

文件编号: Q/WU FLHA202301

版本号: V1.1

受控状态:

分发号:

物质科学公共实验平台 质量管理文件

高低温探针电学/光电测量系统

**B1500A Semiconductor Parameter Analyzer, used with
summit 1100B-M Probe Station**

标准操作规程

2024年1月15日发布 2024年1月15日实施

物质科学公共实验平台 发布

修订页

修订日期	版本号	修订说明	修订	审核	批准
2023.02.03	V1.0	发布试行	杨祯	杨祯	
2024.01.15	V1.1	补充高低温操作内容	杨祯	杨祯	

目录

1. 目的.....	4
2. 范围.....	4
3. 职责.....	4
4. 电学性能测试实验室安全管理规范.....	4
5. 电学性能测试实验室设备管理规范.....	5
5.1 探针台使用制度.....	5
5.2 预约制度.....	6
5.3 培训考核制度.....	6
5.3 仪器故障报告.....	7
6. 探针台的使用.....	7
6.1 设备基本信息.....	7
6.2 设备介绍.....	7
6.3 探针台操作步骤.....	10
6.3.1 样品的准备及安装：.....	10
整个操作过程必须佩戴橡胶手套，按照如下步骤进行操作。.....	10
6.3.2 样品下针.....	13
6.4 变温测试.....	15
6.4.1 打开空气压缩机.....	15
6.4.2 样品腔吹扫.....	16
6.4.3 温度控制.....	17
6.4.8 测试完成：.....	17
6.5 探针台使用注意事项.....	18
6.5.1 常见的错误操作：.....	18
6.6 半导体参数分析仪的使用.....	18
6.6.1 操作步骤.....	18
7. 相关/支撑性文件.....	18

1. 目的

建立高低温探针电学/光学测量系统&B1500A(以下简称探针台)系统标准操作规程,使其被正确、规范的使用。

2. 范围

本规程适用于所有使用探针台的用户。

3. 职责

- 3.1 用户应严格按照本程序操作,不得进行培训内容以外的操作,发现异常情况请及时汇报实验室技术员。
- 3.2 用户有保持实验室整洁的义务,未经技术员允许不得动用房间内的任何物品。
- 3.3 实验室技术员应确保操作人员经过相关培训,并按本规程进行操作。

4. 电学性能测试实验室安全管理规范

4.1 实验人员进入实验室前必须通过学校相关安全准入培训,应熟悉消防安全基本知识、化学危险品安全知识、用电/用水/用气常识;所有实验人员应了解消防器具与紧急逃生通道位置,实验过程中做好防护措施;取得实验室门禁授权的用户,严禁将一卡通借给他人使用,严禁无关人员进入实验室。

4.2 实验人员应穿戴整齐,服装应符合实验要求,严禁穿凉鞋、高跟鞋。

4.3 经培训考核后方可操作仪器,严格遵守仪器标准操作规程并做好实验记录;严禁私自将实验室物品带离实验室;未经考核者严禁触碰和使用仪器。

4.4 应如实填写、告知样品的真实信息,严禁测试有毒有害或有可能损害设备的物质。

4.5 仪器使用中碰到任何疑问、异常和故障报警,及时联系仪器设备责任人,严禁盲目操作。

4.6 严格遵守实验室的各项安全警示、标识。

4.7 进入实验室后不要在实验室频繁走动,以免对实验造成干扰。

4.8 严禁戴手套接触门把手、鼠标、键盘;将实验废弃物、普通垃圾、废液、尖锐物等进行分类处理,禁止随意丢弃;禁止将锐器、玻璃、枪头丢弃在常规垃圾箱中。

4.9 实验室应保持整洁,严禁摆放与实验无关的物品如食品和饮料等;严禁在实验室进食与吸烟;严禁携带动物进入实验室;应及时将个人物品带离实验室。

4.10 因人为原因造成仪器故障或损坏的,其导师课题组须承担相关责任。

4.11 非常规实验应提前与技术员沟通，须技术员同意并指导方可进行。

4.12 保持试验区整洁，相关工具放置在指定位置；样品制备、装送样品时必须戴手套，禁止直接用手触摸样品台及样品架；

4.13 高温实验过程中应远离热源防止烫伤，变温实验过程中应全程在仪器旁。

4.14 统一使用物质平台规定的数据传输、下载方式，严禁使用 USB 拷贝数据；严禁查看、下载其他人的数据；严禁私自修改电脑、安装软件等；严禁私自接入网络；严禁私自使用远程控制软件。

4.15 实验室内均为大型科研设备，具有自主上机资格的用户，需使用预约系统，使用本人账号进行登录使用，严禁其他人员在该预约时段内使用仪器。在仪器使用期间，使用人承担安全责任。

4.16 为保持实验室内环境温度及湿度，保持实验室门窗关闭。实验结束后，实验人员必须进行清场。最后离开实验室的人员需检查水、电、门窗等。

4.17 夜间实验需至少两人在场。

4.18 实验室处于监控区域，请大家谨言慎行。

5. 电学性能测试实验室设备管理规范

5.1 探针台使用制度

该仪器遵从学校“科研设施与公共仪器中心”对大型仪器设备实行的管理办法和“集中投入、统一管理、开放公用、资源共享”的建设原则，面向校内所有教学、科研单位开放使用；根据使用机时适当收取费用；并在保障校内使用的同时，面向社会开放。

探针台使用方案分为三类：

- 1) 培训测试：用户提出培训申请，技术员安排培训。培训时需用户准备样品并制样，培训内容包括：实验室规章制度说明，探针台硬件构造及各部分功能；常规样品制样、仪器的标准操作流程，测试注意事项。该过程中用户在技术员指导下进行仪器操作。
- 2) 自主测试-初级：用户独立操作探针台使用 SMU/CMU/HV-SPGU/WGFMU（根据用户测试需求培训相应模块）完成 IV/CV 曲线测量，独立进行高低温变温实验（根据用户需求培训）。
- 3) 送样测试：用户提出测试需求；

该仪器的使用实行预约制度，请使用者根据样品的测试要求在学校“大型仪器共享管理系统”(以下简称大仪共享)进行预约，并按照规定在实验记录本上做详细记录（见 7. 相关/支撑性

文件)。

5.2 预约制度

为充分利用仪器效能、服务全校科研工作，根据测试内容与时间的不同，电学性能测试实验室实行 7×24 小时预约制度。根据预约制度可登陆大仪共享网站预约机时，**复杂实验需进行仪器连线、探针或探针座更换，光路搭建或通讯线路搭建等计入预约机时内**；寒暑假及国庆、春节假期至少提前 3 天预约机时。特殊测试请提前与技术员沟通确定测试时间。

请严格遵守预约时间使用仪器，以免浪费机时。如需调换时间段，在技术员同意下可与其他使用者协商。因故不能在预约时间内测试者，请提前 2 小时取消预约并通知技术员。如无故不遵预约时间，将被取消一个月的预约资格。测试结束后忘记登出系统空占用机时，请邮件告知技术员说明真实使用情况及原因。

- 1) 校内使用者须经过技术员的实验操作培训，考核合格后方可上机使用；
- 2) 实验开始时务必在实验记录本上登记，结束时如实记录仪器状态；
- 3) 严禁擅自处理、拆卸、调整仪器主要部件。使用期间若仪器出现故障，使用者须及时通知技术员，以便尽快维修或报修，隐瞒不报者将被追究责任，加重处理；
- 4) **因人为原因造成仪器故障 (如硬件损坏)，其导师课题组须承担维修费用；**
- 5) 不可擅自做除培训操作之外的测试，如有需求请务必联系技术员；
- 6) 使用者应保持实验区域的卫生清洁，测试完毕请及时带走样品，本实验室不负责保管样品。使用者若违犯以上条例，将酌情给予警告、通报批评、罚款及取消使用资格等惩罚措施。

使用物质科学公共实验平台的仪器设备、或得到平台技术人员的支持协助，获得相应成果，应在发表的文章中对平台予以致谢，建议致谢方式参见 <https://iscps.westlake.edu.cn/info/1129/1462.htm>，或者培训邮件。

5.3 培训考核制度

校内教师、研究生均可提出预约申请，由技术员安排时间进行培训，培训分为三部分：

第一部分：由实验室负责人或仪器负责人介绍实验室规章制度、安全管理规范、仪器设备原理、基本硬件知识。

第二部分：上机培训，内容包含：样品要求及装样、仪器标准操作规程（探针台及 B1500A 使用，高低温控温操作）。

第三部分：上机培训结束后，培训者需在两周内进行考核，若超过 1 个月未考核，需重新

培训。

实验室技术员认为培训者达到相应级别的独立操作水平后，给予培训者授权在相应级别所允许的可操作实验范围内独立使用仪器。如果在各级别因为人为操作错误导致仪器故障者，除按要求承担维修费用之外，给予降级重考惩罚、培训费翻倍。培训后，但在获得权限之前如需使用仪器均请于大仪系统中提交送样申请。

注意：培训通过后用户最好保证每月至少 1 次的自主上机测试，若超过 3 个月未使用仪器需要重新在系统中申请培训（重新申请培训用于重新开通使用权限，根据用户需求是否需要重新培训或者直接考核授权）联系实验室技术员监督考核，考核通过后重新获得仪器预约使用权限。

对接受培训人员的核心要求：

- 1) 了解电学测试基本原理、构造及各部分的功能，严格遵守仪器部件的注意事项，在突然停电时能及时处理仪器并上报，关注仪器各部件有无异常；
- 2) 熟练掌握半导体参数分析仪参数设置，严格按照标准操作规程操作，防止因人为操作不当造成仪器故障，特别是换靶操作，认真做好仪器使用及故障记录。

5.3 仪器故障报告

- 1) 仪器使用过程中，仪器出现故障及错误提示信息时：请在第一时间将故障及错误提示信息拍照，联系技术员；在《仪器设备使用记录本》中做简要说明。

6. 探针台的使用

6.1 设备基本信息

高低温探针电学光电测量系统 (Summit1100B-M & B1500A) 用于可以进行常温和变温 (-60-300℃) 条件下的 IV、CV、脉冲/动态 I-V 等参数测量。主机和插入式模块能够表征大多数电子器件、材料、半导体和有源/无源元器件。可以在 CV 和 IV 测量之间快速切换，无需重新连接线缆。能够捕获其他传统测试仪器无法捕获的超快速瞬态现象。能够检测 1 kHz 至 5 MHz 范围内的多频交流电容测量值。HV-SPGU 可生成电压高达 ± 40 V、脉宽最小 10 ns 的脉冲 - 先进输出电压监测功能可监测脉宽最小 5 μ s 的脉冲信号，WGFMU 可编程分辨率达到 10 ns 的波形生成功能，能够同时执行高速 IV 测量 (200 Msa/s, 5 ns 采样间隔)。配置两个专用光波探针，单模，适用波长范围：1300nm~1550nm。

6.2 设备介绍

如图 6.1 所示，系统主要由探针台主体、半导体参数分析仪、温控系统、真空系统、气路

(空气压缩机及氮气) 构成。

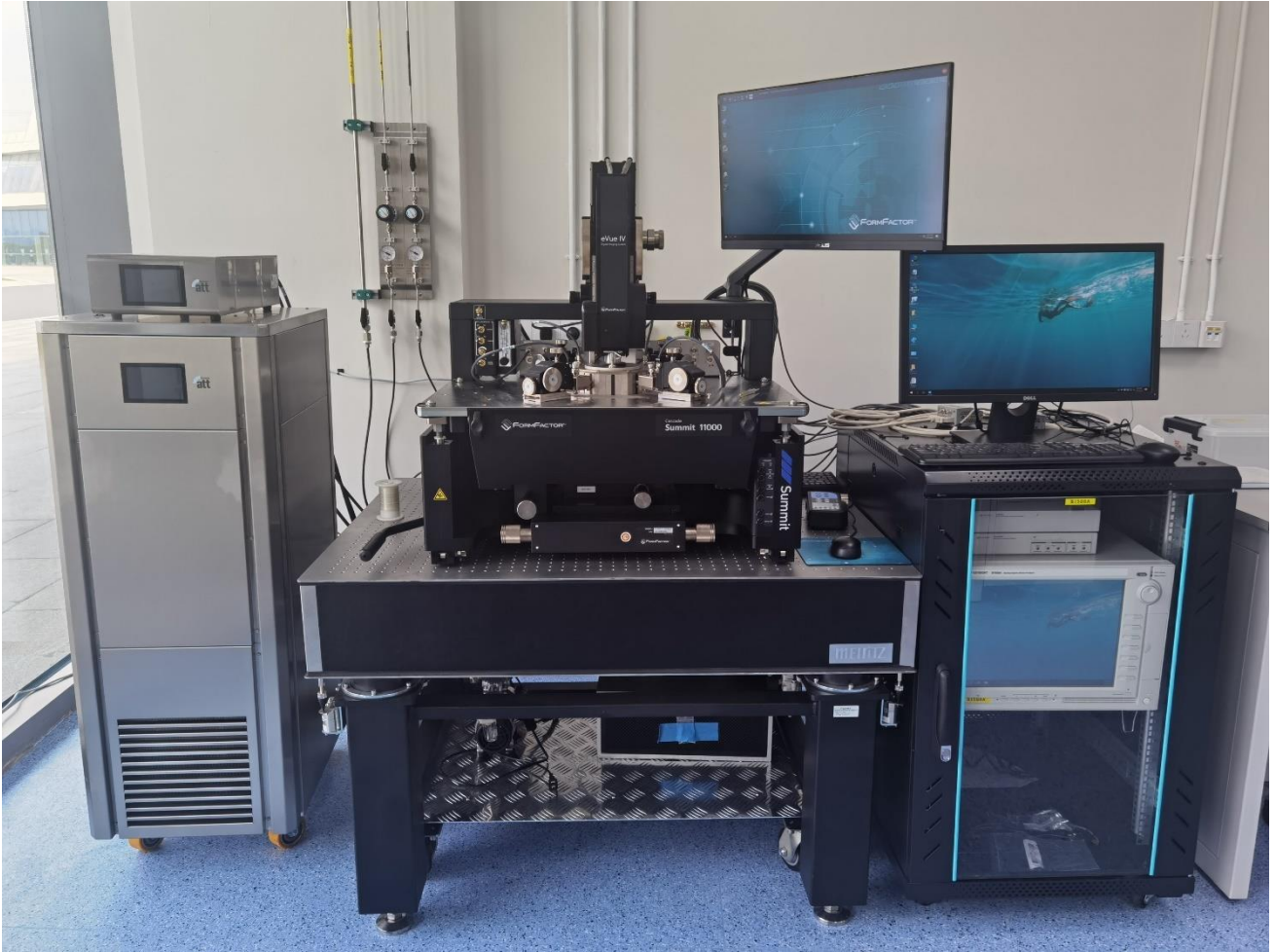


图 6.1 高低温探针电学光电测量系统

1) 探针台主体:

Chuck: 8 英寸探针台主机，带微暗室，具有屏蔽层的晶圆卡盘，可承受-60-300°C温度范围，真空分区吸附样品，可进行 X-Y 及 theta 方向旋转；载物台漏电 $\leq 15\text{fA}$ @温控系统关闭； $\leq 20\text{fA}$ @-60/-55°C； $\leq 20\text{fA}$ @25°C； $\leq 20\text{fA}$ @200°C； $\leq 25\text{fA}$ @300°C，具备微暗室，并具备 Top-Hat 盖帽板，保证良好的电磁与光屏蔽的精密量测环境，保证 fA 级测试精度，偏压最高 200V。

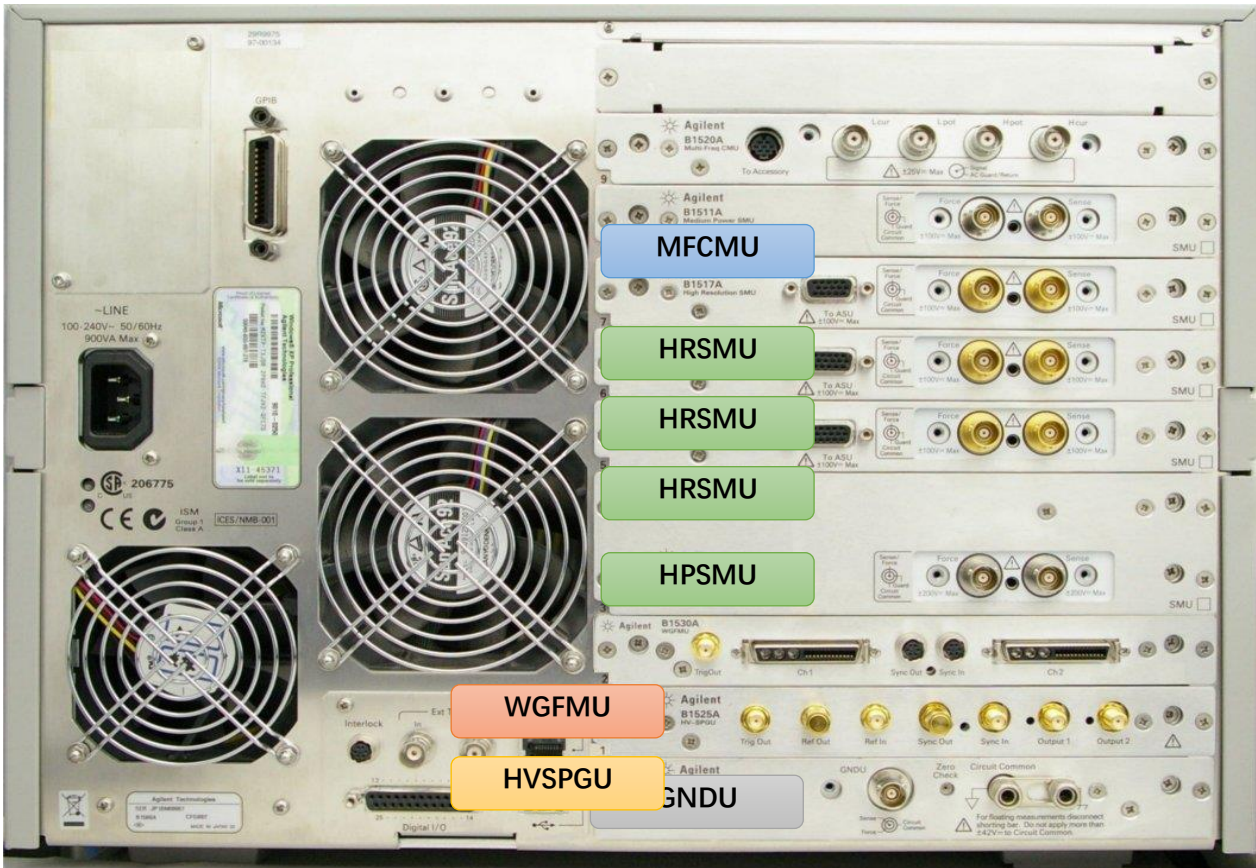
显微镜: CCD 成像，配置 10X 物镜，放大倍率 50 倍到 1000 倍连续可变；

光波探针: 单模，适用波长范围：1300nm~1550nm；

磁力吸附直流针座: 4 个；X/Y/Z 移动范围：不低于 12.5mm*12.5mm*12.5mm，精度：不低于 100TPI(250um/turn)，直流探针针尖 5 μm 半径

磁力吸附微波针座: 2 个；X/Y/Z 移动范围：不低于 12.5mm*12.5mm*12.5mm，精度：

不低于 100TPI(250um/turn), 可装夹微波探针;



2) 半导体参数分析仪 B1500A:

Category	Built-in module	Slots (*)	Features
SMU	HPSMU B1510A high-power source/monitor unit	2	<ul style="list-style-type: none"> Range up to 200 V/1 A Minimum measurement resolution 10 fA/2 μV
	MPSMU B1511B medium-power source/monitor unit	1	<ul style="list-style-type: none"> Range up to 100 V/0.1 A Minimum measurement resolution 10 fA/0.5 μV ASU is supported
	HRSMU B1517A high-resolution source/monitor unit	1	<ul style="list-style-type: none"> Range up to 100 V/0.1 A Minimum measurement resolution 1 fA/0.5 μV ASU is supported
	MCSMU B1514A 50-μs pulse medium-current source/monitor unit	1	<ul style="list-style-type: none"> Range up to 30 V/1 A pulsed (0.1 A DC) 50-μs pulse width with 2-μs resolution Oscilloscope view is supported
Capacitance Meter	MFCMU B1520A multi-frequency capacitance measurement unit	1	<ul style="list-style-type: none"> AC impedance measurement (C-V, C-f, C-t) 1-kHz to 5-MHz frequency range 25-V built-in DC bias and 100-V DC bias with SMU and SCUU (SMU CMU Unify Unit)
Pulse Generator	HV-SPGU B1525A high-voltage semiconductor pulse generator unit	1	<ul style="list-style-type: none"> High-voltage output up to ±40 V applicable for non-volatile memory testing Two-level and three-level pulse capability by single channel Flexible arbitrary waveform generation with 10-ns resolution Two channels per module
Pulsed/Transient IV	WGFMU B1530A waveform generator/fast measurement unit	1	<ul style="list-style-type: none"> Ultra-fast IV measurement capability for pulsed IV and transient IV Waveform generation with 10-ns programmable resolution High-speed IV measurement capability (200 MSa/s, 5-ns sampling rate) 10 V peak-to-peak output No load line effect by dynamic SMU technology

SCCU：实现 CMU 与 SMU 切换

16440A SMU/Pulse Generator Selector 和 16445A SMU/PGU Selector Connection Adapter：实现 SPGU 与 SMU 切换

说明：探针台可以和多种电学测量仪表联用，目前使用 B1500A 半导体参数分析仪作为常用连接仪表，目前平台还有其他电学仪表：4200 半导体参数分析仪/阻抗分析仪/铁电分析仪。

3) 温控系统：

ATT 高低温温控系统，温控控制范围：-60°C 到 300°C；

温度分辨率:0.1°C；温度一致性： $\leq \pm 0.5^\circ\text{C}@25^\circ\text{C}$ ； $\leq \pm 1.5^\circ\text{C}@-60^\circ\text{C}$ ； $\leq \pm 0.85200^\circ\text{C}$ ； $\leq \pm 1.5^\circ\text{C}@300^\circ\text{C}$ ；

4) 真空系统：提供卡盘真空吸片；

5) 气路系统：压缩空气及氮气；



6.3 探针台操作步骤

6.3.1 样品的准备及安装：

整个操作过程必须佩戴橡胶手套，按照如下步骤进行操作。

- 1) 样品直径小于 8inch，样品两面光滑平整，电极为平整的薄膜，样品尺寸如果 < 5mm，因样品无法遮盖最小真空吸片区的真空孔，样品固定不牢固，可以置于盖玻片上固定；
- 2) 检查气路，所有气路开关确保已打开；

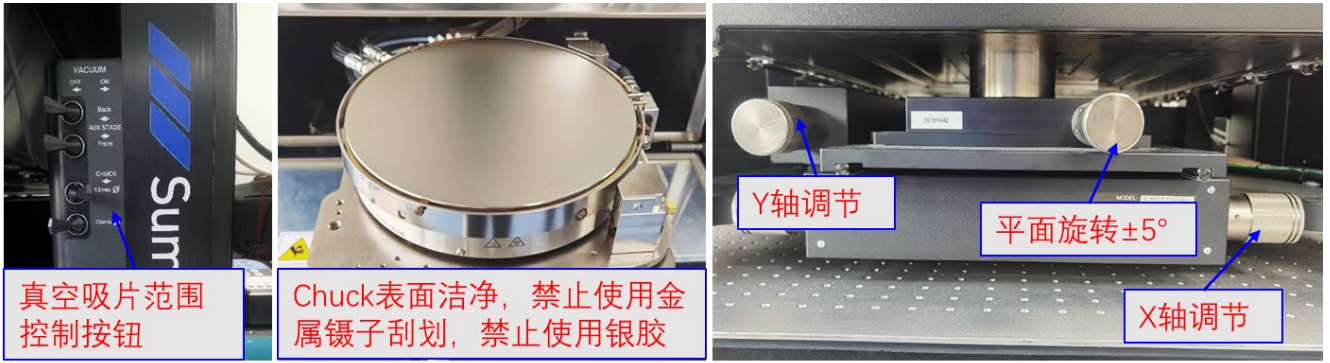
- 3) 探针台样品台压杆垂直放置（即样品台处于离探针座最远距离），抬起 CCD 镜头，查看内部 4 个探针位置是否分离；



- 4) 正前方打开样品腔盖板，将处于样品腔最外端的样品台拉出并固定，使用洗耳球吹扫样品台表面浮尘，放置样品在样品台中间位置，根据样品大小选择真空吸片范围即开启不同直径尺寸的 Vacuum 按钮。真空吸片，要求样品背面平整，可使用牙签查看样品是否被吸附牢固。



注意：(1) 使用手柄将 Chuck 拉出前，样品台一定处于最外端，Chuck 完全拉出后通过卡销轻轻固定；(2) 样品台要求表面平整洁净，因此禁止使用尖头金属镊子划拨样品，损伤样品台表面；禁止使用银胶等固定样品，污染样品台。

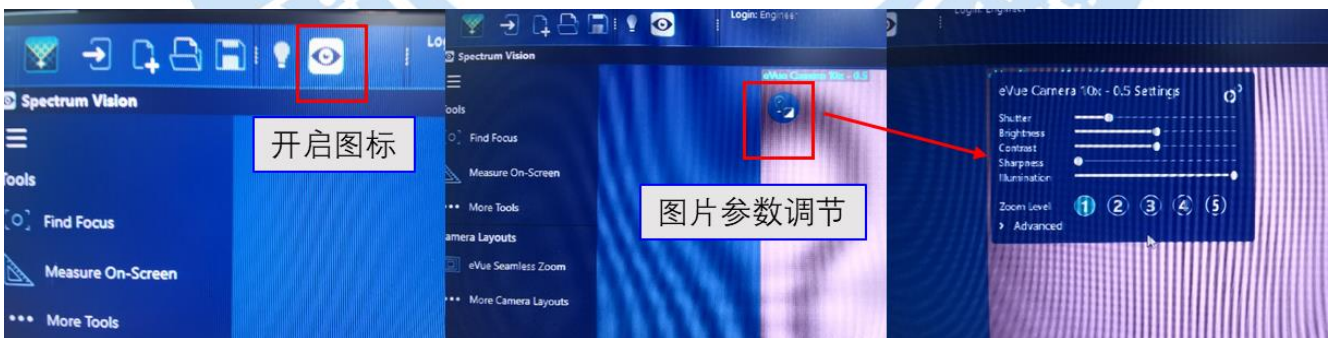


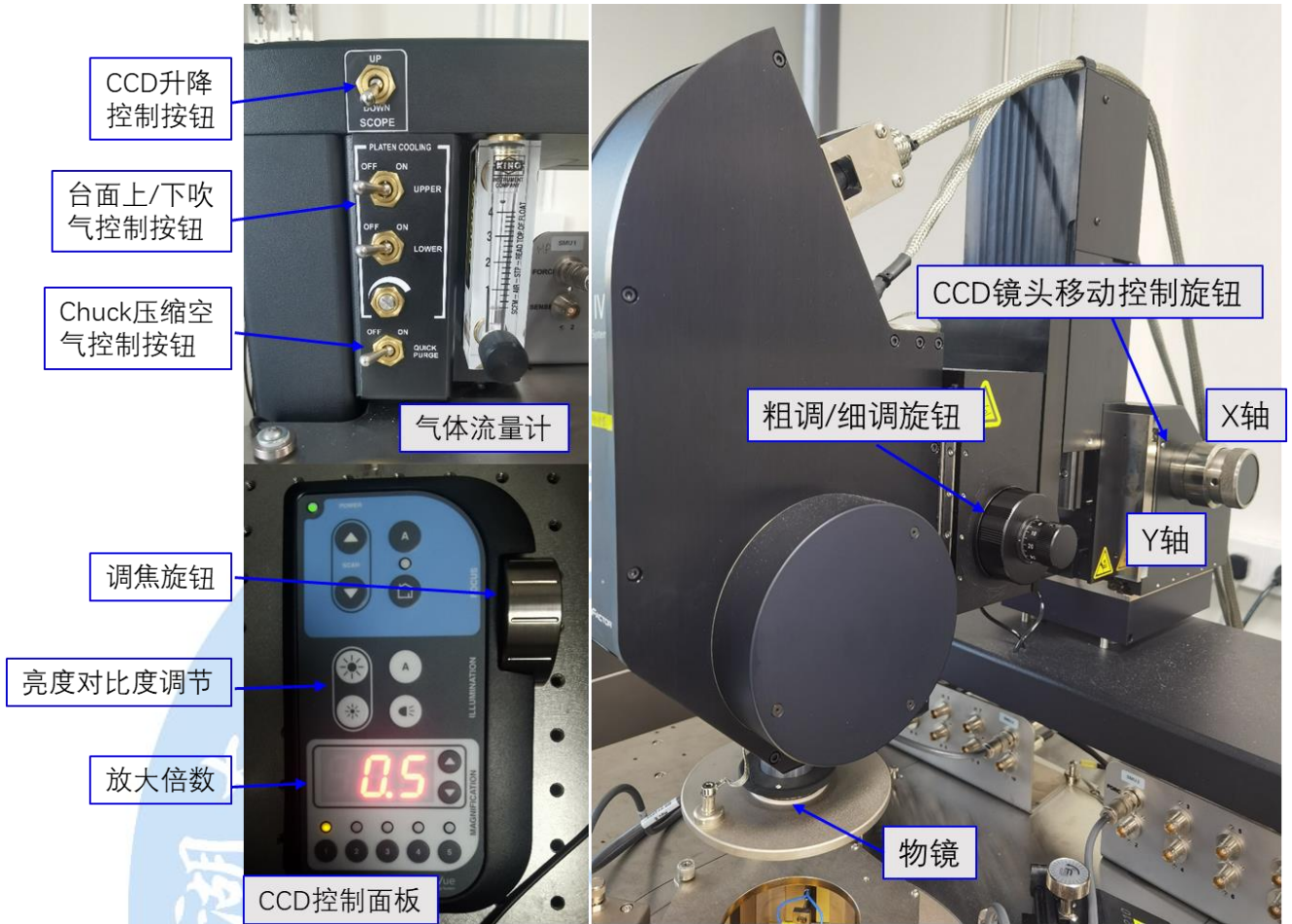
5) 将样品台推回至样品腔内并锁住，使用 XY 调节旋钮将样品移至探针位置附近。

6) 根据测试需要连接线路，常规使用SMU进行I/V测试时，只需将所选择SMU1/2/3/4 Force端线缆通过转接板链接到探针上即可，CMU HV-SPGU WGFMU的连线示意图请见（ 8.连线示意图 ）

提示：Force端子是用于输出以及测量，只用这个端子也可以独立测试，只是相当于2线或者非开尔文测试。Sense端子用于四线或者开尔文测试。同样，可以仅使用sense端子进行测试。Sense端实际上是一个反馈回路，用来补偿Force端线缆上的损耗。比如说，如果设置SMU源（source）输出为1V，由于force端子线缆有压降，实际到达被测件的电压将低于1V。如果将sense端子也连接在被测件两端，它可以增加输出电压补偿线缆的压降，保证sense端子两端的电压是1V。Summit1100B-M探针台是开尔文探针，因此只使用Force端口也可实现开尔文测试。

7) 在探针台显示器上登录 glogon 客户端，点击左上角 图标开启 CCD 功能，CCD 使用如下示意图：



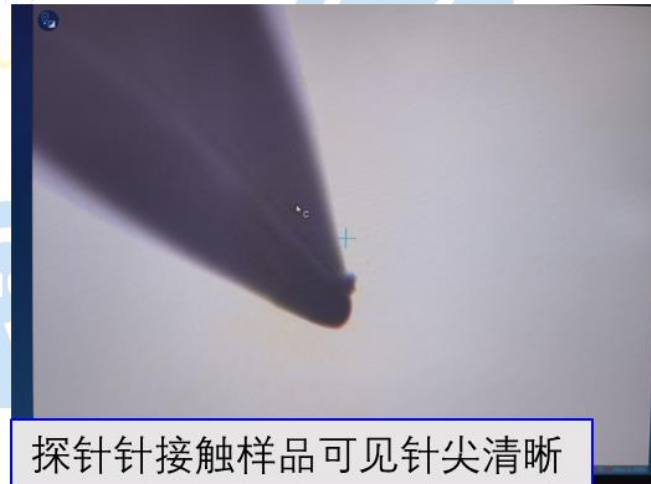
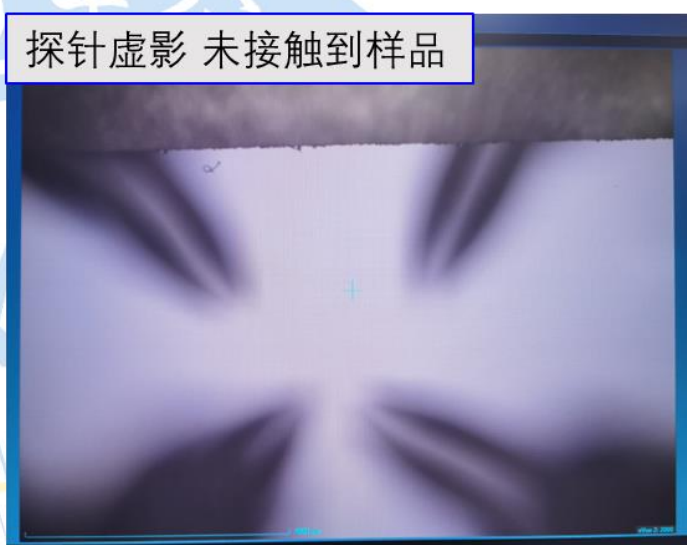
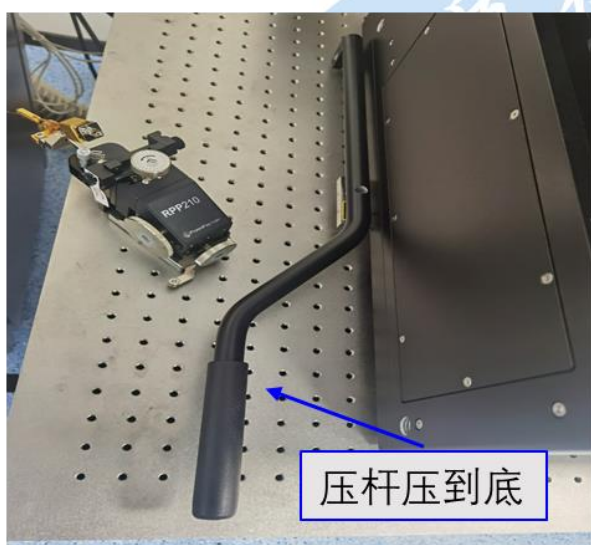
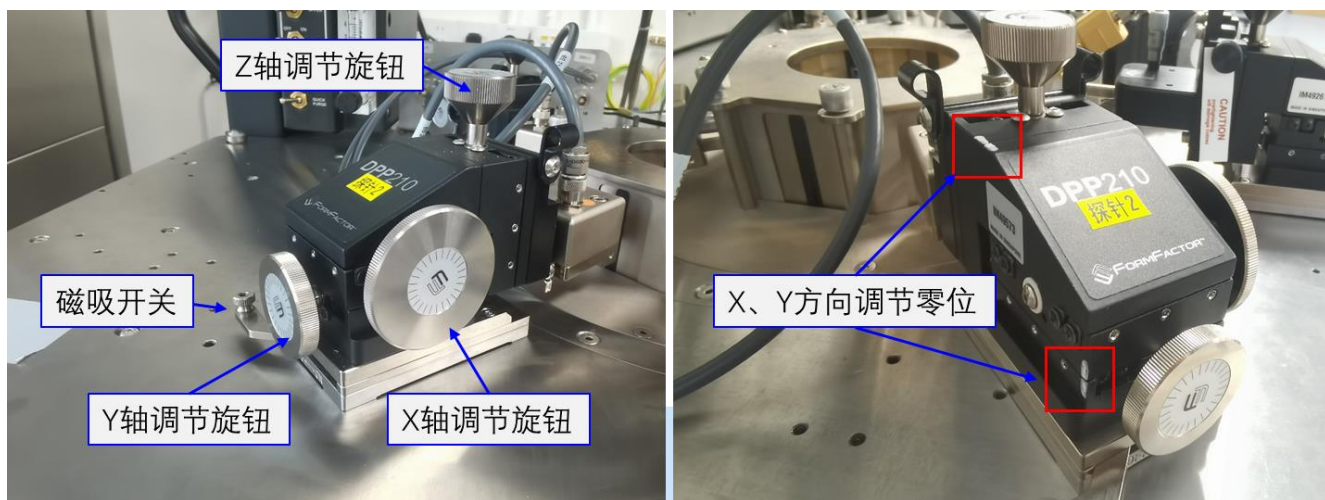


6.3.2 样品下针

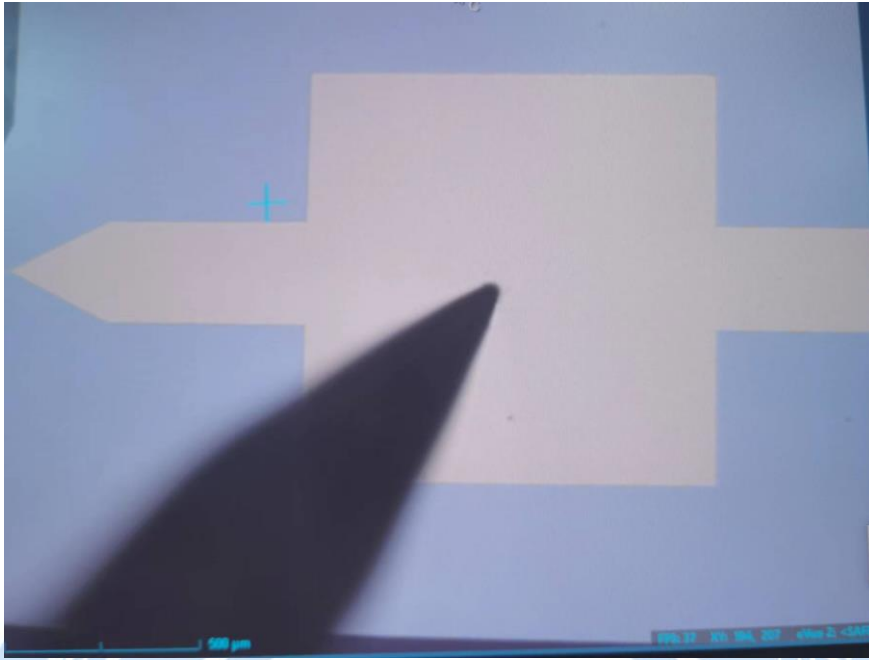
所谓扎针，就是指将探针接触需要测量的样品表面或者电极表面，形成通路。

- 1) 可肉眼观察通过移动样品台或者调节探针座 XY 轴旋钮将样品待测位置移至探针附近，**CCD 系统聚焦在样品表面。**
- 2) 下压样品杆，样品杆下压过程是样品台接近探针的过程，在肉眼不能区分探针是否接触样品前停止下压，通过 CCD 观测。通过调节 CCD 镜头位置寻找探针，在显示器上看到探针尖端的分离影像说明探针还未接触样品，此时可以继续下压样品杆。请将样品杆压到底（为避免操作过程中不慎碰触样品杆导致撞针），如果在未压到底时探针尖变得清晰了请调节探针 Z 周 UP 方向抬高探针，确保探针尖端依然是分离影像。
- 3) 从监视器上观察探针的针尖，针尖在屏幕上逐渐清晰，直到形成清晰的图像，当探针与样品表面或者电极接触到时，**探针尖会有微小的往探针尖方向的位移**，此时探针已经接触到样品表面，即完成了该探针的扎针动作，可以通过测量判断接触是否良好；

警告：严禁下针后碰触样品台，更换线缆等可能导致探针滑移造成探针损坏的操作。



注意：使用前请一定检查探针状态，如遇探针针尖弯曲、有大颗粒污染物请一定告知负责人，并在记录本上登记说明。新的探针是如下状态：



6.4 变温测试

若只在室温下使用时忽略一下步骤。

6.4.1 打开空气压缩机

变温测试前，请先按照如下顺序打开空气压缩机组，并打开空气压缩气路，注意因为空压机组运行过程中产热量大，请打开冷风扇、设备间房门及实验室房门以此维持设备间温度在 28°C 以内。

空压机组由空压机、储气罐、冷干机、分子吸干机组成，打开顺序如下（关机则逆序执行）：

- (1) 点击空压机面板，唤醒显示屏，点击绿色 RUN 按钮，空压机面板可显示仪器状态，待显示运行后执行下一步；
- (2) 等待储气罐中压力表示数达到 0.8MPa 后开启冷干机；
- (3) 将冷干机旋钮旋至 ON，且运转指示灯亮，执行下一步；
- (4) 点击分子吸干机 ENT 按钮，唤醒显示屏，根据显示屏中提示，点击绿色开机按钮，显示屏显示仪器状态，状态显示运行后，执行下一步；
- (5) 分子吸干机运行 5min 后逆时针打开气路阀门；
- (6) 空压机组运行时产热量大，设备间温度回超过 25°C ，因此需要打开电风扇降温，同时请打开设备间门，必要时可打开实验室门，以便空气流通降温。

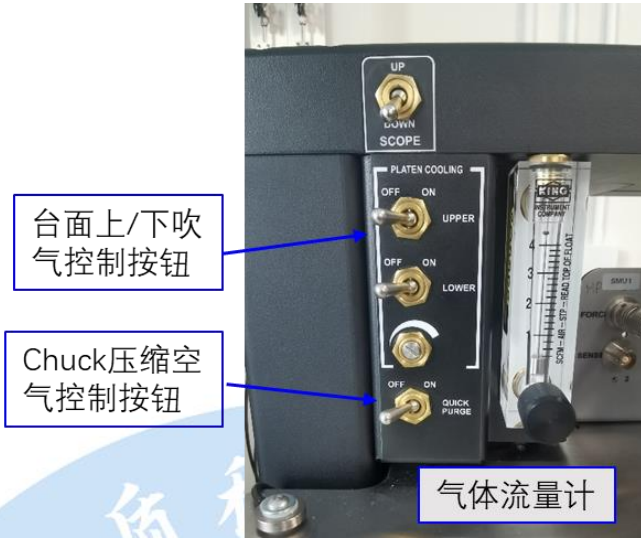
注意：请提前打开压缩机组，一般需要压缩机运行 40min 以上才可以获得干燥压缩空气。



6.4.2 样品腔吹扫

在降温/升温前或实验结束后都需要使用压缩空气（CDA）对样品腔进行吹扫。

- 1) 打开探针台上 Quick Purge 按钮，气压计示数在调整在 2SCFM (56L/min)，且需在室温下吹扫至少 30min 后（天气湿度比较大的事情至少要吹扫 40min）才可进行变温控制；
- 2) 整个变温过程中都要进行吹扫，防止低温凝结冰，高温下 chuck、探针以及线缆间的热耦合，高温下吹扫气流调小但要处于 1-2SCFM 之间（28-56L/min）。
- 3) 变温测试结束后，请将温度设置为 25℃（只进行了低温测试的话，可将温度调整为 30℃），吹扫 30min。



6.4.3 温度控制

- 1) 待 CDA 吹扫 30min 才能开始控温，温度控制范围-60℃-300℃；
- 2) 打开温控器上下电源开关，在 ATT 面板上直接设置目标温度；
- 3) 在变温过程中一定要抬起探针（远离样品 3-4mm），变温过程中但禁止抬起 CCD 镜头；
- 4) 样品到达目标温度后，稳定 5min 再进行下针测量。



6.4.8 测试完成:

- 1) 抬探针：测试完成后，将探针离开样品 3-4mm，探针间的距离拉至肉眼可分辨，抬高样品杆，将探针远离样品表面；
- 2) 变温控制结束后请将温度设定为 25℃，等待温度稳定 5min，关闭 ATT 电源开关，继

续吹扫至少 30min；

- 2) 关闭空压机组：关闭 CDA 气压阀门，按照开机相反顺序依次关闭吸附机，冷干机，空气压缩机；
- 3) 取样：打开样品仓垂直盖板，将样品台旋出样品腔，关闭 Vacuum 开关，取出样品；
- 4) 下降 CCD 镜头，关闭 CCD 电源。

6.5 探针台使用注意事项

6.5.1 常见的错误操作：

- 1) 严禁设备未吹扫直接进行升降温，还未回至室温时打开样品腔；
- 2) 严禁盲目进行手动移动探针座，导致撞针；
- 3) 严禁下针后移动样品台，导致探针损毁；
- 4) 严禁在改变温度前未把探针抬起；
- 5) 测试前未检查探针状态，探针尖弯曲，请及时告知技术人员进行修复和更换；
- 6) 测试前未检查线缆连接，或在下针后更换线缆导致探针台晃动，探针滑移等危险操作。

6.6 半导体参数分析仪的使用

6.6.1 操作步骤

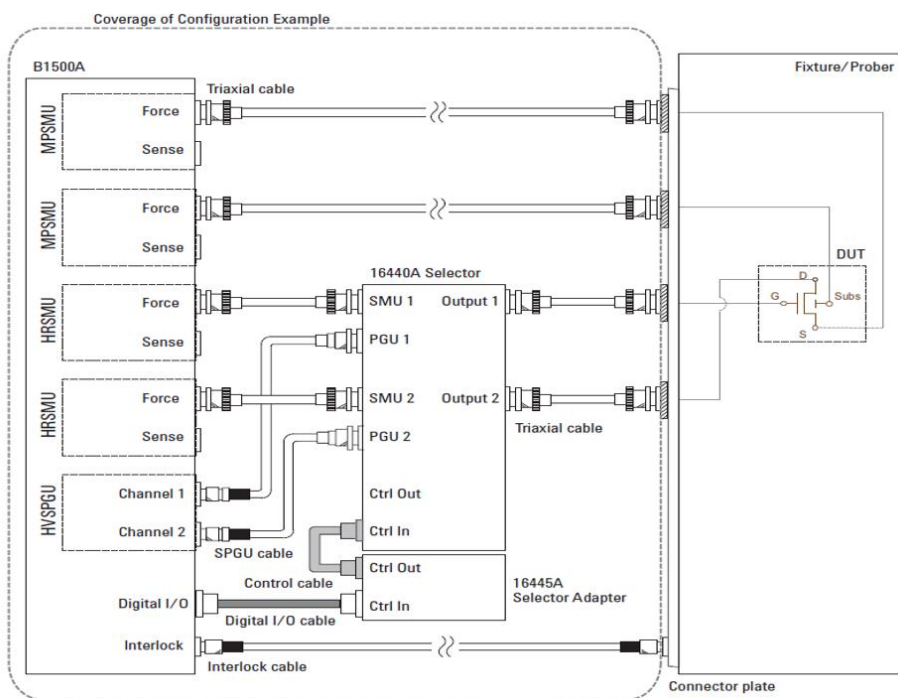
请大家学习并参考《Semiconductor Analyzer B1500A Training》

7. 相关/支撑性文件

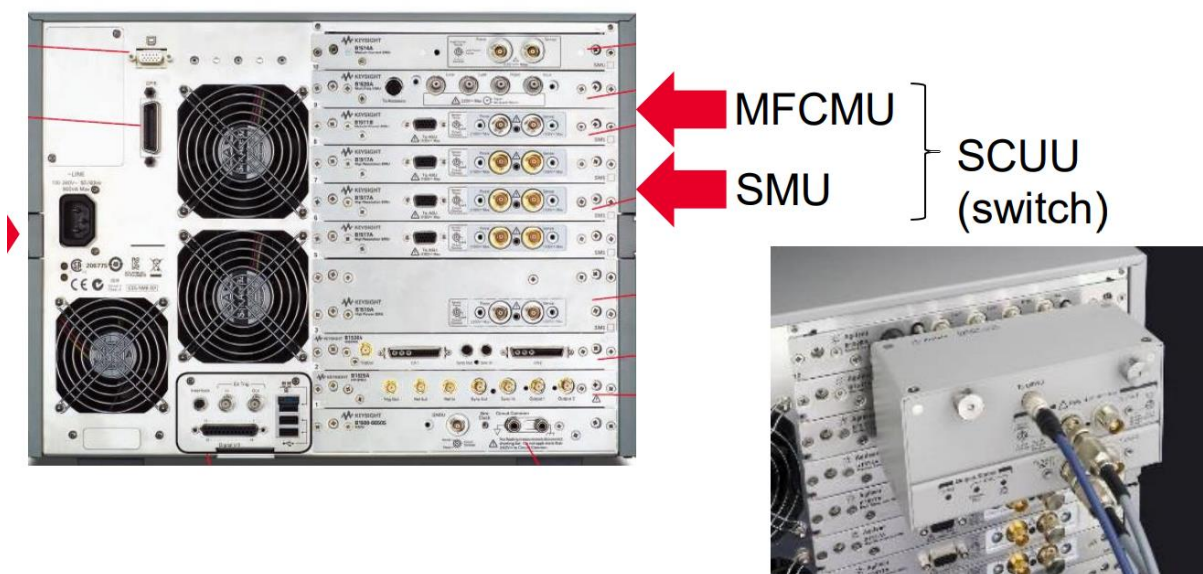
台式多功能高质量磁控溅射镀膜系统记录本 V1.0；在实验过程中必须如实填写。

8. 连线示意图

1. 使用 16440A SMU/Pulse Generator Selector 和 16445A SMU/PGU Selector Connection Adapter 实现 SPGU 与 SMU 切换，连线方式如下：



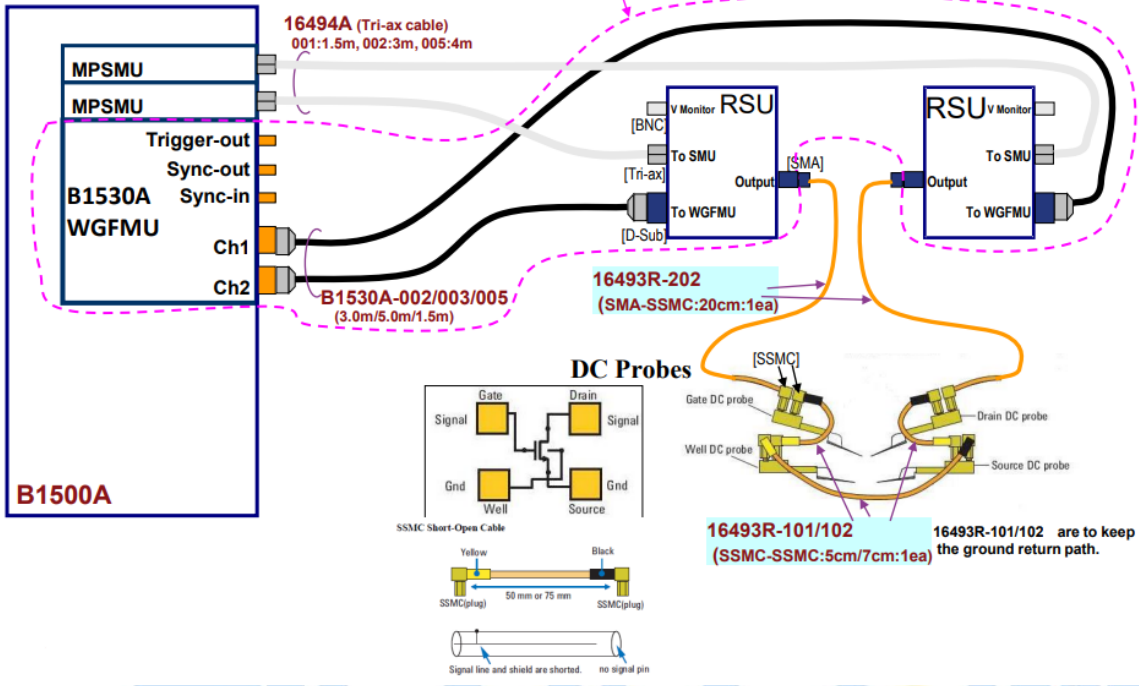
2. SMU3/4 同 MFCMU 通过 SCUU 链接在一起，因此使用 CMU 模块时只能将 SMU3/4 Force 端线缆连在相应探针座上



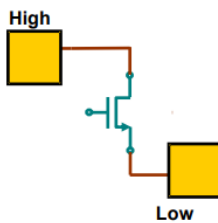
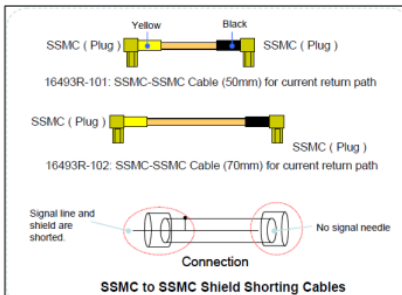
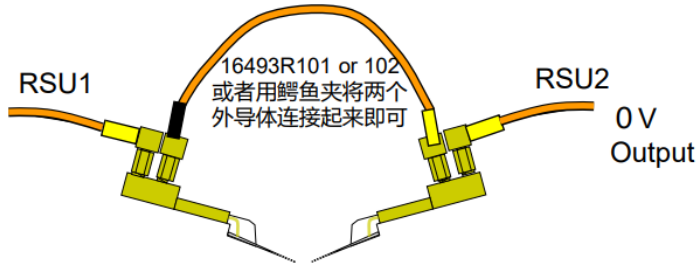
2. WGFMU 模块测试时前端探针间连线示意图如下：

WGFMU Connection

The order of B1530A/B1530A-FG includes WGFMU module, two RSU and two cables between WGFMU and RSU.
 * Doesn't include the cables from RSU-output and DC-Probe, and SSMC cable.



WGFMU Connection – 2 Terminals Device



Sample Pad Layout

