

编号：1507SB22050661

分子束外延设备 技术协议

根据甲方招标文件（编号 1507SB22050661）、乙方投标文件等文件资料，经甲乙双方

友好协商，在平等自愿的基础上就乙方提供的“分子束外延设备”达成以下技术协议。

1. 设备技术描述

1.1. 设备名称

分子束外延设备

1.2. 数量

1 套

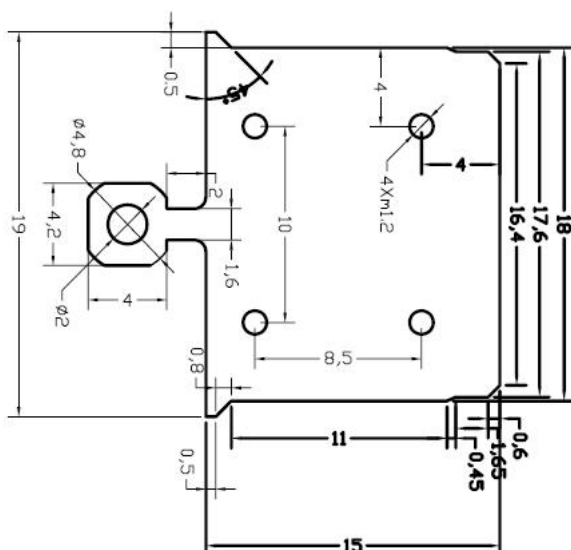
1.3. 仪器使用环境

环境温度：16℃~27℃ 环境湿度：20%~60%

1.4. 总体要求

系统总体要求如下：稳定性好，保证真空系统获得、维持的易操作性、真空恢复速度快；保证 PID 控制单元、石英晶体振荡膜厚测量仪、热电偶、RHEED 等测量和控制的精确性和重复性；对测量环境要求低，设备故障率低；可维修性好，能够提供专业仪器安装、维修、调试和培训等服务。

另外，非常重要的一点：径向传样系统是联合系统的一部分，要求统一使用下图所示尺寸的旗形样品托（厚度为 1mm）。各设备间的传样高度最终由甲方统筹协调一致。



系统图纸由甲方和乙方共同讨论设计决定并作为技术协议的附件，乙方需要向甲方提供系统最终图纸的 3D STEP 文件，主要用于与联合系统其他部分互连时模拟用。

1.5. 技术要求

1.5.1 系统组成和设计集成原则

1.5.1.1 系统技术要求总括

★该设备包括进样室、预处理室和生长室三个腔体，预处理室可对衬底进行溅射退火处理；生长室配备多个束源以及接口。配置 RHEED（含 CCD）、石英晶体振荡膜厚测量仪等。**系统极限真空优于 5×10^{-9} Pa**，四维样品台温度范围为 $-150^{\circ}\text{C} \sim 900^{\circ}\text{C}$ 。

1.5.1.2 真空件加工要求

a) 为保证真空指标的达标，真空腔体和主要加工件均**使用 316L 不锈钢**。

b) 腔体形状要求为柱状，设计后腔体各部分的长度误差和角度误差较小，不影响各部分的装配、连接和后续传样，建议参考的长度误差为优于 $\pm 1\text{mm}$ 、角度误差为优于 $\pm 1^{\circ}$ 。

b) 各个主腔体内表面要求经过标准的超高真空腔体处理，包括内表面处理、清洗和真空热处理等，三个主腔体的漏率要求优于 $1.33 \times 10^{-11} \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{sec}$ ，主腔体需出具较详细的出厂测试报告，主要包括：腔体内表面处理方法，真空热处理的真空度、温度和时间，检漏实测照片等信息。

c) 预留束源炉接口的特别说明

系统中全部束源炉设计都要求其中心的延长线交点处于样品加热台的样品基片中心，其中外延生长室需设计并保留一个 CF63 法兰口专用于扩展安装偏转式电子束蒸发源模块（一种集成了大尺寸偏转式电子束蒸发源，带水冷腔体、配单独分子泵组、可用 QMA 或 EIES 监测并反馈稳定蒸发束流的蒸发源模块）。

1.5.1.3 零部件配置原则

a) 由于分子束外延设备在后续使用时蒸发的材料较为特殊，需尽量减少破空拆腔维修的次数，设备所配零部件均采用具有较高成熟度的产品，稳定性好且不易损坏，易损件维修替换方便快捷，不采用成熟度不高的新设计产品。

★b) 考虑到稳定性和材料放气率等因素对真空的影响，要求在腔体达到静态极限真空之后，外延生长腔体和预处理室的机械手或者磁力杆需使用放气率小的产品，在以较低速度直线运动（长驱动距离的磁力杆直线移动完成时间不大于 30 秒）和转动移动时的**真空增量最差小于 $8 \times 10^{-8} \text{ Pa}$** ，要求外延生长腔体的四维样品台和激光靶台在运动时的**真空增量最差小于 $1 \times 10^{-8} \text{ Pa}$** 。

c) 由于极限超高真空指标较高，全部的超高真空插板阀（包括手动、气动或者电动）要求真空适应范围为 $1 \times 10^{-8} \text{ Pa} \sim 1.6 \text{ bar}$ ，阀门打开时的最高可烘烤温度为 250°C ，阀门关闭时的最高可烘烤温度为 200°C ；

d) 考虑到设备稳定性和极限真空指标达标等因素，分子泵要求使用高压缩比的型号，要求对氮气的最大压缩比大于 1×10^{11} ；

e) 离子规需采用安捷伦 UHV-24 热阴极型号，灯丝的主材质为 Ir，灯丝数量为 2 根，极限真空准确测量值可达 2.7×10^{-9} Pa 或者更优；全量程规管使用 Edwards WRG 系列，复合有皮拉尼规，真空测量范围为 5×10^{-7} Pa 至 100000 Pa；

f) 各个腔体设计并安装足够数量的超高真空视窗，用于传样和生长过程中的观察、激光入口、测温等，视窗玻璃的材质选择需考虑其用途匹配，如准分子激光入口、加热红外激光入口和红外测温仪测量口需要根据透光的波长范围来选择特殊材质的玻璃。另外，由于准分子激光可能存在散射，要求在距离地面高度 1.8 米以下的超高真空视窗外侧增加准分子激光的防护罩。

1.5.2 各腔室设计及真空泵等配置

1.5.2.1 外延生长腔体

a) 外延生长腔体底端配置 1 个安装激光靶台的大法兰；另外设计预留不少于 4 个法兰口设计用来安装常规蒸发源（其中至少有 2 个法兰口为 CF63），安装角度设计时原则上使其不超过 45° ；外延生长腔体上合理配置其他法兰接口用于安装磁力杆或机械手、四维样品台、差分式 RHEED、四极质谱仪、石英晶体振荡膜厚测量仪、观察窗（便于传样等操作，对着蒸发源的位置需加装挡板）、真空泵，以及对接 RDC 和快速进样室等；外延生长腔体在使用时会受到内部蒸发源较大的热辐射，因此外延生长室腔体采用双层水冷（包含循环水冷机）；

b) PLD 激光进光口安装超高真空手动插板阀，并在插板阀和进光视窗之间用三通短管并连接到快速进样室分子泵（之间须安装有超高真空全金属角阀），以便在外延生长室真空环境不被破坏情况下更换进光视窗；

c) ★配置安装有钛升华泵（3 根钛丝）的复合离子泵 1 套，离子泵对氮气抽速不小于 500L/s，钛升华泵标称抽速不低于 1000L/s，使用原厂离子泵控制器和钛升华泵控制器；要求该型号离子泵的极限压强可达 1×10^{-9} Pa 以下，最大启动压强可达 0.1 Pa 或以上，标配烘烤模块且最大可烘烤温度可达 350 摄氏度；配置分子泵 1 套，标称抽速不小于 850L/s，使用原厂分子泵控制器；外延生长腔体配置多级干式机械泵 1 套，要求使用保养周期较大的多级罗茨干泵，尾气出口端标配或需要考虑额外配置防倒抽阀门；干泵与分子泵之间配电磁阀和皮拉尼规；

d) ★分子泵与腔体之间配置 VAT 品牌超高真空电动闸板阀，在生长环境真空度较差时（气氛环境下生长）可通过控制阀门开关的程度实现气体流速的控制，同时也可与真空指标的 interlock 联动，实现全关后用于保护分子泵；

e) ★配备 Agilent 超高真空离子规 UHV-24、XGS600 控制器及耐烘烤线缆 1 套；

f) ★系统在充分烘烤后，要求外延生长腔体在环境温度低于 27°C 时的本底真空小于 5.0×10^{-9} Pa；

1.5.2.2 预处理室

a) 该预处理室安装位置为 RDC 的主腔与 RDC 进样室之间，为联合系统共用的预处理室，设

计时需要考虑与这两个腔室的对接法兰口以及传样方式匹配，对接法兰口大小为 CF100。该腔体需按照简单分子束外延功能设计，在样品台下方的合适位置保留至少 3 个蒸发源安装接口（与铅垂线的夹角不大于 45° ，CF35 即可），其轴线相交后正好可处于上方样品台上放置的样品托中心。腔体还需设计法兰口并配置磁力杆或机械手、样品加热台、离子枪、残气分析仪（只预留接口法兰）、石英晶体振荡膜厚测量仪（只预留接口法兰）、观察窗（对着蒸发源位置的需配置挡板）、旗形样品托储样台；

- b) ★配置标称抽速不小于 300L/s 和 70 L/s 的串联分子泵 1 组，使用原厂分子泵控制器；配置干式机械泵 1 套，要求使用保养周期较大的多级罗茨干泵，尾气出口端标配或需要考虑防倒抽阀门；干泵与分子泵之间配电磁阀和皮拉尼规；
- c) ★分子泵与腔体之间配置 VAT 超高真空气动闸板阀一套，与真空指标的 interlock 联动，用于保护分子泵；配置 VAT 超高真空手动闸板阀 1 个，装在预处理室与 RDC 进样室对接的法兰上，其法兰尺寸大小匹配 RDC 进样室（CF100）；
- d) ★配备 Agilent 超高真空离子规、原厂控制器及耐烘烤线缆 1 套；
- e) ★系统在充分烘烤后，要求预处理室在环境温度低于 27°C 时的本底真空度小于 9.0×10^{-9} Pa；

1.5.2.3 快速进样室

- a) 快速进样室的设计要求同时实现靶材和旗形样品托在外延生长室的原位更换，并存储 4 个靶材和 4 个样品托；靶材进出口采用刀口法兰的观察窗，不采用快开门设计，同时要求该处短管及法兰口的在设计时模拟安装单工位低氧低湿手套箱；
- b) ★配置对标称抽速为不小于 70L/s 的分子泵 1 套，使用原厂分子泵控制器；配置干式机械泵 1 套，要求使用保养周期较长的多级罗茨干泵，尾气出口端标配或需要考虑防倒抽阀门；机械泵与分子泵之间配电磁阀和皮拉尼规；
- c) ★快速进样室与外延生长室连接，连接法兰处配置 VAT 超高真空手动闸板阀 1 个；分子泵与腔体之间配置 VAT 超高真空气动闸板阀一套，与真空指标的 interlock 联动，用于保护分子泵；
- d) ★配置 Edwards 全量程真空规、原厂控制器及线缆测量真空；
- e) ★系统在充分烘烤后，快速进样室在环境温度低于 27°C 时的本底真空优于 2.0×10^{-6} Pa；

1.5.3★激光靶台系统 1 套

安装于外延生长室的底部，具有上下可伸缩的功能，使靶台系统可上下伸缩，在使用激光镀膜功能时将激光靶往上推至工作位置，在使用 K-Cell 蒸发源时激光靶台可回撤至下端避让出 K-cell 源蒸发位置，同时考虑设计使用 K-cell 源蒸发时对激光靶台的遮挡保护；可装 6 个靶材，为每个靶材设置分隔板及保护板，防止靶材污染；外延生长室和快速进样室综合设计有专门的机构，可在不破坏外延生长室的真空的情况下原位换靶；可实现靶台的公转、自

转，由步进马达驱动，在生长时自转和公转可编程控制；考虑适当的特殊设计，避免激光持续打在靶材固定位置后导致靶材出现一个环形的槽，且需要在生长时可编程控制；可由程序软件控制靶材的选择和定位，提供自锁安全保护。

1.5.4 ★准分子激光器 1 套

要求输出波长 248nm；典型的脉冲宽度为~25ns；最大重复频率约为 20 Hz，并可实现往下可调；最大的**单脉冲能量不小于 650mJ**；最大稳定输出**平均功率 11W**；脉冲能量稳定性不大于 1%；典型的光斑尺寸小于 24mm×9mm；光束发散角小于 $3 \times 1 \text{mrad}^2$ ；冷却方式为水冷，要求标配控温精度、冷量和流速较合适的循环水冷机 1 台；配置支撑激光器的支架、激光光路所需的所有光学镜片、镜架和调节台；激光控制器需要有与电脑通讯的接口，便于与自动化控制软件对接控制。

1.5.5 外延生长腔体四维样品台 1 套

a) ★采用四维样品操纵台，加载客户旗形样品托；XY 方向可移动范围 $\pm 9.0\text{mm}$ ，Z 方向移动模块移动距离根据仪器整体设计安排，R 轴旋转模块（绕 Z）总计可转 360° ；XY 移动模块精度优于 $15\mu\text{m}$ ，Z 移动模块精度优于 $50\mu\text{m}$ ，旋转模块精度为 0.5 度，为满足高通量制备，Z 轴和 R 轴要求为马达控制；

b) ★样品加热方式采用红外激光加热，样品加热部位与周围环境隔热良好，最高温度至少可达 900°C ，并设计将红外测温仪实时测量的温度作为反馈控制加热用红外激光的输出功率；配套加热的红外激光 1 台，以及相应的扩束、聚焦、透射等光学部件若干，满足对旗形样品托的均匀加热和非均匀加热；

c) 为防止红外测温仪所测位置偏离样品而导致加热的红外激光输出功率过大，需考虑纠错机制以保护设备（如在距离旗形样品托一定距离的位置安装测温热电偶，热电偶温度未同步上升则切断红外加热）。

d) ★加热台材质主要适用于超高真空环境使用，在加热台充分除气后，加热旗形样品托 Mo 材质光板（充分高温除气后）至 900°C 时，**真空度小于 $4 \times 10^{-8} \text{Pa}$** ，加热台设计时还需要考虑后续生长氧化物时易于更换。

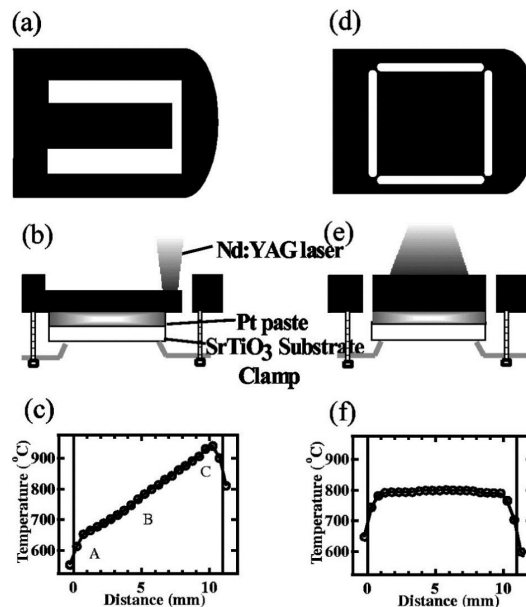
1.5.6 高精度掩模板组件 1 套

★在样品台的正下方，与样品面非常靠近的地方，搭载可移动可更换图形的掩模板组件；掩模板可在精密马达的控制下实现沿轴向的往复运动，移动精度最小步长可到 $20\mu\text{m}$ ，多次往复运动定位精度好于 $100\mu\text{m}$ ，马达可编程控制；掩模板的作用主要是在薄膜生长时实现在同一基片上的组分梯度，结合软件程序控制不同组分在同一基片上的沉积；掩模板分为上下两层，上层用于产生样品上的分立薄膜（需配置 10×10 、 8×3 两个图案的掩模板更换件，采用破空拆腔后更换的方式），下层用于梯度薄膜的产生（需配置方形孔和三角形孔两套掩模板更换件，采用破空拆腔后更换的方式），掩模板的材质和厚度选择需考虑后续使用时不容易变形

以及贴近加热的衬底时不放气；分立薄膜掩膜板设计需与样品托固定样品方式协同考虑，以使上层分立薄膜掩膜板尽量靠近衬底的表面，减小薄膜生长时的阴影效应；

1.5.7 特殊样品托设计

底板采用旗形样品托的尺寸，考虑匹配掩膜板组件特点的样品托设计，提供给用户衬底的固定方式和衬底的最优大小尺寸；另外，还需在上述要求的基础上需要设计能够用于激光均匀加热和不均匀加热的两种特殊旗形样品托，设计思路参考下图（Appl. Phys. Lett. 80, 565 (2002)），并同时配合激光的扩束或者缩束实现样品的均匀加热和不均匀加热。



1.5.8 ★高能电子衍射 RHEED 1 套

采用 Staib 品牌的 Torr RHEED35(暂不单独配差分泵), 适用的真空范围为超高真空至 10^{-1} Pa; 最大能量可达 35 kV; 电子束电流最大可达 120 μ A; 优化其安装位置, 使其光斑直径可小于 50 μ m; 并配套 RHEED 屏、挡板以及铅玻璃观察窗, 配 CCD 相机及相应的测量调节固定支架; 配全套采集、分析软件, 同时需要将其强度周期振荡信号输出, 作为自动化控制软件的参考信号。

1.5.9 ★石英晶体振荡膜厚测量仪 1 套

配 3 通道的膜厚测量仪 1 个, CF35 法兰安装的晶振测量头 1 个、震荡包 1 个和线缆 1 套; 晶振测量头置于可伸缩的直线驱动器上, 安装于外延生长室; 连接电脑后可使用软件同时对晶振实现控制和测量; 要求标配控温精度、冷量和流速较合适的循环水冷机 1 台;

1.5.10 红外测温仪 1 套

- ★温度范围为 150–1800° C, 安装于外延生长室与激光加热配套, 需考虑排除加热激光波长的干扰或选型问题; 测量光斑至少可区分出 5.7b 中不均匀加热衬底的热端和冷端温度;
- 测量的窗口需配与相应红外波长匹配的观察窗; 设计可较为精细调节的移动装置, 以测

温样品不同位置的温度；

c) 可连接电脑后在软件上显示温度，红外所测温度需作为反馈提供给加热红外激光器并控制其输出后实现其控温，需要考虑下面场景的自锁保护机制：红外测温点偏离样品处，为了达到软件设置的高温，红外加热激光功率升至过高而导致样品损坏。

1.5.11 自动化控制软件 1 套

a) ★要求对薄膜生长全过程采用自动化编程控制（衬底传至样品台之后），按照生长流程设定时序后实现整个薄膜生长过程的智能化，具体组合薄膜自动控制制备的实现可参考日本Pascal公司的PAC-LMBE技术或者文献Sci. China-Phys. Mech. Astron. 60,087421 (2017)；控制的部分包括：靶台的公转换靶、靶台的自转参数、靶台的5.3(e)动作、激光打靶的开与关、样品台需配合的运动、红外测温仪温度测量、外延生长室红外加热升降温、高精度掩膜板的精细运动等；自动生长的时序节点可人工设置时长控制（对应多晶或者非层状生长薄膜），也可使用RHEED强度震荡周期实时参数作为时序节点（对应高质量单晶薄膜层状生长）；

b) 要求在设备研发调试、工厂预验收和验收时使用Ce和Nb靶（软件中靶的数量可添加）切换以实现Ce-Nb梯度多晶薄膜制备的全过程自动化控制；

c) 自动化控制软件也包含相应模块，可使用两个K-Cell源后实现组合梯度薄膜的生长；

d) 要求使用真空计读数、循环水温度和流速作为反馈设立自锁机制实现异常时终止薄膜的自动生长，同时在真空异常时关闭外延生长室的分子泵气动阀和离子泵电源、激光挡板、激光靶台电源和蒸发源电源，在循环水温度和流速异常时关闭涉及到使用循环水的激光靶台电源和蒸发源电源等。

1.5.12 预处理室四维样品台 1 套

a) ★采用四维操纵台，加载客户旗形样品托，采用电子束加热对样品托进行加热，**最高加热温度可达1400℃**，配置热电偶测量并作为反馈给控制器控温；X/Y方向可移动范围±9.0mm，Z方向移动模块移动距离根据仪器整体设计安排，旋转模块可绕R轴转360°；XY移动模块精度不大于15μm，Z移动模块精度不大于50μm，旋转模块精度为0.5度；

b) ★在加热台充分除气后，加热旗形样品托Mo材质光板（充分高温除气后）至1200℃时，**真空度小于 8×10^{-8} Pa**；

c) ★四维样品台同时可实现将样品冷却至低温，使用液氮或者冷氮气，样品的最低温可达-150℃；

d) 配全套加热控制器及其电缆，要求控制器可在PID自动控制和手动控制之间随意切换，PID控制时要求在RT~1200℃整个温度区间的稳定性小于±1℃；

1.5.13 预处理室氩离子枪 1 套

★采用SPECS IQE11/35热阴极型号的离子枪，**高压最大值可达5000V**；发射电流可调，且最大发射电流不小于10mA；离子流光斑在10mm左右；配置包括全金属微漏阀1个、离子枪枪

头 1 个、控制器 1 个和线缆 1 根；配洁净的不锈钢氩气管道和相应的波纹管阀，并设计与分子泵相连的洗气；

1.5.14 预处理室储样台 1 套

用于存放薄膜生长用衬底（安装于旗形样品托上），数量 6 个；安装于可伸缩的机构上，驱动距离的设计以不妨碍传样、溅射和蒸发，并同时考虑保护机制以避免存放的衬底不受蒸发源的污染；

1.5.15 气路 4 套

外延生长腔体和预处理室各安装 2 个超高真空全金属微漏阀（共 4 个），用于后续扩展用于腔体通气。微漏阀后连接洁净金属管，合理布局后在金属管尾部各安装 1 个波纹管阀（共 4 个）；

1.5.16 快速进样室靶材停放台 1 套

快速进样室设计可存放多个靶材和旗形样品托的停放台，数量均为 4 个；停放台采用 Z 线驱，实现停放台的上下移动，预留出磁力杆往外延生长室传送靶材的空间；

1.5.17 传样用磁力杆和机械手

a) 装载衬底的旗形样品托主要从 RDC 内传入外延生长腔体，RDC 前端为停样台，因此外延生长腔体必须在合适的位置配置 1 个可绕轴摆动的磁耦合机械手，该机械手既可用于从 RDC 停样台取放旗形样品托，也可实现往四维样品台上取放样品；

b) 靶材主要从快速进样室传送至激光靶台系统，因此快速进样室需配置 1 个磁力杆用于靶材的传送，厂商根据传送机制考虑是否需要在外延生长腔体额外加装机手做配合；

1.5.18 系统支撑台架 1 套

系统采用铝合金支撑架，要求使用大滚轮以方便系统的移动，另外支撑架也要求具有一定范围的高度调节能力，以便在联合系统对接时能够细微地调节各仪器的高度。

1.5.19 控制电脑及预处理室自锁控制

a) 系统需集成 1 套用于精确自动化控制的专用电脑及显示器，包含 1 个主机和 2 个不小于 24 英寸的显示器，不带任何蓝牙、无线网卡、无线键鼠等无线附件，配置用于自动化控制的足够数量的数据接口和板卡，另外还包括膜厚测量仪、RHEED 的数据接口；要求在国内配套一套承重较好的电脑桌，桌子腿采用金属材质，台面长度不短于 1.5 米，后面带 2~3 层置物架；

b) 预处理室设计真空自锁控制，在遇到设备真空故障时关闭分子泵气动阀，烘烤时遇到真空故障时关闭分子泵气动阀并停止烘烤，同时该自锁也可手动解除后以实现氩离子溅射过程；

1.5.20 烘烤等附件

要求配置易于安装拆卸的整体系统烘烤装置或者加热丝加热装置，将烘烤电源独立出来接市

电,其他部分电源将与UPS不间断电源连接;配置2套不矮于2米的机柜(尺寸为60cm×80cm)放置各部件的控制器,以节约室内平面空间;系统各控制器所配电缆或者通讯线等长度要求不短于8米,以保证设备摆放符合安全等标准;

1.6. 技术资料

(1) 仪器主机及主要配件的使用操作手册,纸质版2份,电子版1份;

(2) 软件:在电脑上预安装所有必需的控制和测量等软件,并提供购置软件的授权安装盘,提供软件的终身免费升级服务。

1.7. 附件及备件

(1) 匹配不同尺寸法兰安装的螺杆、螺帽、垫片备用件不少于10套;

(2) 升华泵备用钨丝不少于10根;

(3) 超高真空离子规可替换灯丝2套;

(4) 离子枪可替换灯丝1个;

(5) 激光靶材固定套件不少于6套;

(6) 备用RHEED荧光屏2个;

(7) 石英晶振片1盒;

(8) 样品加热台的灯丝或者绝缘陶瓷等不少于2套;

(9) 准分子激光器和加热激光光路上的易损光学元件各1套;

(10) 长度不小于1米的KF25波纹管不少于2根;

(11) 不同尺寸大小的铜垫圈各5个;

(12) KF16、KF25法兰卡箍和O圈各5套;

(13) 提供真空腔的照明装置1套;

1.8. 人员培训

在仪器安装现场提供不少于3天的仪器使用、维护和维修培训。

1.9. 工厂预验收

在设备完成工厂调试完成后,在发货前,需预约需方技术人员到工厂完成设备的预验收后由双方签署预验收合格确认文件后方可发货。

工厂预验收由供方组织,需方至少2名技术人员参加,主要验收以下技术指标:

a) 根据双方签署的技术协议查验设备组成是否齐全;

b) 检验旗形样品托在系统中是否传样顺利,靶材原位更换是否顺畅;

c) 检验三个腔体充分烘烤后的本底真空是否达标,外延生长室和预处理室传样过程(包括

磁力杆、机械手、样品台的移动、转动等)和靶台运动过程(公转、自转、上下移动等)中的动态真空增量是否达标;

- d) 检验外延生长室和预处理室的四维样品台的移动范围、移动精度,检验其高低温温度指标及高温时的真空情况,并使用所配红外测温仪测量均匀加热和温度梯度情况;
- e) 现场实验:在外延生长室中,使用Ce和Nb两个激光靶材,验收自动化控制程序控制下Ce-Nb多晶梯度薄膜制备的自动化生长过程;(工厂预验收的Ce和Nb靶由乙方准备)

2. 设备技术规格及工作环境

机型	HY-MBE10
传样机制	本系统是联合系统的一部分,统一使用标准尺寸的旗型样品托(厚度为1mm)
外延生长腔室极限真空指标	小于 5.0×10^{-9} Pa
预处理腔室极限真空指标	小于 9.0×10^{-9} Pa
快速进样腔室极限真空指标	小于 2.0×10^{-6} Pa
外延生长腔体四维样品台	加热方式采用红外激光加热,最高温度可达 900℃
预处理室四维样品台	加热方式采用电子束加热,最高加热温度可达 1400℃,使用液氮冷却,样品的最低温可达-150℃
整机重量(kg)	1500
温度范围及湿度要求	18 - 24℃, 35-65 %
电源	220 VAC ~ ($\pm 10\%$); 50Hz ($\pm 3.5\%$), 最大功耗: 15KW
冷却水	去离子水

压缩空气	供气压力最小 4 bar, 最大 6 bar
------	------------------------

3. 设备供货清单

序号	说明	名称	描述	数量	
一	外延生长腔室	1	外延生长腔室	316L 不锈钢腔室	1
		2	多级罗茨干泵	抽速不小于 20m ³ /h	1
		3	分子泵	抽速不小于 850L/s	1
		4	复合离子泵	离子泵抽速不小于 500L/s, 钛升华泵抽速不小于 1000L/s	1
		5	高真空电离规	Agilent 超高真空离子规 UHV-24、XGS600 控制器及耐烘烤线缆 1 套	1
		6	插板阀	VAT CF150 气动插板阀一套	1
		7	激光靶台系统	可装 6 个一英寸靶材, 可实现靶台的公转、自转, 由步进马达驱动, 在生长时自转和公转可编程控制	1
		8	外延生长腔体 四维样品台	加热方式采用红外激光加热, 最高温度可达 900℃	1

		9	高精度掩膜版组件	掩膜板可在精密马达的控制下实现沿轴向的往复运动，移动精度最小步长可到 20 μm ，多次往复运动定位精度好于 100 μm ，马达可编程控制	1
		10	差分式 RHEED	Staib 品牌的 Torr RHEED35(暂不单独配差分泵)，适用的真空范围为超高真空至 10^{-1} Pa ；最大能量可达 35 kV；电子束电流最大可达 120 μA ；优化其安装位置，使其光斑直径可小于 50 μm	1
		11	四极质谱仪	SRS 品牌的 RGA300 型号	1
		12	石英晶体振荡膜厚测量仪	上海泰尧真空科技有限公司的 FTM-M 系列多通道膜厚仪及可烘烤探头，配置四通道	1
		13	红外测温仪	温度测量范围为 150–1800° C	1
二	预处理室	1	预处理腔室	316L 不锈钢腔室	1
		2	多级罗茨干泵	抽速不小于 20m ³ /h	1
		3	分子泵	抽速不小于 300L/s	1
		4	分子泵	抽速不小于 70L/s	1
		5	高真空电离规	Agilent 超高真空离子规 UHV-24	1
		6	插板阀	VAT CF100 电气动插板阀一套	1
		7	插板阀	VAT CF100 手动插板阀一套	1

		8	预处理室四维样品台	加热方式采用电子束加热，最高加热温度可达1400℃，使用液氮冷却，样品的最低温可达-150℃	1
		9	氩离子枪	采用 SPECS IQE11/35 热阴极型号的离子枪，高压最大值可达 5000V	1
		10	样品储样台	存放旗形样品托上，数量 6 个，安装于可伸缩的机构上	1
三	快速进样室	1	进样腔室	316L 不锈钢腔室	1
		2	多级罗茨干泵	抽速不小于 20m ³ /h	1
		3	分子泵	抽速不小于 70L/s	1
		4	全量程真空计	Edwards WRG 系列，真空测量范围为 5×10 ⁻⁷ Pa 至 100000 Pa	1
		5	插板阀	VAT CF63 气动插板阀一套	1
		6	插板阀	VAT CF63 手动插板阀一套	1
		7	磁力杆	用于更换外延生长室靶材	1

四	准分子激光器	1	准分子激光器	<p>输出波长 248nm;</p> <p>典型的脉冲宽度为~25ns;</p> <p>最大重复频率约为 20 Hz, 并可实现往下可调;</p> <p>最大的单脉冲能量不小于 650mJ;</p> <p>最大稳定输出平均功率 11W;</p> <p>脉冲能量稳定性不大于 1%;</p> <p>典型的光斑尺寸小于 24mm×9mm;</p> <p>光束发散角小于 $3 \times 1\text{mrad}^2$</p>	1
		2	支架	支撑激光器的支架	1
		3	光路系统	激光光路所需的所有光学镜片、镜架和调节台	1
		4	循环冷水	用于激光器水冷的循环水冷机	1
五	随机资料	1	出厂合格证书	/	3
		2	操作手册	/	3
		4	配置清单	/	3
		7	软件培训手册	/	3
		9	备件及易损件清单	/	3
六	培训	提供培训不少于 3 个工作日			

4. 安装与验收

在设备完成工厂调试和预验收后由双方签署预验收合格确认文件后方可发货，到货后，由需方通知供方工程师上门安装。

正式验收在安装的过程中完成，由合同仪器的供需双方技术人员共同参与，对各类现场验收的指标留下照片或者视频等资料，将全部的验收指标制作成表格后在现场由双方技术人员签字。验收指标主要参考上述技术协议，主要验收内容有：

- a) 外观质量；
- b) 根据双方签署的技术协议查验设备组成和相应配件的功能是否达标；
- c) 检验旗形样品托在系统中是否传样顺利，靶材原位更换是否顺畅；
- d) 参数检验：包括三个腔体充分烘烤后的本底真空、生长室和预处理室的样品台温度指标；
- e) 检验三个腔体充分烘烤后的本底真空是否达标，外延生长室和预处理室传样过程（包括磁力杆、机械手、样品台的移动、转动等）和靶台运动过程（公转、自转、上下移动等）中的动态真空增量是否达标；
- f) 测试外延生长室和预处理室的四维样品台的高低温温度指标及高温时的真空情况，并使用所配红外测温仪测量外延生长室四维样品台的均匀加热和温度梯度情况；
- g) 现场实验：在生长室中，使用 Ce 和 Nb 两个激光靶，验收自动化控制程序控制下 Ce-Nb 多晶梯度薄膜制备的自动化生长过程，并将生长的薄膜进行离线 XPS 分析，确认其薄膜中不同区域的 Ce 和 Nb 成分比例是否具有一定的梯度分布；（现场验收的 Ce 和 Nb 靶由乙方出场时提供）
- h) 技术资料清点；
- i) 双方签署验收报告。

5. 包装运输

- > 包装运输应符合国家相关标准要求，包装注明部件名称、数量及装箱清单。
- > 运输、保险费用由乙方负担。

6. 售后服务

仪器验收合格后，提供仪器及其零部件 48 个月免费保修和技术服务；在保修期内，非人为原因造成机器零部件损坏，卖方免费更换零部件及服务；在保修期之外，提供两年免费技术

服务；在保修期外，卖方按优惠价提供零部件及技术服务。如果系统发生故障，公司及其售后服务人员需要在 24 小时内响应，并在一星期之内提出维修方案。

本协议一式五份，甲方执三份，乙方执一份，备案一份。本协议作为采购合同的附件，和采购合同具有同等法律效力。

以下无正文。