



上海科技大学材料器件中心 (SMDL) 工艺设备 SOP

反应离子刻蚀机 原鲁汶 ICP 刻蚀机

版本：V2

发布年份：2026 年

编写人：马驰原 吴廷琪

设备管理工程师：马驰原 吴廷琪

反应离子刻蚀机 原鲁汶 ICP 刻蚀机标准操作流程

目录

1. 设备功能 (Tool Function)	2
2. 设备使用登记 (Register)	2
3. 设备安全规范 (Safety)	2
4. 反应离子刻蚀机 原鲁汶 ICP 刻蚀机.....	3
4-1 设备概述 (Process Summary)	3
4-2 交叉污染控制 (Cross-contamination Controls & Compatibility)	4
4-3 名词定义 (Definitions & Process Terminology)	4
4-4 操作流程 (Process Procedure)	4
4-5 故障指南 (Troubleshooting Guidelines)	12
5. 设备负责人及联系方式 (Tool Administrator & Contact Information)	12
6. 培训流程 (Training Procedure & Applicable Documents)	12
7. 参考图表 (Figures& Schematics)	12
8. 维护 (Maintenance)	13
9. 违规处罚 (Violation & Penalty)	13
10. 历史版本 (History Version)	13

1. 设备功能 (Tool Function)

本设备通过上电极射频电源产生的交变电场使工艺气体解离成等离子体，产生的等离子体在下电极射频电源作用下加速轰击样品表面的膜层发生物理和化学反应，进行各向异性的刻蚀。主要用于 8 寸及以下样品的刻蚀。

2. 设备使用登记 (Register)

- 1) 本设备暂不配备刷卡机，凭本人已开通使用权限的大仪平台账号和密码登录。
- 2) 本设备使用需要提前预约，按预约时间使用。

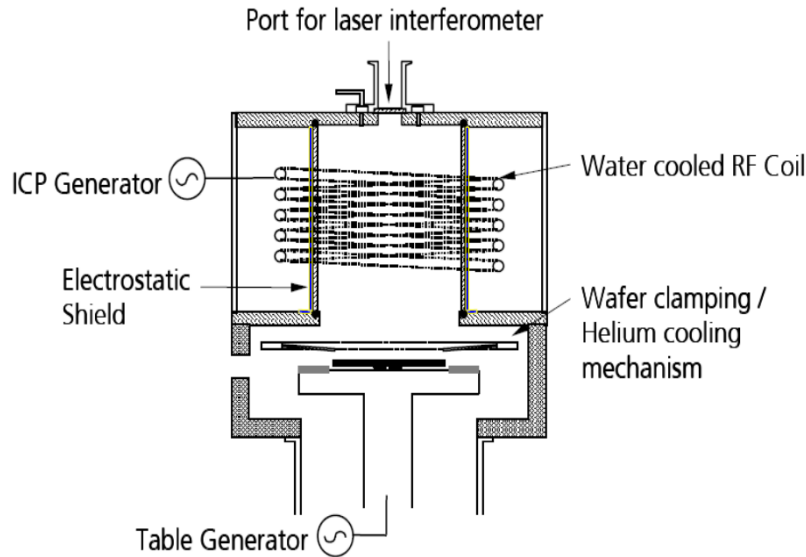
3. 设备安全规范 (Safety)

- 1) 打开 LL 进行取放片时尽量迅速，腔体内部不要暴露在大气中过长时间以免腐蚀。
- 2) 放置小于 8 寸小样品时尽量放置在载片中间位置，小样品与载盘之间涂抹硅脂或真空油固定，保证硅脂或真空油不暴漏在样品外。
- 3) 8 寸硅或氧化硅载片需用户自备。
- 4) 使用制样台后及时清洁，保证制样台洁净。
- 5) 禁止擅自更改设备内的 recipe 参数，如确需调整参数请先联系设备管理员。
- 6) 实验后及时运行 clean recipe 且 LL 抽真空后再退出账号。
- 7) 本文件操作流程中的关机动作用户无需执行，开机动作按操作流程执行。

4. 反应离子刻蚀机 原鲁汶 ICP 刻蚀机

4-1 设备概述 (Process Summary)

- 1) 设备型号及制造商：HAASRODE-E200A，江苏鲁汶仪器。
- 2) 设备的工艺功能：通过上电极射频电源产生的交变电场使工艺气体解离成等离子体，产生的等离子体在下电极射频电源作用下加速轰击样品表面的金属或非金属膜层产生物理和化学反应，进行各向异性的刻蚀。



- 3) 设备的工作原理：刻蚀反应在超高真空条件下进行。反应腔的上下电极分别配置电感耦合等离子体源 (ICP) 和 RF 射频电源。样品经 LL 传送进入反应腔后，通入的工艺气体 (Cl₂、BCl₃、CF₄、SF₆ 等) 在交变电场作用下解离成等离子体，离子和电子在下电极 RF 射频电源产生的电场作用下加速轰击到样品表面膜层，从而对样品膜层进行化学和物理性质的刻蚀。
- 4) 设备硬件能力：
 - i. 配置 LL 传送腔。
 - ii. LL 配置前级泵：Edwards nXDS15i，抽速 15m³/hr。
 - iii. 反应腔配置干泵 iGX100m，抽速 > 100m³/hr；分子泵抽速 36000rpm，温度 60~80℃。
 - iv. 上电极 ICP 源射频发生器：频率 13.56MHz，最大功率限制 500W；下电极偏置射频发生器：频率 13.56 MHz，最大功率限制 300W。
 - v. 配气：Cl₂、BCl₃、CHF₃、O₂、H₂、Ar、N₂、CF₄、SF₆。
- 5) 设备位置及编号：净化室 1 层白光区，3-20。
- 6) 设备图片：



4-2 交叉污染控制 (Cross-contamination Controls & Compatibility)

- 1) 衬底限制：III-V 族，硅及基于蓝宝石/SiC 等非易挥发性衬底的 III-V 材料膜系；限 8 寸及以下样品。
- 2) 工艺功能限制：允许刻蚀金属（Au 除外）、介质等多种材料。

4-3 名词定义 (Definitions & Process Terminology)

- 1) PC：反应腔。
- 2) RF：射频电源。
- 3) ICP：电感耦合等离子体。
- 4) TMP：涡轮分子泵。
- 5) LL：预真空室。

4-4 操作流程 (Process Procedure)

1) 开机：厂务端工艺气体和 PCW、Scrubber

- i. 检查所需工艺气体阀门是否为开启状态（包括 Cl₂、BCl₃、SF₆、CF₄、CHF₃、H₂ 等），若关闭则需打开相应气体阀门（一般情况下为常开）。



- ii. 检查冷却水阀门是否打开，若关闭则需打开冷却水阀门（一般情况下为常开）。



- iii. 检查 Scrubber 的 CDA 和 N₂ 手阀是否打开，若关闭则需打开冷却水阀门（一般情况下为

常开)。

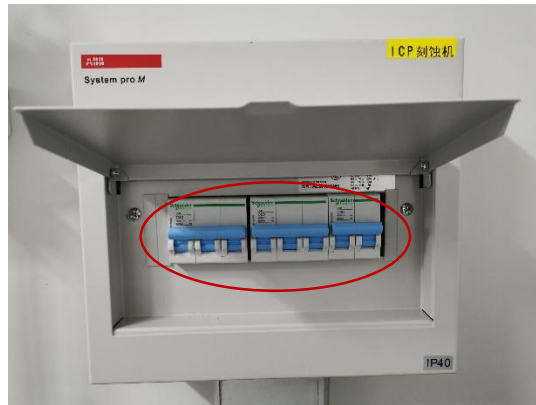


2) 开机：设备上电

- i. 开启灰区 Scrubber02：点击操作屏“手动中”按键，待“手动中”变为“自动中”且右上方指示灯绿灯亮，表示装置已开启。




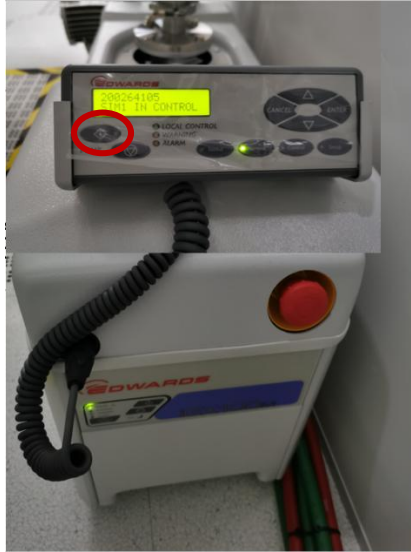
- ii. 开启设备总开关：将 Breaker 拨至上方。



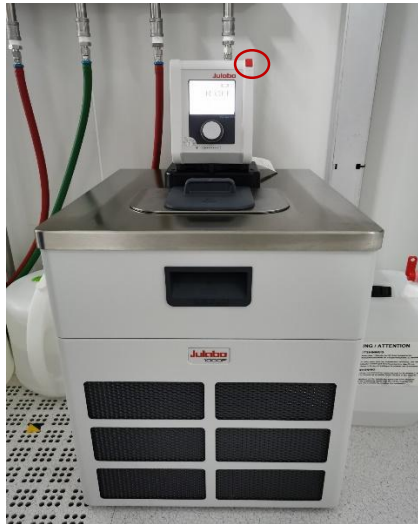
- iii. 开启 LL 机械泵：按下机械泵侧面的  按键开启 LL 泵。



- iv. 开启 PC 干泵：长按操作手柄的  按钮开启干泵。



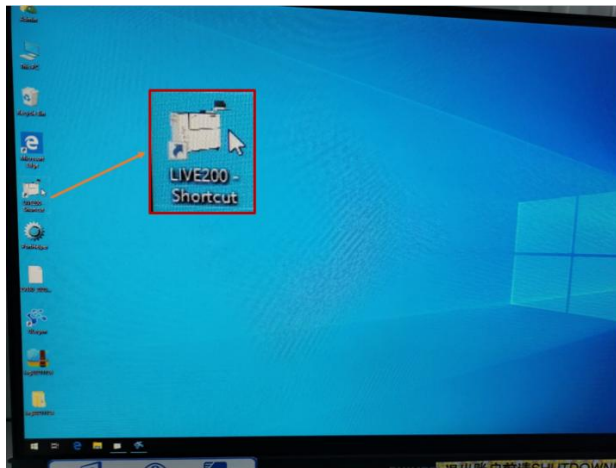
- v. 开启 Chiller：按下 Chiller 显示屏右上方的红色按钮来开启 Chiller。



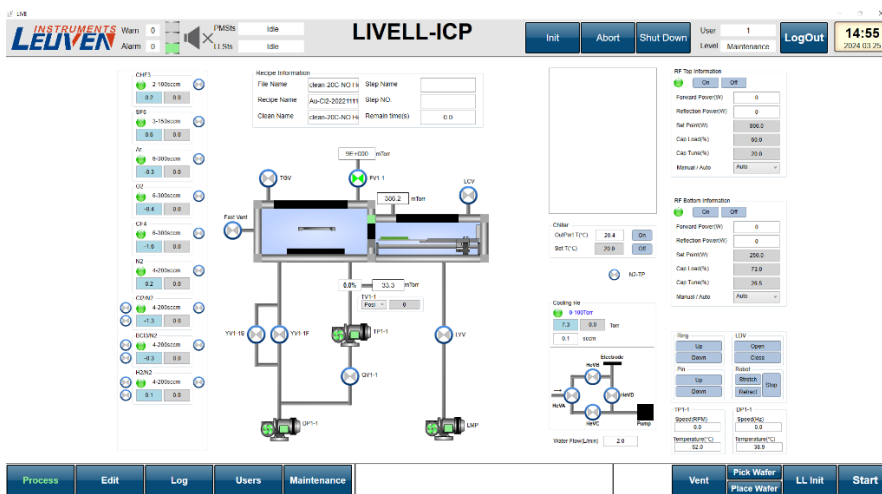
- vi. 开启设备电源：按下设备左侧 START 按钮开启设备,预热 20min 后打开电脑主机电源,输入开机密码 1 进入。



- vii. 开启软件：双击桌面上快捷方式 LIVE200-Shortcut 启动程序。

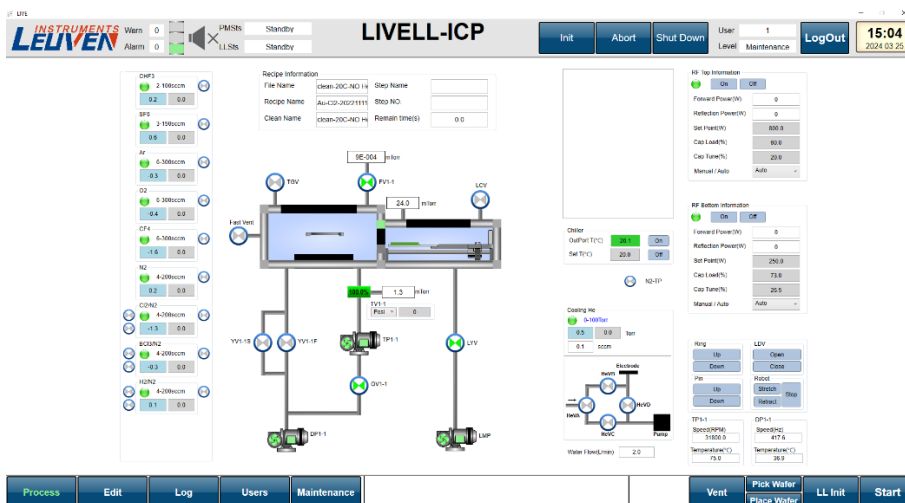


viii. 软件登录：进入软件操作界面后，点击右上角 Login 登录，账号密码均为 1。开机完成。



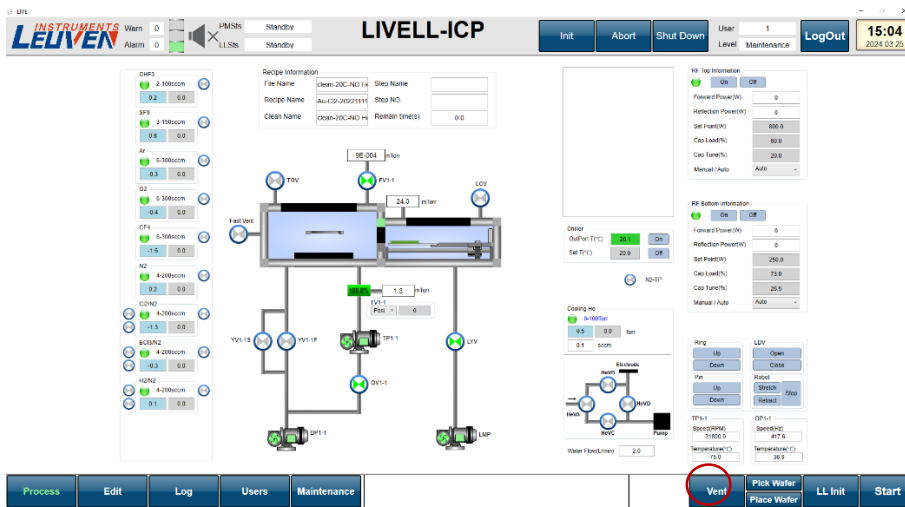
3) 真空处理

i. PC 及 LL 抽真空：点击主界面上方的 Init 按钮，对 PC 及 LL 抽真空，器件 PMSTs 和 LLSts 显示为 Init。当抽真空完成时注意主界面右下角 TMP 温度是否为 68°C 及 TMP 转速是否为 36000rpm。此时 PMSTs 和 LLSts 显示为 Standby。



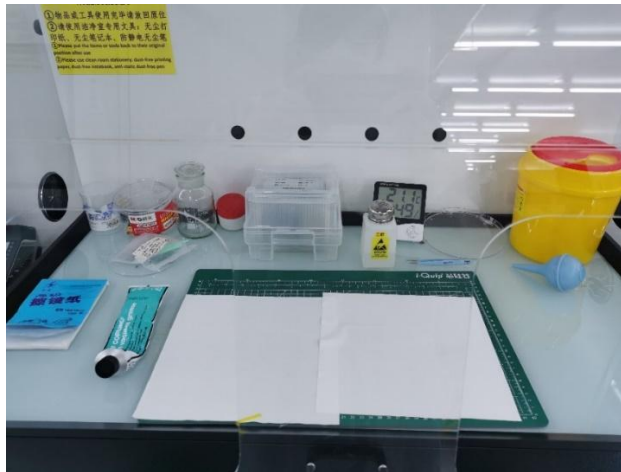
4) 放样

- i. LL vent: 点击主界面右下角的 Vent 按钮将 LL 破真空，此时 LLSts 显示为 Vented。



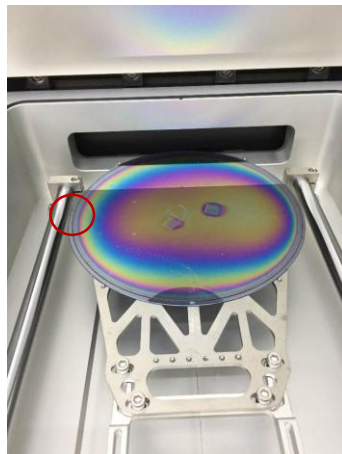
ii. 制样:

- a) 小于 8 寸小样品: 用户自带 8 寸载样盘，在制样台中使用酒精无尘布将载样盘表面擦拭干净，然后将适量的硅脂涂抹在载样盘中间位置，之后用镊子将样品按压在硅脂上方，注意硅脂不要溢出样品边缘，最后用气枪垂直吹扫清洁样品表面。及时清洁制样台。



- b) 8 寸样品: 清洁后直接放入 LL。

- iii. 放样: 打开 LL，将样品放置在 LL 手臂上。注意样品贴放于 4 个晶圆固定墩子，且载盘的 notch 口朝向操作者。

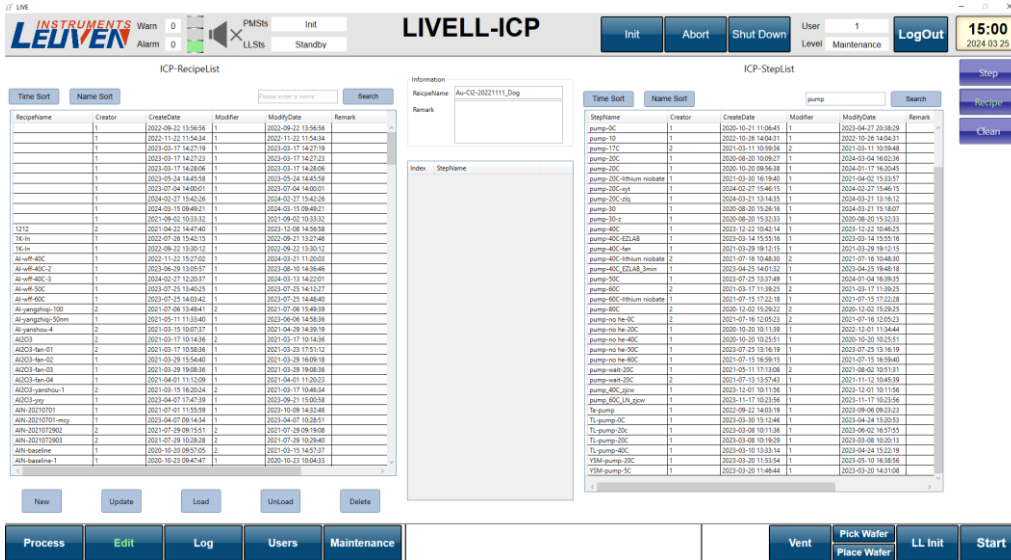


iv. LL抽真空: 点击主界面右下角 LL Init 按键将 LL 抽真空, 完成后 LL 状态显示为 Standby.

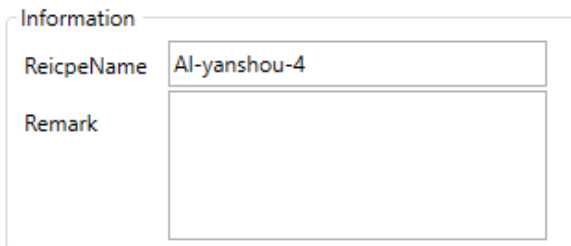
5) Recipe 选择与编辑

i. Recipe 选择:

a) 点击主界面的 Edit 按键, 在打开的界面右侧点击 Recipe 选项进入如下界面。



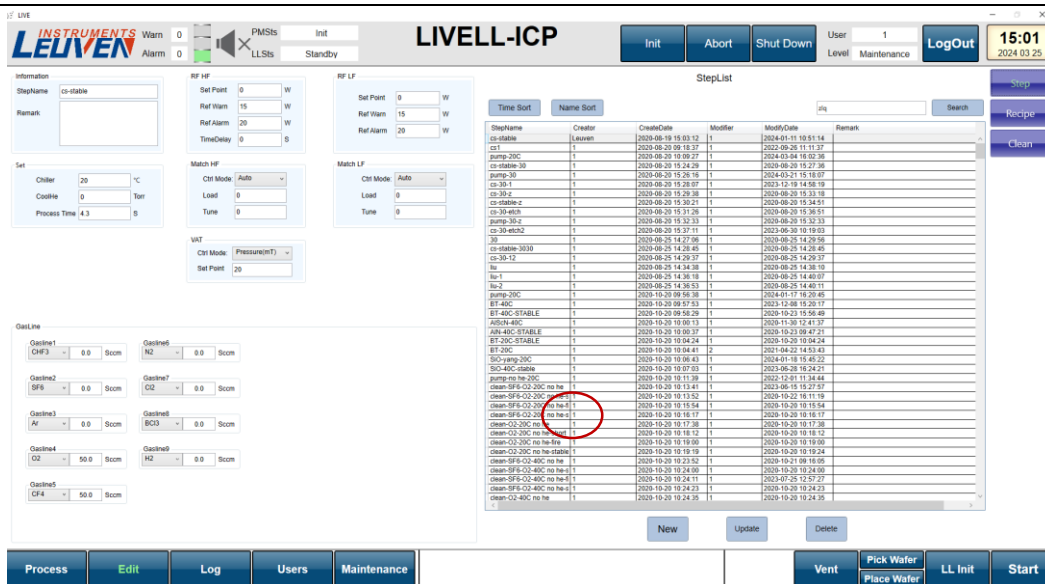
b) 在出现的界面中通过 Search 功能来输入查找所需的 recipe, 此时界面中间显示 recipe 的每一个 step 名称。



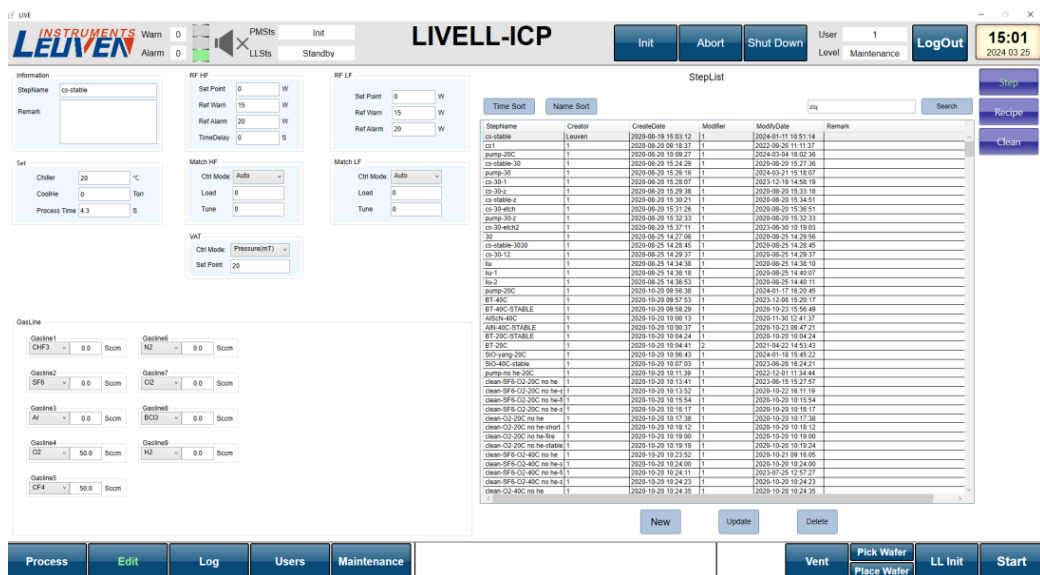
Index	StepName
1	pump-20C
2	CI-BT-40C-stable
3	CI-BT-40C
4	AI-20C-stable
5	AI-40C-fire
6	AI-40C-transfer
7	AI-40C
8	pump-20C

ii. Recipe 编辑:

a) 单击所要编辑的 recipe step, 此时所选 step 定位在右侧 step 列表, 右键选择 CurStep 进入 recipe 参数编辑界面。

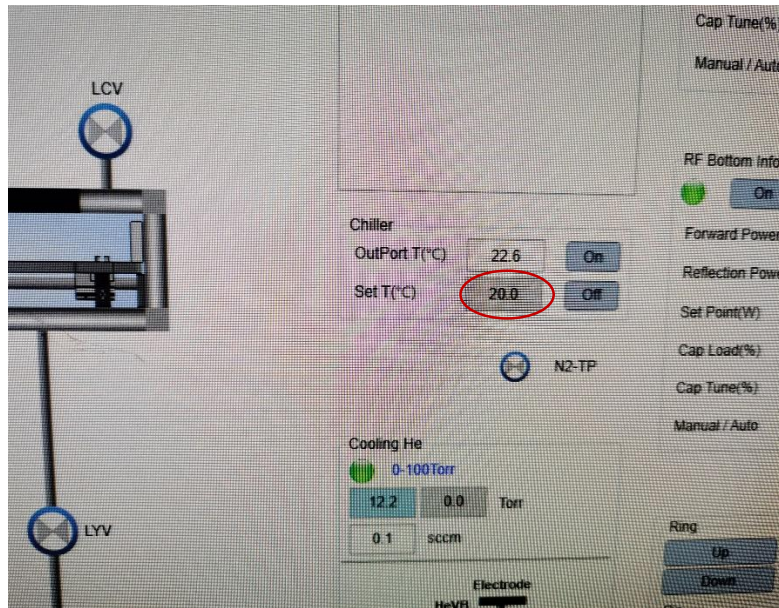


b) 编辑 recipe step 参数：在弹出的 recipe 编辑界面可编辑所要修改的参数，如时间、RF power、气体流量，温度等。编辑完成后点击 Update 保存所做修改，同时会自动返回上级界面。以此类推可修改其它所需 recipe 参数，最后在返回的界面依次点击 Update 和 Load 导入。



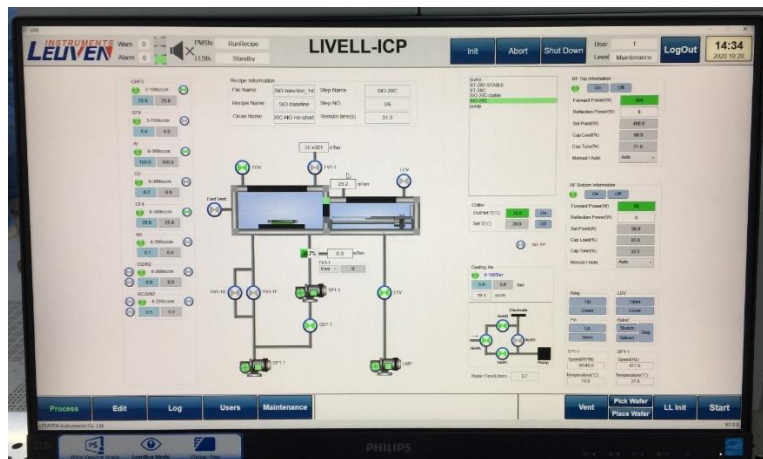
c) Clean recipe 导入：点击界面右侧 Clean recipe 按钮进入 Clean recipe 选择与编辑界面，按照同样方式对 Clean recipe 进行修改和导入。注：设备默认在执行完每次刻蚀 recipe 后自动执行一次 Clean recipe，且取片和执行 Clean recipe 可同时进行，互不干扰。若只 load 加载 clean recipe 而不 load 加载工艺 recipe，则后续运行只会进行 clean；若只 load 加载工艺 recipe 而不 load 加载 clean recipe，则后续运行只会进行工艺。

d) PC 升温：由于 PC 腔默认温度为 20°C，若在 20°C 下刻蚀，则不需要调温，若在其它温度下刻蚀，则需要升温操作。可在主界面 Chiller 处设置所需温度（温度范围 5°C ~60°C）。通过双击 Set 处灰色框更改温度后再次双击方式操作之后，系统自动开始升温，直至温度升至设定值即可。



6) Recipe 运行

Recipe 编辑完成且 PC 升温 OK 后，在主界面 Recipe Information 处确认所导入的刻蚀 recipe 及 Clean recipe 是否正确，确认无误后点击右下角 Start 开始运行。样品会自动传片进工艺腔运行 recipe，recipe 运行过程中可在主界面看到各参数的实时数值及运行到的当前步骤。



7) 取样

Recipe 执行结束后，样品传送回 Load Lock 后会自动 Vent，而 PC 腔在 gate 关闭后开始自动运行 Clean recipe。待 LLsts 处显示 Vented，打开 LL 盖取出样品及载样盘。之后再开 LL 抽真空至 LLsts 处显示 Standby。

8) 关机

一般情况下，若用户设备使用设备完后续无人继续使用，则将下电极降温至 20℃后，右上方点击 shut down，等待 PMSts 和 LLSts 均显示 Idle，退出账号即可，无需断电关机。若设备长期不使用，则需工程师执行关机操作，内容如下：

- i. 关闭软件：确认 PMSts 和 LLSts 均显示 Standby 时，点击主界面右上角 Shutdown 按钮，待 PMSts 和 LLSts 均显示 Idle 时，点击 logout，右上角×掉程序界面。
- ii. 依次关闭设备电脑主机，冷却水阀门、Chiller、机械泵、总开关，并将 Scrubber02 切换为手动。厂务端工艺气体和 PCW 水阀无需关闭。

4-5 故障指南 (Troubleshooting Guidelines)

- 1) 若开机后出现 chamber 打开不正常或机械手进入 chamber 的不正常状态，可通过重启电脑尝试解决。



- 2) 其它相关事宜请联系中心工程师。

5. 设备负责人及联系方式 (Tool Administrator & Contact Information)

中心工程师：吴廷琪，wutq@shanghaitech.edu.cn 马驰原，machy@shanghaitech.edu.cn。

6. 培训流程 (Training Procedure & Applicable Documents)

- 1) 设备申请可自主操作所申请设备工艺通过技术评审后联系工程师报名培训。
- 2) 观摩用户操作或工程师培训累计 3 次，并收集用户签名，可申请进行考核。
- 3) 考核通过后签署《SMDL 设备独立操作权限培训表》授予设备权限授予设备权限。
- 4) 使用设备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），中心将按照《材料器件中心用户纪律和违规处罚管理办法》执行处罚措施。

7. 参考图表 (Figures & Schematics)

- 1) 参考数据如下：

优先级	Item	Spec	目前达到指标	
1	SiO ₂ 刻蚀	刻蚀速率	≥150nm/min	126.1nm/min
		选择比SiO ₂ /PR profile	≥1:1	2.2
			≥85°(ADI > 85°)	83.2° (ADI=82.2°)
		刻蚀深度的不均匀性(6 英寸片内)	≤±3%	满足
		刻蚀后表面 (包含侧壁) 无沉积残留		无沉积
2	Si ₃ N ₄ 刻蚀	刻蚀速率	≥150nm/min	292.2nm/min
		选择比Si ₃ N ₄ /PR profile	≥1:1	1.5
			≥85°(ADI > 85°)	80.8° (ADI=79.8°)
		刻蚀深度的不均匀性(6 英寸片内)	≤±3%	满足
		刻蚀后表面 (包含侧壁) 无沉积残留		无沉积
3	AlN刻蚀	刻蚀速率	≥120nm/min	460nm/min
		选择比(对SiO ₂ 掩膜) profile	≥2:1	对SiO 1.7
			≥80°	80.9° (ADI=78.2°)
		刻蚀深度的不均匀性(6 英寸片内)	≤±5%	满足
		刻蚀后表面 (包含侧壁) 无沉积残留		无沉积

4	AlScN (30%Sc) 刻蚀	刻蚀速率	> 120nm/min	72.9nm/min
		选择比(对SiO ₂ 掩膜)	≥0.45:1	0.41
		profile	≥80°	73.3° (ADI=77.0°)
		刻蚀深度的不均匀性(6英寸片内)	≤±5%	满足
		刻蚀后表面 (包含侧壁) 无沉积残留		无沉积
5	铁电材料 (LN) 刻蚀-CI基	刻蚀速率	≥30nm/min	33.9nm/min
		选择比(对SiO ₂ 掩膜)	> 0.3:1	0.86
		profile	≥80°	63.3° (ADI=80.0°)
		刻蚀深度的不均匀性(6英寸片内)	≤±5%	可以达到
		刻蚀后表面 (包含侧壁) 无沉积残留		无沉积
6	Al刻蚀	刻蚀速率	≥20nm/min	711nm/min
		选择比(对光刻胶)	≥1:1	1.77
		profile	≥80°	~90° (ADI=84.4°)
		刻蚀深度的不均匀性(6英寸片内)	≤±8%	满足
		刻蚀后表面 (包含侧壁) 无沉积残留		无沉积
7	Mo刻蚀	Mo厚度	≥200nm	满足
		刻蚀速率	≥20nm/min	63.1nm/min
		选择比(对光刻胶)	> 1: 5	0.19
		profile	≥80°	80.5° (ADI=73°)
		刻蚀深度的不均匀性(6英寸片内)	≤±3%	满足
		刻蚀后表面 (包含侧壁) 无沉积残留		无沉积

8. 维护 (Maintenance)

本设备涉及到的维护主要包括反应腔和 LL 腔的清洁，具体可根据设备的使用情况及刻蚀效果定期开腔检查，并使用真空吸管或无尘布清洁腔室内附着的反应物，必要时需拆掉反应腔内的 parts 进行清洁或更换。

9. 违规处罚 (Violation & Penalty)

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），中心将按照《量子器件中心用户纪律和违规处罚管理暂行办法》执行处罚措施。

10. 历史版本 (History Version)

<i>Version</i>	<i>Date</i>	<i>Prepared by</i>	<i>Approved by</i>
1	2022-1-6	吴廷琪	
2	2026-1-20	马驰原	