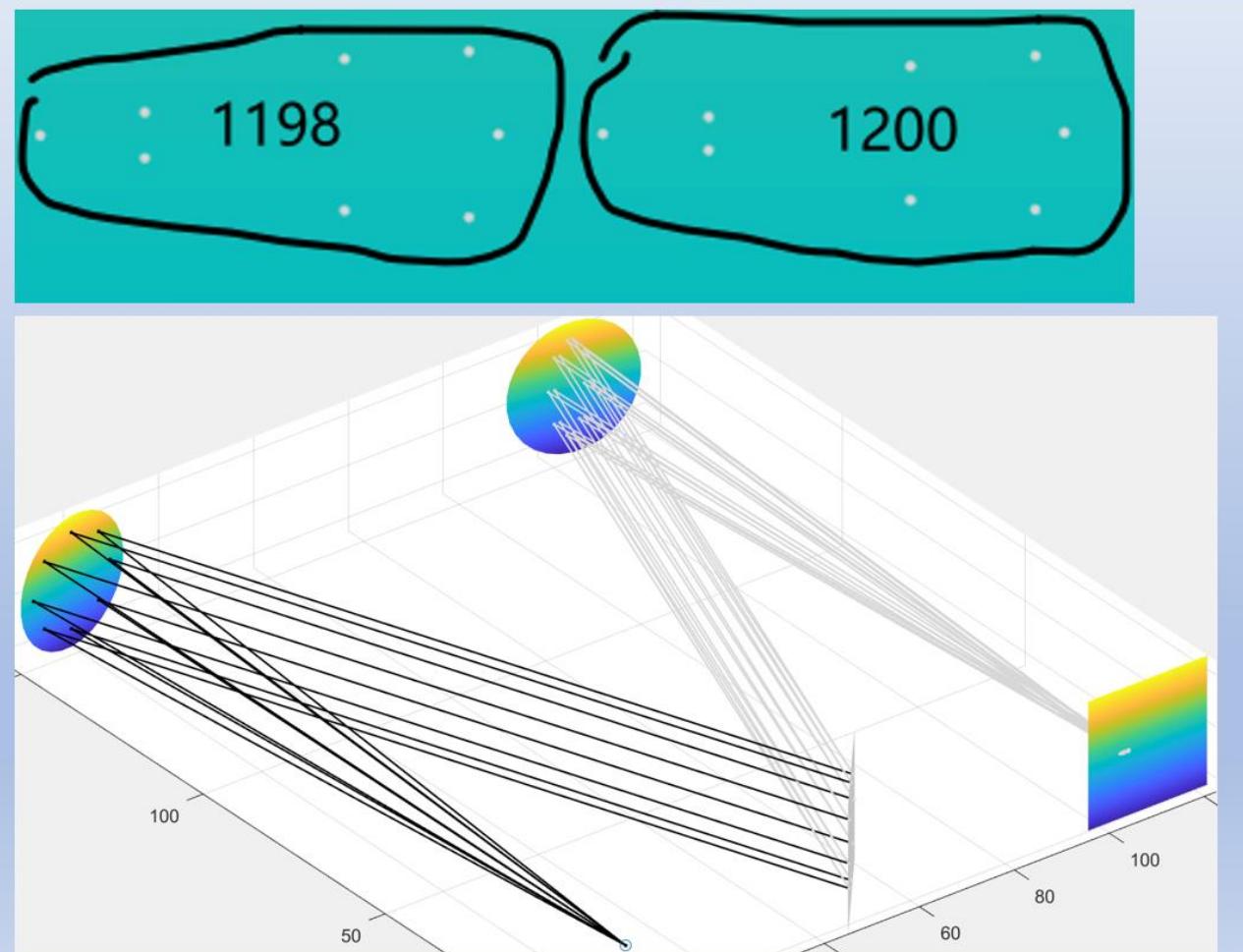
```
lambda_sup1 =  
1.6667e+03  
lambda_sup2 =  
1.4717e+03
```

fx >>

单色仪性能分析——观察像差与分辨率



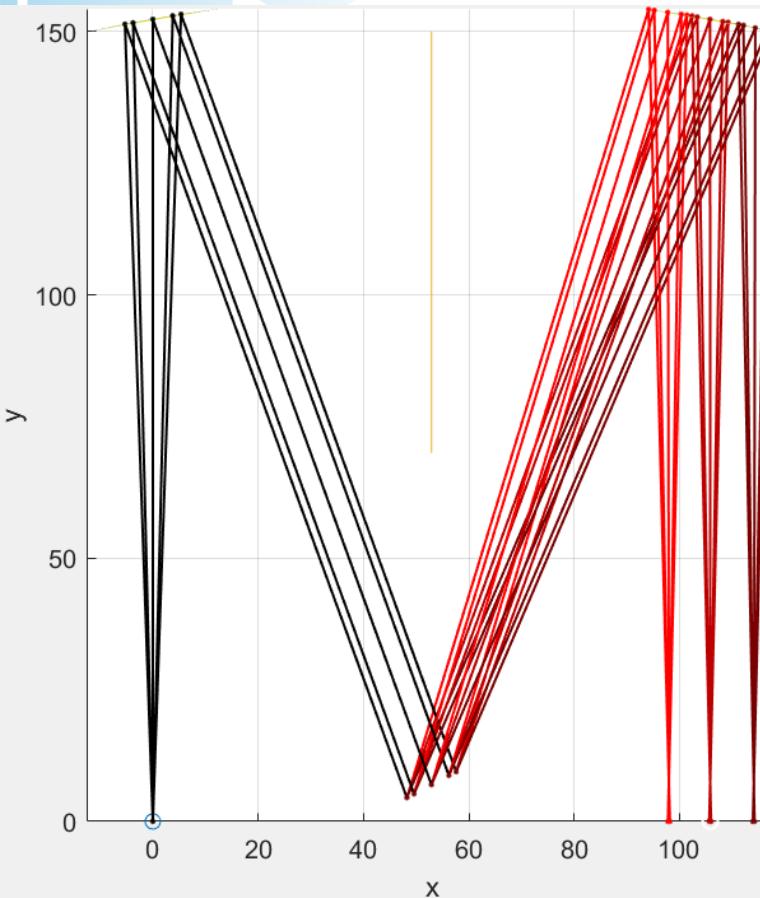
光栅转0.1度，扫过2nm波长



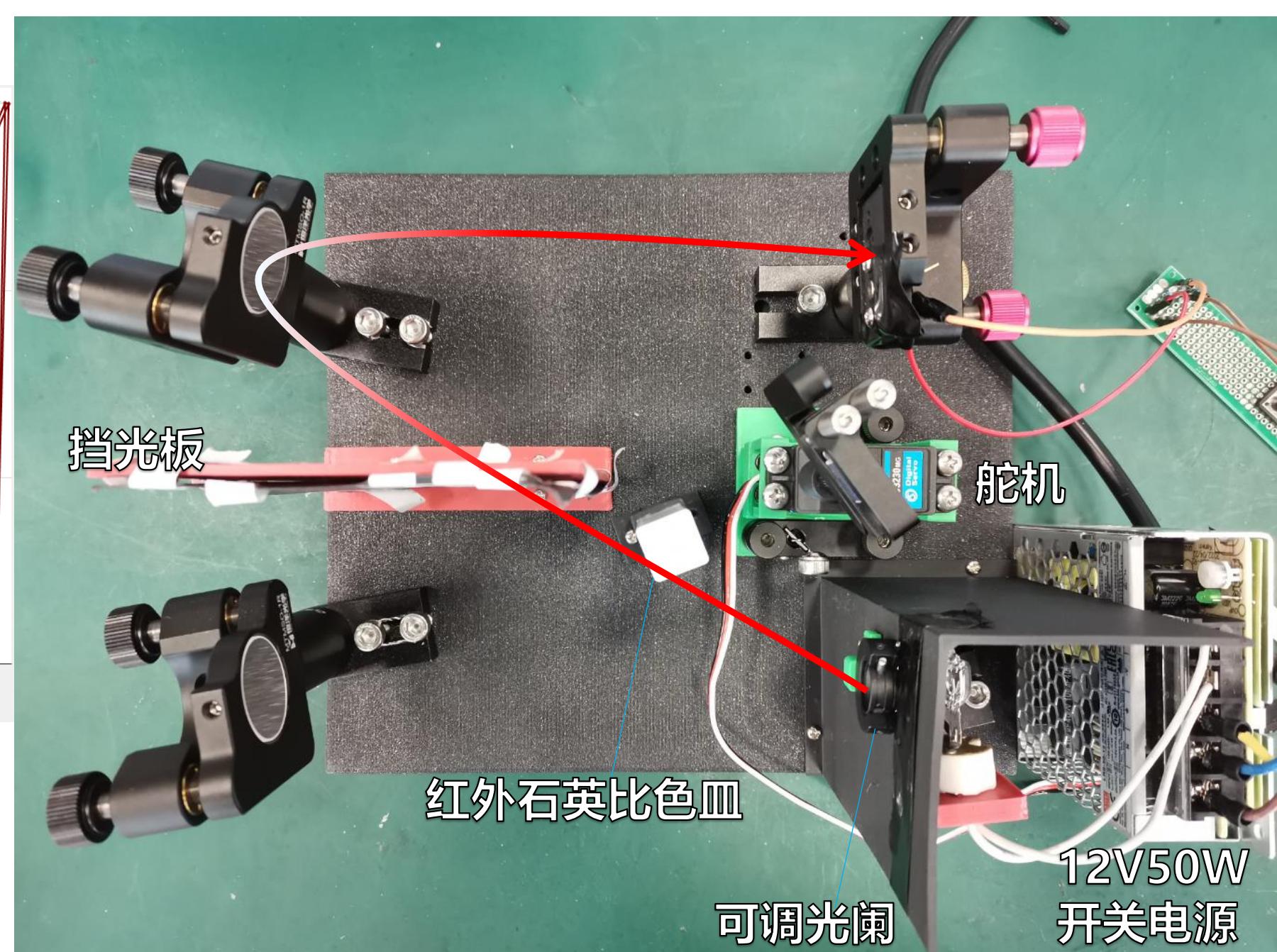
02

仪器的搭建设计

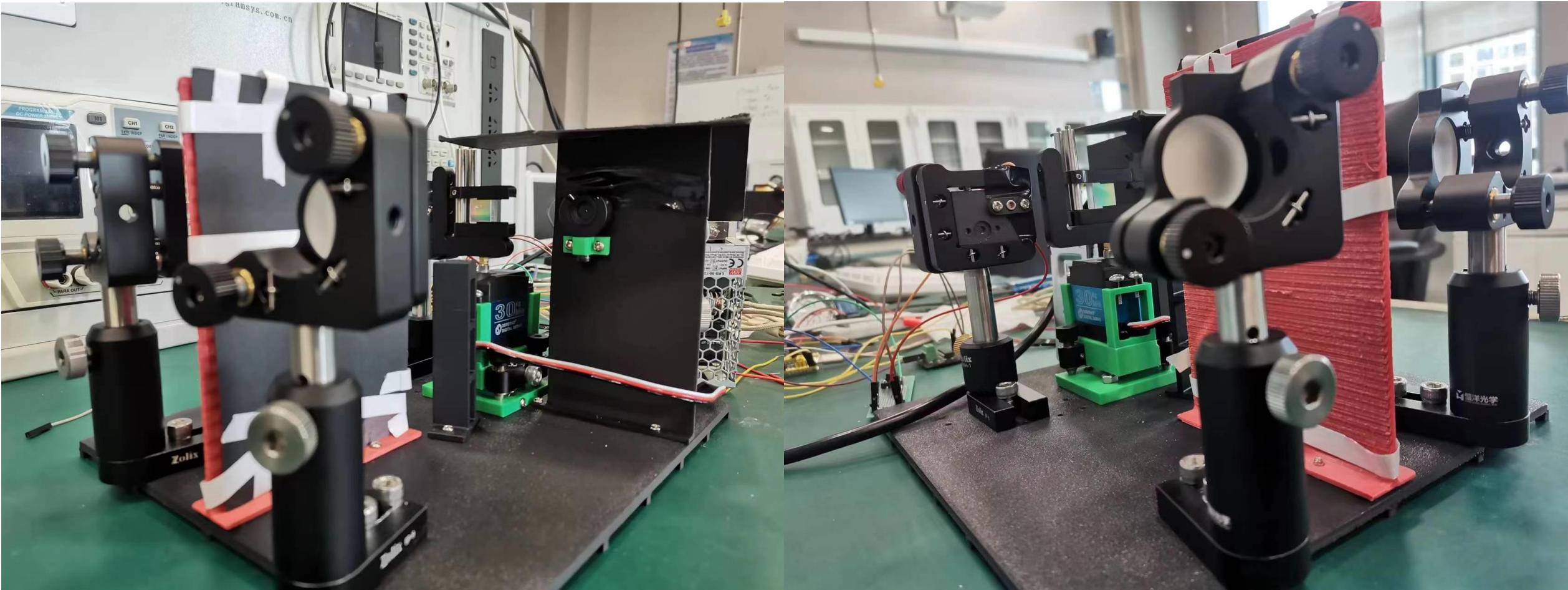
整体展示



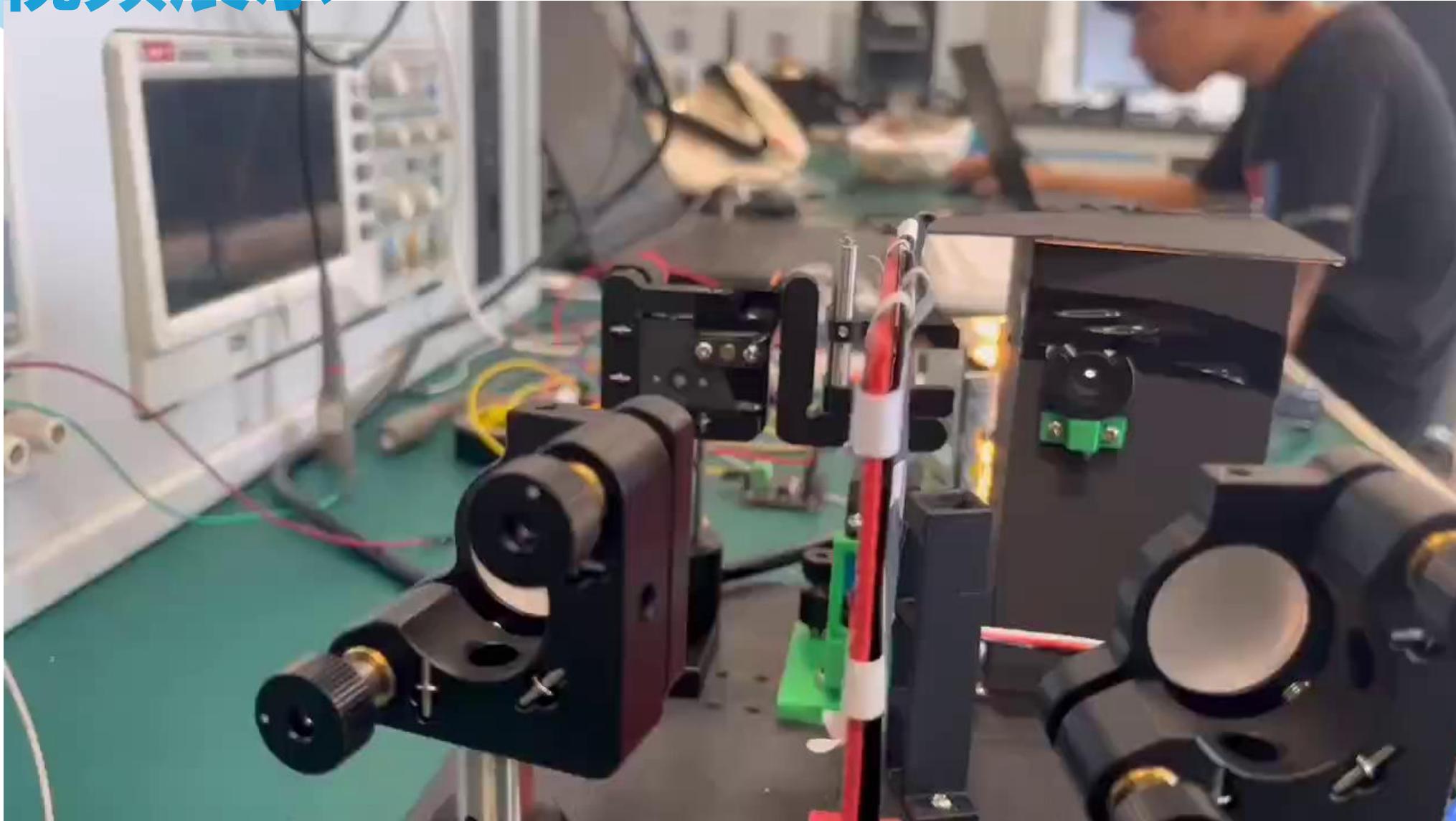
二维调节架*3
三维调节架*1(舵机下方)



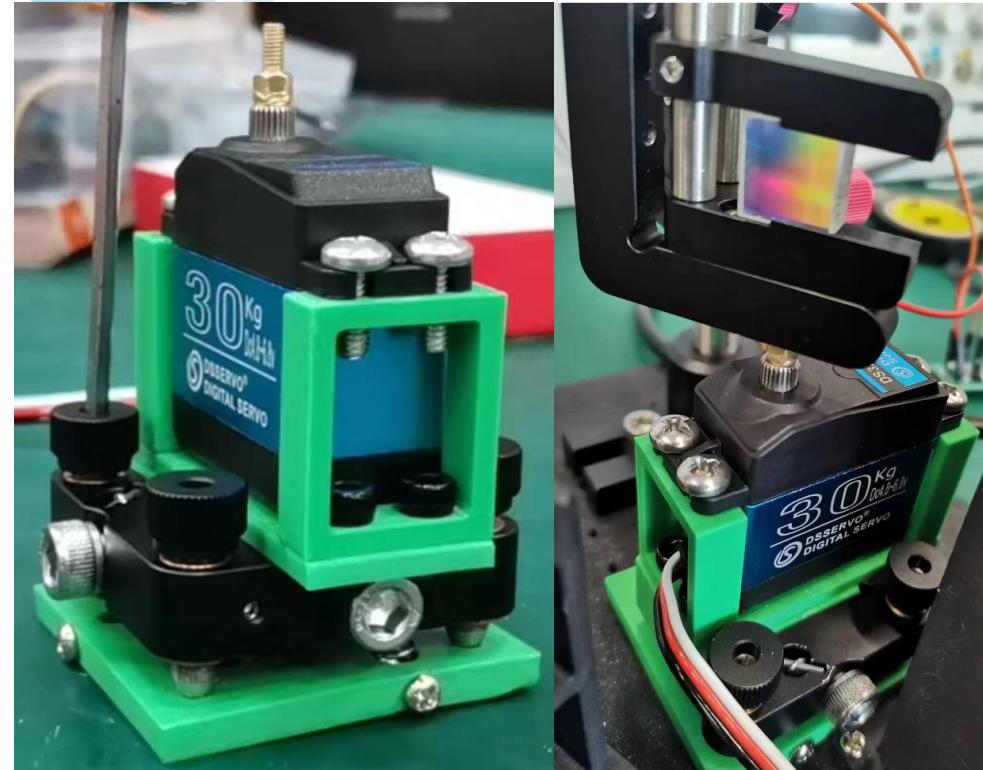
整体展示



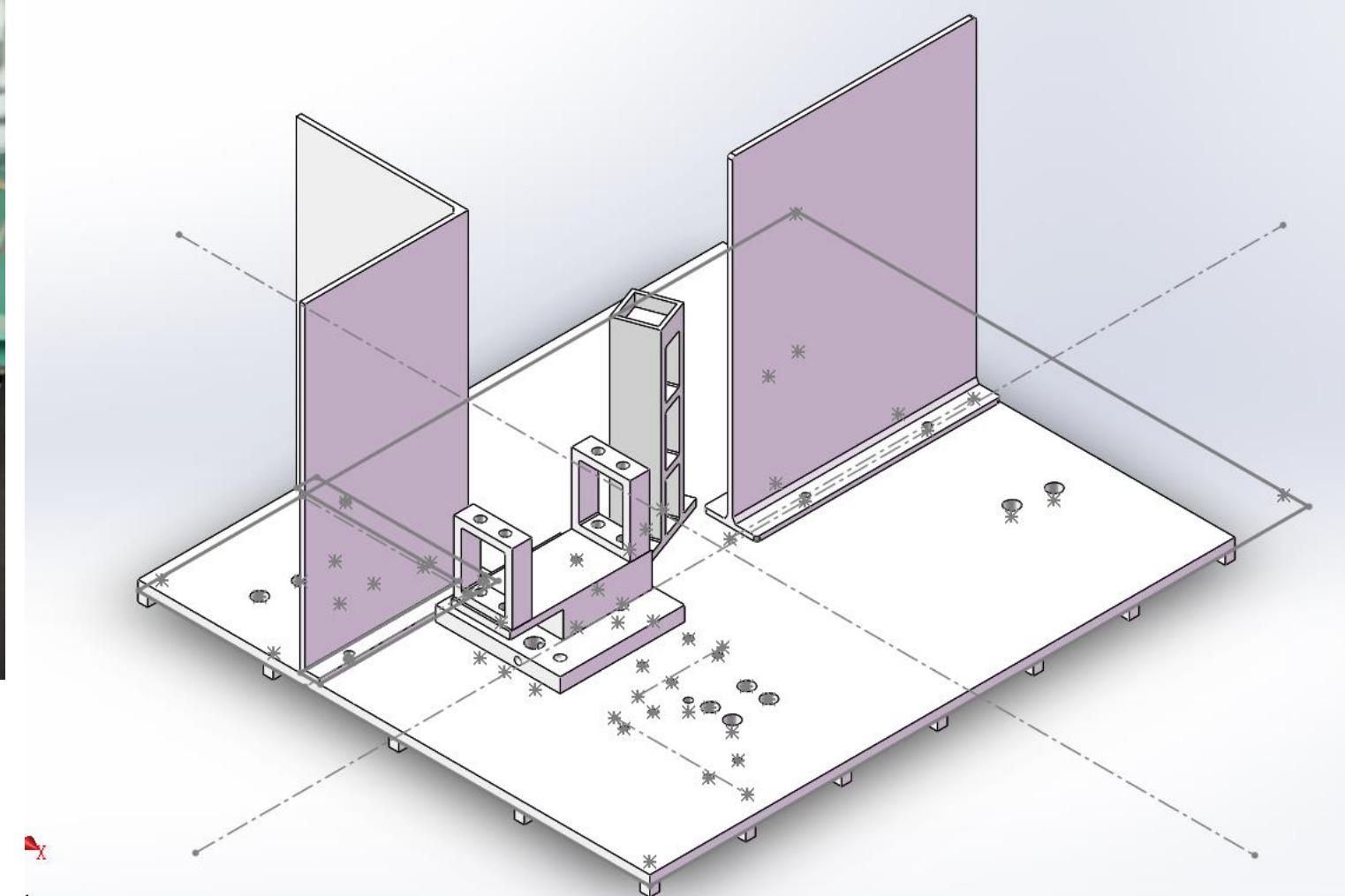
视频展示



机械结构



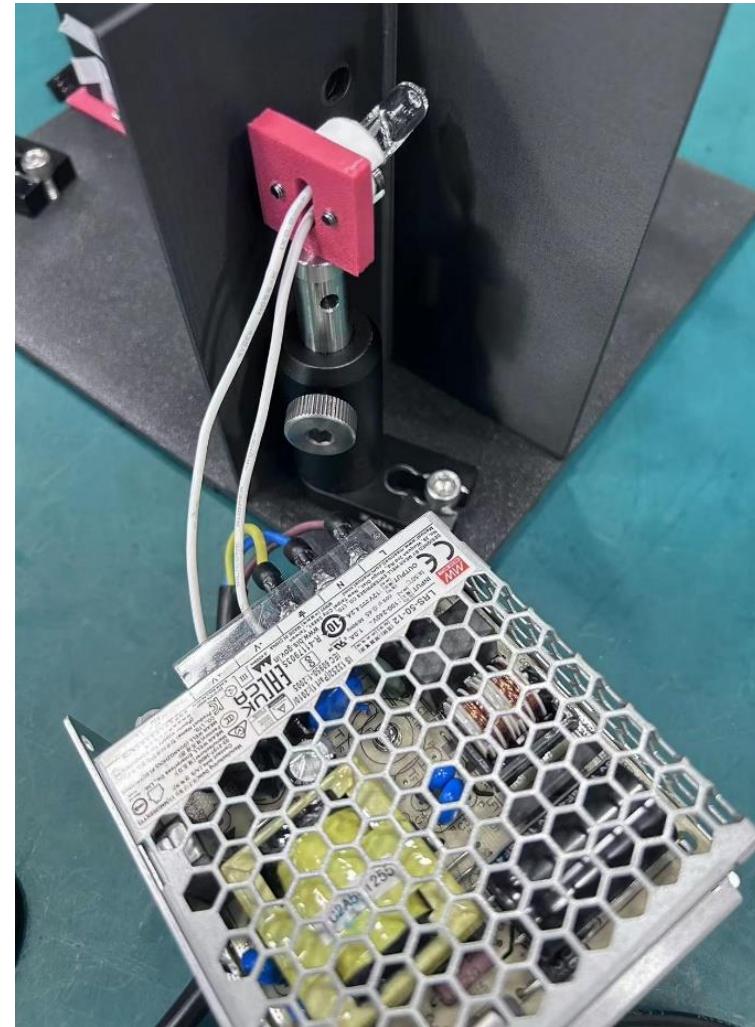
拆了一个三维调节架
给舵机和光栅调节姿态



画solidworks模型，用学校3D打印机打印

供电与电控--光源

我们的光源用明纬(MEAN WELL) 12V50W的开关电源供电，它将220V交流电转为12V直流电给卤钨灯灯珠供电。



供电与电控--舵机控制

舵机采用的是数字舵机，相比于模拟舵机，死区更小，同时精度更高，能够更好地控制光栅的旋转角度。

舵机初始化：舵机控制使用的是**PWM**控制，工作频率为50HZ，其中，在20ms的工作周期中，当高电平脉冲是0.5ms~2.5ms，对应舵机控制角度为0-270°，即单次高电平的控制角度为0.135°。

2. 舵机角度的控制：

通过设置高电平时间，使得舵机旋转一定角度，通过函数转换，可以转到所需角度，代码如下：

```
void PWM_SetCompare2(uint16_t Compare)
{
    TIM_SetCompare2(TIM2, Compare);
}
```

```
void STEP(float angle)
{
    float Compare;
    Compare=angle/270.0*2000+500;
    TIM_SetCompare2(TIM2, (u16)Compare);
}
```

同时，通过设定舵机初始角度、目标角度，单次旋转角度、旋转时间及循环次数，可以自定义舵机旋转的模式，方便测量及调试。

供电与电控--舵机控制

4. 控制特性 Control Specification

| No. | Item | Specification |
|-----|--------------------------|---------------------------------------|
| 4-1 | 驱动方式 Control System | PWM(Pulse width modification) |
| 4-2 | 脉宽范围 Pulse width range | 500~2500μsec |
| 4-3 | 中点位置 Neutral position | 1500μsec |
| 4-4 | 控制角度 Running degree | 180° (when 500~2500 μ sec) |
| 4-5 | 控制精度 Dead band width | 3 μsec |
| 4-6 | 控制频率 Operating frequency | 50-330Hz |
| 4-7 | 旋转方向 Rotating direction | Counterclockwise (when 500~2500 μsec) |

5. 关于 PWM 控制说明 About PWM Control

虽然采用的数字舵机死区角度小于模拟舵机，但死区依旧存在，导致舵机旋转的时候，能明显感觉到舵机是一卡一卡的，下一步我们小组打算采用步进电机加不同齿比的齿轮，提高旋转精度及连续程度。



供电与电控--探测电路设计

我们经测量发现光电二极管随亮度产生的电压信号范围在4~110mv左右，红外光电二极管随光线强度变化产生的信号不明显，且信号带有频率噪声，无法被单片机准确的捕获识别。

解决方案

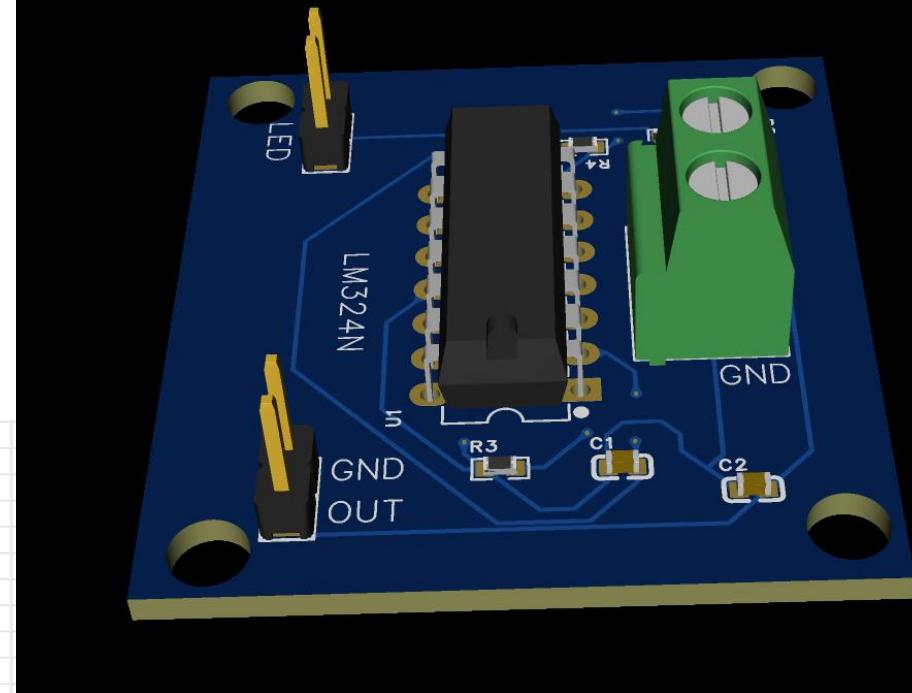
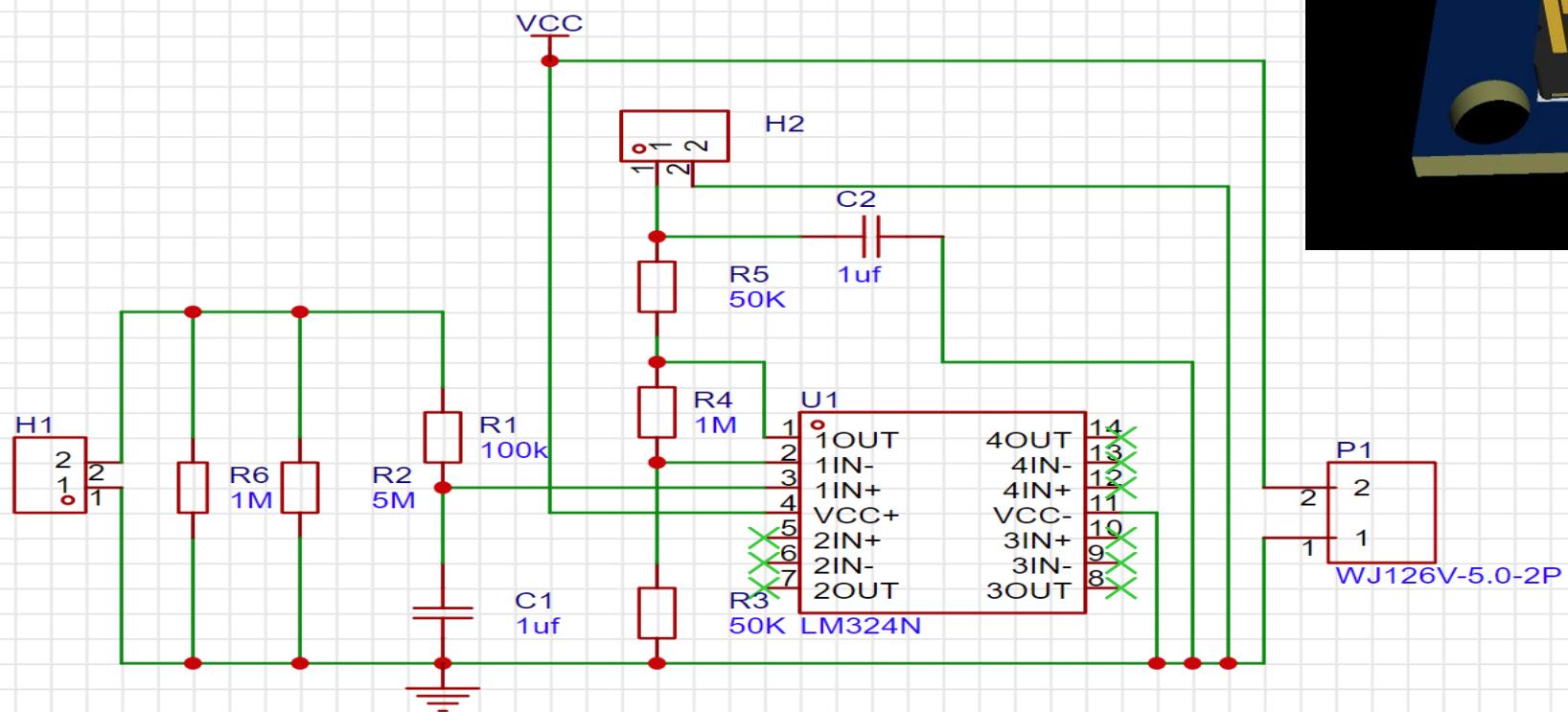
我们决定设计低通滤波放大器

- 1.考虑到成本和电路的简并性，我们采用了LM324四通道运算放大器芯片设计
- 2.设计RC滤波器进行滤波



供电与电控--探测电路设计

同相低通滤波放大器原理图



电路板三维图

供电与电控--电压信号采集

电压采集使用的是单片机的ADC模块，单片机的ADC模块简单易用，且成本低，能够很好的采集所需数据。

实现思路如下：

1. ADC模块的初始化：通过标准库配置单片机，打开单片机的ADC模块，ADC的参考电压为3.3V，分辨率为 $1/(2^{12})$ （ $1/4096$ ），同时采用DMA转运，减少CPU的负担，大大提高了数据的准确程度。

2. 电压的转化：将ADC采集的数据转化为电压：代码如下

```
float Voltage(u16 AD_Data)
{
    float Voltage;
    Voltage=AD_Data*3.3/4096.0;
    return Voltage;
}
```

3. 滤波算法：对每次采集的数据进行**卡尔曼滤波**，将卡尔曼滤波后的数据进行平均滤波，提高数据的准确率及稳定程度，减少误差的影响：



03

测量原理

参考资料 references

辐射度 光度与 色度及其测量 (第2版)

金伟其 王 霞 廖宁放 黄庆梅 编著

PHOTOMETRY, RADIOMETRY,
COLORIMETRY & MEASUREMENT
(2ND EDITION)

P hotoelectric Technology

光电技术

杨应平 胡昌奎 陈梦苇 编著
Yang Yingping Hu Changkui Chen Mengwei



Contemporary
Applied Optics

现代应用光学

▶ 张以谋 主编

测量原理-比尔定律

将复折射率带入平面简谐波波函数，可得**朗伯定律**，
该式表明光强随光波进入介质的距离z的增大按指数衰减。

$$\tilde{n} = n(1 + i\kappa)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{E} &= A \exp\left[i\left(\frac{\omega \tilde{n}}{c}z - \omega t\right)\right] \\ &= A \exp\left(-\frac{n\kappa\omega}{c}z\right) \exp\left[i\left(\frac{n\omega}{c}z - \omega t\right)\right] \end{aligned}$$

$$I = \mathbf{E} \cdot \mathbf{E}^* = |A|^2 \exp\left(-\frac{2n\kappa\omega}{c}z\right) = I_0 \exp(-\bar{\alpha}z)$$

当光通过溶解于透明溶剂中的物质而被吸收时，实验
证明 α 与浓度C成正比。(浓度不太大时)

$$\bar{\alpha} = \beta C$$

可得**比尔定律**

$$I = I_0 \exp(-\beta C z)$$



测量原理-吸光度

Figure 1 (a) Incident (or background) spectrum $I_0(\nu)$ and transmitted spectrum $I(\nu)$. (b) Transmittance spectrum $I(\nu)/I_0(\nu)$ and absorbance spectrum $-\ln[I(\nu)/I_0(\nu)]$.

基线和样品的透射光谱分别为 I_0 和 I
吸光度为 $\ln\left(\frac{I_0}{I}\right)$

Encyclopedia of spectroscopy and spectrometry
High Resolution Gas Phase IR Spectroscopy Instrumentation

Jyrki K. Kauppinen and Jari O. Rantanen | University of Turku, Finland

© 1999 Elsevier Ltd. All rights reserved.

This article is reproduced from the previous edition, volume 1,
pp 784-801. © 1999, Elsevier Ltd.

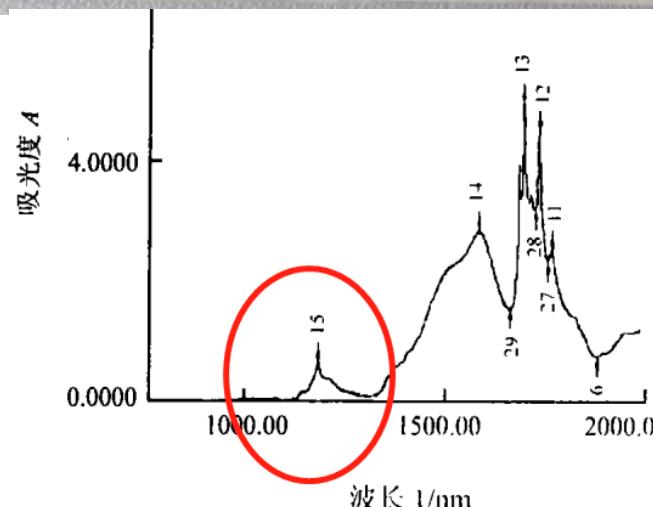
得到浓度C与吸光度成正比

$$I = I_0 e^{-\beta C}$$

$$\ln I = \ln I_0 - \beta CZ$$

$$C = \frac{1}{\beta z} (\ln I_0 - \ln I)$$

介值传播距离 基线 I(c) 某浓度的透射光强



1250nm酒精特征峰

酒精的光学特性及浓度检测 by 冯军勤

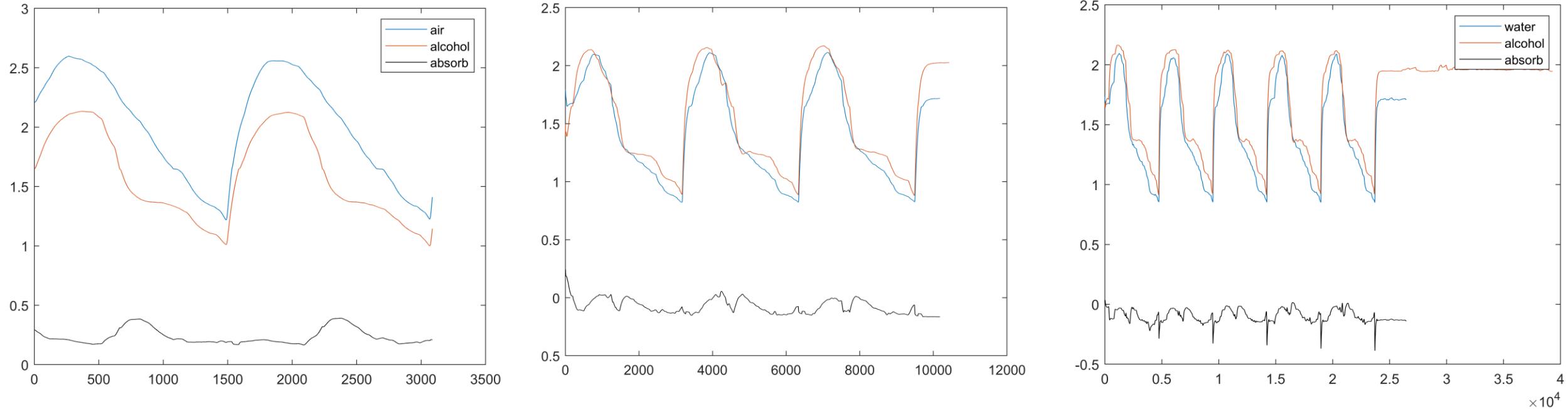


图 4 无水酒精的吸收谱线

04

现有结果、总结与思考

现有结果



水用的是开封很久的娃哈哈，90%左右酒精是拿AR级无水乙醇和娃哈哈水在100mL容量瓶里配的。目前还没校准，横坐标表示数据序号数，不是对应的波长。空气和酒精对比是可以看到明显的吸收峰，酒精与水对比得曲线非常多起伏，而且从这几张图上看，在波长较长的区域，水比酒精还吸得多。



接下来的工作

对于比色皿位置，我们接下来打算将比色皿放在探测器前面，但可能要先将最后聚焦的光准直，再透过比色皿中的样品；

对于电机精度，我们接下来打算使用精度更高的步进电机，但步进电机的分辨率需要加齿轮机械结构来放大，这将是接下来的重点研究方向。

此外，还需研究如何处理数据，包括如何对齐水和不同浓度酒精的数据(每次测的数据量会有些差距)。

