

第六章 技术要求

台阶仪技术规格书

投标要求

- 1 投标人须仔细阅读招标文件的全部条款，并作为明确响应。
- 2 招标文件中带“★”或“#”号的条款（具体技术条款中明确有其他证明方式的要求以外），投标人必须在投标文件中提供技术支持资料。如具有 CMA 资质或 CNAS 标识的第三方检测机构出具的检测报告或 SEMI 产线用户证明或制造厂家盖章的技术白皮书。

否则按负偏离认定。招标文件中带“★”号的条款，投标方必须满足，若有一项不满足将导致废标。

3 投标报价

3.1 对设备进行报价填写《分项报价表》；

3.2 投标报价为设备到需方价（应含运保费）。

一、名称、数量及用途

1.1 名称：台阶仪

1.2 数量：1 台

1.3 原理及用途：本设备主要用于晶圆微纳加工、集成电路制造及先进封装工序中样片表面起伏的接触式扫描与提取。其工作原理是通过金刚石探针在芯片及晶圆样品表面进行物理接触和线性扫描，高精度位移传感器实时记录探针的垂直微小位移，从而定量获取样品的表面形貌，以满足微纳加工中台阶高度、粗糙度等核心参数的高精度测试与工艺优化需求。

★1.4 全新设备：明确为全新设备，不接受二手、翻新或再制造设备（包含主机、辅机和附件及所有零部件）。(本条只需提供盖章应答或承诺)

二、主要技术指标及要求

2.1.基本要求

2.1.1 适用晶圆尺寸：8 英寸 Notch 兼容 6 英寸 FLAT；

2.1.2 可承载样品的最大厚度：≥3mm；

2.1.3 支持硬质薄膜（如金属、氧化硅、氮化硅、碳化硅等）和软质薄膜/涂层（如光刻胶、聚酰亚胺 PI 膜、干膜、软金属等）的高精度无损测量，确保在合适压力下扫描软质材料表面不产生划痕或压痕；

2.1.4 手动放置样品，应具备真空吸附固定功能；

2.1.5 具备手动测试及半自动测试的功能。在半自动模式下，支持多点连续测试；在手动测试模式下，通过工控机界面实现单点测试；手动测试及半自动测试模式能够方便切换；

2.1.6 具备软件对使用者权限分级控制功能，至少分为工程师、技术员及操作员三级；

2.1.7 具有图形化操作界面，可设定相关工艺及量测参数，操作方便快捷；

2.1.8 操作界面可以不限限制存储的工艺菜单程式数量；

2.1.9 操作界面可实时监控并显示当前操作量测参数,包括实时扫描二维曲线、探针接触力设定值、XY 轴坐标、测量剩余时间等主要信息;

2.1.10 具有 log 记录功能,即可自动记录操作信息、测量参数、报警信息等内容,并以文档形式记录,便于查找和存档;

2.1.11 操作平台: 基于 Windows10 或更高版本的操作系统控制系统界面。

2.1.12 控制系统界面: 中文和/或英文, 中文优先。

2.2 设备配置

序号	设备配置	配置要求
设备配置: 探针及量测系统、驱动与自动载物台系统、光学对准及监控系统、信号处理及软件分析平台。		
一	探针及量测系统 (1 套)	
1	探针数量	2 支 (针尖曲率半径 2.0 μ m, 锥角 $\leq$ 45 度);
#2	台阶扫描高度上限	$\geq$ 240 μ m (支持双向扫描, 高于或低于台阶起始点);
#3	压力控制范围	覆盖: 0.5mg 至 50mg;
4	下针与保护	具备自动落针与软着陆功能;
二	驱动与自动载物台系统 (1 套)	
5	载物台直径尺寸	$\geq$ 200mm;
6	光学平晶长度尺寸	$\geq$ 300mm;
★7	扫描距离	$\geq$ 200mm, 单次不拼接;
8	平台旋转角度	支持 360 度自动旋转
9	减震配置	配备被动气浮式减震台;
10	驱动与扫描机构	配备精密高直线度气浮或高精度机械导轨;
三	光学对准及监控系统 (1 套)	
11	摄像头规格	彩色 CCD/CMOS 摄像头, 分辨率 $\geq$ 400 万像素;
#12	光路视角	支持俯视和侧视双光路设计, 可自动或软件一键切换;
四	信号处理及软件分析平台 (1 套)	
13	信号处理单元	具备降噪和信号放大能力, 确保输出高信噪比、低漂移的测量原始数据;
14	软件分析平台	集成测试算法, 支持台阶高度、膜层台阶厚度、表面粗糙度等物理参数的自动识别、提取与计算功能;
#15	支持数据格式	测试数据支持 100%导出为无锁的、通用 TXT 或 ASCII 格式;
16	软件授权	提供分析软件的永久免费使用授权;

序号	设备配置	配置要求
17	电脑配置规格	配备品牌控制台式电脑，预装 Windows10 或更高版本（64 位）专业版操作系统，运行内存≥16GB，硬盘存储总容量≥1TB，配置≥23 英寸液晶显示器。

2.3 技术指标要求

2.3.1 探针及量测系统，测试性能指标：

★（1）台阶高度重复性：≤4 埃米；

★（2）垂直分辨率：≤0.01 埃米；

#（3）高度量测线性度：高度偏差≤10 埃米@测量台阶高度≤2000 埃米，高度偏差≤±0.5%@测量台阶高度>2000 埃米；

（4）采样频率：≥2000Hz；

（5）采样点数：≥100 万点，单次扫描不拼接；

（6）扫描背景噪声：

1)平均垂直噪声≤150 埃米，@25μm 扫描长度；

2)平均垂直噪声≤200 埃米，@500μm 扫描长度；

3)平均垂直噪声≤400 埃米，@30000μm 扫描长度。

2.3.2 驱动与自动载物台系统，测试性能指标：

★（1）横向分辨率：≤25nm；

#（2）最小扫描速度：≤2μm/s；

#（3）载物台定位重复性精度（X/Y 轴）：≤2μm（1σ）。

2.3.3 光学对准及监控系统，测试性能指标：

#（1）可观测最小线宽：≤5μm。

2.4 动力条件要求（以下为招标方提供的公用工程基准条件。若投标设备要求超出以下范围，须由投标方自行配套解决；若本设备无需使用某项介质或动力，对应条款视为不适用，投标方注明“不适用”即可。）

2.4.1 设备搬入宽度不大于 3m，高度不高于 3.8m，安装后高度不高于 4m；

2.4.2 设备电力模式应满足中国电力制式要求。电力供电模式为：三相，50Hz，380V±10% (有特殊电源制式时，需由设备投标方自配变压器)；

2.4.3 工艺冷却水（PCW）供水压力≤0.4MPa，可调节，厂务输出温度 18±2℃；

2.4.4 压缩空气压力范围≤0.8MPa，可调节；

2.4.5 氮气压力范围≤0.8MPa，可调节；

2.4.6 纯水厂务端入水口：压力 0.4±0.05MPa，电阻率≥18.0MΩ·cm，温度 20±2℃；

2.4.7 带有废气及废水排放出口，且要求集中排放；

2.4.8 设备内外水、气管道、接头的选用安全可靠。

2.5 安全要求

适用选项	序号	配置	内容
☒	1	设备手册	应包括与使用设备有关的危害和相关保护措施

三、售后服务及长期自主维保要求

3.1 投标商应对任何由于不当包装或防护措施不利而导致的商品损坏、损失、锈蚀、费用增长等后果负责。

3.2 质保期限：

3.2.1.质保期限≥1 年，自验收之日起计算。

3.2.2 供货方在质保期内应对设备进行定期巡检。

3.2.3 质保期内，所有的备件和服务（不含耗材）由卖方免费提供。任何由制造商选材和制造不当引起的质量问题，厂家负责免费维修。质保期满前 1 个月内卖方应负责一次免费全面检查，并写出正式报告，如发现潜在问题，应负责排除。

★3.2.4 质保期内出现故障，设备无法正常使用≥5 工作日（以 service report 等记录为准），质保期顺延相应工作日。

3.2.5 验收前备件及耗材由卖方免费提供。

3.2.6 机台安装最新版本的软件，提供设备所需软件的在保修期内 1 年可免费升级服务；

3.2.7 中标方应提供质保期满后设备维修服务的收费方式和收费标准；

3.2.8 设备投标方要配合招标方进行新工艺的开发和技术支持，并向招标方提供工艺支持，协助招标方进行工艺开发，以满足招标方正常生产需求；

3.3 维修服务要求

3.3.1.质保期内，电话等远程技术支持服务响应时间不超过 4 小时，到用户现场提供支持服务响应时间不超过 1 个工作日。设备发生故障，供货方应在 4 小时内对采购人的服务要求做出响应，接到采购人维修通知后 1 个工作日内必须到达现场。

3.3.2.质保期外，提供至少两年免费技术支持；同时需提供永久保障性服务，以保障设备的正常使用。

3.3.3.工程师现场维修/巡检工作需提供正式报告(servicereport 等)，详细记录维修/巡检工期、项目、结论（验收、存在问题、处理方案）等。

3.3.4.设备安装后由生产厂家安装校准及售后服务，生产厂家设有 3 小时到达现场的直营售后服务团队，提供相关运营地址证明以及第三方导航截图证明。

3.3.5.卖方在中国大陆设有零备件库、办事处、维修站，保证优惠、及时零备件供应和优惠、优质维修服务。

3.3.6 中标方应提供免费备件，清单如下：

序号	备件名称	型号/规格/认证要求	数量
1	台阶高度校准标准片 A	标称高度约 8nm，附带国家计量院（NIM）或国际权威机构（NIST）认证证书	≥1 块
2	台阶高度校准标准片 B	标称高度约 1μm，附带国家计量院（NIM）或国际权威机构（NIST）认证证书	≥1 块

3.3.7 中标方应提供设备相关资料，清单如下：

序号	资料类别	资料/图纸名称	核心包含内容	交付格式及数量
1	合格证	《质检合格证》	设备的出厂质检合格证和主要外购件的质检合格证	1 套
2	操作与保养	《设备操作说明书》与《日常维护保养手册》	包含详尽的操作规程、标定流程、日常清洁、探针更换指南及常见报警代码排查手册。	纸质版 3 套，电子版（U 盘）1 套
3	维保 BOM	《设备易损件官方 BOM 订货清单》	提供易损件列表	电子版（U 盘）1 套
4	软件恢复	《控制/分析软件原版程序》	提供软件备份和整机备份	1 套

3.3.8 提供设备的随机备件；

3.3.9 设备易损易耗件清单，单独报价，不计入总价；

3.4 发货、装调及培训要求

3.4.1 合同签订后 2 周内投标方向招标方提供签字版的设备安装资料，包括水、电、气、排风、设备基础、设备尺寸、重量等安装所需全部资料。该安装资料用于厂房施工建设，投标方承诺提供的资料准确无误，如果出现因为投标方独立提供的资料有误导致的问题，由投标方承担相应责任。

3.4.2. 招标方保留设备预验收权利，差旅费用由招标方承担。如招标方不开展预验收，应提供通知函件至中标方。如招标方开展预验收，在设备发货前，招标方指派人员赴设备所在地开展预验收工作，预验收合格后方可发货，预验收项目清单如下：

序号	预验收内容	预验收方法	预验收标准
1	外观与配置清点	1)目视检查台阶仪主机及附属设备外观； 2)对照技术规格书与 BOM 清单，逐项清点主机、减震台、标准片及探针等实物；	1)确认实物表面无划伤、碰撞等机械损伤，机械部件完好； 2)确认实物的品牌、型号、规格和数量与商务合同及配置清单 100%一致；
2	设备自检	启动主系统，运行软件内置的系统状态自检程序；	确认控制软件自检通过，系统各模块无故障报警，指示灯正常
3	维保资料包检查	1)现场开箱并清点中标方交付的整套资料； 2)逐个核对文件名称、语言版本及交付介质形式；	1)确认交付资料符合 3.3.7 条款的要求（含合格证、说明书、维护手册、易损 BOM、原厂程序备份）； 2)确认技术深度满足买方独立完成日常故障排查的要求；

3.4.3 发货后将物流公司运输单（含包装箱材质、数量、尺寸、重量等）复印件提供给买方。

3.4.4.到货时需按用户要求免费将设备在双方商定的时间运到指定安装位置，并由仪器安装工程师当场进行开箱检查。

3.4.5.仪器经开箱检查确认一切正常后，由仪器安装工程师免费执行安装调试直至达到验收指标（以技术规格要求指标为验收指标）。

3.4.6 中标方负责设备的包装、运输（运输至招标方指定地点）、搬入指定安装地点（move in）、机台的安装（设备主机内部安装，辅机/附件内部安装及设备主机与设备辅机/附件之间的安装）及调试。

3.4.7 招标方进行二次配时，中标方必须派技术人员到现场提供技术支持。

3.4.8.安装、调试过程中，安装工程师有义务对用户讲解仪器的操作及注意事项，对用户提出的问题，安装工程师须认真给予正确完整的讲解和回答。

3.4.9 设备安装调试完毕，原厂技术人员负责对采购人提供操作技术培训≥3 天。中标方应在现场提供不少于 3 日免费培训，内容包括理论培训和操作培训。现场培训内容包括理论培训和操作培训；设备质保期内，仪器厂商需再提供至少 1 次高级应用培训，培训时间不少于 1 天，培训地点为客户现场。所有培训过程中所涉及的专用工具等必要物品由设备投标方提供；

3.4.10 培训内容应包括但不限于以下内容：设备操作、调试、维护保养和设备维修方面的内容，要求培训结束后，招标方技术人员和操作人员能够熟练掌握设备操作、调试和维护保养技术及必要的维修技术。

四、采购标的验收标准：

★4.1 设备技术验收项目以“二、主要技术指标及要求”中的所有★号项、核心性能指标及本章详细验收判定标准为准，一般项作为参考。

4.2 除非在技术规格中另有说明，所有仪器、设备和系统按下列要求进行验收，最终验收方案以双方签署的验收大纲为准

4.2.1.仪器设备运抵安装现场后，采购人将与供货方共同开箱验收，如供货方届时不指派人员参与，则验收结果应以采购人的验收报告为最终验收结果。验收时发现短缺、破损，采购人有权要求供货方负责更换。

4.2.2.验收标准以中标人的投标文件中所列的指标为准。验收时如发现中标人在投标时存在虚假指标响应情况，采购人将取消合同并依法追究中标人的责任，中标人必须承担由此给采购人带来的一切经济损失。

4.2.3.验收程序严格遵守双方确认的验收文件，由采购人、中标人及相关人员依国家有关标准、合同及有关附件要求进行；所有内容须现场演示，其结果须在要求范围之内。

4.2.4.验收完毕后形成验收报告，由采购人代表及中标人代表在验收报告上签字。

4.3.同时满足 4.1 及 4.2 为验收合格。

4.4.主要指标验收方法如下：

序号	验收项目	最终现场验收方法	判定标准
一	硬件、配置及安全验收		
1	外观与配置清点	1)目视检查台阶仪主机及附属设备外观 2)对照技术规格书与 BOM 清单,逐项清点主机、减震台、标准片及探针等实物	1)确认实物表面无划伤、碰撞等机械损伤,机械部件完好 2)确认实物的品牌、型号、规格和数量与商务合同及配置清单 100%一致
2	设备自检	启动主系统,运行软件内置的系统状态自检程序	确认控制软件自检通过,系统各模块无故障报警,指示灯正常
3	适用晶圆尺寸验证	分别将 8 英寸 Notch 晶圆和 6 英寸 Flat 晶圆放置于载物台,开启真空阀,手动轻推测试	确认两种尺寸晶圆均吸附紧密、无晃动,真空系统气密性良好
4	台阶扫描高度范围验证	1)在一个倾斜的光学平晶上进行扫描 2)控制探针分别向高于起始点(正上升)和低于起始点(负向下降)的方向进行扫描,直至 Z 轴传感器达到极限。	1)确认在 Z 方向能够测得的最大测量值 $\geq 240\mu\text{m}$ 2)确认支持双向扫描,在高于或低于台阶起始点测量时均能平稳运行、无量程溢出报错
5	探针压力控制验证	1)8 英寸 Notch 硅晶圆放置于载物台; 2)建立扫描配方,设定探针初始接触压力为最小极限值($\leq 0.5\text{mg}$),在硅片上测试下针; 3)逐步提升探针接触压力,直到最大极限值($\geq 50\text{mg}$);	1)确认探针实际接触压力可在 0.5mg 至 50mg 范围内实现调节; 2)确认调节和扫描运行过程中,测力反馈灵敏且系统无任何报错;
6	扫描距离	1)载物台上放置 8 英寸测试晶圆,建立超长扫描配方 2)设置单次扫描距离为 200mm,执行一键扫描运行	1)确认探针能够平稳、匀速滑过晶圆表面,无抖动或失贴现象 2)确认单次不拼接最大扫描距离 $\geq 200\text{mm}$
7	下针与保护验证	1)在硅片上运行下针测试程序 2)通过侧视摄像头实时监控探针接触样品表面的全过程 3)退针后,利用高倍显微镜观察样品表面	1)确认探针在触表瞬间能够平稳软着陆,系统无异常撞针报警 2)确认样品表面无针尖物理性撞击凹坑或压痕
8	光路视角检查	在测试软件内点击一键切换,变换俯视和侧视光路	确认俯视和侧视双光路切换顺畅
9	支持数据格式检查	1)对任意样片完成一次扫描测试,获取完整的测量曲线; 2)进入测试软件的数据管理或分析界面,执行数	1)确认测试原始数据支持 100%导出为通用的 TXT 或 ASCII 格式文件; 2)确认导出的数据文件无任何厂商加

		据导出操作，并选择通用文本格式进行保存。	密或锁限制，可在第三方软件中直接打开并进行二次数据处理。
10	软件授权检查	运行配套电脑中软件，进行运行分析	确认软件在无任何加密或硬件绑定限制下使用；
11	维保资料包检查	1)现场开箱并清点中标方交付的整套资料 2)逐个核对文件名称、语言版本及交付介质形式	1)确认交付资料符合 3.3.7 条款的要求（含合格证、说明书、维护手册等） 2)确认技术深度满足买方独立完成日常故障排查的要求
二 核心性能及测试指标验收			
12	台阶高度重复性	1)在被动气浮减震台正常运行状态下，选用标配 2.0 μm 金刚石探针 2)对经国家计量院（NIM）或美国 NIST 认证高度在 1 μm 左右的标准校准片上的同一步宽位置，不卸载样品连续自动测量 15 次	1)确认 15 次测试高度值由软件光标自动计算得出 2)计算 15 次高度测量的样本标准差（1 σ ），标准偏 ≤ 4 埃米
13	垂直分辨率	1)将台阶仪切至最小测量量程挡 2)确认台阶仪垂直高度读取电路所使用的模数转换元件位数 N 以及对应量程 3)最小分辨率=最小量程/（2 的 N 次方）进行物理计算	1)现场核查并确认垂直扫描高度量程（方法同第 4 项） 2)确认台阶仪高度读取电路使用元件位数 N，计算所得垂直分辨率 ≤ 0.01 埃米
14	横向分辨率	1)启动台阶仪控制与配置软件，进入参数设定界面 2)在配方界面中，将 X 轴方向的扫描采样步距设定为可设定的最小极限值，进行扫描；	1)确认系统在软件界面内可设定的 X 轴最小移动步距 $\leq 25\text{nm}$ 2)确认导出的 TXT 原始测试数据中，相邻两个数据点之间的实际水平采样步距 $\leq 25\text{nm}$
15	高度量测线性度验证	1)选用标称高度约 8nm 的标准片，在同位置连续自动扫描 15 次 2)选用标称高度约 1 μm 的标准片，在同位置连续自动扫描 15 次 3)软件自动提取 15 次测量高度的平均值，计算其与校准证书标称值的偏差	1)针对 ≤ 2000 埃米的台阶高度测量，确认实测高度平均值与标准片证书标称值偏差 ≤ 10 埃米 2)针对 > 2000 埃米的台阶高度测量，确认实测高度平均值与标准片证书标称值偏差 $\leq \pm 0.5\%$
16	可观测最小线宽验证	1)将含已知 $\leq 5\mu\text{m}$ 特征的标准刻线样片放置于载物台并开启真空吸附； 2)软件一键切换至俯视光路并执行对焦，使线条特征清晰成像；	1)确认真空吸附牢固，样片无位移，系统无气压报警； 2)确认俯视画面清晰、对焦精准，无重影或失焦现象；

		3)调出软件光标或测量工具，对准并读取该 $\leq 5\mu\text{m}$ 刻线的边缘。	3)确认在俯视角下可极其清晰地辨识并对准宽度 $\leq 5\mu\text{m}$ 的特征细线。
17	扫描背景噪声验证	1)选用极洁净、平整的硅片或平晶参考面作为样品 2)分别设置单次扫描长度为 $25\mu\text{m}$ 、 $500\mu\text{m}$ 、 $30000\mu\text{m}$ ，各执行 5 次重复扫描 3)记录各扫描长度下系统自动计算出的基线全跳动量，并取平均值	1)扫描长度为 $25\mu\text{m}$ 时，确认垂直背景噪声平均值 ≤ 150 埃米 2)扫描长度为 $500\mu\text{m}$ 时，确认垂直背景噪声平均值 ≤ 200 埃米 3)扫描长度为 $30000\mu\text{m}$ 时，确认垂直背景噪声平均值 ≤ 400 埃米
18	最小扫描速度验证	新建手动量测配方，将扫描速度设定为最小速度 ($\leq 2\mu\text{m}/\text{秒}$) 进行实际测量	确认扫描速度支持设定最小速度 $\leq 2\mu\text{m}/\text{秒}$ ，且扫描时运动平稳、无卡顿
19	载物台定位重复性精度 (X/Y 轴) 验证	软件控制载物台 X/Y 轴在全行程内运行，重复移动到同一点位，复测定位偏差	确认载物台在 X 轴和 Y 轴移动时的定位重复性精度 (1σ) $\leq 2\mu\text{m}$

五、交货地点：

5.1 北京大学指定地点。

5.2 卖方负责设备的包装并安全运到用户指定现场，叉车、吊车、运输、搬运入场、路线清理、隔墙安装、保险等费用由卖方承担，由于包装、运输、吊装、搬运不当等造成的货物损坏、锈蚀、丢失等损失由卖方承担。

六、交货期：

2027 年 8 月 30 日之前到货。