

8 寸高低温探针台的参数规格

一、气冷型三温手动探针台概述：

1、样品载台与承片规格：

- 载片台（Chuck）兼容 8 英寸及以下晶圆，无缝适配 4 英寸、6 英寸、8 英寸标准晶圆及不规则样片；
- 支持裸芯（Die）及单器件测试，最小可稳固吸附样品尺寸 2mm×2mm；
- 载片台表面经精密平坦化处理，并配备微孔阵列真空吸附系统，确保薄片及小尺寸样品平整贴附；

2、真空吸附分区独立控制：

- 配置 4 路真空回路及对应控制开关，实现载片台微孔区域分区吸附；
- 灵活适配不同尺寸晶圆及局部吸附需求，避免未覆盖区域真空泄漏，保障吸附力稳定；

3、电学测试能力：

- 直流测试（DC）：支持微弱电流的精密 I-V、C-V 测试，信号路径采用低漏电、三轴/同轴屏蔽设计；
- 脉冲测试（Pulse）：适配窄脉冲 I-V 表征，有效抑制自热效应，适用于先进工艺器件及化合物半导体的准静态表征；
- 高压测试（High Voltage）：可选配高压探针臂及高压卡盘，满足高至数千伏击穿与漏电测试需求，设计有完善的安全互锁与接地保护；
- 大电流测试（High Current）：支持大电流探针及低阻信号通路，满足功率器件导通电阻、输出特性等大注入测试，有效降低线路压降与焦耳热累积；

4、硅光测试能力：

- 载片台预留光纤夹具，探针台基座与位移台结构具备高刚性及长期热稳

定性，支持长时间硅光无源/有源器件的光电混合测试，满足精密光耦合对准需求；

二、 密闭腔室与环境控制：

- 探针台配置全封闭式测试腔室，腔体采用高气密性结构设计，可维持内部微正压气环境；
- 支持通入干燥惰性气体（如氮气、氩气）进行环境置换，有效隔绝外界水汽与污染颗粒，为宽温测试提供洁净、干燥的腔室微环境；
- 系统具备 -60°C 至 $+200^{\circ}\text{C}$ 全温度范围连续可调的变温测试能力，覆盖从低温特性表征到高温可靠性评估的完整需求；
- 制冷方式：采用压缩气冷方案，利用洁净压缩干燥空气（CDA）作为制冷工质，通过气路节流或涡流制冷原理实现低温环境的快速建立，无需液氮等消耗性冷媒，运行成本低且维护简便。
- 加热方式：采用电热丝加热方案，升温响应迅速，热场分布均匀，与气冷系统协同工作，实现宽温区的高效闭环控制。
- 温度分辨率： 0.01°C ，精细反映温度变化，为精密变温电学表征提供高分辨的温度坐标。
- 温度控制精度： 0.3°C （稳态条件下），确保设定温度与实际样品区域温度的偏差在极小范围内，保障测试数据的可重复性与可比性。
- 温控系统与密闭腔室正压干燥气氛、压缩干燥空气供给系统协同工作，确保在全温度范围（尤其低温段）测试过程中，样品及探针接触区域无结露、无结霜，杜绝凝露引发的漏电、短路及样品损伤风险。
- 系统具备快速变温能力，各典型温度区间升降温速率指标如下：

温度区间	方向	时间指标
------	----	------

温度区间	方向	时间指标
常温 → +200℃	升温	≤ 15 分钟
+200℃ → 常温	降温	≤ 25 分钟
常温 → -55℃	降温	≤ 40 分钟
-55℃ → 常温	升温	≤ 20 分钟

- 上述指标基于标准测试条件（载片台无负载或标准 8 英寸晶圆负载，CDA 供给满足压力与流量要求），确保变温过程高效可控，显著缩短测试等待时间。
- 变温过程中，温度控制保持平滑连续，无过冲或振荡现象，到达目标温度后可快速进入稳态控温状态（精度 0.3℃）。
- 配合上述正压干燥气氛环境，在全温区范围内确保被测样品及探针接触区域无结露、无结霜，保障低温测试条件下的电学测量精度与长期稳定性，杜绝因凝露导致的漏电、短路及样品损伤；
- 腔室内壁经消光处理，采用低反射率涂层或哑光结构表面，杜绝腔室内杂散光反射，腔室具备良好的外部光隔离能力，关闭腔室后形成全暗测试环境；

三、 压缩干燥空气供给系统：

- 系统配套永磁变频螺杆空压机，采用永磁同步电机与变频调速技术，可根据实际用气量实时调节主机转速，实现按需供气，显著降低空载能耗与运行噪声。
- 后端配置无热再生吸附式干燥机，利用双塔交替吸附与变压再生原理，

对压缩空气进行深度脱水干燥。

- 干燥洁净的压缩空气持续送入密闭测试腔室，同时隔绝外界湿气与污染物侵入，保障测试环境的长期稳定性。
- 永磁变频螺杆空压机额定排气压力 0.8 MPa（约 8 kg/cm²），满足后端用气设备对供气压力的要求，并留有充足的压力裕度。
- 系统配套储气罐有效容积 220 L，用于稳定系统压力、缓冲用气波动，减少空压机频繁启停，保障压缩空气供应的连续性与平稳性。
- 干燥机采用无热再生吸附式工作原理，双塔交替运行，利用部分成品压缩空气进行吸附剂再生，无需外加热源，运行可靠且维护简便。
- 额定处理流量 1.2 m³/min，完全匹配前端空压机额定排气量，并留有合理处理余量。
- 工作压力范围 0.6 MPa~1.0 MPa，覆盖空压机额定排气压力及系统管路压损后的终端供气压力需求。
- 成品气压力露点 -70℃（标准工况下），实现对压缩空气的深度脱水干燥，确保输出气体极端干燥洁净，充分满足-60℃低温测试条件下密闭腔室无结露、无结霜的严苛环境要求。

四、 探针台面板与探针座配置:

1、 面板结构设计:

- 探针台面板采用一体式闭合面板设计，表面平整无拼缝，结构刚性强，为各类探针座提供稳定、统一的安装基准平面，同时有效隔绝腔室内外气氛交换，保障正压环境的气密完整性。

2、 探针座兼容性与多功能搭载:

- 面板可同时或择一搭载以下多类型探针座，实现一机多用，无需更换

主机平台：

- 直流/脉冲共用开尔文探针座：支持 IV、CV 及 Pulse IV 测试，采用开尔文（四线）架构，无需换针换线即可在同一次测试序列中完成直流与脉冲表征，有效抑制引线电阻与接触电阻对测量精度的影响。
- 光学探针座：适配光纤夹具，支持光纤精密对准与耦合，满足光信号导入/导出需求。
- 高压/高流探针座：满足功率半导体及高压器件的击穿特性、导通特性测试，探针与线缆耐压及载流能力按需选配。
- 射频/微波探针座：适配 GSG、GS 等标准射频探针，支持高频 S 参数表征，接口频率覆盖所需频段。

3、 灵活配置与便捷升级

- 所有探针座均采用模块化接口，安装位置与数量可灵活配置，用户可根据当前测试需求选定探针座组合。
- 平台预留充足的探针座安装位点及扩展接口，支持后续便捷升级，新增测试功能时无需改造主机结构，充分保护既有设备投资。

五、 探针台面升降杆系统:

- 探针台面升降杆系统采用精密机械导向与定位机构，具备优异的高度重复性，在多次升降循环中保持台面复位精度的一致性与长期稳定性，确保同一测试序列中探针触点位置准确复现。
- 探针台面升降杆系统采用精密机械导向与定位机构，具备优异的高度重复性，在多次升降循环中保持台面复位精度的一致性与长期稳定性，确保同一测试序列中探针触点位置准确复现。
- 升降行程按功能划分为三段式区间，分别对应:

- **接触段：**探针与样品正常扎针接触的精密控制区间;
 - **分离段：**探针与样品安全分离的过渡区间;
 - **取放段：**晶圆/样品装卸时台面降至安全距离的操作区间;
- 升降杆操作界面布局合理，控制动作流畅，提供**直观的操作体验**，降低操作人员培训门槛.
 - 机构传动链具备高刚性、低回差特性，配合精细的位移分辨率，确保**触点定位准确**，满足小尺寸焊盘及精密器件的可靠扎针需求.
 - 整个升降与锁定过程兼顾操作安全性与使用便捷性，在保障人机安全的前提下实现高效测试周转。

六、 载物台快速装卸机构:

- 载物台设计有快速拉出/推入机构，采用精密线性滑轨导向，操作轻便顺畅，便于晶圆及样品的装卸与更换。
- 拉出状态下，载物台露出面积最大可达台面总面积的 60%，为操作人员提供充裕的双手操作空间，显著提升大尺寸晶圆及不规则样片的取放便捷性与安全性。
- 机构具备可靠的复位定位精度，载物台推回原位后可自动或手动锁定，确保测试坐标基准的重复一致性，无需重新校准。

七、 气浮式精密位移平台:

- **驱动方式：**载物台 X-Y 轴采用气浮式无摩擦移动设计，以压缩空气形成气膜悬浮，实现近乎零摩擦的平面运动，彻底消除传统机械导轨的爬行、磨损与颗粒污染，确保长期运行的高洁净度与高平稳性。

- 移动行程：X-Y 双向行程均 200 mm × 200 mm，覆盖 8 英寸晶圆全场测试需求。
- 移动模式：支持任意方向全行程快速移动，便于晶圆不同区域的快速切换；同时具备微调位移功能，满足高倍显微镜下精确定位。
- 微调位移精度：X-Y 轴微调位移分辨率及重复定位精度 1 μm ，确保小尺寸焊盘及精密结构的准确扎针。
- Theta 旋转调节：载物台具备水平旋转微调功能，旋转范围 $\pm 5^\circ$ ，角度微调分辨率及重复精度 0.01°，满足芯片方向校准及多角度测试需求。
- 供气要求：气浮系统运行所需洁净压缩空气由前文所述压缩干燥空气供给系统统一提供，气压及洁净度满足气浮轴承工作要求。
- 升降行程：载物台 Z 向垂直升降总行程自 0 起，最大可达 20 mm，满足不同厚度晶圆、样片夹具及探针高度差异下的调焦与安全分离需求。
- 微调精度：Z 轴微调位移分辨率及重复定位精度 1 μm ，确保高倍物镜下焦平面的精确调节以及探针扎入深度的精准控制。
- 运动特性：升降机构采用精密丝杆或交叉滚柱导轨导向，具备高刚性、低回差特性，在全程范围内运行平稳，无爬行或漂移现象。
- 操作方式：支持快速升降粗调与微米级精细进给，兼顾测试效率与定位精度。

八、显微镜位移与调焦系统:

- XY 移动行程：显微镜在水平面内具备 X-Y 双向移动行程均 50 mm × 50 mm，便于在高倍观察下对大尺寸晶圆不同区域进行快速扫视与定位。

- Z 向升降行程：垂直升降总行程 可达 50 mm（自 0 起），满足不同工作距物镜的切换需求，并兼容不同高度的探针座及样品夹具。
- 气动快速升降：Z 轴配备气动快速升降机构，内置缓冲结构，实现显微镜镜头的快速抬升与缓降复位，在更换样品或探针时有效保护物镜免受碰撞损伤。
- 升降速率可调：气动升降速度可调，操作者可根据使用习惯与安全需求设定合适的升降速率。
- 粗微同轴调焦：采用粗微同轴调焦手轮设计，粗调用于快速搜索焦面，微调用于精确对焦；微调精度（最小刻度/分辨率） 1 μm ，确保高倍物镜下成像清晰锐利。
- 旋转范围：显微镜镜体在垂直面内具备旋转调节功能，旋转角度范围 $\pm 90^\circ$ ，可满足从垂直观察到倾斜观察的姿态切换需求，特别适用于侧壁检查、斜面观测及特殊光学对准等应用场景。
- 微调精度：旋转机构配备精密角度微调装置，调节分辨率及重复定位精度 0.1°，确保倾斜观察时成像视场稳定可控，角度复现性良好。
- 锁定与稳定性：旋转机构到达目标角度后可可靠锁定，在高倍观察及长时间测试过程中保持姿态无漂移。
- 光学设计：采用长工作距离高变倍三目显微镜，三目分光设计可同时满足目视观察与相机成像/视频输出需求，支持人眼观测与数字化记录同步进行。
- 目镜规格：标配广角目镜，放大倍率 最多可达 10 倍，瞳距可调，屈光度独立可调，适应不同操作者视力差异，确保长时间观察舒适度。
- 连续变倍：内置连续变倍光学系统，变倍范围覆盖 1.5 倍 $\sim$ 10 倍，变倍过程齐焦性能优良，无需反复调焦，便于快速切换观察倍率。

- **基础配置：**显微镜系统综合放大倍率覆盖 15 倍 ~ 1000 倍，满足从宏观芯片概览到微观焊盘精密定位的多尺度观察需求。
- **工作距离：**在全倍率范围内，物镜工作距离最大可达 82 mm，为探针座操作、光纤耦合及高压/高流测试线缆布置提供充裕的操作空间。
- **APO 物镜升级：**系统支持搭载 APO（复消色差）物镜，实现更高数值孔径与优异的色差校正能力；搭载 APO 物镜后，综合放大倍率可扩展至 3000 倍以上，满足亚微米级精细结构与缺陷观察需求。
- **同轴照明：**配备 LED 同轴光源，通过物镜光路垂直照明样品表面，光线均匀、方向性好，特别适用于高反射率晶圆表面及金属焊盘的清晰观察。
- **光源特性：**LED 光源具有长寿命、低功耗、色温稳定等特点，亮度连续可调，满足不同倍率及样品反射特性下的照明需求。

九、工业相机与图像采集系统:

- 采用高分辨率 CMOS 图像传感器，有效像素 2000 万，具备优异的效率与低噪声特性。
- 支持 4K 超高清画质实时输出，帧率流畅，色彩还原准确，细节分辨能力卓越，满足高倍显微成像对清晰度的严苛要求。
- 相机内置集成图像处理 CPU 及嵌入式图像软件，无需外接计算机即可独立完成图像采集、处理与存储。
- 系统支持鼠标直接操控，操作界面简洁直观，降低对操作者专业技能的要求。
- 集成以下核心功能，覆盖显微观察全流程需求：
- **变焦调节：**支持电子变焦或软件数字变焦，便于局部细节放大观察。

- 拍照与录像：支持高分辨率静态图像抓拍与 4K 视频录制，便于测试过程记录与回溯。
- 测量功能：内置显微量测模块，支持长度、角度、面积等多种几何参数实时测量。
- 图像存储：支持本地存储或外部存储介质，方便数据归档与导出。

十、 探针座配置:

- 系统标配 4 组直流/脉冲共用探针座，将激励端与采样端物理分离，有效消除引线电阻及探针接触电阻对测试精度的影响。
- 探针座内部信号路径低漏电设计与三轴/同轴屏蔽处理，确保微弱信号传输的高完整性与低噪声特性。
- 每组探针座均支持 IV（电流-电压）测试、CV（电容-电压）测试及 Pulse IV（脉冲电流-电压）测试；
- 在标准测试环境（温度 $23\pm5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $\leq 50\%$ ）下，探针座、三轴线缆及信号接插端组成的系统整体漏电流 $\leq 100\text{ fA}$ ，满足高精度半导体参数分析仪对微弱电流测试的严苛背景噪声要求。
- 随系统配套替换针尖耗材 10 根，针尖材质（如钨、铍铜等）及尖端半径可根据被测焊盘尺寸及扎针习惯选配，确保日常测试消耗后即时有备件更换，保障测试连续性。
- 系统标配 2 组 光学探针座，光学探针座具备精密多自由度调节能力，可实现光纤端面与样品平面相对位置的高分辨率微调，满足长期稳定耦合对准要求；

十一、 气浮式隔振系统:

- 系统配备气浮式隔振台，采用精密气浮减振技术，以压缩空气为工作介质，在隔振台与安装地面之间形成气垫隔离层，有效隔绝外界环境振动向探针台及显微镜的传递。
- 隔振台外形尺寸（长×宽×高）1000 mm × 800 mm × 800 mm，提供充裕的台面承载面积，满足八英寸探针台主机及辅助设备的稳定安放需求。
- 台面结构刚性强，固有频率低，对低频振动及高频扰动均具备优异的衰减特性，保障高倍显微观察及精密扎针操作的稳定性。
- 隔振台配套专用低噪声空气压缩机，为气浮减振单元提供所需气源。
- 空压机采用静音设计，运行噪声水平满足实验室级工作环境要求，不影响测试操作人员正常作业。
- 供气压力与流量与隔振台气浮元件工作参数匹配，确保隔振性能持续稳定。
- 隔振台与探针台底座刚性连接，整体重心低、稳定性好，可在常规洁净室或实验室地面条件下实现可靠的微振动隔离，进一步保证微米至亚微米级测试精度。