

# ICP-RIE 等离子体刻蚀机 SI 500 操作流程及使用规范

## 目录

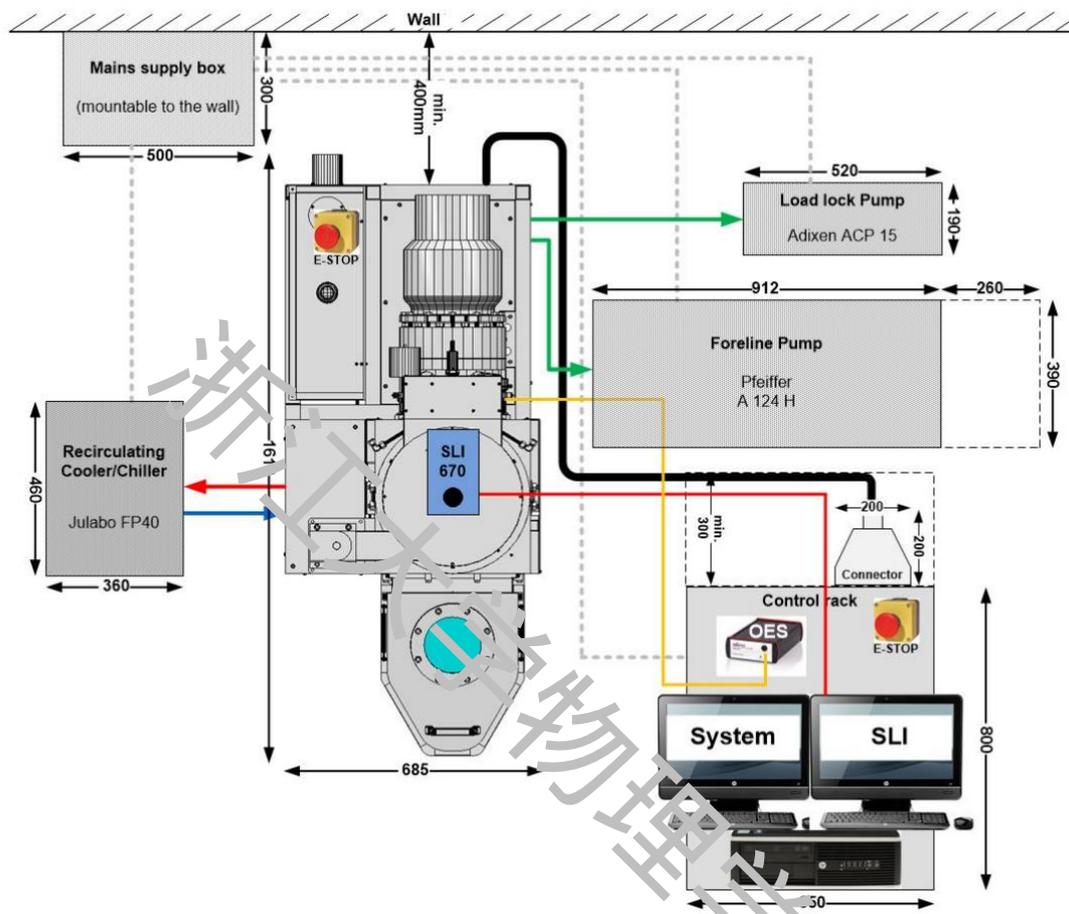
一、 设备概述.....	2
(一) 设备型号及制造商.....	2
(二) 设备用途和功能.....	2
(三) 设备主要组成部分.....	2
二、 设备使用登记.....	4
三、 设备安全规范.....	4
四、 用户操作流程.....	4
五、 日常维护.....	11
六、 设备负责人及联系方式.....	11
七、 培训流程.....	11
八、 违规处罚.....	11

浙江理工大学物理学院

## 一、设备概述

### (一) 设备型号及制造商

SENTECH ICP-RIE SI 500 感应耦合等离子体刻蚀机



### (二) 设备用途和功能

(1) 该设备采用感应耦合等离子体 (ICP) 方式产生高密度等离子体, 实现对二维材料、化合物半导体、硅、金属等材料的选择性干法刻蚀。能够进行普通反应离子刻蚀 RIE 和高密度等离子 ICP 刻蚀工艺

(2) 样品尺寸: 最大 6 英寸直径晶圆、向下兼容更小的晶圆和不规则小片; 不同片之间的切换需反应腔的开腔破真空。

### (三) 设备主要组成部分

主要由反应腔、上电极、下电极、射频源、真空系统、气路系统、预真空室、控制系统与软件、激光终点监测仪、配套附件等部分组成。

#### 1. 反应腔:

(1) 由整块铝锭加工制成、无焊缝、低漏率; 反应腔腔壁可加热。

- (2) 本底真空 $\leq 1\text{E-}6$  mbar; 真空漏率 $\leq 2\text{E-}4$  mbar $\cdot$ l/s;
- (3) 上、下电极之间的距离可电动调节优化工艺。
2. 上电极:
  - (1) 上电极采用平板三螺旋天线的感应耦合等离子体 (ICP) 源;
  - (2) 等离子体密度可到  $1\text{E}12$   $\text{cm}^{-3}$ ; 不均匀度 $<5\%$  (6")
  - (3) 上电极中央配置光学窗口用于原位终点检测;
3. 下电极:
  - (1) 下电极配置机械卡盘和背氦冷却 (压力范围:  $500\text{--}1200$  pa);
  - (2) 采用动态温度控制技术, 配置外置循环冷却器 Chiller 和内置加热器;
  - (3) 下电极温度控制范围  $-20^{\circ}\text{C}$  到  $+200^{\circ}\text{C}$ , 控温精度  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ;
  - (4) 介质耦合板与下电极之间的距离可在 120mm 到 70mm 之间电动调节, 以优化工艺。
4. 射频源:
  - (1) 上电极 ICP 源射频发生器: 频率 13.56 MHz, 功率  $\geq 1000$  W;
  - (2) 下电极偏置射频发生器: 频率 13.56 MHz, 功率  $\geq 500$  W;
  - (3) 配置自动匹配盒;
5. 真空系统:
  - (1) 涡轮分子泵, 防腐蚀, 抽速  $\geq 1300$  L/s;
  - (2) 前级干泵, 防腐蚀, 抽速  $\geq 100$   $\text{m}^3/\text{hr}$ ;
  - (3) 配置自动节流阀、薄膜电容真空计、潘宁真空规;
6. 气路系统:
  - (1) 6 路工艺气体管路, 包括  $\text{CF}_4$ ,  $\text{CHF}_3$ ,  $\text{CHF}_3$ ,  $\text{O}_2$ , Ar,  $\text{CH}_4$ ;
  - (2) 每路工艺气路均配置质量流量计 MPC、颗粒过滤器和气动截止阀。
  - (3) 集成式气路柜, 质量流量计到反应腔的距离不超过 150 cm, 以保证快速的气体切换;
  - (4) 设备另单独配置一路背冷却用的 He 气路、一路吹扫用的  $\text{N}_2$  气路;
7. 预真空室:
  - (1) 配置气动传送机构; 顶盖有透明观察窗;
  - (2) 配置独立的干泵和真空计;
  - (3) 本底真空 $\leq 1\text{E-}1$  mbar; 真空漏率 $\leq 5\text{E-}4$  mbar $\cdot$ l/s;
8. 控制系统与软件:
  - (1) 控制系统采用客户机-服务器结构, 实时监控全部组件;
  - (2) 软件在 PC 机上运行; PC 机通过 LAN 网线连接 PLC; PLC 通过现场总线连接各组件;
  - (3) 工艺操作软件可用程序控制气体流量、气压、射频源功率、下电极温度等工艺参数, 工艺程序可自动运行 Recipe, 也可人工干预和控制。可编辑、调用、拷贝相关工艺程序, 具有数据记录、输出功能; 可以设置不同的用户级别;
  - (4) 可通过互联网连接设备各个组件、进行远程诊断和远程服务。
9. 激光终点监测仪:
  - (1) 激光波长 670 nm, 测量时间 $<1$  秒;
  - (2) 带 X-Y 电动位移, 行程不小于  $20$  mm x  $20$  mm。
10. 配套附件:
  - (1) 设备配置紧急停止开关、具备完善的安全互锁功能;
  - (2) 配电箱: 由供应商提供、用于设备外接用户供电线路。

(3) 托盘 1 个；6 吋转 4 吋背氮冷却夹具 1 个；

## 二、设备使用登记

- 1) 仪器使用前，需要按预约时段登入个人账号。
- 2) 使用前、后在实验设备记录本上做好设备使用记录。

### ICP-RIE SI 500 实验记录本

时间： 年 月 日

序号	申请者	课题组	实际使用时间	样品名称	刻蚀气体	备注
1						
2						
3						
4						
5						

## 三、设备安全规范

- 1) 此台设备只允许一个人使用，禁止多人同时使用。
- 2) 发生任何意外先按下紧急开关断电，并且通知设备管理人员。
- 3) 在设备工作时，禁止扶、靠设备。
- 4) 工艺调整必须由设备负责人调整，用户只能运行动程序。

## 四、用户操作流程

### (一) 开机前准备

为了确保设备的正常运行并延长其使用寿命，请在开机前严格按照以下步骤进行准备检查：

### (二) 环境条件检查

- 1) 实验室的电源：确保实验室供电正常，电压稳定 (220VAC  $\pm$  10%/单相或 380VAC  $\pm$  10%/三相；50Hz)，设备接地良好。
- 2) 温度检查：实验室温度应保持在 15-30℃ 左右，以保证设备最佳工作状态。
- 3) 湿度检查：相对湿度应维持在 55  $\pm$  10%RH 左右，以防止设备受潮或静电产生。

### (三) 水冷系统检查

- 1) 水压检查：确保水冷系统压力在 0.25Mpa 左右。
- 2) 水温检查：冷却水温度应保持在 21℃ 左右。



3)

#### (四) 气路系统检查

- 1) 工艺气体是否充足、有无漏气、阀门是否开启。
- 2) 吹扫氮气压力是否正常。
- 3) 尾气处理装置是否能正常运作，对于尾气处理装置做如下日常维护和巡检的说明：

本平台刻蚀工艺气体主要是氟基气体，刻蚀会产生F-离子形成HF气体，对仪器管路以及人体都有强腐蚀性，所以刻蚀时务必将尾气处理装置打开。

尾气处理装置的排风是与湿法台连通，需要将湿法台电源打开才能开启排风装置。当出口负压和入口负压指针在200左右即排风已打开。

含F-离子的气体被水溶液捕获，定期查看PH值，在8左右为正常。如果PH值偏小，需要加入小苏打(NaHCO<sub>3</sub>)中和或者纯水稀释(加入的口需要标记)

连接泵的管路拆卸务必吹扫干净并佩戴手套拆卸。

## 二、开机

### (一) 硬件以及软件开启:

1. 把电源箱 main Switch 开关旋转至“on”，L1/L2/L3 电源指示灯亮起，再按下绿色“start”按钮。再打开压缩空气、冷却水、氮气以及工艺气体。
2. 检查各部件通电状态并打开开关：大干泵，小干泵，分子泵，ICP，RF，Chiller。
3. 打开 PC，等待 PC 机启动完成。通常情况下，SIA 控制软件自动启动，如果不启动，请查看任务栏通知区域内是否存在 SIA 软件图标，如果没有对应软件图标可以使用桌面上的“程序快捷键”。启动程序顺序如下：SIA logserver→SIA Influx→SIA Server→SIA Client→SEN OES or SENPM。
4. SIA 自动登录预定义用户。如需切换账号请点击状态栏“log out”使用您的用户名和密码登录。
5. SIA 客户端等离子工具系统第一次启动的情况下，必须激活一次压缩空气。通过在主页签的供应窗口中单击对应的控制项切换压缩空气，如图所示点击 supply→compressed air→open，开启压缩空气。



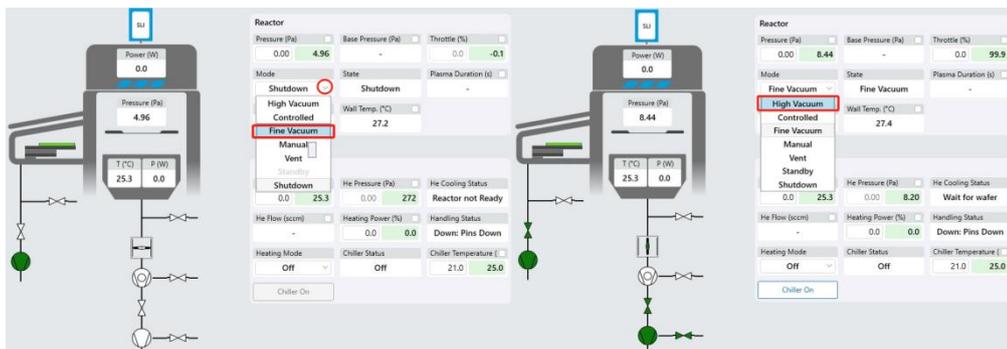
注：压缩空气供应关闭状态（左）和打开状态（右）

### (二) 开启真空

1. 打开预真空室真空泵：点击 handling→vacuum→on，开启小干泵对 loadlock 腔室抽真空



2. 打开反应腔真空泵：点击 reactor→mode→fine vacuum，开启大干泵；等待可以点击 reactor→mode→high 时开启分子泵。

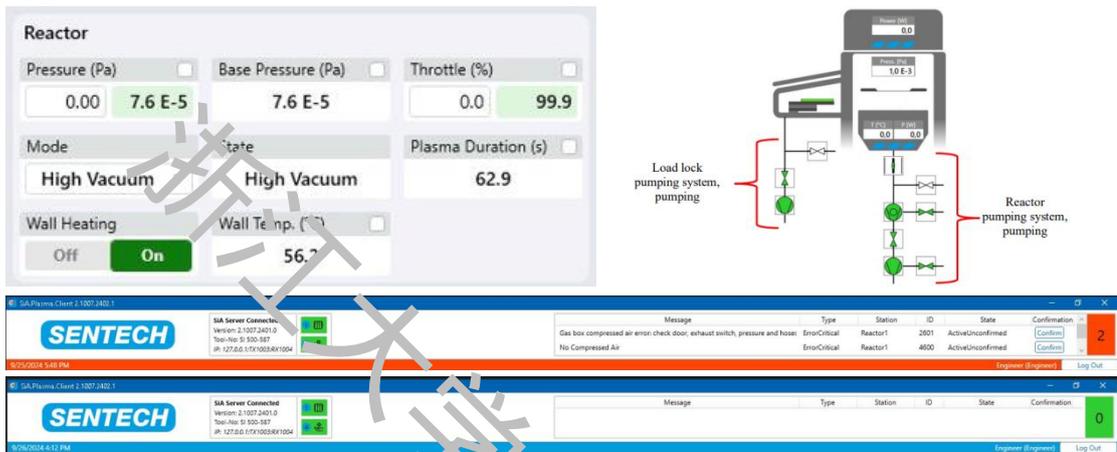


3. 开启电极水冷机：点击 Electrode→Chiller on，开启冷水机。

(默认是 21°C，开启后需设置工艺所需温度)



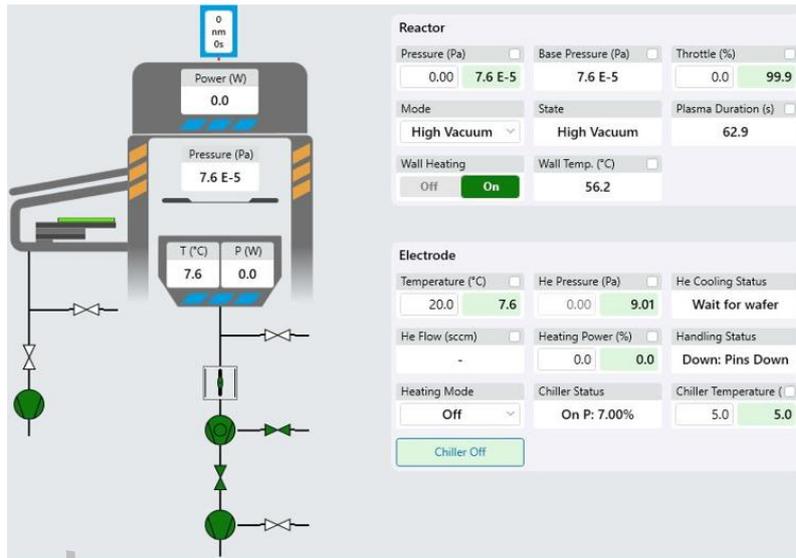
- 待高真空完成后，SIA 上显示状态如下。确认等离子工具系统打开后显示的错误信息，**点击确认按钮消除警报。**



#### 注意事项:

- 每一次供电箱上电后需要在高真空条件运行满足一小时后再满足高真空 (Base Pressure)  $\leq 1 \text{ E-4Pa}$  下可以正常使用设备，**Process Pressure  $\approx 0\text{pa}$ 。**
- 如果设备处于长期供电状态情况下，在开启高真空 20 分钟后满足高真空 (Base Pressure)  $\leq 1 \text{ E-4Pa}$  使用设备，**Process Pressure  $\approx 0\text{pa}$ 。**
- 真空泵和真空计预热：**刚开启仪器**需要给这些组件一个小时预热时间。

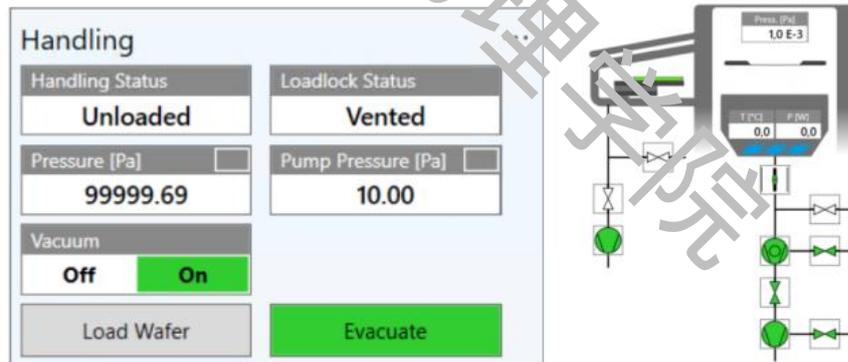
(三) 侧壁加热：如需对反应腔侧壁加热，可点击 reactor  $\rightarrow$  wall heating  $\rightarrow$  on。(加热至设定温度时间不低于三小时)。



### 三、刻蚀工艺

#### (一) 放样:

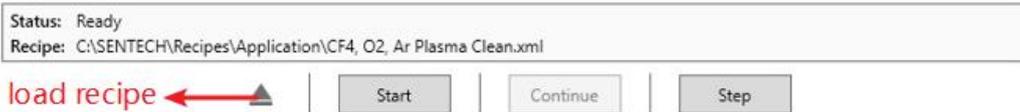
1. 如果此时反应腔内已经有晶圆片，应该将其取回：点击 Handling → unload wafer 等待硅片回到预真空室状态。当这个命令完成后，刚刚使用的按钮被标记为“load wafer”。
2. 点击 Handling → vent，释放到大气状态。等待预真空室状态从“venting”变为“vented”。这大约需要不到一分钟的时间。
3. 打开预真空室上盖，将样品放入并将其正确地对准叉臂。一些等离子工具系统要求平边正确定位。
4. 关闭预真空室上盖。



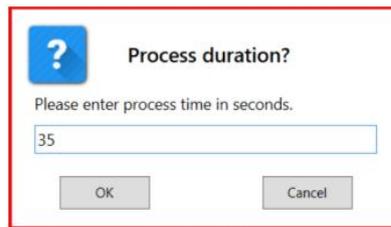
#### (二) 跑自动程序:

1. 运行一个 recipe (eg. CF4, O2, Ar Plasma Clean.xml)
2. 选择“main”界面。将 recipe 加载到配方界面中：
  - a. 点击加载按钮(向上指向的三角形符号)。打开资源管理器窗口。
  - b. 进入目录“C:\Sentech\SiA.Plasma.Server\Recipes”。
  - c. 选择 recipe “CF4, O2, Ar Plasma Clean.xml”
  - d. 单击 open Now，配方应该在配方解释器中可见，包括其路径和名称。recipe 状态应该是 ready。

## Recipe Interpreter



3. 点击 recipe 解释器中的“start”按钮。载入的 recipe 立即开始。“start”按钮变成绿色，并将其标签改为“stop”。注意：可以在任何时候用这个按钮中止正在进行的配方。已执行过的一些命令仍可完全执行。
4. 示例在开始时显示一个对话框，要求操作者为这个特定的 recipe 命令运行定义运行时间。



5. 当 recipe 运行完成它所有的命令后，一般 unload wafer 的命令已执行完成，样品会回到预真空室保持真空状态，需要我们在“Main”界面点击 handling → vent 命令把预真空室释放到大气状态方便我们打开上盖取出样品。
6. 当这个 recipe 运行完成后，按钮被标记为“load wafer”。
  - a. 点击 Handling → vent，释放到大气状态。
  - b. 等待预真空室状态从“venting”变为“vented”。这大约需要不到一分钟的时间。
  - c. 打开预真空室上盖。

## 四、关机

1. 将电极冷却器请设置到室温。



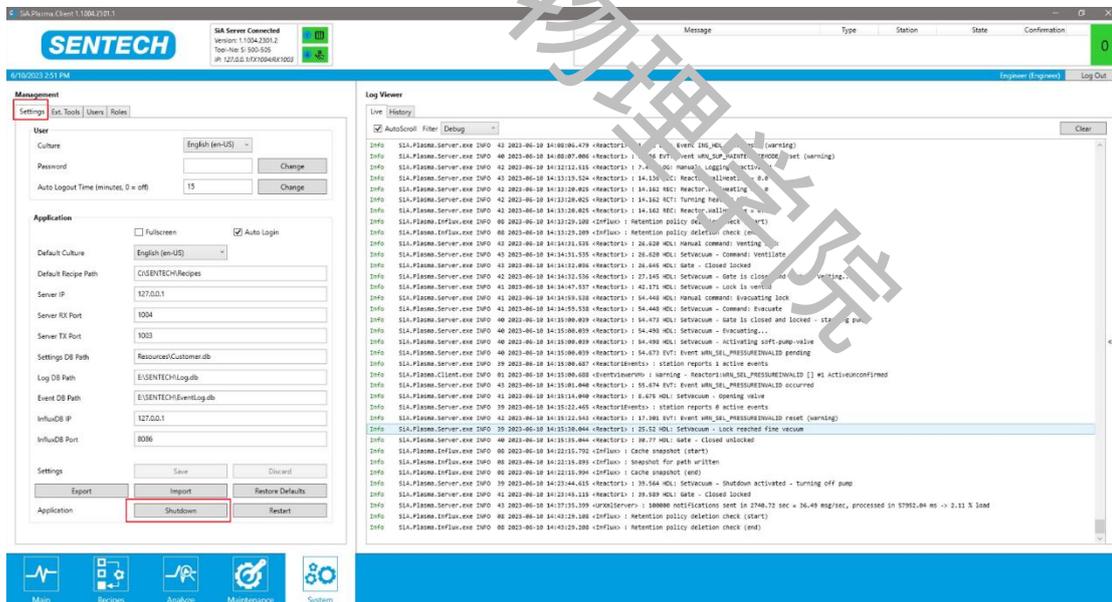
2. 如果反应器中有样品，请执行 unload wafer (handling)，如果反应器室中没有样品，则执行 evacuate (handling)。
3. 将反应器模式设置 high (reactor) 等待功能完成。
4. 将反应器模式设置 fine (reactor) 等待这个命令完成，等待分子泵彻底关闭后（约 15min）查看 PUMP → TMP 状态是 off，将反应器模式设置为 shutdown (reactor) 等待这个命令完成。再点击 off 开关 vacuum off (handling)，点击 Chiller Off 关闭 Chiller。





## 5. 关闭操作软件

- a. Log off from SIA
- b. Switch off SIA Client (system→setting→shutdown)
- c. Switch off SIA Server
- d. Switch off SIA Influx Database
- e. SEN OES or SEN PM (SLI Software)



6. 关闭 Windows 系统，等待 PC 关机。

7. 停用工艺气体供应。

8. 再次确认涡轮分子泵停止转动：

您还可以查看机器机架上的涡轮分子泵硬件控制显示，转速为 0 代表完全停止转动。

9. 切断涡轮分子泵电源

10. 关闭预真空室干泵电源
11. 大干泵在执行 shutdown (reactor)后至少一小时，关闭电源。
12. 停用等离子体工具系统的氮气，压缩空气和冷却水供应
13. 电箱 main Switch 旋钮旋转至 off，关闭整机电源。

## 五、日常维护

- (一) 定期擦拭预真空室以及反应腔室：使用酒精和无尘布清理。
- (二) 每天检查水冷水压是否正常并定期更换水冷机的滤芯
- (三) 空压机定期排水
- (四) 尾气处理装置定期补充纯水或添加小苏打

## 六、设备负责人及联系方式

## 七、培训流程

联系平台相应的工程师预约培训时间，每次培训结束工程师在《设备独立操作权限培训表》上签字。考核通过者予以授权

## 八、违规处罚

用户需严格遵守仪器设备的要求规范操作，一经发现违规行为（有摄像头监视以及不定期的巡检人员），暂停该用户使用一个月。