



上海科技大学量子器件中心 (SQDL) 工艺设备 SOP

双离子源刻蚀系统 IBE

版本：V1

发布年份：2023 年

编写人：张雁冰

设备管理工程师：张雁冰

目录

1. 设备功能（Tool Function）	1
2. 设备使用登记（Register）	1
3. 设备安全规范（Safety）	1
4. 离子束刻蚀系统（IBE）	2
4-1 设备概述（Process Summary）	2
4-2 交叉污染控制（Cross-contamination Controls & Compatibility）	3
4-3 名词定义（Definitions & Process Terminology）	3
4-4 操作流程（Process Procedure）	3
4-5 故障指南（Troubleshooting Guidelines）	11
5. 设备负责人及联系方式（Tool Administrator & Contact Information）	11
6. 参考图表（Figures& Schematics）	11
7. 维护（Maintenance）	11
8. 历史版本（History Version）	11

1. 设备功能（Tool Function）

本设备利用辉光放电原理将氩气分解为氩离子，氩离子经过阳极电场的加速对样品表面进行物理轰击，以达到刻蚀目的，属于纯物理刻蚀。主要适用于 6 寸及以下样品。目前适用 4 寸及以下样品。

2. 设备使用登记（Register）

- 1) 本设备通过电脑登录，凭预约人已开通权限的大仪平台账号密码登录。
- 2) 本设备需要使用培训后，开发用户自主使用。使用培训见培训安排计划。预约按预约安排，也可送样，送样填写相应送样表单，有需求提前联系工程师，由工程师代为操作。
- 3) 使用结束后退出个人账号

3. 设备安全规范（Safety）

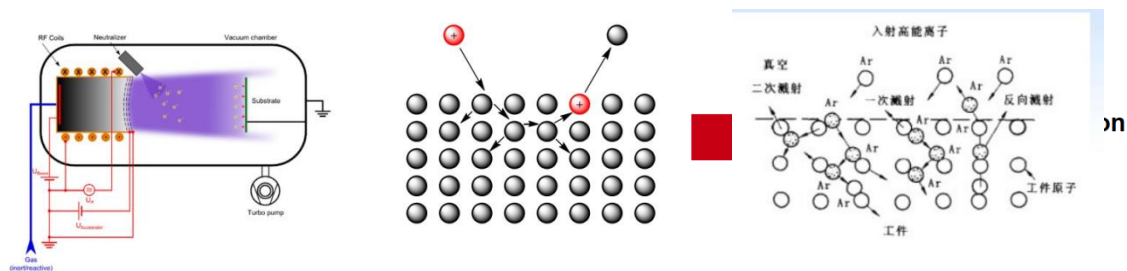
- 1) 打开 LoadLock 进行取放片时尽量迅速，腔体不要长时间暴露在大气中。
- 2) 目前样品载盘是 4 寸盘，可直接使用 4 寸片；若放置小样品时，用 4 寸硅片做载片，涂硅脂在小样品背面，尽量放置在载片中间位置。
- 3) 装卸片，请按照相应的操作规范执行。

4. 离子束刻蚀系统（IBE）

4-1 设备概述（Process Summary）

- 1) 设备型号及制造商：scia Systems GmbH, scia Mill 150。
- 2) 设备的工艺功能：本设备利用辉光放电原理将氩气分解为氩离子，氩离子经过阳极电场的加速对样品表面进行物理轰击，以达到刻蚀目的，属于纯物理刻蚀。
- 3) 设备的工作原理：离子束刻蚀（IBE, Ion Beam Etching），也称之为离子溅射刻蚀，是利用辉光放电原理将氩气分解为氩离子，氩离子经过阳极电场的加速对样品表面进行物理轰击，以达到刻蚀的作用。刻蚀过程即把 Ar 气充入离子源放电室并使其电离形成等离子体，然后由栅极将离子呈束状引出并加速，具有一定能量的离子束进入工作室，射向固体表面轰击固体表面原子，使材料原子发生溅射，达到刻蚀目的，属纯物理刻蚀。

4)



5) 设备硬件配置：

离子束刻蚀主机，真空反应腔室，离子束源，真空系统，控制系统，真空进样装置 loadlock, SIMS 二次离子质谱仪终点监测系统

- i. 配置真空进样装置 LoadLock;
 - ii. 最大样品尺寸直径 6 英寸;
 - iii. 工艺腔本底真空 $\leq 5e-7$ mbar;
 - iv. 工艺气体：氩气 Ar;
 - v. 载片台冷却气体：氦气 He
 - vi. 离子束最大束压不低于 1500eV, 最大束流密度 1mA/cm²
 - vii. 载片台，可旋转 5-20RPM，可倾斜 90 至-60 度，精度 ± 0.1 度
 - viii. 配 HIDEN Analytical Ltd 品牌，SIMS 二次离子质谱仪终点监测系统
 - ix. SIMS 可自动识别终点，和设备控制融合
 - x. 刻蚀速率低至 15nm/min，均匀性 $\leq 2\%$ (4 寸晶圆，SiO₂ 膜)
- 6) 设备编号：3-02
 - 7) 设备位置：净化室 1 楼白光区
 - 8) 设备图片：



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

- 1) 样品限制：限 4 寸及以下样品。
- 2) 工艺功能限制：刻蚀在纳米级浅层深度，不建议深层微米级深度。
- 3) 本设备可刻蚀各类金属材料、绝缘体/介质、三五族材料等多种材料。

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

- 1) IBE: ion beam etching 离子束刻蚀。
- 2) PC: Process Chamber 工艺腔。
- 3) RF: Radio Frequency 射频电源。
- 4) LL: Loadlock 样品进样腔。
- 5) Standby: 待机状态。通常指设备通电开机，一切正常。在等待工艺片的时间。

4-4 操作流程 (Process Procedure)

1) 开机前检查

- i. 检查设备后方所需工艺气体阀门，冷却水阀门是否为开启状态，实验前需打开相应气体阀门。（压力值已经设定，只需打开阀门，红框所示）



2) 开机

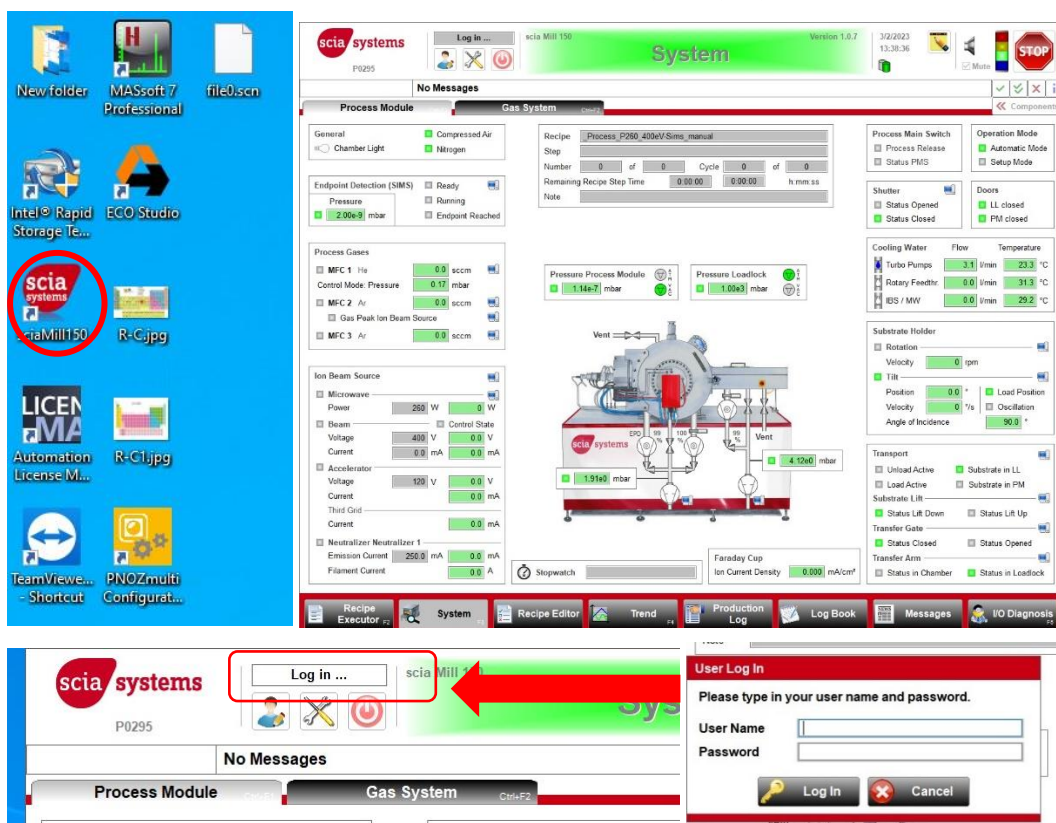
- i. 打开总开关：右侧电柜，（如图所示位置）。把总开关（1）从横向转到纵向（如图示），再按红色（2）3 秒复位后松开，再长按绿色（3）后松开，绿色灯亮。设备供电完成。



设备开机状态

ii. 软件登录：

主设备开启后，显示屏会自动进入 windows 界面。并停留在 windows 界面。双击左图中图标（红圈圈出）。在启动后，出现右图。软件启动完毕。



点击上图 Log in 位置（红圈圈出），出现右图登入对话框，输入用户名及密码，软件登入。

iii. 转入 standby 待机状态：

如图所示，在红圈圈出位置，右击小图标，出现操作框，选“operation”后，出现箭头所指对话框。在“operation mode”中，选“Manual”后，下面的选项变的可以操作。

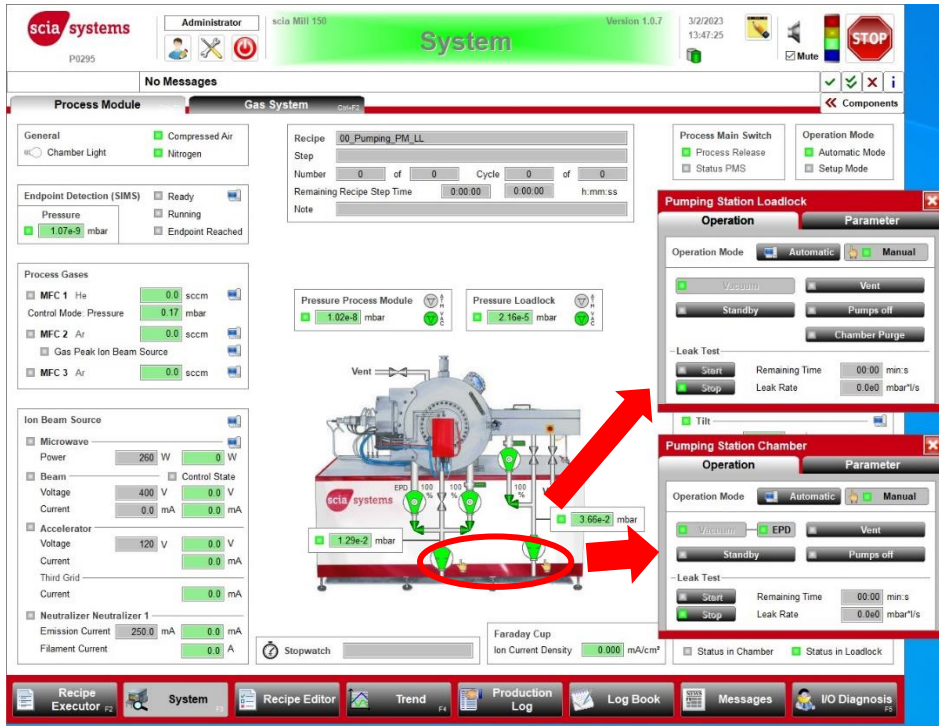
Pumping Station Loadlock, 只要选“vacuum”，泵就开始抽真空，并其分子泵会自动开启，直到 loadlock 腔室抽到设定压力值。

Pumping Station Chamber, 选中”vacuum”，泵开始抽真空，并其分子泵会自动开

启，直到 Chamber 腔抽到设定压力值。如再选”EPD”，当 Chamber 分子泵抽到一定转速后，EPD 的分子泵也会开启。

当 Loadlock 和 Chamber 开启抽真空后（只要抽真空动作开始就可以），把“operation mode”从 Manual 切换回“Automatic”模式，并关闭这两个对话框。设备压力值后，会一直继续，这个状态就是 standby 待机状态。

设备从开机抽真空开始，到真正开始做工艺片，需要有 4 小时待机时间，称之为设备暖机。



3) 装载工艺样品。

- i. 装载工艺样品。见附件“装载工艺样品 sop”，装好工艺样品。
- ii. 放样：向上拉起 LL 盖把手打开腔室，放置载样盘（注意放平），关闭 LL 盖。LL 及载样盘如图所示。（此时 LL 并没有抽真空）



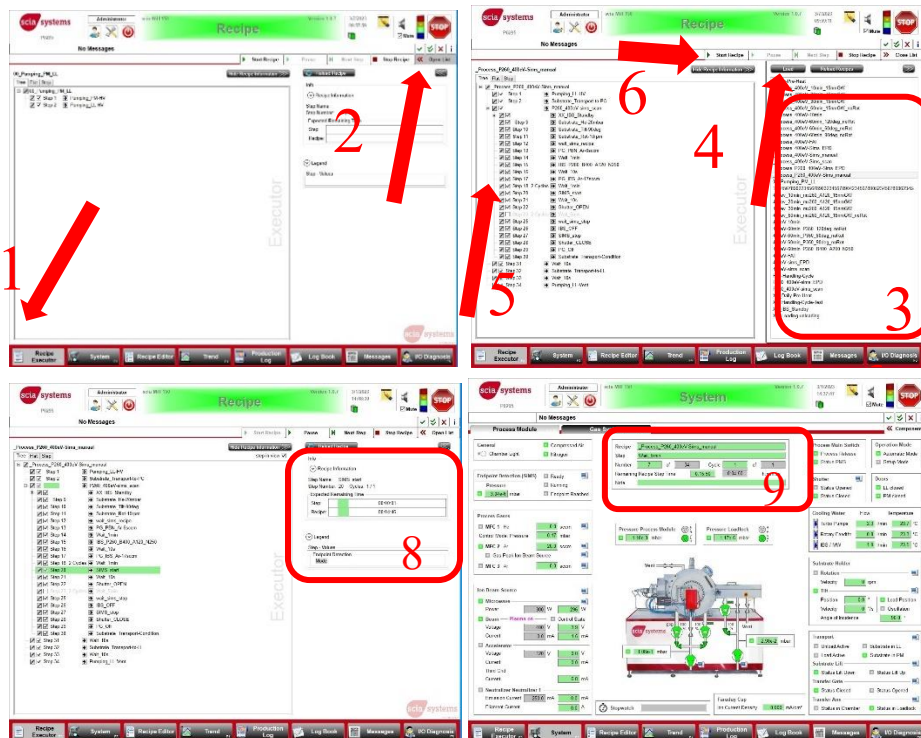
- iii. 取名：在关闭 LL 盖后，在操作界面出现对话框，给这个样品取名。Substrate ID，然后 OK。（默认会出现上一次工艺时保留的名字）



4) Recipe 选择与编辑

i. Recipe 选择:

- a) 主界面选择 (1) Recipe Executor, 进入 Recipe 界面;
- b) 点击 (2) Open List, 显示已经保存的 Recipe;
- c) 在 (3) 区域, 显示已经保存的 Recipe;
- d) 在 (3) 区域, 选择要用的 Recipe, 点击 (4) Load.
- e) 在 (5) 区域, 显示选中的 Recipe 具体步骤。可点”+” 显示隐藏步骤;
- f) 检查 Recipe 无误后, 点击 (6) Start Recipe。工艺开始。
- g) 在 Recipe 界面 (5) 区域看到有绿色条显示当前步骤, 右侧 (8) 区域显示当前步骤时间及总时间。在 System 界面, (9) 区域显示工艺名, 步骤名, 时间及总时间。
- h) 工艺时, 是绿色底色。无工艺或结束后, 是灰色底色。



ii. Recipe 步骤说明:

区域（1）：Recipe 的名字

区域（2）：Loadlock 抽真空及送工艺片到工艺主腔体；

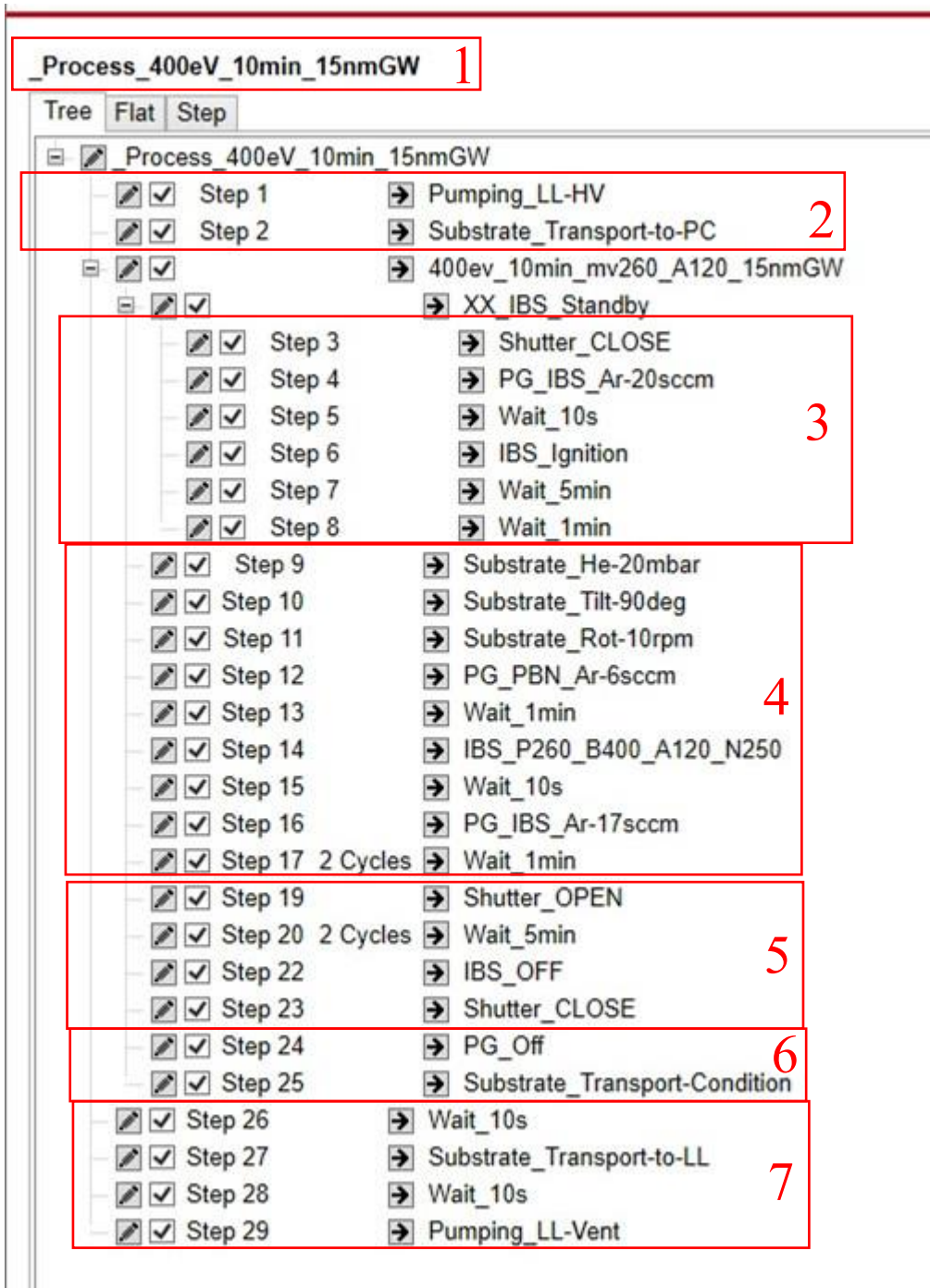
区域（3）：主腔体内 MW 点火起辉并保持稳定时间；

区域（4）：主腔体内载片台旋转倾斜及各电源开启；

区域（5）：真空的刻蚀反应时间，Shutter Open 到 Shutter Close；

区域（6）：刻蚀完成，载片台回到初始位置；

区域（7）：刻蚀完成，工艺片从主腔体传回 Loadlock，后 Loadlock 破真空到大气状态。



The screenshot shows a process recipe tree for "_Process_400eV_10min_15nmGW". The steps and their corresponding actions are as follows:

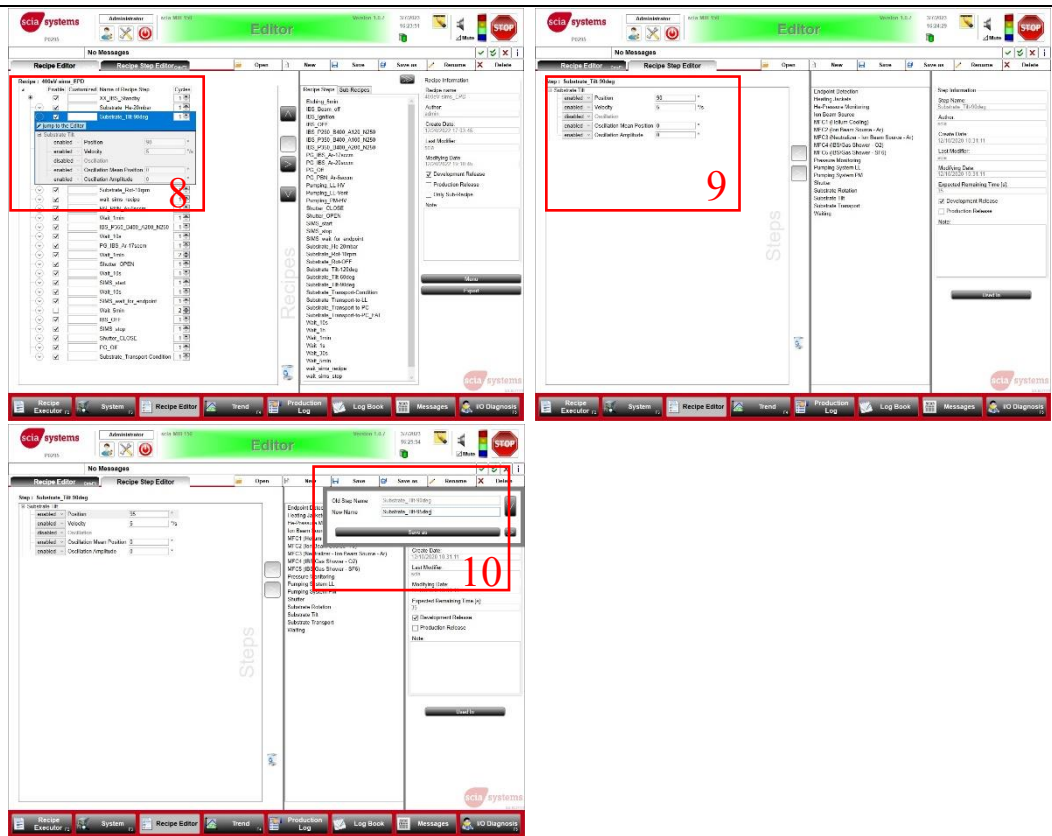
Step	Action
Step 1	Pumping_LL-HV
Step 2	Substrate_Transport-to-PC
400ev_10min_mv260_A120_15nmGW	
XX_IBS_Standby	
Step 3	Shutter_CLOSE
Step 4	PG_IBS_Ar-20sccm
Step 5	Wait_10s
Step 6	IBS_Ignition
Step 7	Wait_5min
Step 8	Wait_1min
Step 9	Substrate_He-20mbar
Step 10	Substrate_Tilt-90deg
Step 11	Substrate_Rot-10rpm
Step 12	PG_PBN_Ar-6sccm
Step 13	Wait_1min
Step 14	IBS_P260_B400_A120_N250
Step 15	Wait_10s
Step 16	PG_IBS_Ar-17sccm
Step 17 2 Cycles	Wait_1min
Step 19	Shutter_OPEN
Step 20 2 Cycles	Wait_5min
Step 22	IBS_OFF
Step 23	Shutter_CLOSE
Step 24	PG_Off
Step 25	Substrate_Transport-Condition
Step 26	Wait_10s
Step 27	Substrate_Transport-to-LL
Step 28	Wait_10s
Step 29	Pumping_LL-Vent

iii. Recipe 编辑:

Recipe 组成，由 step, sub-recipe, recipe 三个层次组成。

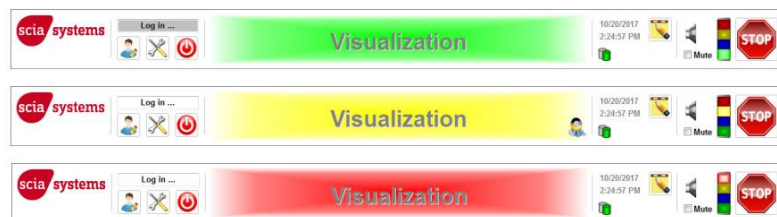
先修改 step 的内容，再把 step 增加到 sub-recipe 或 recipe 里面。组成一个正确的 recipe。每一次 step, sub-recipe, recipe 的修改的保存，**要求用"Save As"另存为一个新的。而决**

上海科技大学量子器件中心工艺设备 SOP：双离子源刻蚀系统（IBE）



5) 工艺运行

- a. 装载好工艺样品（步骤参见“装载工艺样品 SOP”）
- b. 在 Recipe Executor 界面，选择 Recipe: 01_Vent_LL，后 load，运行。让 Loadlock 腔 Vent 到大气。
- c. 打开盖子，把载片盘放到 Loadlock 内，盖上盖子。
- d. 出现对话框，给样品取名。Substrate ID，然后 OK。
- e. 在 Recipe Executor 界面，选择好需要的正确 Recipe，并且 Load。
- f. 点击“Start Recipe”，开始工艺。
- g. 注意过程。
 - a) 绿色----一切正常，无报错。
 - b) 黄色----有 warning，但不影响工艺。
 - c) 红色----有 fault,不能工艺，并有报警声响起。



- h. 有交互对话框，需要确认。

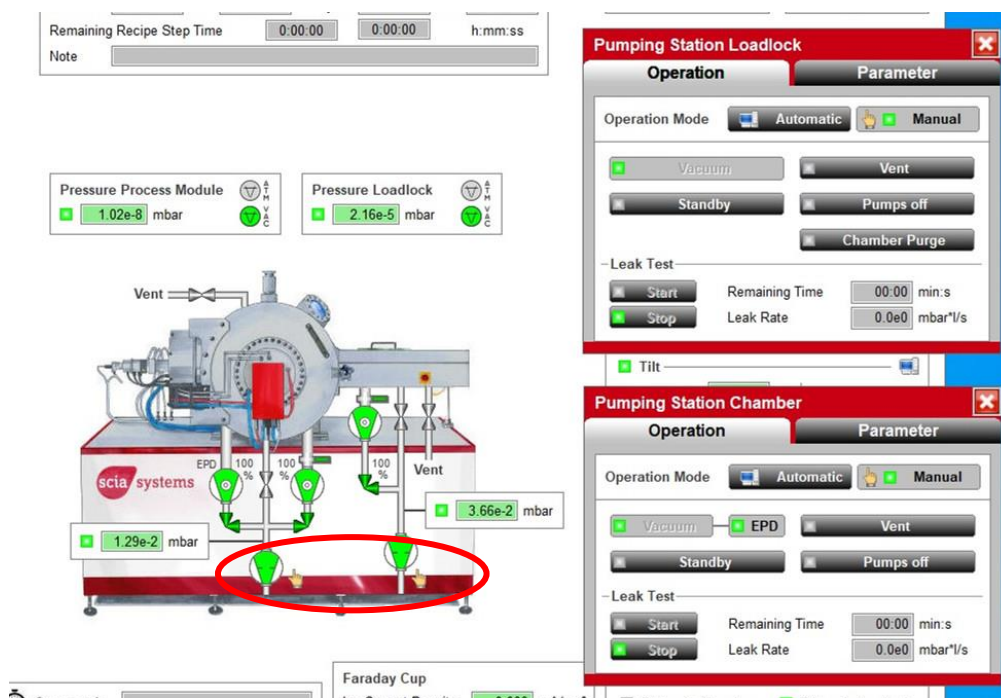
- a) 在 step2 substrate_Transport-to-PC（通常这步的位置不会改变），会出现对话框，选择 **“No”**，会把工艺样品从 Loadlock 传到工艺腔内。



- i. 工艺在完成后，按 Recipe 的步骤，会自动从工艺腔传到 Loadlock 内，并 Loadlock 自动 Vent 到大气状态。
- j. 打开 Loadlock 盖子，取出载片盘，取走样品。盖上盖子（载片盘无需放到 Loadlock 腔内）。
- k. 在 Recipe Executor 界面，选择 Recipe: 00_Pumping_LL，后 load，运行。让 Loadlock 腔抽到真空状态。

6) 关机（使用者不用关机）

- a. 在设备待机状态时，点击红圈的小图标，选“operation”后出现右侧的对话框，选择 Manual 后，点击“pump off”，干泵停止。分子泵 100% 会开始下降，并且相应的阀门会自动关闭。（Chamber 在关闭阀门时会有很大的“咣”的撞击声，正常。）



- b. 待分子泵降到 20% 以下后，点击图标，就退出程序。



- c. 待程序退出后，关闭电脑。
- d. 按电柜上的红色 OFF 键，并把总开关从纵向转到横向，关闭设备电源。
- e. 关闭背后所有气体和水的阀门。

4-5 故障指南 (Troubleshooting Guidelines)

- 1) 工艺未开始前，若出现黄色 warning 和红色 fault，请联系工程师处理。
- 2) 工艺运行中，若出现黄色 warning，工艺会自动继续。工艺完成后，请联系工程师。
- 3) 工艺运行中，若出现红色 fault，工艺会自动停止，请及时联系工程师。

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

中心工程师：张雁冰，zhangyb2@shanghaitech.edu.cn

6. 参考图表 (Figures & Schematics)

更多材料刻蚀速率，补充中

工艺条件						刻蚀速率(nm/min)				
MW power(W)	Beam voltage (V)	Acc Voltage (V)	Neu Current (mA)	Ar MFC (sccm)	Tilt (deg)	SiO2	SPR3 612	Si	Mo	Nb
260	400	120	250	17	90	14	10	11	12	
350	400	200	250	17	90	17				12

7. 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。

8. 历史版本 (History Version)

Version	Date	Prepared by	Approved by
1	2023-03-10	张雁冰	