



上海科技大学量子器件中心 (SQDL) 工艺设备 SOP

氟化氙刻蚀仪 (XEF2 ETCHER)

版本：V1

发布年份：2021 年

编写人：马驰原

设备管理工程师：马驰原

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. 氟化氙刻蚀仪 (XEF2 ETCHER)	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)	4
4-5 故障指南 (Troubleshooting Guidelines)	10
5. 设备负责人及联系方式 (Tool Administrator & Contact Information)	10
6. 参考图表 (Figures & Schematics)	10
7. 培训流程及违规处罚 (Training Procedure & Violation & Penalty)	11
8. 历史版本 (History Version)	11

1. 设备功能 (Tool Function)

本设备采用以气态氟化氙 (XeF₂) 作为主刻蚀气体, 辅以 N₂ 或 H₂O 提高选择比, 对 Si 介质进行各向同性脉冲刻蚀。仅限刻蚀 6 寸及以下样品。

2. 设备使用登记 (Register)

- 1) 本设备暂不使用刷卡机, 凭本人大仪平台账号密码登录。
- 2) 使用结束后在记录本上做好使用记录。
- 3) 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)

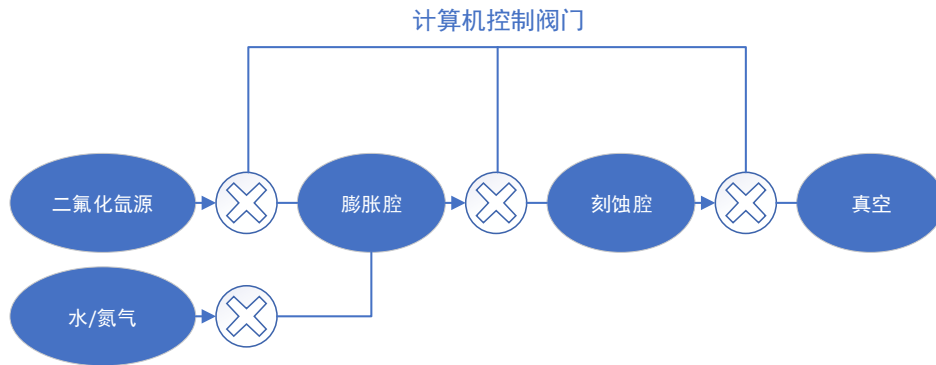
- 1) 样品进行刻蚀前应进行烘干处理, 请勿将潮湿样品放入刻蚀腔, 污染腔体生成 HF。
- 2) 请勿在维护模式 (Maintenance Mode) 下操作气阀 (无内部锁)。
- 3) 请勿将刻蚀腔长时间暴露在空气中, 与大气接触腐蚀腔体。
- 4) 试验后及时关闭 XeF₂ 气瓶手阀。
- 5) 实验后切勿用手直接取出样品, 以免腐蚀皮肤。

4. 氟化氙刻蚀仪 (XEF2 ETCHER)

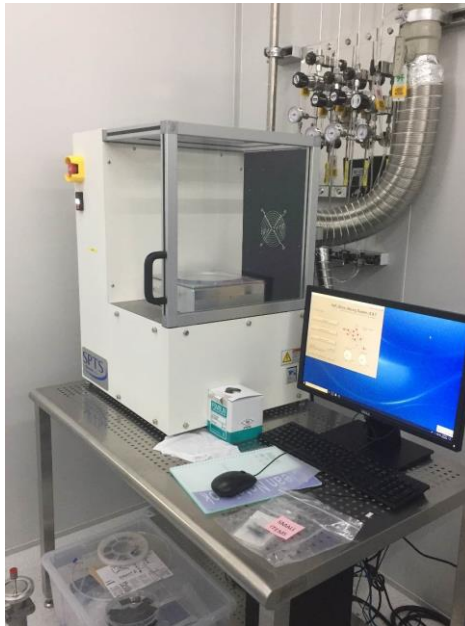
4-1 设备概述 (Process Summary)

- 1) 设备型号及制造商: Xactix e2, SPTS USA。
- 2) 设备的工艺功能: 采用以气态氟化氙 (XeF₂) 作为刻蚀气体, 对 Si 介质进行各向同性刻蚀, 对常见的半导体工艺材料如二氧化硅、光刻胶、氮化硅和铝具有极高的选择比。

- 3) 设备的工作原理: 将 XeF₂ 从气瓶通入膨胀腔 (Expansion chamber), 并通入水汽或者氮气 (在该设备中, 水和氮气复用一个管道) 与之混合; 然后将混合的气体通入刻蚀腔 (Etch chamber) 开始刻蚀; 在一个设定的刻蚀时间后, 再将 Etch chamber 抽真空。



- 4) 设备硬件能力: 本设备结构主要包括: 主机台, XeF₂ 储存装置, 水蒸气输送罐等。
- i. 配置透明石英工艺腔体盖和喷淋头, 可观察刻蚀过程。
 - ii. 配置 edwards nXDS6i 干泵, 可适应 XeF₂ 气体。
 - iii. 极限真空 < 6Pa。
- 5) 设备位置: 净化室 1 层白光区。
- 6) 设备图片:



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

- 1) 衬底限制: 仅限硅基或基于蓝宝石/SiC/石英/LN/ALN 等非易挥发衬底的硅/硅基薄膜衬底, 刻蚀区域前后可裸露的金属: Au, Al; 仅限 6 寸及以下样品。
- 2) 工艺功能限制: 仅限刻蚀 Si 材料。

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

- 1) CDA: 干燥 (无油) 压缩空气。
- 2) PN2: 工艺氮气。

4-4 操作流程 (Process Procedure)

1) 开机前检查

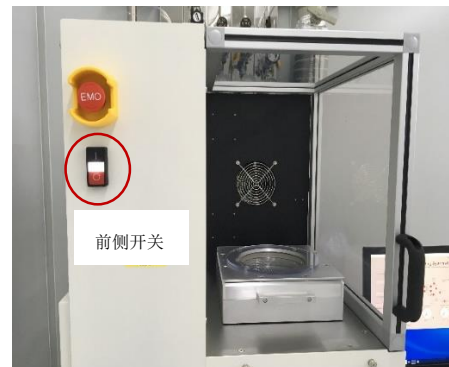
检查设备的水、电、气是否为开启状态。

2) 开机

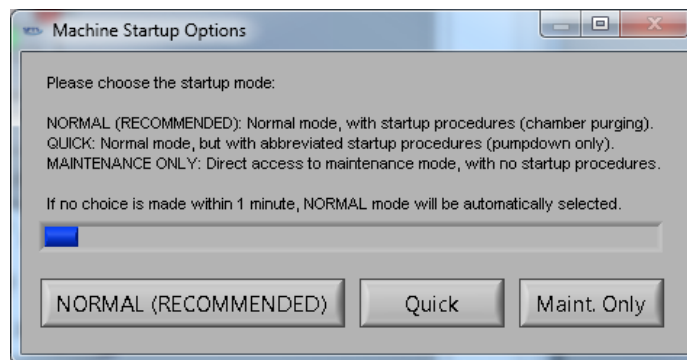
- i. 依次开启机械泵、气体阀门 (CDA、PN2/H2O、O2、GN2) 和 HF 气瓶手阀。(本设备 PN2 和 H2O 在进入设备前汇合为一路管道, 可根据实际实验条件打开或关闭水阀。若水阀打开, 则 PN2 的压力等同于 H2O 的压力; 若水阀关闭, 则 PN2 压力则为实际压力)。



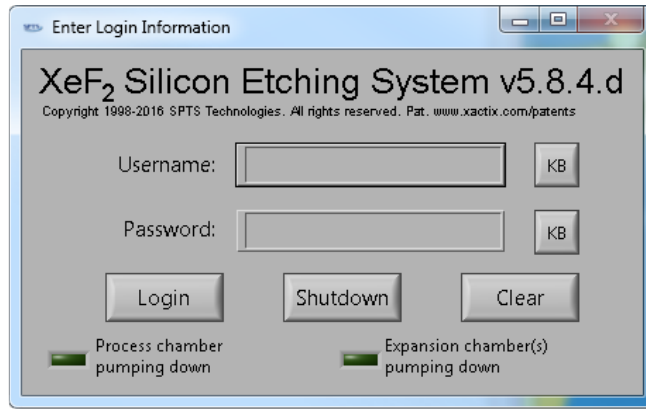
- ii. 依次打开下图所示两处 (右侧、正面) 电源开关。



- iii. 登录账号密码后显示如下界面, 系统自检开始, 约 10min。

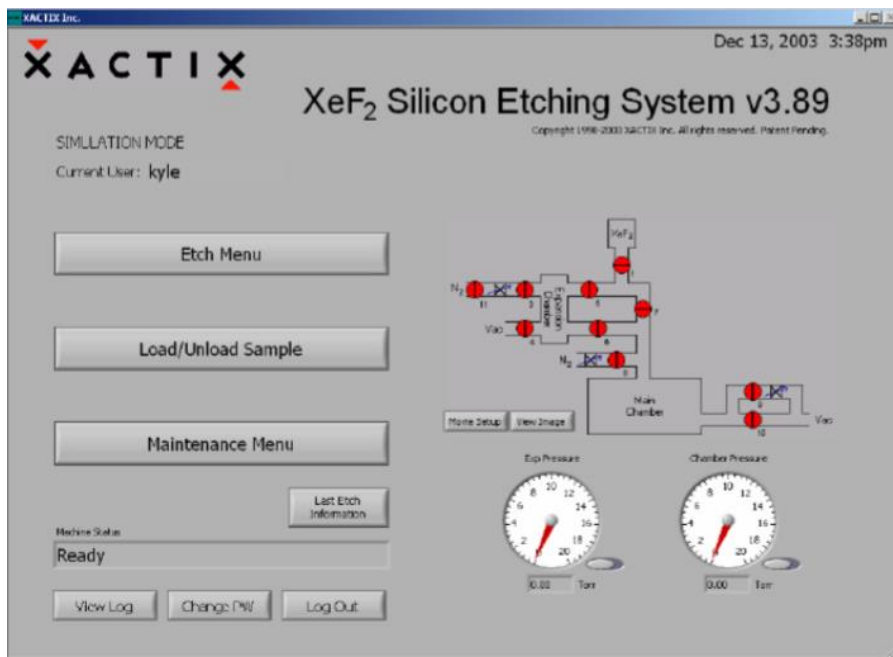


- iv. 自检完成后出现如下界面, 输入账号: admin, 密码: 空。

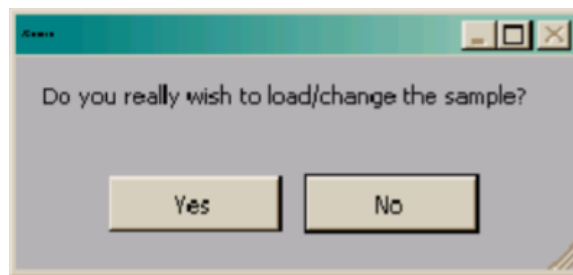


3) Load Sample

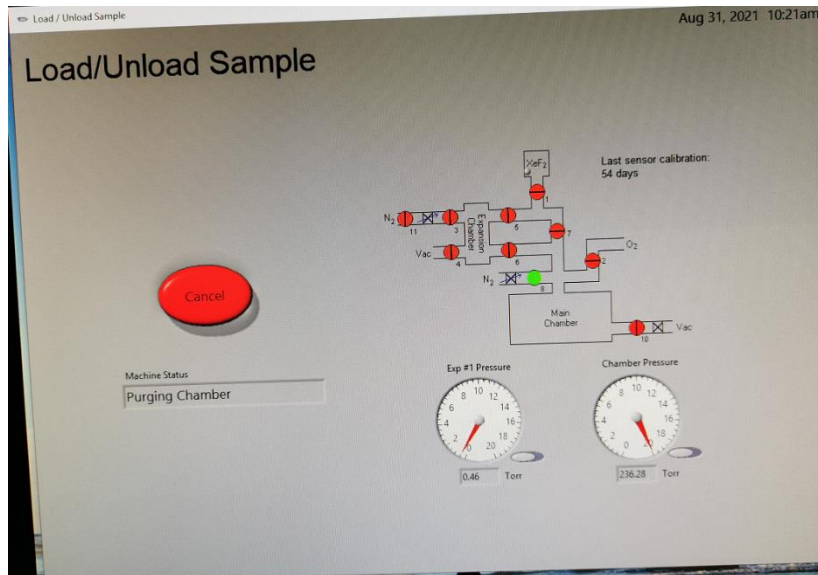
- i. 登录成功后主界面显示如下，点击主界面 Load/Unload Sample 选项进行放样操作。



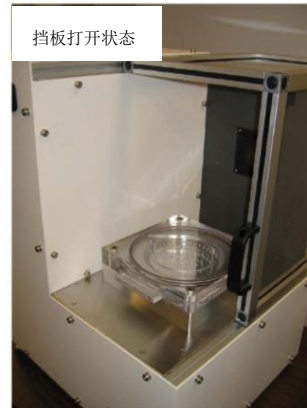
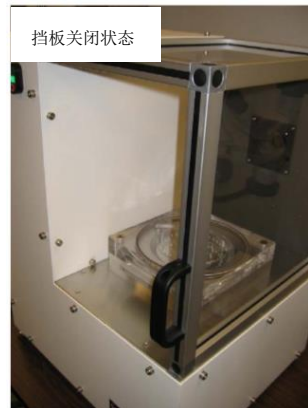
- ii. 点击 Load/Unload Sample 选项后出现如下对话框，点击“Yes”。



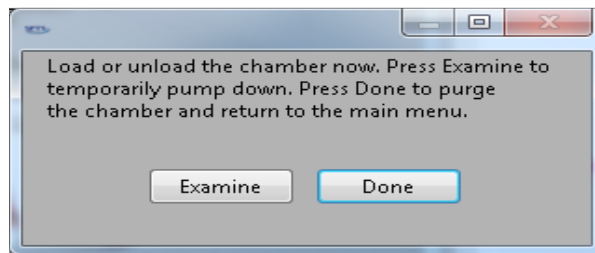
- iii. 当确认放样后，系统将开始充氮气清洗腔体，如下图所示界面。这一过程通常循环 3 次以排空腔内的残余有害气体。



- iv. 清洗腔体完毕后，在开腔前确认腔体的挡板处于下图中左侧的关闭状态，若挡板没有关闭则会报错。挡板的目的是在开腔时形成通风管道将开腔时泄露的气体通过机器后方的通风管道抽走。

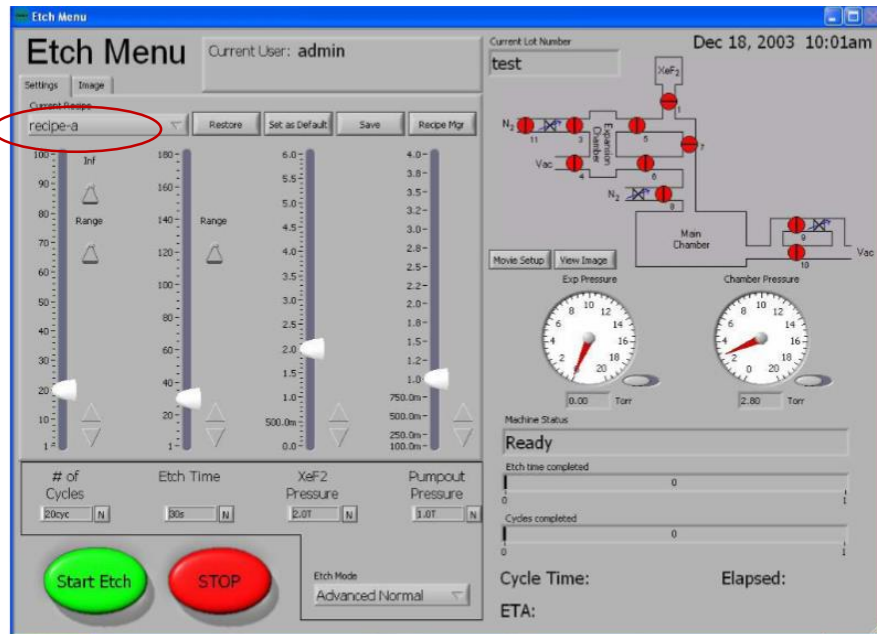


- v. 腔体 vent 完成时，系统弹出下图所示的对话框。此时可以打开腔体的盖子。打开腔体，放好样品后点击“Done”，系统就会进行冲洗腔室(purge chamber)的流程。然后回到主界面；如果是刻蚀中途为了查看样品，可以点击“Examine”，系统将抽主腔体真空，但不执行冲洗流程，然后同样的回到下图所示的对话框，等待下一步操作。



4) Recipe 选择与编辑

- i. 在主界面选择 Etch Menu 选项，出现取名对话框，填入一个工艺名称，进入刻蚀界面如下。在 settings 选项卡中左上角的下拉选项中选择 recipe。可通过拖动箭头或直接输入数值来更改圈数、刻蚀时间、XeF2 压力、pumping 压力等参数。若使用 H2O，则 N2 压力即为 H2O 的压力。



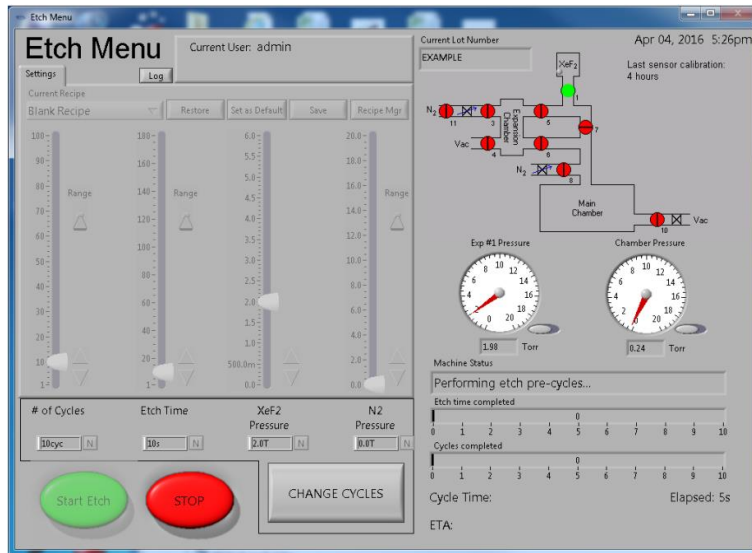
ii. 本设备中包括四个模式：“Normal”、“Advanced”、“High conductivity”、“External purge”，在 Etch Manu 界面右下角可根据实验条件选择相应的模式并修改实验参数。在“Normal”模式中，需要设置如下参数：

- a) # of Cycle 工艺循环的次数
- b) Etch time 每次循环的刻蚀时间，从膨胀腔和主腔体连通时开始计时
- c) XeF2 Pressure 在室温下 XeF2 蒸汽压力为 4Torr，因此该值最高约为 4Torr
- d) N2 Pressure 由于本设备的水/工艺氮气复用同一管路，指的是水/氮气的压力

在“Advanced”模式中，额外的一个设置选项为 Pump out Pressure，该参数设置了在每个 cycle 切换时的气压阈值，当气压达到阈值时开始下一个 cycle。在“High conductivity”模式中，可额外设置的选项为 Chill time 冷却时间和 Chill pressure 冷却时通入的 N2 气体压力。“External Purge”与“High conductivity”类似，所不同的是所通入的气体为 O2。

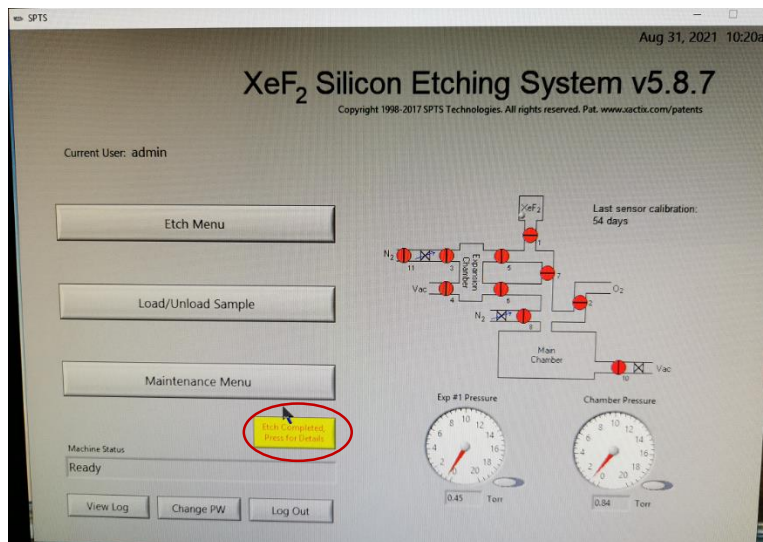
5) 运行 recipe

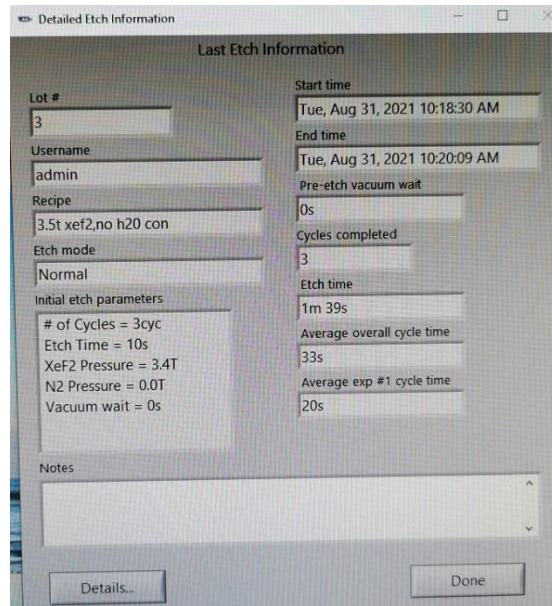
点击 Etch Manu 界面下的 start etch 界面后 recipe 开始执行，此时界面变为如下所示。在此界面可看到设备状态：recipe 已完成时间、已完成圈数等信息。点击 CHANGE CYCLES 选项可在可是过程中修改循环次数。此外，如果错误地开始了刻蚀，连续点击“Stop”两次，可以终止本次刻蚀。



6) Unload Sample

- i. 当刻蚀结束后可在主界面点击“Last Etch information”查看此次实验相关数据信息：蚀刻时间、参数等。



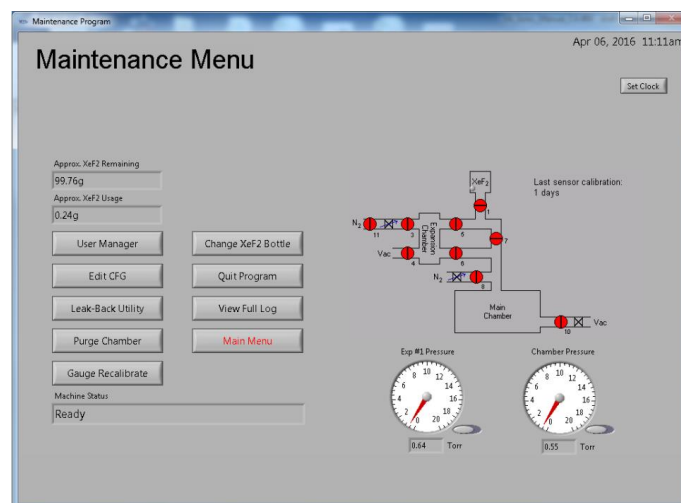


ii. 点击“load/unload sample”，取出样品，注销登录。不要关闭软件和计算机，关闭显示器即可。

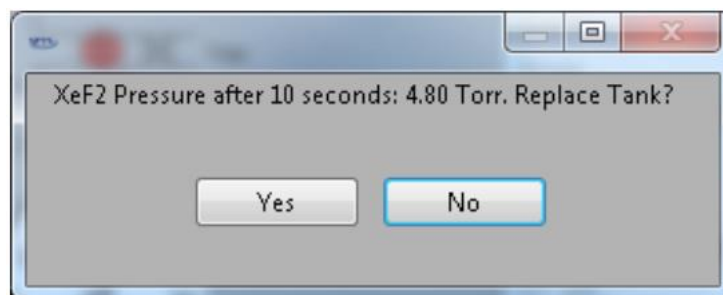
7) XeF2 管路 purge

实验结束后需对 XeF2 管路进行 purge 以防止管路堵塞:

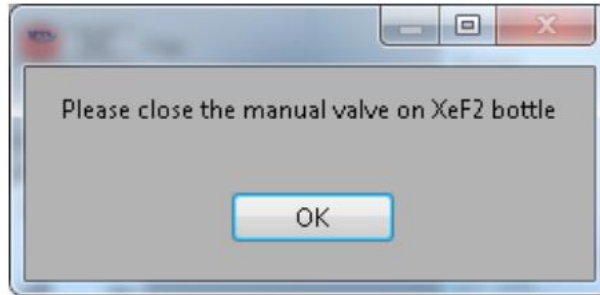
i. 在 Maintenance Menu 界面点击“change XeF2 bottle”选项。



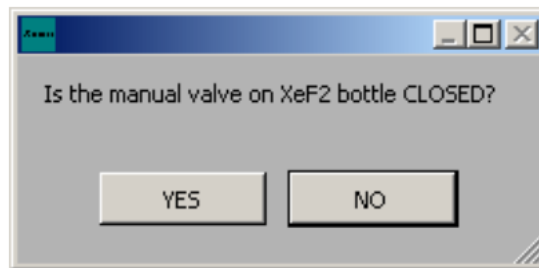
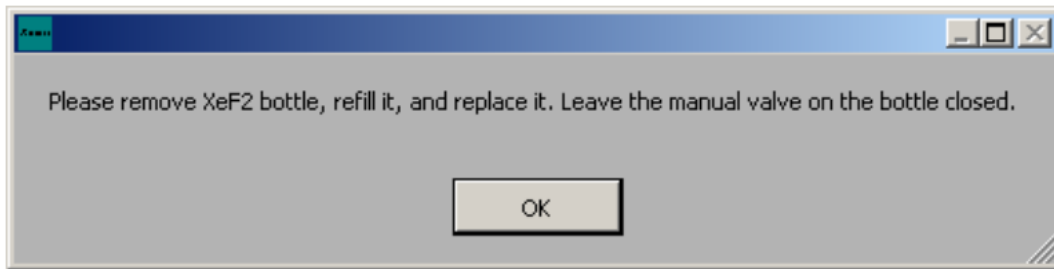
ii. 在弹出的如下对话框内点击 YES



iii. 关闭 XeF2 气瓶手阀并在弹出的如下对话框点击 YES。



iv. 系统自动进行 XeF2 管路的 purge, 完成后在如下对话框内分别点击 OK 和 No 即可。



8) 关机

依次关闭 HF 手阀、设备关机按钮、机械泵和主电源，登记实验记录表。

4-5 故障指南 (Troubleshooting Guidelines)

- 1) 若程序运行过程中出现异常，请及时通知相关工程师。
- 2) 若开机后系统自检时间过长，超过 30min，但机械泵仍在工作，则可能是机械泵故障。
- 3) 若在使用过程中 XeF2 出气异常，则可能是 XeF2 余量不足，或者 XeF2 对应 V1 电磁阀故障或 RL3 继电器故障。
- 4) 若开腔放样品前报错，则检查刻蚀腔上方的通风挡板是否已完全关闭。

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

中心工程师: 马驰原, machy@shanghaitech.edu.cn

6. 参考图表 (Figures & Schematics)

参考 recipe 如下:

参照物	Recipe	选择比	Si 刻蚀速率
LPCVD SiN _x	3.5Torr XeF ₂ + 0.3 Torr H ₂ O	>5000:1	~3um/min
LPCVD SiN _x	3.5Torr XeF ₂	>100:1	~3um/min
LPCVD SiO ₂	3.5Torr XeF ₂ + 0.3 Torr H ₂ O	>4000:1	~2um/min

LPCVD SiO ₂	3.5Torr XeF ₂	>600:1	~5um/min
------------------------	--------------------------	--------	----------

片内均匀性<10%，片间重复性<10%。

7. 培训流程及违规处罚 (Training Procedure & Violation & Penalty)

- 1) 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《SQDL 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《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。

8. 历史版本 (History Version)

<i>Version</i>	<i>Date</i>	<i>Prepared by</i>	<i>Approved by</i>
1	2022-09-10	马驰原	