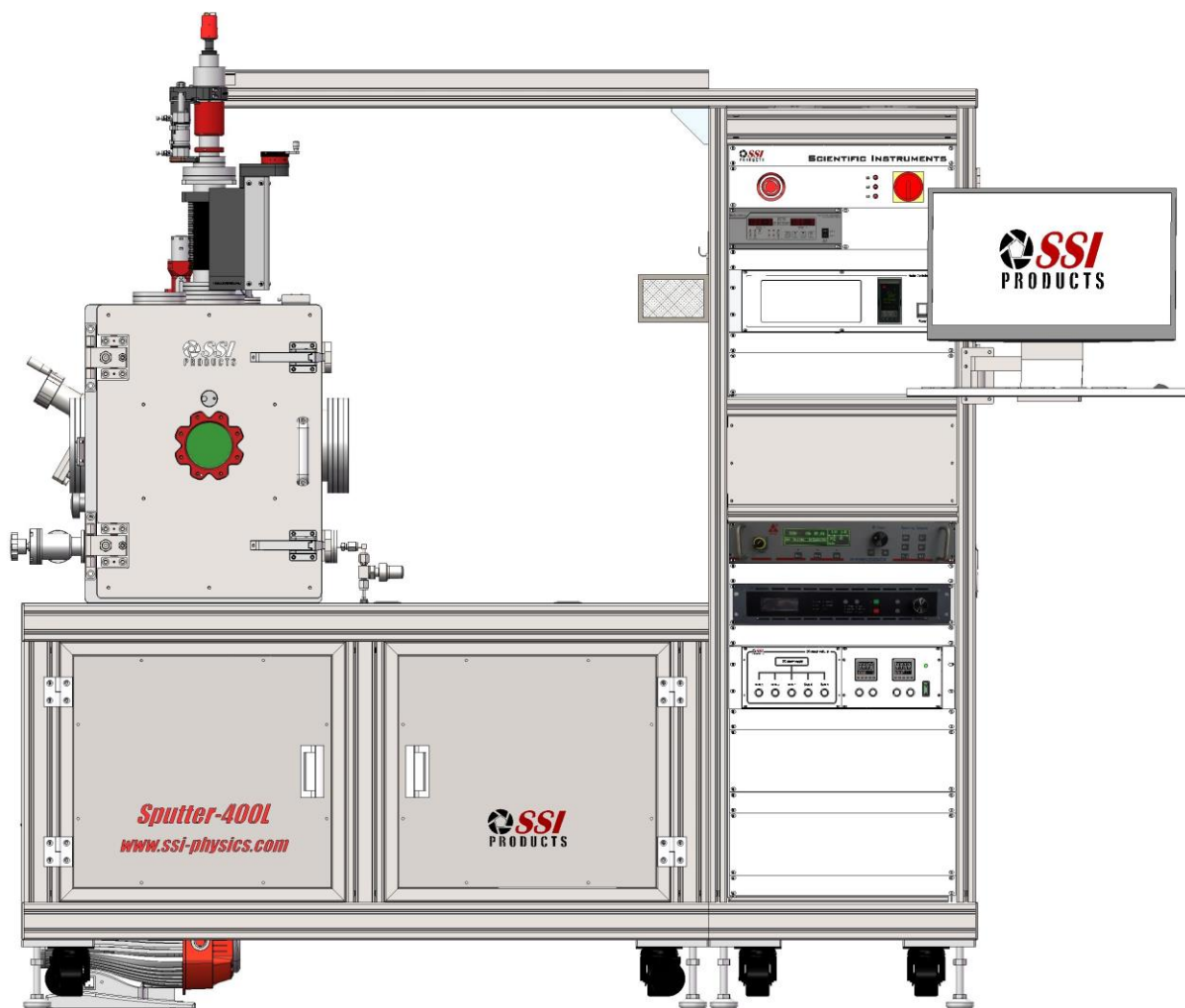


SPUTTER 镀膜系统

说明书



上海实路真空技术工程有限公司

实陆仪器科技（上海）有限公司

Shanghai Shilu Instruments Co., Ltd.



声明

- 首先感谢您选用我司产品。
- 用户在使用本设备时，应遵循国家和公司规定的有关事故预防和环境保护制度或措施。
- 《使用说明书》内容未经同意不得随意更改，上海实路真空技术工程有限公司（简称上海实路）/实陆仪器科技（上海）有限公司保留技术、零部件、软件、硬件上变更的权利。
- 《使用说明书》作为向客户交付产品的组成部分，将向客户介绍产品的特点、用途、结构、工作原理、安装调试、操作规程、维护保养及故障处理，并特别强调了保护操作人员及保护环境的安全措施。《使用说明书》是从事设备管理、操作及维修人员的必读教材，仔细阅读并严格执行说明书，不仅能有效帮助您操作本设备，而且能避免机械、电器设备的损坏和意外事故的发生。
- 设备在安装使用前，用户必须详细阅读《使用说明书》，并严格按有关规定进行操作与维护，未按照《使用说明书》规程操作所造成的损失由使用者承担。
- 若设备发生重大故障，请及时与上海实路联系；若电控系统出现故障，非专业人员不得擅自修理。
- 未经上海实路的书面许可，《使用说明书》提供的技术参数、图纸和其他资料不得以任何形式、手段以商业盈利为目的进行复制或传送。

**请妥善保管使用说明书
以便日后操作维护之用**



安全规范

本设备在出厂时提供了许多安全设定以保障人员及设备之安全,但请使用者切勿因过于信赖这些安全设备而忽略本身之安全规范。尤其应注意在读完下列注意事项,并确实了解其警告内容后再操作本设备,以免因这些装备发生故障或者失效时对人员或设备的安全产生危害。

一般安全规范:

- 1、在开启电源开关前,请务必确定操作者已充分了解《使用说明书》内所叙述的所有内容,并确定在危险区内无人员或者障碍物存在。
- 2、请熟记“急停按钮”的位置,以确保当紧急情况发生时,操作者或者其他相关人员能立即点击此开关,避免危险发生。
- 3、操作设备时请使用安全装备,如安全鞋、手套等,以防产生伤害。
- 4、设备附近的工作台必须有足够的强度,并避免因台上的物品掉落而影响设备的操作,甚至损害到设备或人员。
- 5、工具、零件或其它非必要物品请勿放置于设备台面、移动件或者其他可能与设备运转发生干扰的位置上,以免妨碍设备正常运作。
- 6、在操作任一按钮时,请务必先确定欲操作开关是否正确。并切忌在不经意的状态下碰触按钮,以免设备产生误动或发生危险。
- 7、禁止以任何方式碰触设备的运动部件、电路接头,以免发生机电故障或危及人员安全。
- 8、当外界供应的电源电压不稳定时,请立即关闭主电源以保护设备。
- 9、电路系统的维修必须由专业人员操作,一般操作者禁止修改或拆卸。
- 10、接地必须牢靠,以确保人员及设备的安全。
- 11、更换开关、感应器等电气零件前,请先关闭主电源,并确定该零件规格正确。
- 12、禁止用潮湿的身体部位接触任何电气元件,以免触电发生危险。
- 13、请勿刮除设备上的标示牌与警告标志。如有掉落或模糊不清时,请与厂家联系。
- 14、为保证设备的安全与精度,请勿敲击、碰撞本设备。
- 15、请保持设备附近的清洁。
- 16、如设备长期不使用时,请务必关闭主电源。

目录

一、 设备概述	2
1. 设备用途说明	2
2. 设备主要组成	2
3. 设备外形尺寸	4
4. 设备技术指标	4
二、 设备安装说明	5
1. 设备运行条件	5
2. 设备安装	5
3. 水、电、气安装:	5
三、 操作说明	6
1. 断电及重启注意事项	6
2. 真空操作	8
3. 前开门更换靶材	11
4. 放样传样操作	13
5. 充气控压操作:	15
6. 样品台操作	17
7. 磁控靶枪	20
8. 水冷系统	22
四、 软件操作说明	23
1. 界面的公共内容	23
2. 真空系统	24
3. 生长系统	25
4. 生长工艺	26
5. 水冷系统	29
6. 历史数据	29
7. 实时曲线	31
五、 常见故障及处理方法	32
六、 重点注意事项	34

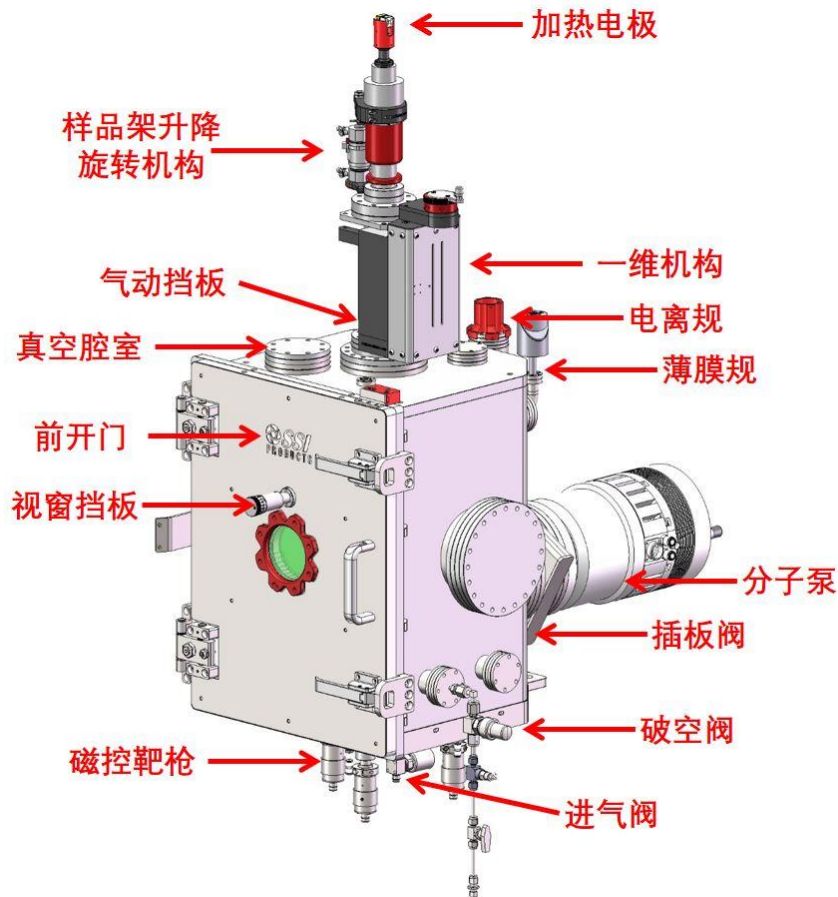
一、 设备概述

1. 设备用途说明

磁控溅射的样品生长是用高能粒子（大多数是由电场加速的气体正粒子）撞击固体表面（靶材），使固体原子（分子）从表面射出，最终沉淀到衬底上去。其作为一种十分有效的薄膜生长方法，被普遍和成功地应用于许多方面，特别是在微电子、光学薄膜和材料表面处理领域中，用于薄膜生长和表面覆盖层制备。

2. 设备主要组成

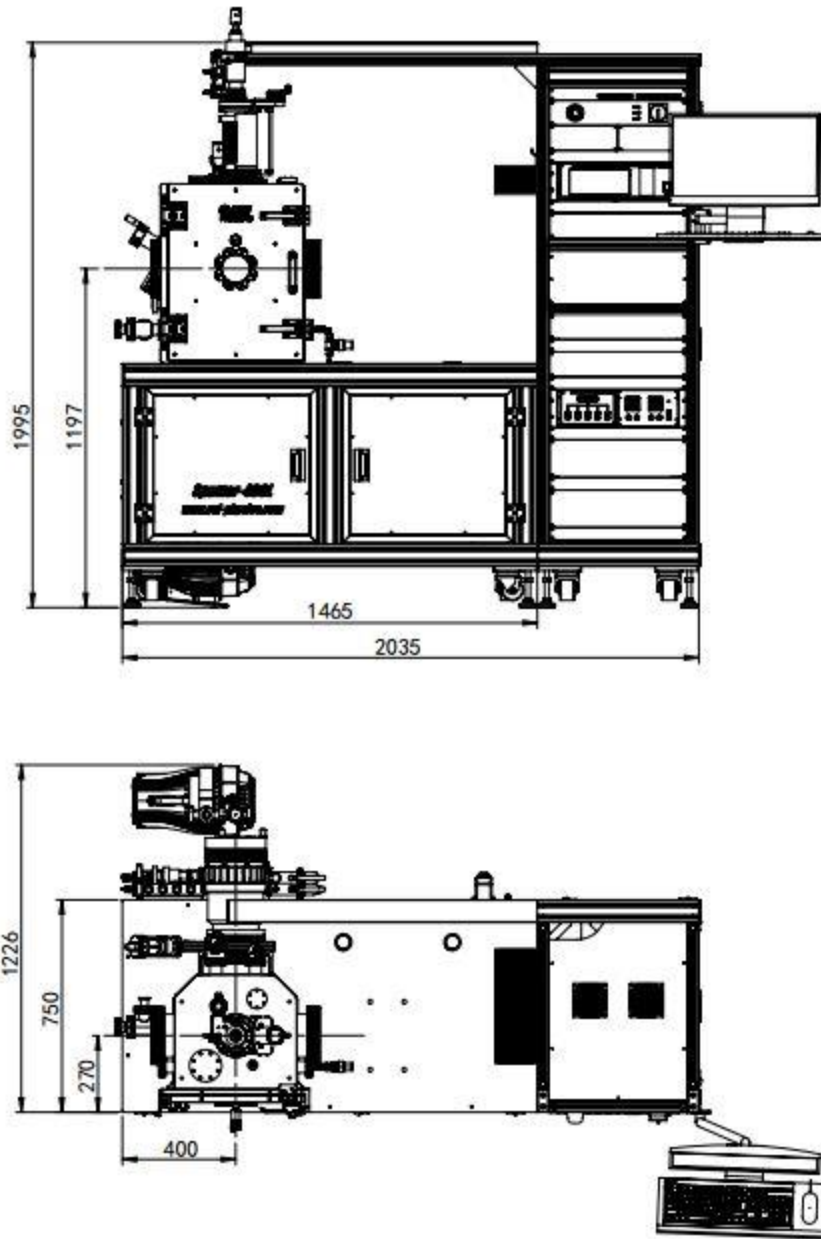
生长室



该系统主要由以下部分组成：

- 1) 真空腔室：方形腔室，尺寸 $\Phi 430$ （长） $\times 450\text{mm}$ （宽） $\times 600\text{mm}$ （高），腔体主体采用 316L 不锈钢材料，刀口法兰均为真空标准法兰，氩弧内焊焊接，内外电解抛光，表面一致。腔体法兰接口：3 个 CF150 接口，1 个 CF100 接口，7 个 CF63 接口，8 个 CF35 接口。配置 1 个 CF100 观察视窗、CF100 视窗挡板。真空腔室的极限真空度能达到 5×10^{-8} Torr。
- 2) 真空机组：配 KYKY FF-160/700F (CF160) 涡轮分子泵，鲍斯 GSP3 干泵，HTC GVBB-SS-CF150-M 插板阀。
- 3) 真空测量：配睿宝真空计 ZJ-12 离子规，ZJ-52 电阻规，测量范围：1.0E+5Pa 至 1E-8Pa。稳压用薄膜真空计 100Pa。
- 4) 样品台：2 英寸样品台，加热温度室温至 800°C ，控温精度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。热辐射加热方式，配置气动磁力耦合样品台挡板。配置磁力耦合旋转架，转速 0-40rpm，气动升降样品台交接衬底。手动可连续调节靶材衬底之间距离范围：50-150mm。
- 5) 磁控溅射靶：配置 6 个 2 英寸磁控溅射靶枪接口，标准磁控溅射靶枪 2 个，强磁靶枪 1 个，配置气动挡板。
- 6) 供气系统：配置了两路质量流量控制器，100Sccm Ar、200Sccm N_2 。通过薄膜真空计闭环控制进气系统的进气量来实现稳压控制。配置手动氮气破空系统。
- 7) 设备维护：配置水平铰链侧开门，方便更换靶材和清洁腔体。
- 8) 软件系统：Windows 图形用户界面和显示屏，软件具有可编程自动控制能力，自动化工艺控制，自动执行多层薄膜材料的生长。

3. 设备外形尺寸



4. 设备技术指标

技术参数	数据
生长室极限真空 (Pa)	5×10^{-6}
样品加热最高温度 (°C)	1000

二、设备安装说明

1. 设备运行条件

- 1) 主设备总供电要求：三相五线制 380V，5kW。
- 2) 环境温度：-5℃~40℃。
- 3) 设备占地尺寸：2100（长）x 1300（宽）x 2100（高）mm。
- 4) 氩气、氮气（工艺气体）：干燥、清洁；<5um 微尘颗粒；纯度 99.999%；气压 0.01-0.05Mpa。
- 5) 氮气（破空气体）：干燥、清洁；<5um 微尘颗粒；气压<0.05MPa。
- 6) 压缩空气（气动阀）：干燥、清洁；气压 0.4~0.6MPa。
- 7) 冷却水：纯水或去离子水，PH6~8，<50 μ m 颗粒，压力 0.2-0.4MPa。

2. 设备安装

- 1) 开箱检查：
 - a. 检查设备相关物品是否缺少或损坏（如有此情况请与厂家联系）。
 - b. 检查机器有否表面损伤或固定件松落现象（如有此情况请与厂家联系）。
 - c. 搬运和卸放设备时，应平稳不得倾斜，不得使设备受到强烈撞击和震动。
- 2) 设备安装空间要求：
 - a. 设备安装及使用空间，不优于 2100（长）x1300（宽）x2100（高）mm。
 - b. 为保证设备的精度要求与寿命，请务必使设备安装的位置远离振动源。
 - c. 地基不得倾斜、柔软或不规则。
 - d. 为了便于维修及检查，请在设备安装位置旁保留适当空间。
 - e. 安装地基要求：本设备应安装在坚实的地基上，设备就位后应用水平仪对设备调平，主要调节支撑脚的高度，调节完成后将设备锁紧，防止在使用过程中发生跑动现象，既而影响到设备的稳定性。如安装在两层以上的建筑，建筑的单位承重地面承重： $\geq 0.6T/m^2$ 。

3. 水、电、气安装：

- 1) 设备供电安装：设备上有一路总供电，自带 5 米总线缆，三相五线制。
- 2) 氩气、氮气（工艺气体）安装：设备上留有的接头为 1/4 金属卡套接头。
- 3) 氮气（破空气体）安装：设备上留有的接头为 $\phi 6 * \phi 4$ （外径*内径）PU 接头。
- 4) 压缩空气安装：设备上留有的接头为 $\phi 8 * \phi 6$ （外径*内径）PU 接头。
- 5) 冷却水：设备上留有的接头为外径 16mm 的宝塔接头。

三、 操作说明

1. 断电及重启注意事项



电控面板布局图

断电

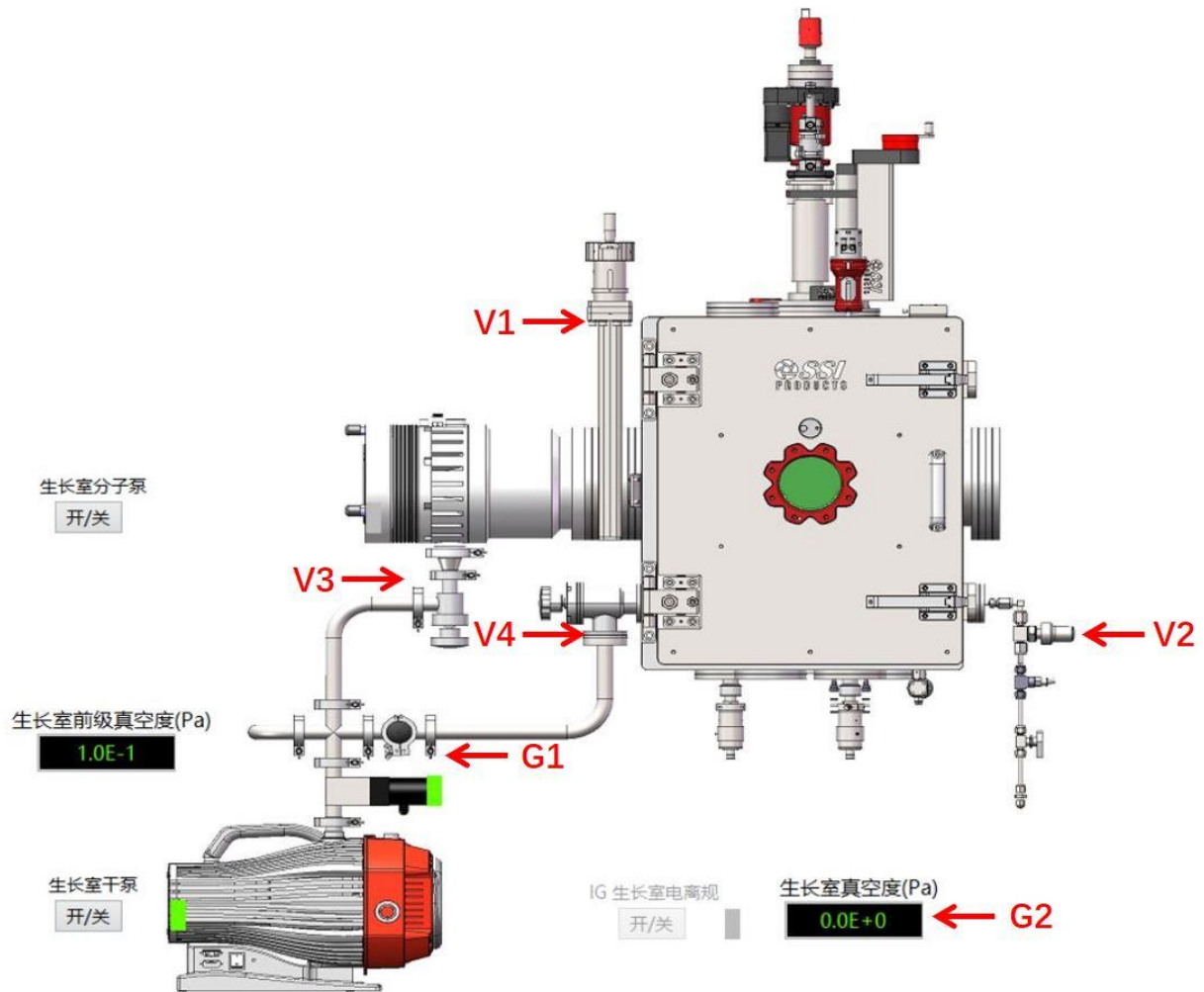
- 1) ①关闭生长室真空计、直流电源、射频电源、样品加热控制器、烘烤加热控制器；②关闭分子泵插板阀；③依次关闭生长室的分子泵和干泵。
- 2) 电脑关机后，关闭总电源。

重启

- 1) 确认生长室真空计、直流电源、射频电源、样品台加热控制器、烘烤加热控制器处于关闭状态，打开总电源。
- 2) 手动开启电脑，打开生长室真空计的电
- 3) 打开旁抽阀，分子泵前级阀，开启生长室的干泵，等待 15 秒后，干泵的电磁阀开启，待前级真空优于 100Pa 时，开启生长室的分子泵，打开分子泵插板阀，关闭旁抽阀。待生长室的分子泵进入全转速后 5 分钟，打开生长室电离规管。
- 4) 打开电脑的软件，第一时间调试电机，在生长系统界面的样品台旋转面板点击“使能”，再点击“回零”。



2. 真空操作



真空系统界面图

极限真空获得

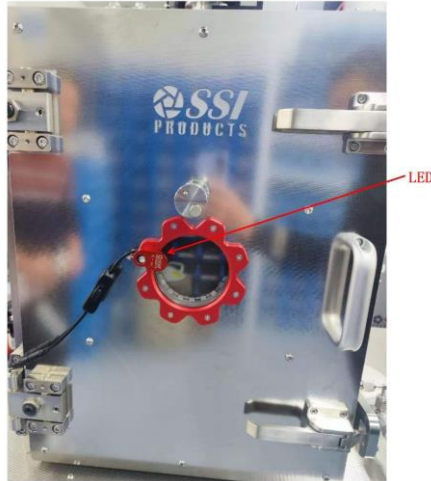
生长室真空获得

- 1) 生长室处于大气状态，V1（分子泵插板阀）、V2（生长室破空阀）、V3（分子泵前级阀）、V4（旁抽阀）关闭，确保生长室都处于密闭空间。
- 2) 确认 V3（分子泵前级阀）处于关闭状态，打开 V4（旁抽阀），确保生长室仅与干泵连通。
- 3) 启动生长室干泵，开始粗抽真空状态，真空规 G1 自行开启。
- 4) 当真空规 G1 优于 100Pa 时，打开 V3（分子泵前级阀）。
- 5) 当真空规 G1 优于 100Pa 时，启动生长室分子泵或分子泵处于启动状态，打开 V1（分子泵插板阀），关闭 V4（旁抽阀）。待生长室分子泵满转速 5 分钟后，打开电离规 G2。
- 6) 待系统真空好于 5E-6Torr，开始准备烘烤，如果真空度比较差，建议等真空度好一些时再进行烘烤。

整体烘烤操作

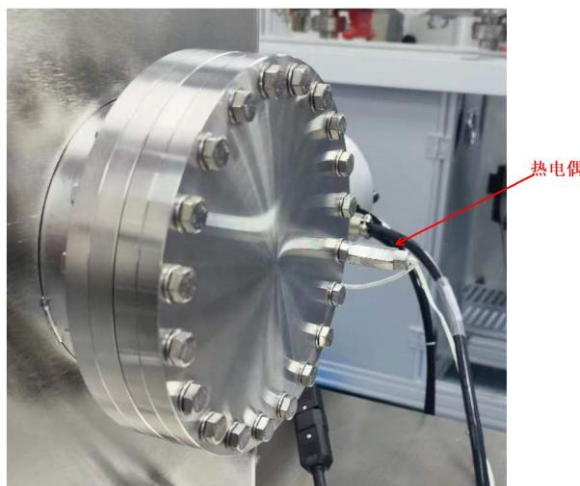
1) 烘烤准备工作:

- a. 将系统视窗上的 **1 个 LED 灯**，需要确认在烘烤的铝箔纸内无不耐烘烤的线或者部件。（**零部件拆卸后放在对应的机柜的收纳盒内，防止丢失**）



烘烤拆卸图

- b. 无纺布蘸酒精擦拭：擦拭观察窗，去除附着在观察窗表面的灰尘；擦拭磁力杆；擦拭腔室及抽气管路；擦拭插板阀。保证系统表面无灰尘或者油污存在（如果腔室表面有灰尘或者油污，系统烘烤结束后，这些灰尘或油污很难除掉）。
- c. 确认烘烤热电偶固定在对应的位置：生长室上各有 **1 个热电偶**，加热带控温需要（**确保没有脱落**）。热电偶位置按照我司指定位置。



烘烤热电偶布局图

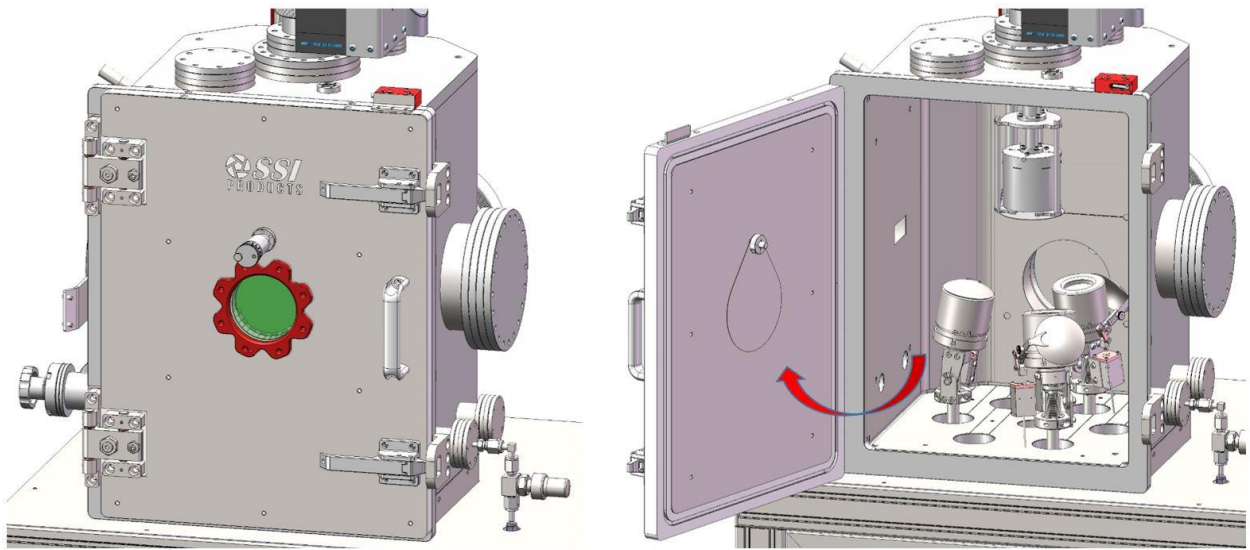
- 2) 开始加热带烘烤（同时可以开始样品台烘烤），建议烘烤时间 **48 小时 120℃**，升降速率 **1℃/分钟**。建议烘烤期间一天至少复查一次烘烤温度没有异常。烘烤结束后，当系统停止烘烤后自然降温到 **60℃左右**，拆除铝箔纸让系统降温更快。
- 3) 在烘烤升温到 120℃进行保温时，**建议关闭电离规**，防止气压过高损坏规管。烘烤一天后再开启。
- 4) 建议：**在系统降温至 100℃左右，对电离规除气。**
- 5) 待系统降温至室温时，待真空度停止变化时，系统获得极限真空。

系统破空操作：

生长室破空

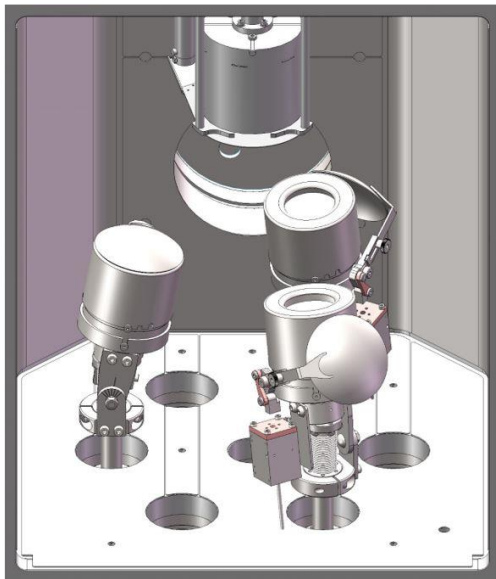
- 1) 生长室处于高真空状态，V2(生长室破空阀)、V4（旁抽阀）处于关闭状态。
- 2) 检查 V2(生长室破空阀)连接好破空氮气，松开生长室的前门的锁紧把手使前门仅靠大气压压紧，做好破空准备。
- 3) 关闭电离规管 G2。
- 4) 关闭 V1(分子泵插板阀)，手动打开 V2（生长室破空阀）。建议破空期间，破空阀一直处于打开吹扫的状态，有利于下次快速抽真空。
- 5) 若是长时间破空的话，则还需关闭生长室分子泵，观察分子泵转速指示，直至分子泵完全停止后，关闭生长室干泵。

3. 前开门更换靶材

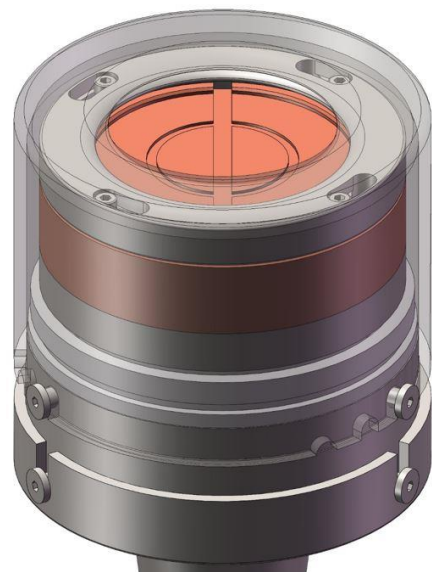


前开门开启图

更换靶材

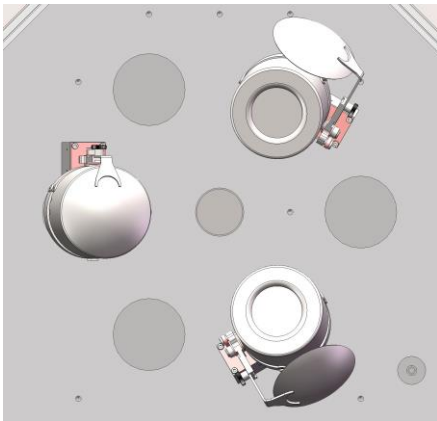


磁控靶挡板打开图

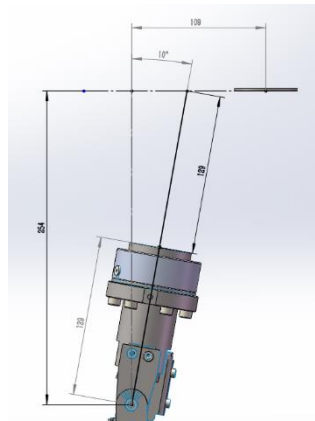


磁控靶头图

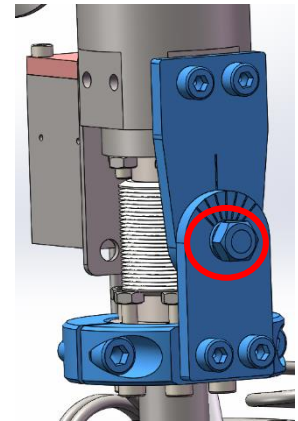
靶基距及角度调节



磁控靶分布



磁控靶基距示意

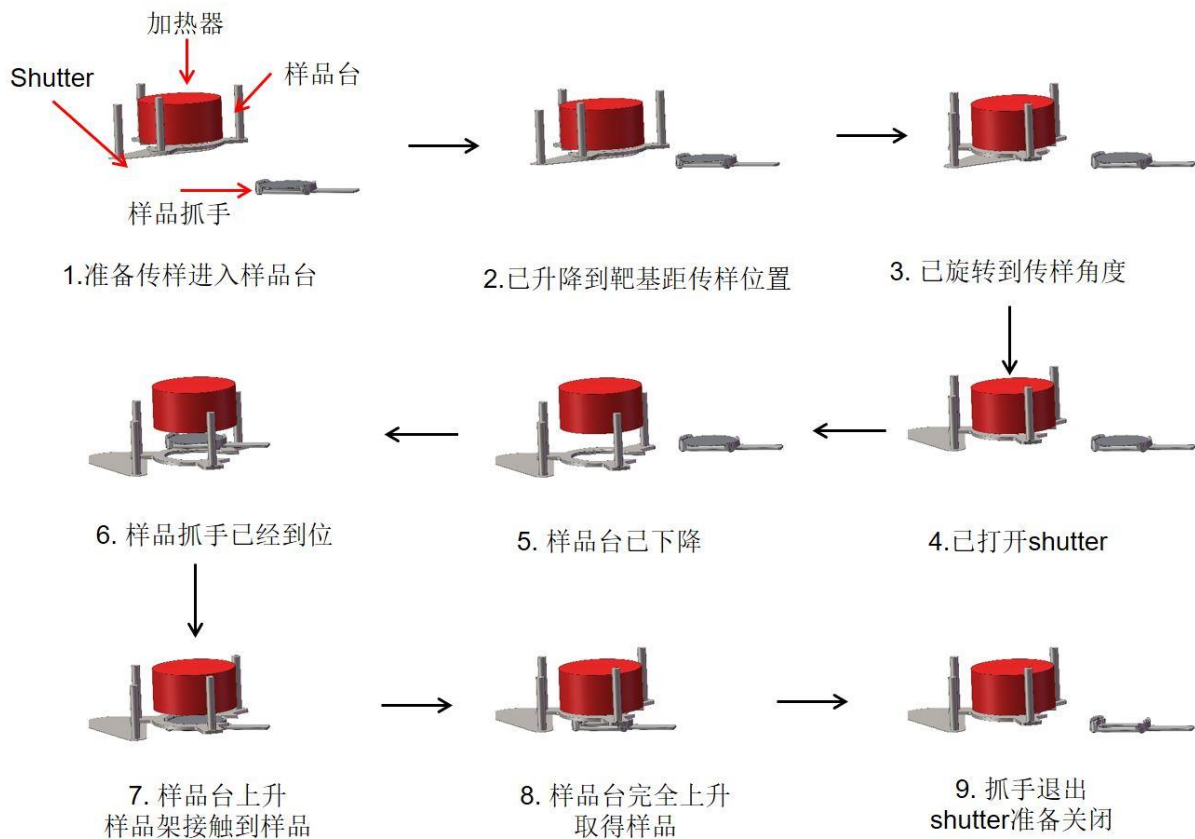


磁控靶角度调节

- 1) 目前 3 个靶枪的位置分布如图所示，倾斜角度在 10° 左右。
- 2) 最大靶材距离 150mm 左右。随着样品台的下降，靶基距不断减少。
- 3) 在调整靶基距的同时，建议在允许的情况下可以适当调整靶头的角度，使得靶头朝向样品。
- 4) 通过将红色圆圈内的螺丝松开，可以调节靶头的角度，上面有粗略的刻度（ 15° 一格）。调整完毕后，紧上螺母即可。
- 5) 调整后，将 3 个磁控靶的挡板依次打开，确认相互之前不干涉则调整完成。

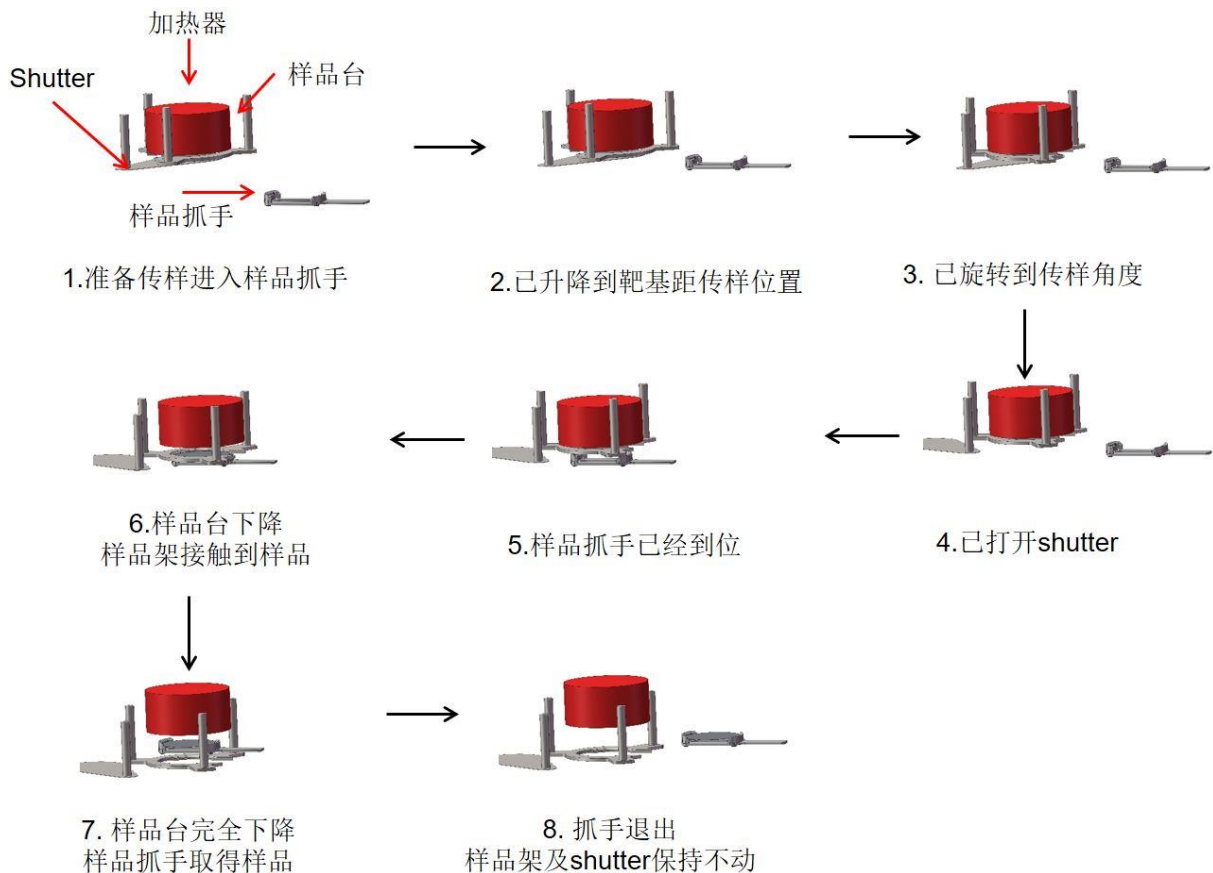
4. 放样传样操作

样品传样至生长室样品台：



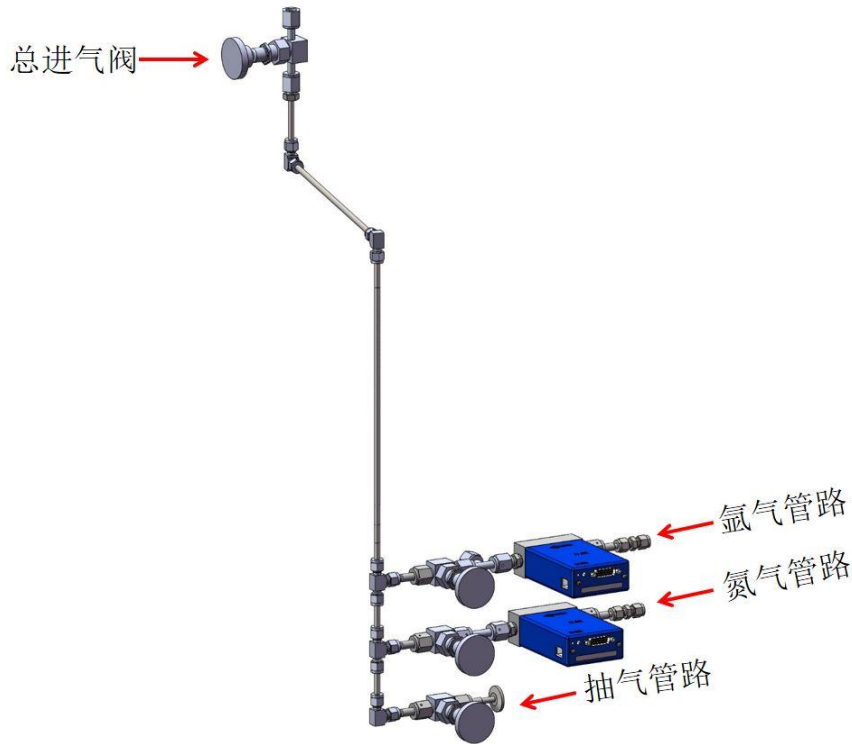
- 1) 打开进样室与分子泵插板阀。
- 2) 将样品升降到合适传样的高度。
- 3) 将样品旋转到合适传样的角度。
- 4) 打开样品挡板。
- 5) 下降样品台。
- 6) 用磁力杆将样品抓手放置样品台中心，该位置最好做标记，有精度要求。放置不当，会导致样品抓手与样品台的碰撞或样品斜挂在样品台、翻落到腔体中。
- 7) 确认样品抓手与样品台的相对位置 OK，上升样品台，与样品接触。
- 8) 样品台在上升的过程中，取走样品。
- 9) 完全上升到位后。退出样品抓手，关闭样品挡板。样品传递完成。

生长室样品台传出样品:

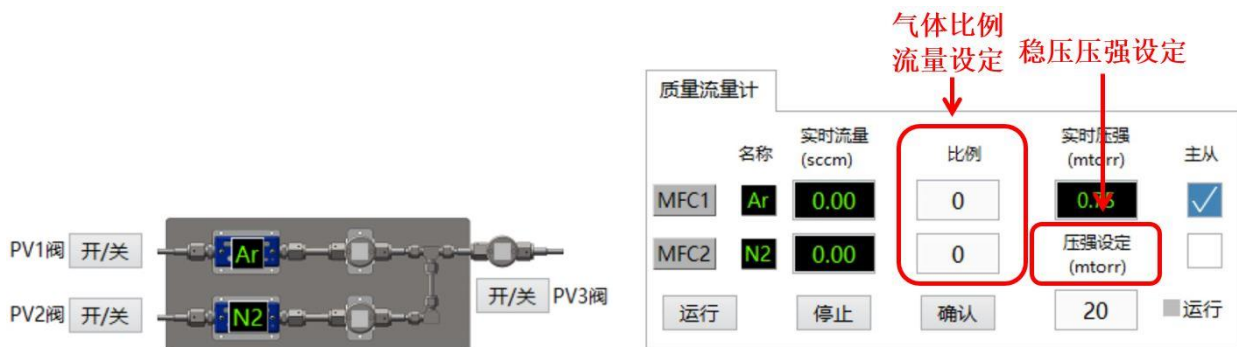


- 1) 打开进样室与分子泵插板阀。
- 2) 将样品升降到合适传样的高度。
- 3) 将样品旋转到合适传样的角度。
- 4) 打开样品挡板。
- 5) 用磁力杆将样品抓手放置样品台中心，该位置最好做标记，有精度要求。放置不当，会导致样品抓手与样品台的碰撞或样品斜挂在样品台、翻落到腔体中。
- 6) 确认样品抓手与样品台的相对位置 OK，下降样品台，与样品接触。
- 7) 样品台在下降的过程中，将样品传递到样品抓手上。
- 8) 完全下降到位后，退出样品抓手。保持挡板和样品架的目前位置，等待下次样品传入。下次样品传入，可以从**样品传样至生长室样品台**的第 6 步直接开始。

5. 充气控压操作:



气路板示意图



稳压控制界面

上图展示了 Sputter 的工艺气体管路，以及各个气体管道上的阀门。PV3(总进气阀)直接与腔室连通，两路工艺气体的进气分别由 PV1/PV2(工艺气体阀门)控制。通过点击 PV1/PV2(工艺气体阀门)的“开/关”按钮来控制阀门，阀门上的方形指示灯表示阀门的开关状态。

在材料生长过程中，腔体内的气压通过薄膜规进行测量。上游控制时，**将分子泵插板阀手动设定到一定的开度值**，质量流量控制器被用来设定一定比例的混气气体输入到腔室中，质量流量控制器将用薄膜规作为输入值（调节不同的气体输入流量来达到和保持这个气压）。

充气操作

- 1) 腔室处于高真空状态，准备向生长室内充气。
- 2) 关闭分子泵插板阀到 1/4 位置（具体位置要视具体的起辉压强和气体流量而定）。

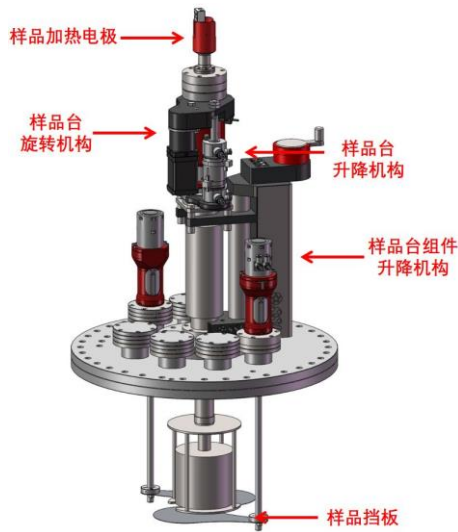
MFC1 单独充气

- 3) 只有 MFC1 没有其余气体，在质量流量计界面将 MFC1 设定为主，比例值 1.0，其余气体的流量比例设定为 0，按确认键完成数据输入。下跳转第（5）步。

MFC1、MFC2 混气

- 4) 当有气体需要混合时，先确定两路气体的相对比例，哪一路气体比例最大，则将其对应的质量流量计的“主/从”框选中，选中后，之后根据两路气体的相对比例，依次填写 MFC1、MFC2 的比例系数，按确认键完成数据输入。例如混气比例为 10:5，选中 MFC1 的“主/从”框，然后设定 MFC1、MFC2 的比例系数为 1:0.5 即可。
- 5) 在稳压控制界面，写入腔室所需起辉的设定压强。（直流 3-5mTorr, 射频 5-10mTorr）按确认键完成数据输入。打开参与稳压气体的阀门（PV1/PV2），PV3(总进气阀)。（这时候质量流量控制器还没有开始工作，质量流量控制器到主腔体内有气压残留，主腔室内气压会上升），等到质量流量控制器的实时流量显示稳定后，按“运行”按钮，系统开始充气，PID 调整进气流量来稳压。
- 6) 腔室工艺结束后，按“停止”按钮，系统停止充气。
- 7) 关闭 PV3(总进气阀)和参与稳压气体的阀门（PV1/PV2）。

6. 样品台操作



样品加热图

样品台加热系统是用来将样品衬底加热到生长温度的。加热系统是由 PID 控制的，温度控制器读取样品台的温度并将数据用来反馈以获取和保持设定温度值（温度控制器根据温度传感器的测定值来调整用于加热衬底的输出功率）。

间接电阻加热是让电流通过电热元件或导电介质，例如电阻丝、SIC，使电热元件首先发热，然后利用电热元件产生的热量以热辐射的方式间接加热目标物体。

样品台挡板是通过磁旋转传动可以将挡板横在蒸发源和样品之间。挡板避免在靶材预溅射时，样品上会生长材料。



样品台操作界面

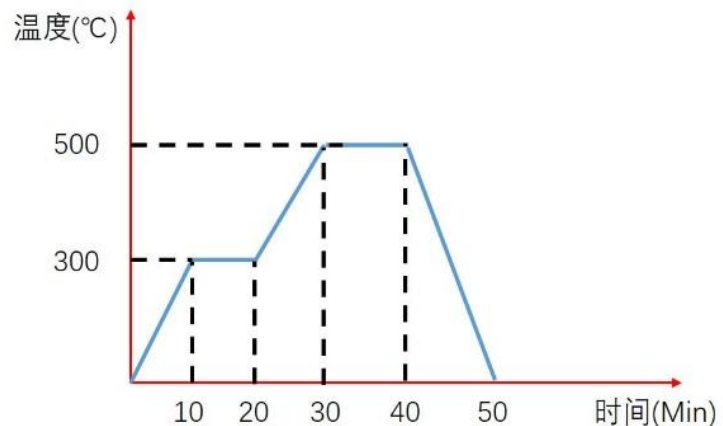
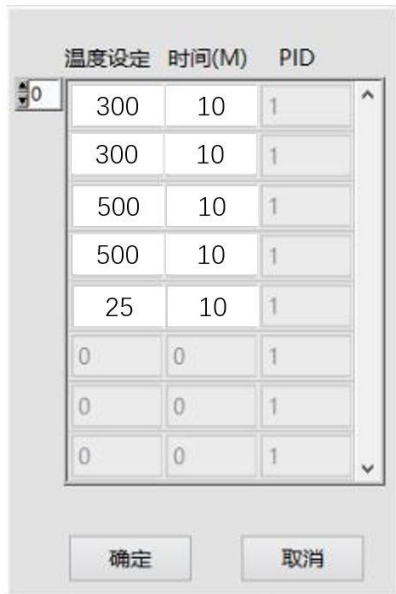
样品台操作界面显示了，“升”、“降”按钮是用来将样品台贴近加热器（热辐射越近越好），远离加热器时才能进行取放样，升为近，降为远。样品挡板“开/关”按钮用来开关样品挡板的，只有打开样品挡板，材料才能生长到样品上。



加热操作界面

样品台加热面板中，温度设定为当前程序段的目标温度，实时温度为样品的实时温度，当前段数为正在执行的程序段所在的行数，剩余时间为当前段数的剩余持续时间。

点击“程序段”，弹出下面图框：



程序段控温设定界面

上述程序实现①10分钟从室温加热至 300°C；②300°C维持 10 分钟；③10 分钟从 300°C加热至 500°C；④500°C维持 10 分钟；⑤10 分钟从 500°C降温至室温。

程序段中一共 8 行，可以设定每行目标温度和运行时间，以及该段程序段调用的 PID 数值。当前程序段处于升温还是降温阶段，取决于当前温度和目标值的大小。当前温度大于目标值，程序段用于降温；当前温度优于目标值，程序段用于升温。温度等于目标值，程序段用于保温。温控表中有三组 PID 数值，PID_1/PID_2/PID_3 分别应用于不同温度区间。

在程序段中每行依次设定好各个温度段的目标温度和运行时间，则点击“确认”按钮，写入指示灯表示程序的写入。

“运行”：加热器就会按照设定的参数进行升降温。

“停止”：加热器停止加热，无功率输出。

“保持”：在升温或降温过程中，当达到某个温度时，点击该按钮，样品台会一直保持在该温度。只有再点击该按钮，解除保持状态，继续之前的升降温程序。

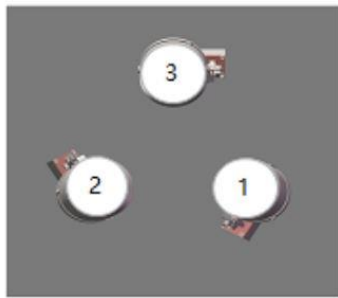
“整定”：在加热过程中，程序温度已经到达目标温度，但实时温度还没有达到目标温度时，或者实时温度在目标温度附近振荡（不满足控温精度要求），需通过按该按钮来实现目标温度的整定（按钮显示绿色），实时温度会下降上升，循环 2 次，整定结束后（按钮恢复无色），然后在目标温度附近慢慢稳定。在温控表中记录下整定后 PID 值，对程序段中的 PID 值进行更改。



样品台旋转设定界面

- 1) “使能”：点击“使能”，按钮显示绿色表示样品台的旋转电机可以运行。再次点击“使能”，按钮显示灰色表示样品台的旋转电机不能运行。
- 2) “点动-正”：顺时针点动微调样品台的旋转角度。
- 3) “点动-反”：逆时针点动微调样品台的旋转角度。
- 4) “回零”：点击“回零”，样品台会自动旋转至零点。
- 5) “故障复位”：“故障复位”按钮时用来消除样品台的旋转电机的故障。
- 6) 在转速设定框中设定样品台旋转的速度，在位置设定框中设定样品台旋转的角度位置。
- 7) “连续运行”：点击“连续运行”，样品台就按照设定好的转速一直旋转。
- 8) “样品传样”：设定样品台的旋转速度和旋转角度位置后，点击该按钮，样品台就按照设定好的参数运行到位。
- 9) “停止”：不论何时按“停止”按钮，都可以停止样品台的旋转运动。

7. 磁控靶枪



挡板控制界面

挡板控制面板控制磁控靶挡板的开关，6 个磁控靶可以在材料名称框中填入每种靶材的名称，左侧 6 个靶的指示灯表示挡板的开关状态。



射频电源界面



直流电源界面

射频电源界面中，显示工作过程中的正向功率，还有反射功率。在功率设定框中填写所需的功率输出，在功率速率设定框中填写功率的升降速率，按确认键接受数值。点击“运行”控制射频电源的输出，点击“停止”停止射频电源的输出。

直流电源界面中，显示工作过程中的实时功率，实时电压，实时电流。在功率设定框中填写所需的功率输出，在功率速率设定框中填写功率的升降速率，按确认键接受数值。点击“运行”控制直流电源的输出，点击“停止”停止直流电源的输出。

靶材的预溅射

新的靶材或者暴露于大气中的靶材都需要预溅射，来消除靶材表面的氧化层、污染物等。

在预溅射过程中，样品的挡板需要处于关闭状态，防止衬底被污染。

在预溅射过程中，靶表面产生多个电弧的情况并不少见。一般来说，这些是相对较低的能量弧，本质上是随机的，不是持续的。由于目标表面在预腐蚀过程中被清洗，电弧数量将减少，等离子体将变得非常稳定。在此期间，目标电压一般会缓慢增加，并最终锁定在一个高于初始运行电压的值。电弧的缺失和电压的稳定性(当靶被腐蚀掉时，电压趋于从这个稳定值缓慢下降)是一个良好的迹象，表明靶已经被充分清洁，可以开始溅射。

1. 确认样品的挡板需要处于关闭状态。在挡板控制界面打开对应磁控靶的挡板。(磁控靶的挡板只有用时开启，其余时间关闭)
2. 充气控压在 1-15mTorr 范围内，通常材料在这个氩气气压下可以起辉，一些特殊的材料可能需要更好的气压。建议如下：直流：3-5mTorr，射频 5-10mTorr，射频电源的起辉气压相对高些，如果在该气压下没有起辉，可以将气压升高至 50mTorr，等起辉后，缓慢降低气压到常用气压范围。
3. 确认水路正常工作。
4. 对样品衬底做预处理，加热退火、等离子清洗或偏压。具体过程根据用户具体工艺而定。
5. 在靶基距界面调整到合适的靶基距，在样品旋转界面设定样品旋转的具体速度。

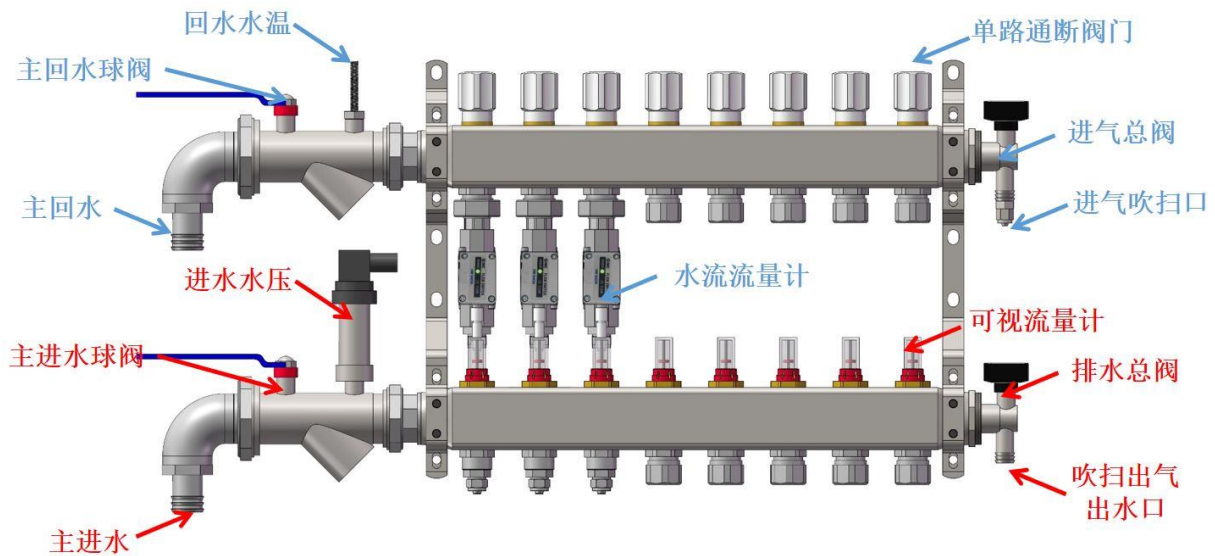
开始预溅射：

6. 打开磁控靶的挡板。
7. 打开对应的直流电源或者射频电源的总电源，设定低功率（10-50W）用于起辉。
8. 让靶材工作 5-10 分钟，或者等到溅射的参数稳定。预溅射完毕。

溅射：

9. 打开对应的直流电源或者射频电源的总电源，设定低功率（10-50W）用于起辉，之后将功率增加到成长样品所需功率。
10. 磁控靶开始工作，将样品挡板打开，在衬底上生长材料。
11. 生长到所需样品厚度后，关闭样品挡板，关闭磁控靶挡板。
12. 关闭样品衬底的加热或偏压。具体过程根据用户具体工艺而定。
13. 将直流电源或者射频电源的输出关闭。
14. 按照充气控压操作中的步骤关闭充气气路。

8. 水冷系统



分水排分水:

- 1) 确认水冷机的出水管接到进水总阀的接口上，水冷机的回水管接到回水总阀的接口上。进气总阀接到压缩空气口，排水总阀接到排水管。
- 2) 关闭进气总阀、排水总阀。打开进水、回水总阀，打开 3 路单路水阀。上图中的总阀都处于开启状态，逆时针旋转 90°，则关闭总阀。
- 3) 打开水冷机阀门，冷却水通过进水排分 3 路进入系统中，检查并确保系统中的水路没有泄露。倘若泄露，及时关闭进水、回水总阀即可。
- 4) 进水排上方的可视化流量计可以观察每一路的水流量 (0-5L/min)。
- 5) 回水排上的单路水阀，可以根据需要来调整每一路的水流量。
- 6) 回水排下的流量开关可以设定每一路需要的水流量，当某一路水的实际流量不满足该路的设定要求，则会有信号报警。

分水排排水:

- 1) 将排水总阀上的排水管接到水桶中去。
- 2) 关闭进水、回水总阀。3 路单路水阀保持打开状态。
- 3) 打开排水总阀、进气总阀。开始排水。
- 4) 排水完毕后，关闭进气总阀，保持排水总阀打开状态。
- 5) 水路的烘烤准备工作完成。

四、 软件操作说明

1. 界面的公共内容



操作界面的公共显示内容分别有：设备制造商 LOGO、登录界面、设备名称、三色灯、时间日期、界面切换操作按钮、主操作按钮等，如上图所示：

1) 点击登录界面中的“登录/退出”按钮，弹出登录界面。



在登录界面中，填写入对应的用户名和密码，按确认即可登录。管理员用户可以创建和删除用户，也可以给用户赋予操作员或者管理员的权限。

开机密码：123456。用户名登录：操作员（111）、维修员（222）、管理员（333）。

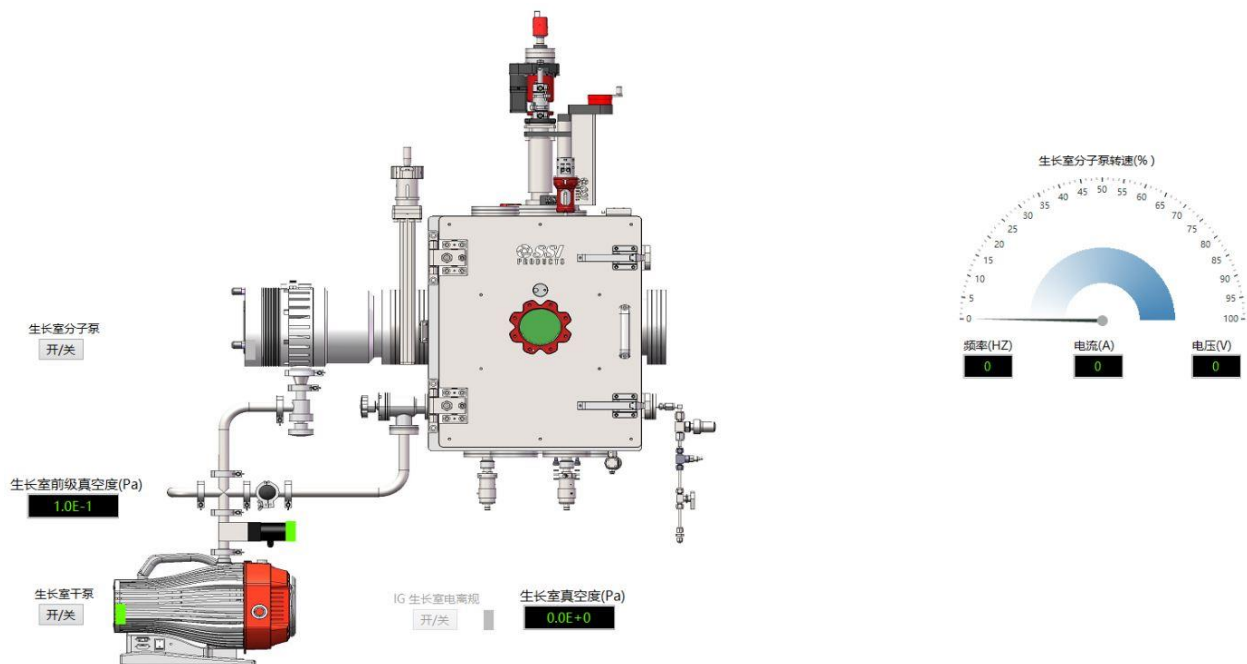
- 2) 三色灯显示设备的运行状态，最顶端的方块显示为红色时，表示红色报警信号，第二个方块显示为黄色，表示待机状态。第三个方块显示为绿色，表示正常、无错误操作。
- 3) 一共 6 个主界面切换按钮，分别对应各个界面，“真空系统”、“生长系统”、“生长工艺”、“水冷系统”、“历史数据”、“实时曲线”界面。
- 4) 右侧为主操作按钮，分别有“生长室抽真空”、“数据记录”、“退出系统”等按钮。

“**数据记录**”：点击该按钮，电脑开始记录运行过程中的数据，如生长室真空度、样品温度等数据，并存储至数据表中。

“**数据采集周期 (s)**”为数据记录的周期设定，系统每隔一定的采样周期记录一次数据。该参数可以改动，改动后需要重新关闭和开启数据记录按钮，才能生效。

“**退出系统**”：点击该按钮，退出整个程序系统。

2. 真空系统



真空系统界面的内容分别有：干泵、分子泵的启停按钮，生长室真空度的显示，分子泵转速百分比的显示。如上图所示：

- 1) 真空系统界面中生长室干泵、分子泵的“开/关”都放置其模型的旁边，可通过“开/关”的点击完成泵的开启和关闭，同时泵模型上有指示灯来表明泵的开关状态，绿色为开，红色为关。右上角的仪表盘分别代表着生长室的分子泵的实时转速百分比，仪表盘的下方以数字的形式显示着当前分子泵的转速、电流、电压等参数。
- 2) 真空系统界面中的黑底绿字显示的是腔室的真空度，其中包括前级真空度、真空度。其中生长室的前级真空度室由电阻规测量，可以一直显示。生长室真空度是由电离规进行测量，只有达到一定的真空下才可以进行测量并显示，否则会损坏电离规的灯丝。腔室破空前需要关闭电离规，可通过电脑上G2模型旁的“开/关”进行关闭和开启，开启前需确认腔室处于高真空状态。如在真空计控制器上直接手动控制电离规的开启和停止，电脑界面的指示灯不做变化。

3. 生长系统

样品加热

实时温度(°C)	温度设定(°C)	剩余时间(Min)	当前段数
23.2	0	0	0
自整定	暂停	下一步	运行
程序段	运行	停止	写入状态

质量流量计

名称	实时流量 (sccm)	比例	实时压强 (mtorr)	主从	
MFC1	Ar	0.00	0	0.75	<input checked="" type="checkbox"/>
MFC2	N2	0.00	0	压强设定 (mtorr)	<input type="checkbox"/>

运行 停止 确认 20 运行

靶材选择表

靶材挡板	靶材名称
1 开/关	Ni
2 开/关	Cu
3 开/关	Ti

射频电源

正向功率(W)	反射功率(W)	偏压(V)	运行
0	0	0	
功率设定(W)	功率设定(W/S)	确认	
30	50		
运行	停止		

直流电源1

实时功率(W)	实时电压(V)	实时电流(mA)	运行
0	0	0	
功率设定(W)	功率设定(W/S)	确认	
30	10		
运行	停止		

样品台旋转

点动-正	点动-反	使能	回零	故障复位
转速(rpm)	转速设定(rpm)	运行		
0	8			
角度(°)	角度设定(°)	确认		
82	58			
连续运行	停止	样品传样		

充气相关的操作详见“3.5 充气控压操作”，样品台相关的操作详见“3.6 样品台操作”，磁控靶枪相关操作详见“3.7 磁控靶枪”。

4. 生长工艺

单磁控靶生长膜层参数

单层膜参数 共生长参数										
	靶枪	电源	功率 (W)	起辉气压 (mtorr)	生长气压 (mtorr)	Ar	N2	O2	预溅射时间 (S)	生长时间 (S)
A	3	1-3	20	5	5	1	0	0	20	1800
B	3	1-3	20	5	5	1	0	0	30	200
C	4	2-1	15	5	5	1	0	0	30	150
D	5	2-2	10	5	5	1	0	0	30	80
E	6	2-3	10	5	5	1	0	0	30	180
F	2	3-1	20	15	5	1	0	0	30	60
G	4	2-1	15	5	5	1	0	0	30	50
H	5	2-2	13	5	5	1	0	0	30	30
I	6	2-3	12	5	5	1	0	0	30	45
J	1	1-1	0	0	0	0	0	0	0	0
K	1	1-1	0	0	0	0	0	0	0	0
L	1	1-1	0	0	0	0	0	0	0	0
M	1	1-1	0	0	0	0	0	0	0	0

	靶枪	电源	功率 (W)	起辉气压 (mtorr)	生长气压 (mtorr)	Ar	N2	O2	预溅射时间 (S)	生长时间 (S)
N	1	1-1	0	0	0	0	0	0	0	0
O	1	1-1	0	0	0	0	0	0	0	0
P	1	1-1	0	0	0	0	0	0	0	0
Q	1	1-1	0	0	0	0	0	0	0	0
R	1	1-1	0	0	0	0	0	0	0	0
S	1	1-1	0	0	0	0	0	0	0	0
T	1	1-1	0	0	0	0	0	0	0	0
U	1	1-1	0	0	0	0	0	0	0	0
V	1	1-1	0	0	0	0	0	0	0	0
W	1	1-1	0	0	0	0	0	0	0	0
X	1	1-1	0	0	0	0	0	0	0	0
Y	1	1-1	0	0	0	0	0	0	0	0

确认

界面中可以设定 25 种薄膜的生长参数，每种薄膜的设定参数包括磁控靶枪编号（1、2、3），磁控电源输出点[直流电源 1(1-1、1-2、1-3、1-4、1-5)、射频电源 2(2-1)]，电源功率，起辉气压，生长气压，气压比例，预溅射时间，生长时间。

在材料的自动生长步骤前需要做准备工作，确认样品挡板和磁控靶挡板处于关闭状态，生长过程中的涉及到的工艺气体阀门打开（气动阀会自行打开），插板阀调整到一定的开度（电动阀会自行调整）。材料的生长距离，转速及生长温度都需要提前设定。

单磁控靶自动生长步骤：①按照设定的气体比例，腔体会达到起辉气压。②打开靶枪的挡板。③电源输出点会以设定的功率输出到靶枪。④靶枪起辉后，腔体会调整至生长气压。⑤开始计时，当达到预溅射时间时，样品台挡板打开。⑥材料开始生长，重新计时，当时间达到生长时间时，样品台挡板关闭，生长完毕。⑦靶枪挡板关闭，电源停止。

多磁控靶共生长膜层参数

单层膜参数		共生长参数数组																	
靶枪	电源	功率 (W)	起辉气压 (mtorr)	生长气压 (mtorr)	Ar	N2	预溅射时间(S)	生长时间(S)	靶枪	电源	功率 (W)	起辉气压 (mtorr)	生长气压 (mtorr)	Ar	N2	预溅射时间(S)	生长时间(S)		
Z1	1	1-1	30	25	6	1	0	10	30	Z4	1	1-1	0	0	0	0	0	0	0
	3	2	50								1	1-1	0						
Z2	1	1-1	0	0	0	0	0	0	0	Z5	1	1-1	0	0	0	0	0	0	0
	1	1-1	0								1	1-1	0						
Z3	1	1-1	0	0	0	0	0	0	0	Z6	1	1-1	0	0	0	0	0	0	0
	1	1-1	0								1	1-1	0						

界面中可以设定 6 种薄膜的共生长参数，每种薄膜最多可以包含两组靶枪的共同生长，程序会按照两组靶枪设定好的工艺参数来做生长工艺。

在材料的自动生长步骤前需要做准备工作，确认样品挡板和磁控靶挡板处于关闭状态，生长过程中的涉及到的工艺气体阀门打开（气动阀会自行打开），插板阀调整到一定的开度（电动阀会自行调整）。材料的生长距离，转速及生长温度都需要提前设定。

多磁控靶自动共生长步骤:①按照设定的气体比例，腔体会达到起辉气压。②打开多个靶枪的挡板。③多个电源输出点会以各自设定的功率输出到各自的靶枪。④多个靶枪起辉后，腔体会调整至生长气压。⑤开始计时，当达到预溅射时间时，样品台挡板打开。⑥材料开始生长，重新计时，当达到生长时间时，样品台挡板关闭，生长完毕。⑦多个靶枪挡板关闭，电源停止。

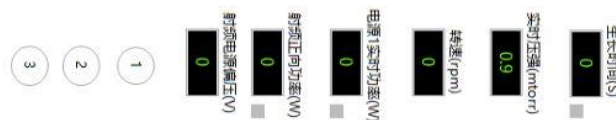
自动化生长流程



在多层膜生长流程中，空白框中可填写不同种膜组成的字母序列，可填入 A-Y, Z1-Z6，比如 ABZ2Z1 字母序列表示依次生长 A 膜，B 膜，Z2 膜，Z1 膜。循环次数表示该字母序列重复生长的次数。字母序列下方有指示灯表示当前生长到某个膜层，黑框中显示剩余的循环次数。

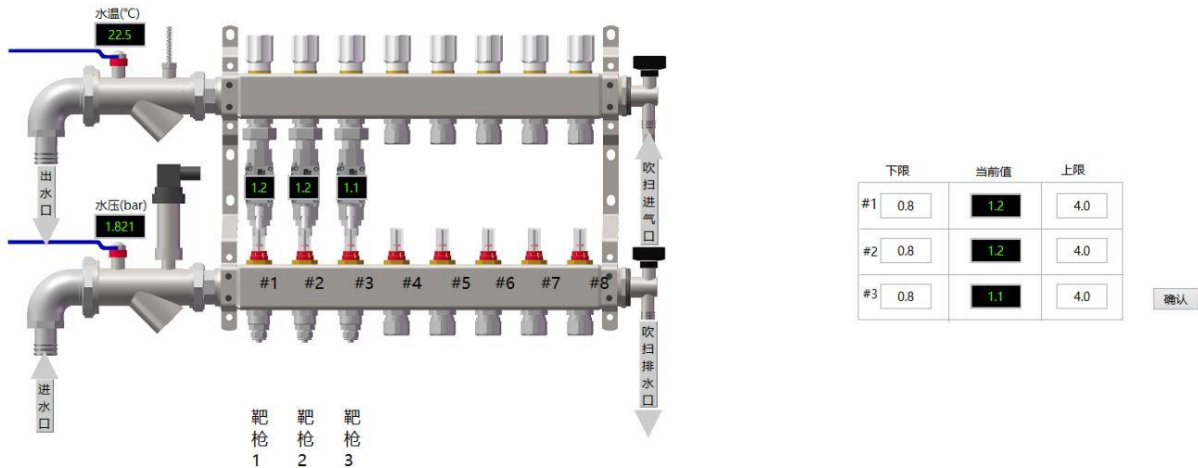
流程工艺配方命名框中填入配方的名称，点击“生成配方”，多层膜的字母序列和配方名称就存入流程工艺配方查询下拉框中。点击“删除配方”，配方就会从流程工艺配方查询下拉框中删除。流程工艺配方查询下拉框中选中需要生长的配方，点击“导入配方”，配方中的字母序列就会写入多层膜生长流程框中。

点击“运行”，多层膜生长开始，按照字母序列一层一层地生长样品。点击“停止”，则停止多层膜生长的运行。



在自动化生长流程中，指示面板中显示腔体的实时压强，样品台转速，电源的输出功率，3 个靶枪的挡板开关状态。

5. 水冷系统



水冷系统界面，下方为主进水管，在进水口管道有水压传感器检测进水路中总水压的大小。上方为主回水管，在回水口管道有温度传感器检测回水路中水温的大小。3路分水路的回水位置单独配有流量传感器，监控着每一路的水流量。

右侧为3路的水流量下限设定，在空白框中填入每一路的所需的水流量下限，点击“确认”进行写入或修改。当传感器中的水流量低于设定的水流量下限时，会进行报警。点击“报警复位”可以消除报警信号。

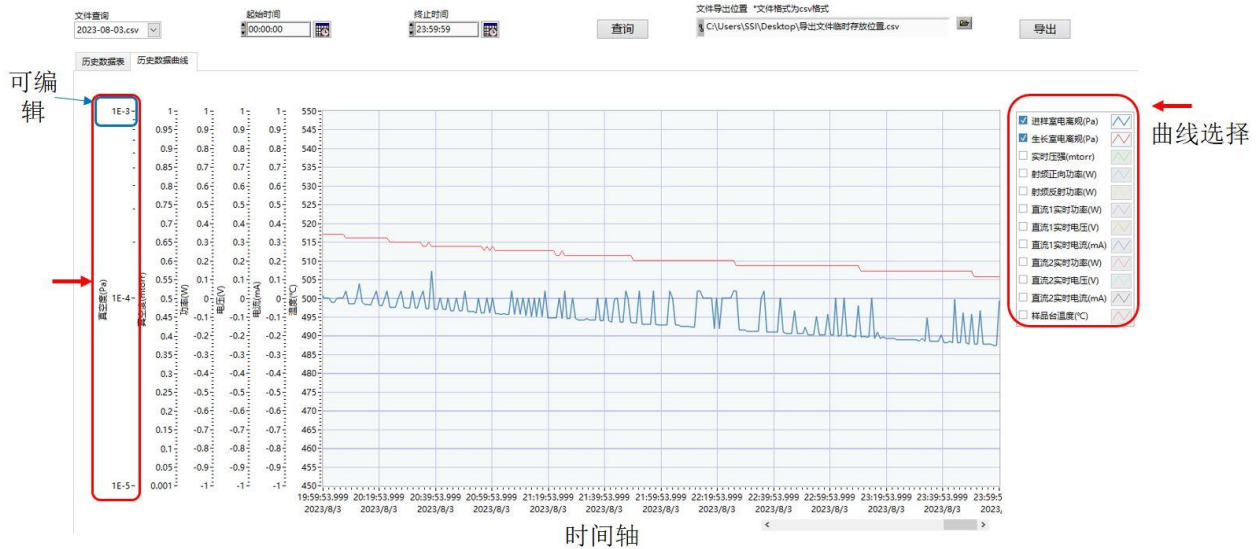
6. 历史数据

文件查询: 2023-08-05.csv | 起始时间: 00:00:00 | 终止时间: 23:59:59 | 文件导出位置: 文件格式为csv格式 | 查询 | 导出

历史数据表 | 历史数据曲线

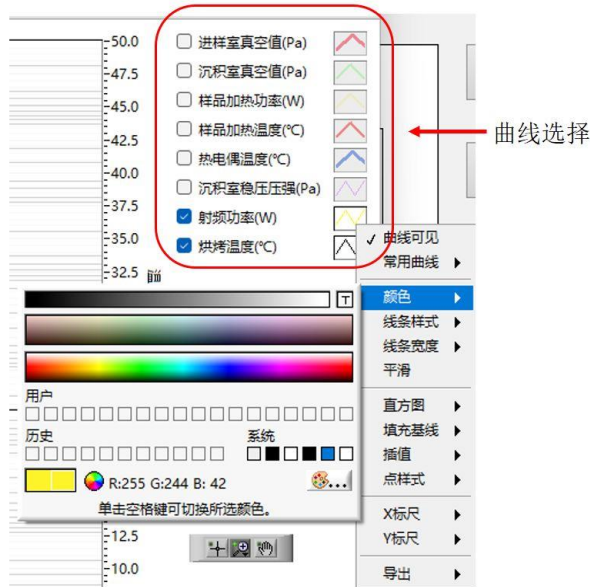
Date_Time	进样真空度(Pa)	生长真空度(Pa)	实时压强(mtorr)	射频正向功率(W)	射频反射功率(W)	直流1实时功率(W)	直流1实时电压(V)	直流1实时电流(mA)	直流2实时功率(W)	直流2实时电压(V)	直流2实时电流(mA)	样品台温度(°C)
2023/08/05 10:56:27	1.200E-5	3.400E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 10:57:26	1.200E-5	3.400E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 10:58:25	1.200E-5	3.400E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 10:59:24	4.500E-5	3.400E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:00:23	1.200E-5	3.400E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:01:22	1.200E-5	3.400E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:02:21	1.200E-5	3.400E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:03:20	1.200E-5	3.400E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:04:19	1.200E-5	3.400E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:05:18	1.200E-5	3.400E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:06:17	1.200E-5	3.500E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:07:16	1.200E-5	3.500E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:08:15	1.200E-5	3.500E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:09:14	1.200E-5	3.500E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:10:13	1.200E-5	3.500E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:11:12	1.200E-5	3.500E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:12:11	1.200E-5	3.500E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:13:10	1.200E-5	3.500E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:14:09	1.200E-5	3.500E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:15:08	1.200E-5	3.500E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:16:07	1.600E-5	3.500E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:17:06	1.200E-5	3.500E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:18:05	1.200E-5	3.500E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:19:04	1.200E-5	3.500E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:20:03	1.200E-5	3.600E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:21:02	1.200E-5	3.600E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:22:01	1.200E-5	3.600E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:23:00	1.200E-5	3.600E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:23:59	1.300E-5	3.600E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500
2023/08/05 11:24:58	1.300E-5	3.600E-5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	500

- 1) 数据记录的数据可在该界面查询，左边 2023-08-05 为列表框，可以点击箭头打开下拉菜单，具体选中某天，设定好开始时间和结束时间后，点击“查询”按钮后，下列列表中显示所有数据。
- 2) 通过面板切换可以查看历史数据曲线。



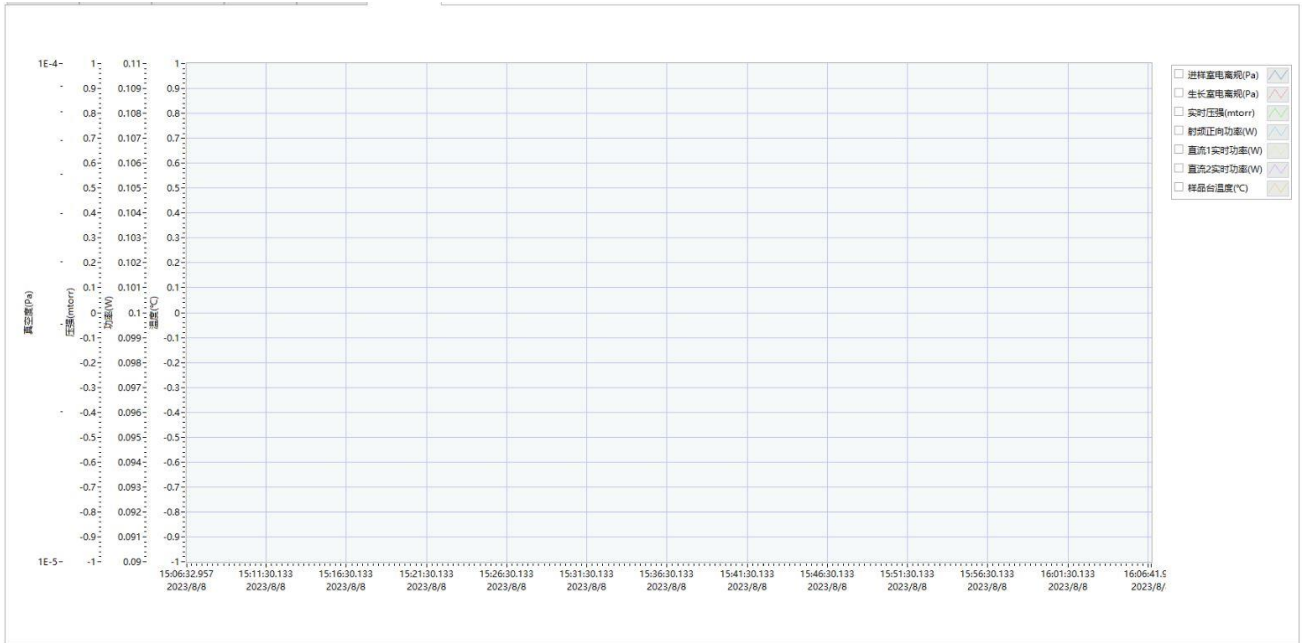
图框中显示的曲线为设备参数的历史数据曲线，下方时间轴的最左边为查询的起始时间，界面上显示 4 个小时的数据曲线，通过右下角的水平滚动条可以显示不同时间段的数据曲线。

左侧坐标轴为真空度、功率、电压、电流、温度的显示，坐标轴的最大和最小值可通过选中最大和最小数字进行编辑，通过更改坐标轴的最大最小值就可以将不同数值大小的曲线更好地展示出来。



图框的右上角显示了多种设备参数的实时数据曲线的选择，只要勾选对应曲线的前面方框，曲线就可以在图框中显示。点击曲线后面的方框，可以在其中设定曲线的颜色和曲线的样式。

7. 实时曲线



实时曲线界面上显示的是 1 个小时的数据曲线。实时曲线界面的操作方式与历史数据曲线界面一致。

五、 常见故障及处理方法

设备出现故障时，可参照本章进行相应的处理，如下表 5.1 所示，如果仍然无法排除故障，请与厂家联系。



注意：

- 1、以下故障发生时请根据具体情况，结合原理，详细分析进行处理；
- 2、若设备出现本说明书中未提及到的严重异常情况时，请与本公司联系，本公司将派专人上门维修，切勿擅自拆卸；
- 3、如因非正常使用情况下或未经许可擅自拆卸而造成的任何生产损失本公司不承担责任。

表 5.1 常见故障及处理方法

SPUTTER 镀膜系统		
故障现象	原因分析	解决方法
打开总开关 工作灯不亮	1. 电源开关已坏 2. 电源没有接好	1. 更换电源开关 2. 检查电源
真空度不好	1. 真空泵受损 2. 系统存在漏气点 3. 腔室内不清洁 4. 烘烤不彻底	1. 检查真空泵 2. 检查系统漏点 3. 用酒精擦拭清洁内表面 4. 需要重新烘烤系统
点击按钮无效	1. 操作不当，按钮间存在连锁现象 2. 按钮损坏	1. 检查操作是否有误 2. 更换按钮
干泵异常	1. 干泵声音偏大 2. 前极真空变差	1. 打开气振，吹扫半小时。若没有改善联系厂家 2. 检修干泵，更换密封条
分子泵 无法启动	1. 分子泵本身受损 2. 分子泵负载太大，排气口压强过大 3. 其前级泵不工作 4. 分子泵报警	1. 检修或更换分子泵 2. 检查并排除分子泵排气口压强过大因素 （如前级泵干泵本身受损） 3. 检修干泵 4. 按复位键，重置分子泵状态

样品台 无法升降	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电机故障 2. 驱动器报错 2. 压缩空气压力不够 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 与厂家联系。 2. 需要断电重启 3. 检查空压机是否正常工作
样品台 无法旋转	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电机故障 2. 皮带轮断裂 3. 驱动器损坏或报错 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 与厂家联系 2. 与厂家联系 3. 更换驱动器，断电重启
样品台 无法加热	<ol style="list-style-type: none"> 1. 加热丝损坏 2. 加热器设定是否正确 3. 线缆未连接或者损坏 4. 加热器短路 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 与厂家联系 2. 检查设定加热程序 3. 检查线缆是否正常连接 4. 与厂家联系
Gun 无法起辉	<ol style="list-style-type: none"> 1. 压强不够 2. 进气阀门未开启 3. 电源损坏 4. 水冷工作不正常无水流信号 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 确认进气压力及阀门开启 2. 检查空压机是否正常工作 3. 与厂家联系 4. 检查冷水机是否正常工作
Gun 挡板 样品挡板 无法打开	<ol style="list-style-type: none"> 1. 压缩空气压力不够 2. 气缸损坏 3. 节流阀关闭或者损坏 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查空压机是否正常工作 2. 更换气缸，与厂家联系 3. 调大节流阀大小，更换节流阀
样品无法对接	<ol style="list-style-type: none"> 1. 样品方位不对，或有偏差 2. 传样位置不对 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 磁力杆方位产生变动，与厂家联系，在厂家指导下调整 2. 在厂家指导下调整样品对接位置参数。

六、 重点注意事项

注意及维护事项

1. 干泵长时间使用需要定期维护干泵密封条（时间根据使用情况定，当干泵抽真空极限真空变差或者干泵运行过程中噪音），如果不维护，会造成系统极限真空变差，干泵轴承内部磨损严重，损坏泵体。
2. 分子泵属于高真空泵，其运行前提是其前级泵必须工作，且其所属系统真空度需好于 100Pa。当系统负载过大（如有大漏），分子泵会因为负载过大做自我停机保护。分子泵全转速运行过程中不能让其进气口和排气口突然暴露大气，突然暴露大气会对分子泵进行激烈冲击，造成对分子泵的严重伤害甚至彻底报废，因此，必须防止此类事故发生。详见分子泵说明书。
3. 插板阀开启时两侧压差 $\leq 3000\text{Pa}$ ，如果两侧压差不同，需要采取措施平衡阀门两端的压差后方可开启。插板阀关闭时耐温为 200°C ，打开时耐温为 250°C ，如果插板阀为关闭状态，烘烤温度不可超过 200°C 。
4. 一维升降机构的丝杆需要涂耐高温润滑脂，保持丝杆表面清洁和良好的润滑非常重要。在系统烘烤后或运行一个月后，需要涂耐高温润滑脂（如有需求，请与我司联系）。
5. 在样品传递过程中，确保样品位于传样位置，样品挡板处于打开状态。
6. 在腔体充气前确认分子泵插板阀位置。
7. 材料蒸镀过程中，尽量减少打开视窗挡板时间，否则材料会蒸镀到视窗上。

七、 售后服务联系方式

再次感谢您选购我司产品，我司将竭诚提供良好的售后服务。为了更好的做好售后服务工作，如下为我司的详细联络方式，如有疑问，可随时与我们联系。

名称：上海实路真空技术工程有限公司/实陆仪器科技（上海）有限公司

地址：上海市宝山城市工业园区园康路 300 号 B 栋 2 楼

电话：021-69177309

传真：021-69175278

邮箱：info@ssi-physics.com

网站：www.ssi-physics.com



上海实路真空技术工程有限公司
实陆仪器科技（上海）有限公司

2023 年 11 月编制