

二、合同金额

人民币（大写）：壹佰柒拾柒万叁仟柒佰元整（¥ 1773700元）。

合同价款的组成：货物（设备）价款及运输、装卸、安装费用及相关材料费、调试费、软件费、保修、人员培训、税金等费用。

三、质量及技术规格要求

1. 乙方须按合同要求提供全新货物（设备）（包括零件、附件、备品备件等），货物（设备）的质量标准、规格型号、具体配置、数量等符合招标文件要求，其产品为原厂生产，且应达到乙方投标文件及澄清文件中明确的技术标准。

2. 乙方应在本合同签订后 7 个工作日内向甲方提供安装计划及质量控制规范，并于约定时间前进驻安装现场，待所有货物（设备）安装调试完毕后甲方开始组织验收。如甲方无正当理由，不得拒绝接收；在安装调试过程中，甲方有权采取适当的方式对乙方产品质量标准、规格型号、具体配置、数量以及安装质量和进度等进行检查。

四、交货时间、地点与方式

1. 乙方应于合同生效后 60 日历天内将货物（设备）运到甲方指定地点（河南工业大学：郑州市高新区莲花街 100 号），并按甲方要求安装、调试完毕，具备使用条件。

2. 乙方负责所供货物（设备）包装、运输、安装和调试，并承担所发生的费用；甲方为乙方现场安装提供水、电等便利条件。

3. 安装过程中若发生安全事故由乙方承担法律责任。

4. 乙方安装人员应服从甲方的管理，遵守国家法律法规和学校相关制度，否则一切后果均由乙方承担。

5. 货物（设备）交付使用前，乙方负责对提供货物（设备）进行看管，并承担货物（设备）的丢失、损毁等风险。

6. 乙方交由承运人运输的在途货物（设备），由乙方承担毁损、灭失的风险。

五、验收、调试及人员培训

1. 验收：到货后，乙方应向甲方移交所供货物（设备）完整的使用说明书、合格证及相关资料。乙方将工作完成后，由甲方组织进行验收，自正式验收合格并交付给甲方之日起计算质保期。如果乙方提供的货物与合同要求标准不符，甲方有权拒绝接收，由此产生的一切费用由乙方承担。验收程序如下：

（1）到货验收。到货后，检查仪器设备内外包装是否完好，有无破损、碰伤、浸湿、受潮、变形等情况。确认所验收货物件数与运输单据填写的件数、品牌及标准一致。如发现上述问题，应作详细记录，并拍照留据。

（2）开箱（实物及数量参数）验收。到货后开箱检查仪器设备及配件外表有无残损、锈蚀、碰伤等，检查随机资料是否齐全，如仪器说明书、操作规程、检修手册、产品检验合格证书等。以装箱单为依据，逐件核对检查主机、附件的规格、型号、配置及数量。以供货合同为依据与装箱单进行核对，做好货物（设备）验收清单记录。

（3）质量验收。按照合同条款、货物（设备）使用说明书及操作手册的规定和程序进行安装、调试后进行质量验收，乙方技术人员参加，必要时可委托有资质的第三方（或政府主管部门）进行验收，所需费用由乙方承担。验收时对照货物（设备）使用说明书，进行各种技术参数测试，检查仪器的技术指标和性能是否达到要求，做好质量验收记录，验收结束出具验收报告。若仪器出现质量问题，应将详细情况书面通知乙方。

2. 调试：乙方负责对货物（设备）免费进行安装调试，并使其投入正常运行。

3. 人员培训：乙方免费对甲方人员进行必要的业务及服务培训，使其达到正确掌握设备使用要求。

六、履约保证金及付款方式

1. 履约保证金： 88685 元 。

中标人需向河南工业大学提交履约保证金。项目验收完毕后，履约保证金无息退还。 履约保证金的形式：转账 履约保证金的金额：中标价的 5%

2. 付款方式： 货物交付完毕经由甲方最终验收合格后支付合同总额的 100%。

3. 付款形式：转账

4. 甲方银行账户信息

乙方银行账户信息

用户名： 河南工业大学

用户名： 河南西超实业有限公司

开户行： 中国农业银行郑州中原支行

开户行： 中国民生银行郑州农科路支行

账号： 16051101040007977

账号： 647794013

七、合同的履行、变更和解除

1. 合同签订后即具法律效力，甲乙双方均须认真履行，不得随意解除合同。

2. 甲乙双方不得擅自变更合同。如因项目需要变更，须经双方书面认可后方可变更。

3. 发生以下情况，经甲方通知乙方未及时整改的，甲方有权解除合同：

(1) 乙方拒绝接受甲方的管理；

(2) 合同执行期间, 乙方因自身问题不能正常供货, 致使供货期严重延误;

(3) 所供货物(设备)不符合本合同附件的技术标准;

(4) 所供货物(设备)不符合验收标准;

(5) 法律规定的其他情形。

4. 变更或解除合同的未尽事宜按《中华人民共和国民法典》) 有关规定办理。

八、违约责任

1. 除如因战争, 严重水灾、台风、地震等自然灾害, 政府政策的重大变动等政府行为和其他甲乙双方认可的不可抗力事件外, 甲乙双方不得随意解除合同, 否则按违约处理。

2. 若乙方所供货物(设备)的品牌、型号、规格、技术标准、质量标准和运行等, 不符合本合同规定的, 乙方应负责更换并承担因此而发生的一切费用, 如无法更换或更换后仍不符合约定的, 甲方有权拒收并有权解除合同, 同时乙方应支付合同价款的 30% 的违约金。因乙方更换而造成逾期交货的, 则按逾期交货处理, 乙方应负责更换并承担因此而发生的一切费用。

3. 乙方不能按时供货, 除不可抗力事件外, 每拖延一日应按合同总额的千分之五向甲方支付违约金。

4. 乙方逾期三周 不能供货, 甲方有权解除合同, 并要求乙方支付合同金额 30% 的违约金, 同时追究乙方责任。

5. 乙方将货物送达指定地点后和安装过程中, 甲方发现乙方所供货物(设备)、配件、施工工艺等不符合合同约定, 甲方有权对乙方进行每次不低于 10000 元的违约金处罚, 并有权单方解除合同, 由此产生的一切费用由乙方承担。

6. 当违约金超过履约保证金时, 超过部分甲方有权从合同总价款中扣除或要求乙方另行支付, 用于补偿违约金不足的部分。

7. 项目验收合格后，因甲方原因未支付货款的，应按银行同期贷款利息补偿乙方损失。

8. 本货物（设备）的免费质保期为 3 年，如乙方违反《售后服务承诺》约定未及时履行保修义务的，每发生一次，乙方应向甲方支付违约金 10000 元。甲方因乙方违约而委托第三方进行维修所产生的相应维修费用，甲方有权要求乙方另行支付。

9. 在合同履约期内，若乙方出现违约行为，将不予退还履约保证金。履约保证金被扣除后余额不足的，乙方须在 3 天内补足。

九、争议的解决

1. 本合同的签订和履行，适用《中华人民共和国民法典》相关规定。

2. 甲乙双方因质量问题发生争议，由合同签署地点质量技术监督单位进行质量鉴定。经鉴定质量合格，鉴定费由甲方承担；鉴定质量不合格，鉴定费用由乙方承担，并承担违约责任，同时甲方有权解除合同。甲乙双方任何一方也可直接起诉。

3. 因履行合同发生的争议，由甲乙双方直接友好协商解决，如协商不成可向合同签署地点的人民法院诉讼。

4. 甲乙双方以签订合同时各自法人登记注册地为有效的送达地址，在合同履行过程中，送达到该地址视为有效送达；如发生诉讼，该地址作为全部诉讼程序和执行程序的送达地址，具有发生在人民法院签署送达地址确认书的法律效力。如变更送达地址，需书面告知对方。

十、合同的生效及其他

1. 本合同一式陆份，甲方肆份、乙方贰份，经甲乙双方代表签字、加盖公章后生效，合同履行完成后自行终止。



2. 组成本合同的文件及解释顺序为：本合同及补充条款。如果乙方的投标（响应性）文件及其附件高于国家行业标准的，以投标文件及其附件为准。

3. 本合同生效之后，任何一方违反本合同规定，除了承担违约金外，还要承担守约方向违约方追究违约责任所支付的一切费用，包括但不限于律师费、诉讼费、保全费、公告费、鉴定费、交通食宿费等。

4. 本合同未尽事宜，供需双方可签订补充协议，与本合同具有同等法律效力。

5. 技术规格书（技术参数及要求）、实施方案、售后服务承诺均为本合同附件，与本合同具有同等效力。

附件 1： 技术规格书（技术参数及要求）

附件 2： 实施方案

附件 3： 售后服务承诺



备注：本合同为一般货物类项目合同，合同执行完毕后，资产入账、资金支付均应开具货物类发票。

（下无正文，转签章页）



(以下无正文，本页为签章页)

甲方（盖章）：河南工业大学

法定代表人或委托代理人签字：

——刘峰

地址：郑州市高新区莲花街 100 号

电话： 13605157059

乙方（盖章）：河南西超实业有限公司

法定代表人或委托代理人签字：

——靳同远

地址： 河南省郑州市金水区红专路 110 号名门国际中心 13 楼 1309

电话： 13838506270

技术规格书

技术规格一览表

序号	名称	型号规格	技术参数描述	数量	品牌/厂家
1	微波等离子体化学气相沉积设备	UP-510	一、MPCVD 主机技术要求: ★1. 微波系统 ★1.1 微波频率: 2450±25MHz; 1.2 输出功率: 1kw~10kw 连续可调; 1.3 微波调谐: 手动三销钉调谐器; 1.4 微波反射保护: 环形器, 水负载; 1.5 微波工作模式: TM013。 ★1.6 微波泄漏: ≤2mw/cm²。(离设备 5cm 处) 2. 真空系统 ★2.1 工作气压范围: 10~250 Torr; 2.2 自动稳压范围: 40~250 Torr; 2.3 真空泵: 抽气速率≥4.4 L/s, 双级旋片式真空泵; ★2.4 系统漏率: <1.0×10⁻⁹Pa·m³/s (提供氦质谱检漏仪检测数据); ★2.5 腔体保压能力: 每 12 h 压升小于 12 Pa (90mTorr); ★2.6 本底极限真空: <5×10⁻⁵ Pa; 2.7 真空测量: 配备两个高低量程; 2.8 分子泵: 抽气速率≥240 L/s; 3. 真空反应腔 3.1 腔体类型: 碟型腔 Clamshell; 3.2 反应腔材料: 不锈钢; ★3.3 开关盖方式: 具备自动控制开关; 3.4 腔体密封: 金属、氟胶圈密封; 3.5 标配钼台直径: ≥3 英寸 (钼台不同散热效率配 10 个); 3.6 配备真空微尘分离器; 3.7 样品台可拆卸清洗; 3.8 每套设备配备一套适合单晶和多晶生长的标准样品台, 以满足单晶和多晶样品的生长。	1 套	优普莱/深圳优普莱等离子技术有限公司

	3.9 腔体密封：除取样门外，反应腔其他接口法兰均为金属密封。 4. 气路 4.1 通过气动阀门和高精度质量流量控制器自动控制； 4.2 系统标配五路 MFC，扩加至六路 MFC； 4.3 标配五路 MFC 最大流量：H₂:1000sccm, CH₄: 100sccm, O₂: 10sccm, N₂: 10sccm, Ar:20 sccm。 4.4 响应时间 10 sec, 准确度±2%, 工作压力范围 0.05—0.3 MPa； 4.5 智能工艺控制系统与高精度压强控制器无缝对接，保证单晶金刚石在 7×24 小时的沉积过程中始终保持稳定压强，在 10 Torr 至 250 Torr 之间的工作气压范围，只要输入气压值，即可自动快速调节至指定气压并保持稳定； 4.6 气路由气动阀门控制，每路 MFC 前后以及旁路各带一个气动阀门； 4.7 气管，MFC，气动阀门均为 VCR 接口金属密封。 5. 测温系统： 5.1 采用红外测温系统，测温范围：250~1400 摄氏度； 5.2 测温窗口：腔体顶部配备测温窗口，斜向测温，测温位置连续可调。 6. 冷却系统 6.1 冷却设计：腔体、微波头、微波电源、沉积台均有水冷设计； 6.2 水温及流量：水流量、水温实时监测。 7. 系统软件 7.1 配置 PLC 控制的触摸屏显示屏不小于 15 寸，所有操作均可在触摸屏上完成； 7.2 系统支持工程师和操作人员两个用户级别，提供用户权限管理功能； 7.3 系统需自带缺水，缺气，电源缺相，火球跳变，过温过载，打火等自动保护； ★7.4 可设置多达 100 套工艺配方，每套配方有 40 行数据，生产流程通过工艺配方自动控制，工艺数据可通过 U 盘备份导出； 7.5 系统需自带全自动抽气，起辉，升温，降温等预设流程和功能； 7.6 配方功能支持用户实现全自动工艺生长； 7.7 具备全自动温度控制，气压控制； 7.8 带远程监控系统，提供系统运行视频监控腔体内等离子体及样品生长情况。 7.9 手机、平板可远程观察腔体内生长情况，可远程控制系统参数。 8 冷水机 ★8.1 制冷能力：≥15 kW； 8.2 流量：30~40 L/min； 8.3 进水温度范围：20~23℃；	
--	---	--

	8.4 入口水压: 4.5~5.0 kg/cm2 (bar) (或扬程>45 米); 8.5 系统进水出水连接: $\phi 20$ mm (宝塔接头); 8.6 为了避免因腐蚀而出现问题, 要求使用纯净水。 9 纯水机 9.1 可制取 RO 三级水, 水质在线监测; 9.2 RO 反渗透柱自动冲洗, 具有反渗透膜自动冲洗装置证明, 方便用户自动清洗; 9.3 配备 UP-KDF、ULU 缓释器, 能有效预防主机主要耗材结垢, 有效去除水中高硬度金属离子, 具有预处理检测装置, 并提供证明材料; 9.4 保证安全, 系统可自控保护: 缺水/低水压, 系统自动停机保护; 水箱满水系统自动停机保护; 用水后系统自动开机, 具有低水压无水信号保护装置; 9.5 LCD 液晶中文显示屏, PLC 自动控制系统; ★9.6 采用带有预处理检测的预处理装置, 提供第三方出具的证明材料; ★9.7 具有双向柱塞连动机构, 提供第三方出具的证明材料, 确保机器可以连续出水; 9.8 具有“实验室纯水器恒压脉冲发生装置”, 稳定给压, 延长耗材使用寿命; 二、MPCVD 设备特种气体管道安装施工要求 1、特种气体管道安装符合国家标准技术规范 2、系统要求 2.1 工艺气体种类: 甲烷、氢气、氧气、氮气、氩气、氦气、压缩空气。 ★2.2 系统设计要求 (1) 氢气 (配备防爆气瓶柜) 钢瓶供气: 2 用 2 备, 具备气体纯化装置 (7N)。 钢瓶供气系统需具备减压前后压力表显示, 高压排空系统。 连接方式: 自动氩气 (99.999%) 焊接, 所有管线衔接应为无缝焊接或 VCR 连接。 材质: EP 级 316L 不锈钢无缝管, 管道采用 1/4" *0.89 mm。 (2) 甲烷 (配备防爆气瓶柜) 钢瓶供气: 2 用 2 备, 具备气体纯化装置 (7N)。 钢瓶供气系统需具备减压前后压力表显示, 高压排空系统。 连接方式: 自动氩气 (99.999%) 焊接, 所有管线衔接应为无缝焊接或 VCR 连接。 材质: EP 级 316L 不锈钢无缝管, 管道采用 1/4" *0.89mm。 (3) 氧气/氮气/氩气 (配备防爆气瓶柜) 氮气: 一用一备; 单瓶供气 氧气: 一用一备; 单瓶供气	
--	--	--

	氩气：一用一备；单瓶供气 钢瓶供气系统需具备减压前后压力表显示，排空系统。 连接方式：自动氩气（99.999%）焊接，所有管线衔接应为无缝焊接或 VCR 连接。 材质：EP 级 316L 不锈钢无缝管，设备端管道采用 1/4" #0.89mm。 (4) 压缩空气管路 气源由空压机引入，供气系统需具备减压前后压力表显示，高压排空系统；接到 MPCVD 设备。 (5) 气体侦测报警系统 可燃气体需设置气体探测器，烟感报警器、甲烷气体报警器、氢气报警器、氧气报警器支持现场声光报警，数据在线可查；报警实时传输；记录多条可查。通信采用 m-bus 两总线通讯；传感器使用进口灵敏元器件，具有精度高可靠性高等特点；内部采用组件模块形式，维修只需更换组件即可完成；探测器采用压铸铝材质，防爆设计，能有效防尘、防水；可配接独立液晶和显示模块，实现实时数据显示，现场声光报警；显示款配有红外遥控器校准方便。 产品标准： (5) . 1. 氢气、甲烷气体探测报警器（产品提供本公司检测报告原件、合格证及使用说明文件；还需提供第三方机构出具的检测报告原件，该机构需获得 CMA 或 CNAS 认可，并且其校准服务符合国际互认标准。）；通信采用 m-bus 两总线通讯；传感器使用进口灵敏元器件，具有精度高可靠性高等特点；内部采用组件模块形式，维修只需更换组件即可完成；探测器采用压铸铝材质，防爆设计，能有效防尘、防水；可配接独立液晶和显示模块，实现实时数据显示，现场声光报警；显示款配有红外遥控器校准方便。 技术参数： 测量精度：± 3%FS 防爆方式：隔爆型 防护级别：IP66 工作电压：DC36V 安装方式：固定式安装 显示方式（选配）：LCD 液晶显示 温度范围：-40℃-70℃或-20℃-50℃ 信号输出：m-bus 防爆标志：ExdII C T6 Gb 电器接口：G1/2(4 分) 功耗：≤3W 检测方式：自由扩散式	
--	---	--

	湿度范围:10-95%RH(无凝露) 最小读数:1%LEL, 0.1%VOL 报警设定:两段报警:低段报警点, 高段报警点 检测原理:催化燃烧式 报警输出:继电器常开点输出, 额定输出为 3A/220V。 (5). 2. 氧气体体探测报警器 (产品提供本公司检测报告原件、合格证及使用说明文件; 还需提供第三方机构出具的检测报告原件, 该机构需获得 CMA 或 CNAS 认可, 并且其校准服务符合国际互认标准。); 通信采用 m-bus 两总线通讯; 传感器使用进口灵敏元器件, 具有精度高可靠性高等特点; 内部采用组件模块形式, 维修只需更换组件即可完成; 探测器采用压铸铝材质, 隔爆设计, 能有效防尘、防水; 可配接独立液晶和显示模块, 实现实时数据显示, 现场声光报警; 显示款配有红外遥控器校准方便。 技术参数: 测量精度:± 3%FS 防爆方式:隔爆型 防护级别:IP66 工作电压:DC36V 安装方式:固定式安装 显示方式(选配):LCD 液晶显示 温度范围:-40℃-70℃或-20℃-50℃ 信号输出:m-bus 防爆标志:Exd11C T6 Gb 电器接口:G1/2(4 分) 功耗:≤3W 检测方式:自由扩散式 湿度范围:10-95%RH(无凝露) 最小读数:1%LEL, 0.1%VOL 报警设定:两段报警:低段报警点, 高段报警点 检测原理:电化学 报警输出:继电器常开点输出, 额定输出为 3A/250V 检测气体:氧气 (5). 3. 气体报警控制器 (产品提供本公司检测报告原件、合格证及使用说明文件; 还需提供第三方机构出具的检测报告原件, 该机构需获得 CMA 或 CNAS 认可, 并且其校准服务符合国际互认标准。); 气体报警控制器, 为全新功率 2 总线/4~20mA 分线控制器, AC220V±15/60Hz 外形尺寸: 19.5*6.5*26 ;	
--	---	--

		Poworbus 二总线/≤10W; LCD 显示: 4-20 mA 分线; 壁挂式安装。当环境中目标气体或液体挥发时, 探测器经过识别、分析, 将环境中的目标气体浓度转换为数字信号发送给控制器, 控制器接收后显示被测气体浓度。当被测气体浓度达到或超过报警设定值时, 控制器发出声光报警信号, 并输出相关联动控制信号, 启动相应控制设备 (声光报警及防爆风机), 避免事故发生。工作温度 0° C-40° C, 工作湿度 ≤93%RH, 报警方式: 声光报警及远程报警; 内置 2 组可编程程外控输出。控制器采用高亮度 LCD 显示, 内置数据存储器功能, 且断电后数据不丢失, 记录可以通过按键操作查阅。信号传输连接线缆 ≤300m (双绞线), 接线方式 Poworbus 二总线; 内置大容量数据存储。 轻量化设计, 机箱采用注塑工艺成型, LCD 液晶显示, 全中文操作界面。 (5) . 4. 防爆风机 (产品提供本公司检测报告原件、合格证及使用说明文件; 还需提供第三方机构出具的检测报告原件, 该机构需获得 CMA、CNAS 认可, 并且其校准服务符合国际互认标准。); 产品由进风口防护网、出风口防护罩、叶轮、风筒、风机用隔爆理兼粉尘防爆三相异步电动机等组成, 外壳材质为 Q235, 叶轮材质为 ZL102; 符合以下标准: GB/T 3836. 1-2021 爆炸性环境第 1 部分: 设备通用要求 GB/T 3836. 2-2021 爆炸性环境第 2 部分: 由隔爆外壳 “d” 保护的的设备 GB/T 3836. 31-2021 爆炸性环境第 31 部分: 由防尘点燃外壳 “t” 保护的的设备。 2. 3 主要材料要求 ★ (1) 超高纯隔膜阀 阀体材质: 316L/316L (VIM+VAR) 膜片: Ni-Cr-Mo alloy/UNS N06022。 工作压力: 低压-真空至 300 psi, 高压-真空至 3000 psi。 内外漏率: ≤1*10⁻¹¹Pa.m³/sec. lle。 内表面粗糙度: Ra ≤0. 25 μm。 爆破压力: 低压 3000 psi, 高压 9000 psi。 进出气接头: 1/4", 1/2" VCR。 ★ (2) 超高纯高压减压阀 适用于高纯气体, 标准气体、一般腐蚀性气体, 耐压达到 22MPa, 材质为 SS316L, 膜片结构, 惰性气体三年质保。 精度 1. 6 Kl 压力表, 接 UV 处理 工作温度: -20 至 +60° C EP 级电解抛光, 阀体螺纹: 1/4" VCRF; 全部氦气检测, 出氦质谱检测报告 (带产品实物图, 全部在 100 级洁净车间组装) 进口压力: 3000psi 出口压力: 150psi。 阀体: 316L/316L (VIM+VAR)。 膜片: UNS N06022。 阀针: 316L/UNS N10276。 内外漏率: ≤1*10⁻¹¹Pa. m³/sec. lle。
--	--	---

	内表面粗糙度: $Ra \leq 0.25 \mu m$。 进出气接头: 1/4", 1/2" VCR。 ★(3) EP 不锈钢无缝管 超洁净 316L 不锈钢管, 经过电解抛光技术, 保证产品内表面质量呈极纯净状态。1/4 英寸壁厚不低于 0.89mm, 1/2 英寸壁厚不低于 1.24mm。 满足 ASTM G93 或者 SEMI E49.6 洁净要求。 内表面粗糙度: $Ra \leq 0.25 \mu m$。 (4) EP 级焊接接头 焊接三通, 焊接变径。 内表面可进行 EP 处理, 粗糙度最高可达 $Ra \leq 0.13 \mu m$, 接头内部圆滑过渡, 使流体平稳过渡, 并消除死角。 (5) EP 级 VCR 接头 内表面粗糙度: $Ra \leq 0.25 \mu m$ 泄漏率: $\leq 1 \times 10^{-11} Pa \cdot m^3 / sec \cdot He$ 材质: 316L/316L (VIM+VAR) (6) 高压盘管 EP 级不锈钢 316L: 耐压能力: 3000 PSI 用于钢瓶与盘管高压连接的软管, 一侧与钢瓶接头连接, 另一侧与盘面连接。 (7) 钢瓶接头 采用 EP 级不锈钢 316L 的材质, 符合标准钢瓶的连接型号 ★(8) 管道固定夹 管夹可以使用高强度铝合金材料; 螺钉使用 304 不锈钢材质; 需提供第三方机构中性盐雾检测报告; 该机构需获得 CMA 和 CNAS 认可, 并且其校准服务符合国际互认标准。 ★(9) 半自动切换 模块化设计, 更易于配套安装; 惰性气体三年质保。 工作温度: -20 至 $+70^{\circ}C$, 粗糙度达 $0.25 \mu m$ 以下, 电解 EP; 半自动切换供气装配开关 (隔膜阀) 和排空装置 (隔膜阀) 采用一体化工艺设计、采用半导体微焊接工艺 (VCR) 焊接, 内置单向阀、同时出口带有控制隔膜阀, 总共 5 个隔膜阀, 可扩展瓶位、压力传感报警等 保证气体自动切换。半自动切换装置两侧减压压器实现自动切换, 提供不间断供气, 适用于高纯气体, 标准气体、一般腐蚀性气体, 耐	
--	--	--

	压达到 22MPa, 材质为 SS316L, 进口采用不锈钢金属过滤器和阀座与阀针采用一体式结构, 采用精度 1.6KL 压力表, 工作温度: -20 至 +80° C, 阀体螺纹: 1/4"VCRF, 泄漏率: 2*10⁻⁸ atm cc/sec He, 全部氦气检测, 出氦质谱检测报告 (带产品实物图, 全部在 100 级洁净车间组装)。投标产品提供第三方机构出具的检测报告原件, 该机构需获得 CMA、CNAS 认可, 并且其校准服务符合国际互认标准。 3 气路实施要求 3.1 管道焊接安装: 管道材质与表面处理材质要求: 采用符合 ASTM A269 标准的 316L 不锈钢管道。 表面处理: 内表面为 IP 级, 粗糙度应小于 0.3 μm。 管道连接连接方式: 管道与阀件的连接采用 VCR 连接。 密封垫片: 密封垫片应根据气体性质选用不锈钢垫片或镍垫片, 严禁使用非金属垫片。 焊接要求焊接方法: 采用自动轨道氩弧焊机进行焊接, 焊接过程中应使用高纯氦气保护。 氦气纯度: 焊接用氦气纯度不得小于 99.999%。 3.2 配管安装 3.2.1 管材切割预制。 3.2.2 切割前确认配管表面无有害痕迹、破损; 3.2.3 配管切割时使用不锈钢专用切割器或专用手动割刀缓慢进行切割, 管径大于 25A 时, 须保持切面直度 (90° ± 0.5)。 3.2.4 管道横放水平固定, 防止切屑进入管内。 3.2.5 切割后如管上附有切屑或其它杂质, 用无尘布料 (LINT-FREE CLOTH) 沾 IPA (异丙醇) 擦拭干净。 3.2.6 切割后用专用的切面加工器处理切面, 使端面平整。 3.3 管道标识 3.3.1 标示内容 3.3.1 识别颜色: 表示管内介质之性质 3.3.2 识别记号: 表示管内介质之名称及状态 3.3.3 箭头记号: 表示管内介质之流动方向 3.3.4 标示位置 3.3.5 至少每 2 米要有标签贴在管路上, 标明气体名称气体流向 ★3.4 测试要求 3.4.1 氦检漏测试 (Helium Leak Test) 将被测试管路配置工程系统连接氦气测漏仪, 开始抽真空, 抽至漏率 1×10⁻⁹mbar.L/s。 氦气喷测系统的每一口焊道、接点、密封口及组件外, 喷氦气测试, 若维持漏率 1×10⁻⁹ mbar.L/s 表示合格。	
--	--	--

		3.4.2 微粒子测试 (Particle Test) 将被测试管路配置工程系统连接测试仪器, 仪器连接系统的管路必须使用 EP 等级之不锈钢管, 测试前必须先经过加减压的冲吹, 彻底吹出管路微尘; 使用纯度 9N 的高纯氮气作为吹扫气体。 3.4.3 水分析测试 (H2O Test) 测试管路配置工程系统必须先经过加减压连续式的冲吹; 使用纯度 9N 的高纯氮气作为吹扫气体分析时必须为连续纪录分析值, 以显示微水分含量的下降趋势。系统管路连接分析仪器, 连接管线需用 EP 等级的管线及 VCR 接头。 3.4.4 氧分析测试 (O2 Test) 使用纯度 9N 的高纯氮气作为吹扫气体; 系统管路连接分析仪器, 连接管线需用 EP 等级的管线及 VCR 接头。 3.4.5 测试标准 管道压力强度测试保持压力须大于 10 kg/cm² 或 1.15 倍 (两个测试压力取最大值) 工作压力之压力, 持续时间 30 min; 管道气密性测试保持压力须大于 10 kg/cm² 或 1.15 倍 (两个测试取最大值) 工作压力之压力, 持续测试 24 小时, 测之记录为基准; 氮测漏测试, 管路配置工程漏率必须小于 1×10⁻⁹ mbar.L/sec; 微粒子测试 (@0.1 μm ≧) lpcs/sec ≦ 连续监测 3 次; 水分分析测试 (H2O Test), 水分分析测试 ≦ 10ppb; 氧分析测试 (O2 Test), 氧分析测试 ≦ 10ppb。测试时应停止所有与压力测试有关的管线及阀门的操作, 避免影响测试结果的正确性。 实验室排风排气压力系统要求: (投标产品提供第三方机构出具的检测报告原件, 该机构需获得 CMA、CNAS 认可, 并且其校准服务符合国际互认标准。) 4.1 排气管路耐压 ≧ 0.5 MPa; 4.2 管径: ≧ 200 mm; 4.3 MPCVD 管路接头: KF25 标准接头; 4.4 管路需安装到户外楼顶平台; 4.5 室内安装防爆风机及配套管路配件和线路; 4.6 排气系统跟气体报警器联动。 MPCVD 无尘环境建设要求: 5.1 采用实验级别净化板材做隔断墙面, 房间吊顶顶面做房间净化无尘改造, 房间面积 34 平方, 房间分设备间、气瓶间和操作间。地面塑胶地板, 净化板钢质门一套 1000*2200, 固定采光窗一组 1200*1200。 5.2 配套设备的电力等基础改造, 含防爆灯具插座等满足设备用电和照明插座用电的使用需求。 5.3 配套不锈钢桌椅一套, 配套电子防潮柜一组 (黑色六开门, 防静电处理)。 5.4 配套甲级防火门 (800mm*2000mm)。 5.5 配套防爆恒温恒湿空调机组一套, 除湿机一台 (水箱容量 ≧ 4.5L), 满足设备对温度湿度要求。
--	--	--

		三、配置清单及设备验收商务要求 1. 配置要求 1.1 MPCVD 主机 1 套; 1.2 实时监控系统 1 套; 1.3 冷水机 (制冷能力$\geq 15\text{KW}$) 1 台; 1.4 纯水机 1 套; 1.5 空压机 1 套; 1.6 分子泵 1 套; ★1.7 设备供气系统 1 项, 施工要求按照《特种气体系统工程技术标准》GB 50646-2020 执行, 并进行相关检测, 验收提供检测结果; 主要检测项目包括保压检测、氦检 (检测管道承压、漏气指标), 须完成五项测试: 氦检漏测试 (mbar. l/sec) 指标参数$\leq 1.0 \times 10^{-9} \text{mbar. l/sec}$ 微量水 (增量, ppb) 指标参数$\leq 10 \text{ppb}$ 微量氧 (增量, ppb) 指标参数$\leq 10 \text{ppb}$ 颗粒度 (单位立方英尺粒径的颗粒数量) 指标参数 $0.1 \mu\text{m} \leq 1$ 颗, 1min/3 次 保压测试 指标参数设计压力 1.15 倍, 24 小时; 1.8 防爆气瓶柜 4 个 1.9 MPCVD 无尘环境建设一项 1.10 配套使用工具 1 套; 1.11 合成单晶需要的籽晶 1 批 (不少于 100 个)。 1.12 实验室排风系统一套 (含电力改造)。 1.13 实验室空调系统一套 (含电力改造, 满足温度湿度要求)。 2. 设备商务、安装验收要求 2.1 腔体保压能力: $< 12 \text{Pa}/12\text{h}$; 2.2 微波泄漏: 测量低于 $2 \text{mW}/\text{cm}^2$ (微波输出 5kw 时); 真空漏率: $\leq 1 \times 10^{-9} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$; 2.3 水管漏水: 确认水管没有漏水; 2.4 系统测试: 系统可正常启动和运行, 等离子体火球均匀稳定; ★2.5 在 Si 衬底上生长多晶金刚石验收标准: 2.5.1 半高宽小于 $10 \text{cm} \cdot 10^{13} 32 \text{cm}^{-1}$; 2.5.2 晶体生长速率大于 $6 \mu\text{m}/\text{h}$;
--	--	---

2	绿激光钻石4P成型切割设备	SY-CVD13 A	2.5.3 薄膜沉积面积 3 英寸; 2.5.4 薄膜沉积厚度: 300-400 μm; ★2.6 生长同批次单晶金刚石样品验收标准: 2.6.1 尺寸: $\geq 10 \times 10 \times 1 \text{mm}^3$; 2.6.2 同炉样品数量不少于 5 片; 2.6.3 Raman 半高宽小于 5cm^{-1} @ 1332cm^{-1}; 2.6.4 外观白色透明无杂质; 2.6.5 可见光透过率大于 70%; 2.6.6 生长速率大于 $3 \mu\text{m/h}$; 2.7 稳定生长时间: 用户现场连续 7 日 ($7 \times 24 \text{h}$) 设备稳定运行; ★2.8 需提供能成功制备金刚石单晶和薄膜的基础工艺参数, 验收时并培训至使用方掌握合成金刚石单晶和薄膜的工艺; ★2.9 提供样品不少于 100 个; ★2.10 提供三年质保期和免费售后服务; 质保期外提供维护和技术支持; ★2.11 提供完整的技术文件。	1 台	三义激光/ 广州三义 激光科技 有限公司
			1. 激光波长为 532nm; 2. 激光输出功率: $1-15 \text{W}$ @ $8-12 \text{kHz}$, $0-15 \text{W}$ 可线性调节; 3. 光谱线宽: $< 0.5 \text{nm}$ @ $8-10 \text{kHz}$; 4. 脉冲宽度: $< 70 \text{ns}$ @ $8-10 \text{kHz}$; 5. 脉冲重复频率: $7-12 \text{kHz}$; 6. 激光输出模式: TEM₀₀; 7. 光束质量: M² 因子 < 1.2; 8. 光斑椭圆度: > 0.92; 9. 光束直径: $1.0 \pm 1.0 \text{mm}$; 10. 光束发散角: $< 2 \text{mrad}$; 11. 光束指向稳定性: $< 65 \text{urad/}^\circ \text{C}$; 12. 脉冲稳定性: RMS @ $8-10 \text{kHz}$: $< 3\% \text{rms}$; 13. 功率稳定性: RMS/8 h-24 h: $< 5\% \text{rms}$; 14. 偏振度: $< 100:1$; 15. 偏振方向: 水平或者垂直偏振; 16. 需采用水冷冷却方式; 17. X 轴行程 $\geq 150 \text{mm}$; 18. Y 轴行程 $\geq 150 \text{mm}$;		

19. Z 轴行程 $\geq 50\text{mm}$;	
20. X/Y/Z 轴模组: 需具备 P 级精密静音导轨精密研磨 C3 级丝杆; X 轴伺服电机功率不小于 400W、Y 轴伺服电机功率不小于 400W、Z 轴伺服电机功率不小于 100W;	
21. A 轴旋转角度 360° 、A 轴旋转精度 $\pm 0.05^\circ$ 、XYZ 轴精度 $\pm 0.02\text{ mm}$ 、XYZ 轴重复定位 $\pm 0.01\text{ mm}$; 平台最大速度 100 mm/s ;	
22. 视觉: $\geq 130\text{W}$ 像素高清工业相机。	
23. 切片能力: 尺寸 $\geq 100\text{ mm} \times 100\text{ mm} \times 2\text{ mm}$ 的金刚石, 切割后顶部到底部的公差 $\leq 30\text{ }\mu\text{m}$; 厚度为 1 mm 的金刚石最大切口宽度 $\leq 50\text{ }\mu\text{m}$; 最大切割尺寸 $\geq 149\text{ mm} \times 149\text{ mm}$; 切割面粗糙度 ($\leq 1.5\text{ }\mu\text{m}$)。	
24. 具备大理石防震平台。	
25. 具有多工位夹具。	
26. 激光使用寿命: $> 10000\text{h}$ 。	

实施方案

1 项目概况

(一) 项目基本信息

1. 项目名称：河南工业大学金刚石薄膜沉积系统设备购置项目
2. 采购编号：豫财磋商采购-2025-1157
3. 采购人：河南工业大学，地址为郑州市高新区莲花街 100 号。
4. 采购代理机构：河南豫信招标有限责任公司。
5. 采购内容：涵盖金刚石薄膜沉积系统设备的供货、运输、保险、装卸、安装、检测、调试、试运行、验收交付、培训、技术支持、售后保修及相关伴随服务。核心设备包括 1 套微波等离子体化学气相沉积（MPCVD）设备、1 台绿激光钻石 4P 成型切割设备。
6. 关键时限要求：交货期 60 日历天；质保期 3 年（自验收合格交付日起算）。
7. 交货与验收：交货地点为采购人指定地点；质量要求合格，符合国家、行业及采购人验收标准。

(二) 核心设备技术参数

1、微波等离子体化学气相沉积（MPCVD）设备

(1) 主机系统

1) 微波系统：频率 $2450 \pm 25\text{MHz}$ ，输出功率 1-10kW 连续可调，采用 TM013 工作模式；配备手动三销钉调谐器、环形器及水负载（防微波反射），设备 5cm 处微波泄漏 $\leq 2\text{mw/cm}^2$ （需提供检测报告）。

2) 真空系统：工作气压 10-250Torr（自动稳压 40-250Torr），双级旋片式真空泵抽气速率 $\geq 4.4\text{L/s}$ ，分子泵抽气速率 $\geq 240\text{L/s}$ ；系统漏率 $< 1.0 \times 10^{-10}\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ （氦质谱检漏），腔体 12h 压升 $< 12\text{Pa}$ ，本底极限真空 $< 5 \times 10^{-10}\text{Pa}$ ，配高低量程真空计。

3) 真空反应腔：碟型腔（Clamshell 式），不锈钢材质，自动控制开关盖；除取样门外均采用金属密封，标配 ≥ 3 英寸钼台（10 个，不同散热效率），样品台可拆卸清洗，含真空微尘分离器；提供单晶 / 多晶通用样品台。

4) 气路系统：6 路高精度质量流量控制器（MFC），标配流量： $\text{H}_2 1000\text{sccm}$ 、 $\text{CH}_4 100\text{sccm}$ 、 $\text{O}_2 10\text{sccm}$ 、 $\text{N}_2 10\text{sccm}$ 、 $\text{Ar} 20\text{sccm}$ ，扩展 1 路备用；气动阀门控制，VCR 接口金属密封，响应时间 10sec，准确度 $\pm 2\%$ ；支持 10-250Torr 气压自动调节，7×24h 稳定控压。

5) 测温与冷却: 红外测温 (250~1400℃, 斜向可调测温窗口); 腔体、微波头、电源、沉积台均水冷, 冷水机制冷能力 $\geq 15\text{kW}$ (流量 30~40L/min, 入口水压 4.5~5.0bar), 需用纯净水冷却。

6) 控制系统: ≥ 15 寸 PLC 触摸屏, 支持工程师 / 操作员双权限; 100 套工艺配方存储 (每套 40 行数据), 支持全自动抽气、起辉、温压控制; 自带缺水 / 缺气 / 过温等保护, 手机 / 平板远程监控腔体内生长状态。

7) 辅助设备: RO 三级纯水机 (带预处理检测、自动冲洗, 水质在线监测); 空压机 1 套; 4 个防爆气瓶柜 (配气体纯化装置 7N)。

(2) 特种气体管道安装

1) 系统设计: 氢气 / 甲烷 2 用 2 备 (防爆气瓶柜)、氧气 / 氮气 / 氩气 1 用 1 备, 均配 7N 纯化装置; 压缩空气管路接空压机, 配减压及排空系统。

2) 材料标准: EP 级 316L 不锈钢无缝管 ($1/4'' \times 0.89\text{mm}$), 超高纯隔膜阀 (漏率 $\leq 1 \times 10^{-11} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s} \cdot \text{He}$)、高压减压阀 (耐压 22MPa, EP 电解抛光); 半自动切换装置 (惰性气体 3 年质保, 100 级洁净车间组装, 氦检报告); 管夹需提供 CMA/CNAS 盐雾检测报告。

3) 焊接与测试: 自动氩弧焊接 (氩气 99.999%), 管道内表面 $Ra \leq 0.25 \mu\text{m}$; 需完成氦检漏 ($\leq 1.0 \times 10^{-10} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$)、微粒子 ($0.1 \mu\text{m} \leq 1$ 颗 / ft^3)、微量水 / 氧 ($\leq 10\text{ppb}$)、保压 (1.15 倍设计压力 24h) 测试, 提供第三方检测报告。

4) 安全监测: 氢气 / 甲烷 / 氧气探测器 (隔爆型, IP66, m-bus 通讯)、报警控制器 (声光报警, 数据存储), 防爆风机 (符合 GB/T 3836 系列标准) 与报警器联动; 排气管路 $\geq 200\text{mm}$, 接至楼顶平台 (KF25 接头)。

(3) 无尘环境建设

1) 装修标准: 34 m^2 场地划分 3 个功能间, 实验级净化板材隔断 / 吊顶, 塑胶地板; 1000 $\times$ 2200mm 钢质净化门、1200 $\times$ 1200mm 固定采光窗、800 $\times$ 2000mm 甲级防火门。

2) 配套设施: 防爆恒温恒湿空调 (控温 20~25℃, 湿度 40~60%)、 $\geq 4.5\text{L}$ 水箱除湿机; 防爆灯具 / 插座 (满足设备用电); 不锈钢桌椅 1 套、六开门防静电电子防潮柜 1 组。

2. 绿激光钻石 4P 成型切割设备

1) 激光参数: 波长 532nm, 输出功率 1~15W@8~12kHz (线性可调), 光谱线宽 $< 0.5\text{nm}$ @8~10kHz, 脉冲宽度 $< 70\text{ns}$, 光束质量 $M^2 < 1.2$, 偏振度 $> 100:1$ 。

2) 运动系统: X/Y/Z 轴行程 $\geq 150 \times 150 \times 50 \text{mm}$ (P 级导轨, C3 丝杆), X/Y 轴伺服电机 $\geq 400 \text{W}$, Z 轴 $\geq 100 \text{W}$; A 轴 360° 旋转(精度 $\pm 0.05^\circ$), XYZ 轴定位精度 $\pm 0.02 \text{mm}$, 重复定位 $\pm 0.01 \text{mm}$, 最大速度 100mm/s 。

3) 功能配置: $\geq 130 \text{W}$ 工业相机, 大理石防震平台, 多工位夹具; 切割能力: $\leq 100 \times 100 \times 2 \text{mm}$ 金刚石 (公差 $\leq 30 \mu\text{m}$), 切口宽度 $\leq 50 \mu\text{m}$ (1mm 厚样品), 切割面 $R_a \leq 1.5 \mu\text{m}$; 激光寿命 $> 10000 \text{h}$, 水冷冷却。

2 项目管理体系

(一) 组织架构设计

1. 项目领导小组

1) 组成: 供应商企业负责人 (组长)、技术总监、质量总监、财务总监。

2) 职责: 审批项目总预算、资源调配 (如紧急配件采购、专家支援)、重大决策 (如需求变更、应急预案启动), 每两周召开项目推进会, 协调解决跨部门问题。

2. 项目执行团队

岗位	人数	核心职责
项目负责人	1	统筹进度、质量、安全; 对接采购人/代理机构; 提交周/月报告; 处理变更与投诉
技术工程师	2	设备安装调试、技术参数把控、故障排查; 编制工艺文件 (如金刚石生长参数)
质量检验员	3	原材料检验、工序抽检、关键节点检测 (如微波泄漏、氦检漏)、验收配合
安全专员	1	安全培训、现场隐患排查、应急预案演练; 监督特种作业 (焊接、高压操作)
后勤保障	6	设备运输调度、现场物资供应 (如纯水、氩气)、人员食宿协调

3. 协作机制

1) 内部协作: 采用“日碰头+周例会”制度, 技术工程师每日向项目经理汇报进度, 每周五召开团队例会 (含质量、安全复盘); 质量 / 安全问题 2 小时内响应, 24 小时内出具解决方案。

2) 外部对接: 项目经理为唯一对外联系人, 每周向采购人提交《项目进度报告》(含

实际进度 vs 计划、问题及措施)；重大变更(如技术参数调整)需书面报采购人及代理机构审批，获同意后方实施。

(二) 管理制度建设

1. 进度管理制度

1) 计划编制：用 Project 软件制定三级进度计划(总计划、阶段计划、周计划)，明确各任务责任人、交付成果及依赖关系(如气路安装需在无尘环境装修后启动)，预留 5 天缓冲期应对突发情况。

2) 进度监控：实行“三色预警”：绿色(进度偏差 ≤ 1 天)、黄色(偏差 2-3 天，启动纠偏)、红色(偏差 ≥ 4 天，上报领导小组)；偏差处理措施包括增加人力(如气路焊接增派 1 组工程师)、延长有效工时(每日加班 2 小时，需获团队同意)、优先调配配件(启用备用库存)。

3) 报告机制：每周五 17:00 前提交《周进度报告》(含进度对比表、现场照片、下周计划)；每月 25 日提交《月总结报告》，附质量检验记录、安全台账；验收前 3 天提交《验收准备报告》(含资料清单、测试方案)。

2. 质量管理制度

1) 三级检验体系：

自检：班组完成工序后(如 MPCVD 腔体焊接)，由操作工自检，填写《自检记录》(含尺寸、外观、参数)。

互检：下一工序团队对上一工序验收(如气路焊接后，真空工程师检查密封性)，不合格则退回整改。

专检：质量检验员对关键节点(如微波泄漏检测、激光功率校准)全检，出具《专项检验报告》，签字确认后方可进入下一环节。

2) 关键控制点(KCP)：明确 20 项 KCP(如 MPCVD 真空漏率、气路氦检漏、激光切割精度)，制定《KCP 检验规程》，需留存原始数据(如检漏仪读数照片、第三方报告)；不合格项整改后需重新检验，直至合格。

3) 质量追溯：建立设备唯一编码，记录从原材料采购(如 316L 钢管批次)、生产(如腔体焊接责任人)、安装(如微波头调试工程师)到验收(如金刚石生长测试数据)的全流程信息，便于问题追溯。

3. 安全管理制度

1) 培训考核：项目开工前开展 3 天安全培训，内容含设备操作规程(如 MPCVD 开

机前检查项)、特种气体安全(氢气泄漏应急)、电气安全(接地电阻测试);培训后闭卷考核(80 分合格),不合格者需补考,直至通过。

2) 现场管理:

个人防护:进入现场需穿防静电服、戴安全帽,气路焊接时加护目镜 / 面罩。

作业许可:特种作业(如氩弧焊、高压设备调试)需办理《作业许可证》,经安全专员审批后实施。

隐患排查:每日开工前安全交底,收工后排查隐患(如气体阀门关闭情况、电线绝缘),填写《安全日志》;每周开展 1 次全面安全检查,发现隐患立即整改,跟踪闭环。

应急预案:制定火灾、气体泄漏、触电等 6 类应急预案,明确应急小组分工(如疏散组、救援组、通讯组);项目开工后 1 周内组织 1 次气体泄漏应急演练,留存演练视频及总结报告。

4. 成本管理制度

1) 预算控制:按采购预算分解成本(设备采购 60%、安装调试 20%、培训售后 10%、应急 10%),建立成本台账,记录每笔支出(如配件采购、物流费),超支 5% 需报领导小组审批。

2) 成本优化:设备运输采用“干线 + 支线”联运(如厂家→郑州物流园用整车,再分运至学校),降低运费;通用配件(如密封圈)批量采购,争取供应商折扣;避免返工(如提前勘查现场,确保无尘车间尺寸适配设备)。



3 项目实施计划

(一) 实施阶段划分

本项目分 6 个阶段推进，总工期 60 日历天，各阶段衔接及里程碑节点如下表：

阶段	时间区间 (日历天)	核心任务	里程碑成果
前期准备	1-7	技术交底、现场勘查、物资采购	《技术交底记录》《现场勘查报告》《采购订单》
设备生产与出厂检验	8-30	MPCVD / 激光设备生产、辅助设备采购、出厂全检	《生产进度跟踪表》《出厂检验报告》
运输与到货验收	31-35	设备运输、现场卸货、外观 / 数量验收	《运输日志》《到货验收记录表》
现场安装调试	36-50	无尘环境建设、气路安装、设备安装、系统联调	《安装记录》《调试报告》《气路测试报告》
试运行与验收	51-58	7×24h 试运行、验收测试、资料交付	《试运行报告》《验收合格证书》《技术文件汇编》
培训与售后衔接	58-60	人员培训、售后保障交底	《培训合格证书》《售后保障手册》

(二) 各阶段详细实施流程

1. 前期准备阶段（第 1-7 天）

(1) 技术交底与方案细化（第 1-2 天）

组织技术团队研读招标文件（重点分析 MPCVD 微波系统、气路测试标准），与采购人对接确认细节（如设备间尺寸、电源容量 380V 三相电），形成《技术交底记录》（双方签字）。

细化《安装调试方案》，明确气路焊接流程（如先预制管道再现场拼接）、MPCVD 设备水平校准误差（ $\leq 0.1\text{mm/m}$ ）、激光设备对焦精度（ $\pm 0.01\text{mm}$ ）等技术要求。

(2) 现场勘查（第 3-4 天）

项目经理带队赴河南工业大学，勘查交货地点：

场地尺寸：测量无尘车间区域（长 × 宽 × 高），确认设备摆放位置（MPCVD 主机



需预留 1.5m 操作空间)。

基础设施：检查电源接口（容量 $\geq 50\text{kW}$ ）、水源（冷水机进水压力 $\geq 4.5\text{bar}$ ）、排风管道接口（尺寸匹配 $\geq 200\text{mm}$ 排气管）。

环境条件：记录现场温湿度（后续无尘环境建设参考），确认气瓶间通风条件（防爆要求）。

形成《现场勘查报告》，附照片及尺寸标注，报采购人确认。

(3) 物资采购与生产启动（第 5-7 天）

设备采购：向原厂下达 MPCVD / 激光设备生产订单，明确交付时间（第 30 天前出厂）；采购辅助设备（冷水机、纯水机、空压机），要求供应商提供原厂合格证及检测报告。

材料采购：采购 EP 级 316L 钢管、VCR 接头、防爆气瓶柜等物资，核对材质证明（如钢管符合 ASTM A269 标准）；关键配件（如 MFC、分子泵）留存备用件（各 1 套）。

生产协调：与生产部门签订《生产任务单》，明确 MPCVD 腔体焊接、微波头组装等关键工序的时间节点，每周 2 次跟踪生产进度。

2. 设备生产与出厂检验阶段（第 8-30 天）

(1) 核心设备生产（第 8-25 天）

MPCVD 设备：

真空腔体：采用 316L 不锈钢焊接，内表面电解抛光（ $Ra \leq 0.25 \mu\text{m}$ ），焊接后进行氦检漏（漏率 $< 1.0 \times 10^{-11} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ）。

微波系统：组装微波源、三销钉调谐器、环形器，测试输出功率（1-10kW 连续可调）及泄漏量（ $\leq 2\text{mw}/\text{cm}^2$ ）。

控制系统：安装 15 寸触摸屏，调试 PLC 程序（如工艺配方存储、远程监控功能）。

绿激光设备：

激光模组：校准波长（532nm）、功率稳定性（ $\text{RMS} < 5\%/8\text{h}$ ），测试光束质量（ $M^2 < 1.2$ ）。

运动系统：安装 X/Y/Z/A 轴模组，调试定位精度（ $\pm 0.02\text{mm}$ ）及重复定位精度（ $\pm 0.01\text{mm}$ ）。

(2) 辅助设备与物资验收（第 15-20 天）

验收冷水机：测试制冷能力（ $\geq 15\text{kW}$ ）、流量（30-40L/min），检查水温监测功能。

验收气路材料：抽检 316L 钢管内表面粗糙度（ $Ra \leq 0.25 \mu\text{m}$ ）、隔膜阀漏率（ $\leq 1 \times 10^{-11} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s} \cdot \text{He}$ ），核对第三方检测报告。

(3) 出厂检验 (第 26-30 天)

全项检测:

MPCVD: 测试真空系统 (本底极限真空 $<5\times 10^{-3}\text{Pa}$, 12h 压升 $<12\text{Pa}$)、气路流量控制 (准确度 $\pm 2\%$)、测温系统 ($250\text{--}1400^{\circ}\text{C}$ 误差 $\leq \pm 5^{\circ}\text{C}$)。

绿激光设备: 测试切割精度 (公差 $\leq 30\mu\text{m}$)、切割面粗糙度 ($R_a\leq 1.5\mu\text{m}$)、激光寿命模拟 ($>10000\text{h}$)。

出具报告: 质量检验团队编制《出厂检验报告》, 附关键测试数据 (如微波泄漏检测曲线、真空度变化曲线), 经质量总监签字后, 设备方可出厂。

3. 运输与到货验收阶段 (第 31-35 天)

(1) 设备运输 (第 31-33 天)

包装方案: MPCVD 主机、激光设备用定制防震木箱 (内置珍珠棉 + 泡沫缓冲), 标注 “精密仪器、向上、防潮”; 气路管道用密封膜包裹, 避免灰尘进入。

运输安排: 选择具备精密设备运输资质的物流公司 (如中远海运特种运输), 制定郑州 $\rightarrow$ 河南工业大学的运输路线 (优先高速, 避开拥堵路段); 配备 GPS 定位, 实时监控运输位置及温湿度 ($5\text{--}35^{\circ}\text{C}$, 湿度 $30\text{--}70\%$); 安排 1 名技术工程师跟车, 负责途中突发情况处理 (如车辆故障时协调备用车辆)。

(2) 到货验收 (第 34-35 天)

外观验收: 项目经理组织采购人代表、质量检验员, 检查设备包装 (无破损、浸湿), 开箱后核对设备型号、规格、数量 (与采购清单一致), 检查外观 (无锈蚀、划痕)。

资料验收: 核对随机资料 (操作手册、合格证、检测报告、配件清单), 确保资料完整 (如 MPCVD 需含微波系统检测报告、激光设备需含光束质量报告)。

签署记录: 填写《到货验收记录表》, 双方签字确认; 若发现设备损坏 (如腔体变形) 或缺失 (如籽晶不足 100 个), 立即启动补货流程 (24 小时内联系厂家发运)。

4. 现场安装调试阶段 (第 36-50 天)

(1) 无尘环境建设 (第 36-40 天)

装修施工:

隔断与吊顶: 采用实验级净化板材搭建 3 个功能间, 板材接缝处密封处理 (防止粉尘渗入); 吊顶高度 $\geq 2.8\text{m}$, 预留空调及排风管道接口。

地面与门窗: 铺设塑胶地板 (接缝焊接平整), 安装净化门 (带闭门器)、防火门 (闭门顺序器), 固定采光窗 (密封胶条防水)。

设施安装:

空调与除湿: 安装恒温恒湿空调 (调试控温精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$, 湿度 $\pm 5\%$)、除湿机 (测试水箱满水自动停机功能)。

电力与配套: 安装防爆灯具 (照度 $\geq 300\text{lux}$)、插座 (满足 $380\text{V}/220\text{V}$ 需求), 铺设防静电地板; 摆放不锈钢桌椅、电子防潮柜 (调试防静电功能)。

检测验收: 委托第三方机构检测洁净度 (符合实验级标准), 出具《无尘环境检测报告》, 合格后方可进入下一阶段。

(2) 特种气体管道安装 (第 41-43 天)

管道预制: 切割钢管 (用不锈钢专用割刀, 切面垂直度 $90^{\circ} \pm 0.5^{\circ}$), 用 IPA (异丙醇) 清洁管内杂质, 加工 VCR 接头 (内表面 $Ra \leq 0.25 \mu\text{m}$)。

焊接安装:

焊接前: 用高纯氩气 (99.999%) 吹扫管道, 排除管内空气; 固定管道 (用铝合金管夹, 间距 $\leq 1.5\text{m}$), 确保横管水平度 $\leq 0.1\text{mm/m}$, 竖管垂直度 $\leq 0.5\text{mm/m}$ 。

焊接中: 采用自动氩弧焊机, 焊接电流 $80-120\text{A}$, 保护气体流量 $10-15\text{L/min}$, 确保焊缝无气孔、夹渣; 每焊完 1 段, 用氦质谱检漏仪检测漏率 ($\leq 1.0 \times 10^{-9} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$)。

系统组装: 安装隔膜阀、减压阀、半自动切换装置, 连接气瓶柜 (氢气 / 甲烷 2 用 2 备, 氧气 / 氮气 / 氩气 1 用 1 备); 粘贴管道标识 (每 2 米 1 个, 含气体名称、流向箭头)。

测试验收: 完成气路五项测试 (氦检漏、微粒子、微量水 / 氧、保压), 第三方出具《气路系统测试报告》。

(3) 设备安装 (第 44-46 天)

MPCVD 设备:

主机固定: 将主机吊装至大理石平台 (水平校准, 误差 $\leq 0.1\text{mm/m}$), 用膨胀螺栓固定 (防止震动移位)。

管线连接: 连接水冷管 (冷水机 $\rightarrow$ 腔体 / 微波头, 测试水流无泄漏)、气路管 (VCR 接头密封, 用扭矩扳手紧固)、电源线 (接 380V 三相电, 安装过载保护)、排风管道 (KF25 接头连接, 测试排风风速 $\geq 5\text{m/s}$)。

辅助设备: 安装纯水机 (连接水源, 测试制水纯度 RO 三级)、空压机 (连接气路, 测试压力 0.6MPa)、实时监控摄像头 (对准腔体, 调试远程查看功能)。

绿激光设备:

平台安装：固定设备于大理石防震平台（水平校准），连接电源线（220V）、水冷管（测试流量 10L/min）。

配件安装：安装工业相机（对准切割平台，调试对焦精度）、多工位夹具（测试夹持稳定性）。

（4）设备调试（第 47-50 天）

分系统调试：

MPCVD：

真空系统：启动真空泵，抽真空至本底极限真空 $<5\times 10^{-4}$ Pa，测试保压（12h 压升 <12 Pa）；调节自动稳压功能（设定 40-250Torr，波动 $\leq \pm 2$ Torr）。

微波系统：启动微波源，调节功率 1-10kW，测试微波泄漏（设备 5cm 处 ≤ 2 mW/cm²）；调试 TM013 模式，观察等离子体形态（均匀无偏移）。

气路系统：通入 H₂/CH₄（比例 100:1），测试 MFC 流量控制（误差 $\pm 2\%$ ）；模拟 7 $\times 24$ h 运行，记录气压 / 流量稳定性。

绿激光设备：

激光调试：启动激光源，校准波长（532nm，误差 $\leq \pm 1$ nm）、功率（15W 时稳定性 RMS $<3\%$ ）；调试光束聚焦（焦点直径 $\leq 50\mu\text{m}$ ）。

运动调试：运行 X/Y/Z/A 轴，测试定位精度（ ± 0.02 mm）、重复定位精度（ ± 0.01 mm）；模拟切割（10 $\times$ 10 $\times$ 1mm 金刚石样品），测试切割公差（ $\leq 30\mu\text{m}$ ）、粗糙度（Ra $\leq 1.5\mu\text{m}$ ）。

系统联调：联动 MPCVD 与气路 / 冷却系统，激光设备与工业相机，测试整体运行稳定性（连续 24h 无故障）；记录各系统参数（如 MPCVD 沉积温度 1000℃时的微波功率、激光切割速度 5mm/s 时的切口宽度），形成《调试报告》。

5. 试运行与验收阶段（第 51-58 天）

（1）试运行（第 51-56 天）

MPCVD 试运行：

多晶金刚石生长：加载 Si 衬底，通入 H₂/CH₄（流量 1000/10sccm），设定温度 800℃、气压 50Torr，生长 30h；测试薄膜半高宽（ $<10\text{cm}^{-1}$ @1332cm⁻¹）、生长速率（ $>6\mu\text{m/h}$ ）、沉积面积（3 英寸）、厚度（300-400 μm ）。

单晶金刚石生长：加载籽晶（ ≥ 100 个），设定温度 1200℃、气压 100Torr，生长 20h；测试单晶尺寸（ $\geq 10\times 10\times 1\text{mm}^3$ ）、同炉数量（ ≥ 5 片）、Raman 半高宽（ $<5\text{cm}^{-1}$ @1332cm⁻¹）、透光率（ $>70\%$ ）、生长速率（ $>3\mu\text{m/h}$ ）。

绿激光试运行：切割多晶 / 单晶金刚石样品（尺寸 $100 \times 100 \times 2\text{mm}$ ），测试切割公差（ $\leq 30 \mu\text{m}$ ）、切口宽度（ $\leq 50 \mu\text{m}$ ）、切割面粗糙度（ $\leq 1.5 \mu\text{m}$ ）；连续切割 10 片，记录设备运行稳定性（无死机、激光功率无衰减）。

数据记录：技术工程师每日填写《试运行日志》，记录设备参数（温度、压力、功率）、样品检测数据（如 Raman 光谱图、切割尺寸测量表）；若出现故障（如微波反射超标），2 小时内响应，24 小时内解决（如更换微波调谐器）。

（2）验收测试（第 56-58 天）

验收组织：采购人牵头，供应商配合，邀请第三方检测机构（具备 CMA/CNAS 资质）参与，依据招标文件验收标准开展测试。

测试内容：

设备参数复核：MPCVD 微波泄漏、真空漏率、气路测试；绿激光波长、功率、切割精度。

样品检测：第三方检测多晶 / 单晶金刚石的半高宽、生长速率、透光率（出具《金刚石样品检测报告》）。

安全测试：测试气体报警器（氢气泄漏时声光报警，防爆风机启动）、设备过载保护（电源缺相时自动停机）。

签署验收：测试合格后，三方签署《验收合格证书》；若存在轻微缺陷（如操作手册错别字），供应商需在 7 天内整改，提交《整改报告》。

（3）资料交付（第 56 天）

资料汇编：向采购人交付纸质版资料 3 套 + 电子版（U 盘）1 套，包括：

技术文件：设备说明书（操作、维修）、安装调试记录、出厂检验报告、第三方检测报告（气路、无尘环境、金刚石）。

工艺文件：金刚石单晶 / 薄膜生长基础工艺参数（如温度、压力、气体比例）、激光切割参数表。

其他：配件清单、质保文件、培训手册、验收合格证书。

资料确认：双方签署《资料交付确认单》，明确资料完整性。

6. 培训与售后衔接阶段（第 58-60 天）

（1）人员培训（第 58-60 天）

培训内容与安排（详见第四章）：采用“理论 + 实操”模式，确保采购人技术人员掌握设备操作、维护及故障处理技能，考核合格颁发《培训合格证书》。

(2) 售后衔接

售后交底：向采购人提供《售后保障手册》，明确质保期（3 年）内服务内容（免费维修、配件更换、技术支持）、联系方式。

质保备案：为设备建立售后档案，记录设备编号、验收日期、质保期限；告知采购人定期巡检计划（每 6 个月 1 次）。

4 项目培训计划

(一) 培训目标

通过系统培训，使河南工业大学技术人员（5-8 人）达到以下目标：

1. 掌握 MPCVD 设备、绿激光设备的开机 / 关机、参数设置、工艺配方调用等操作技能，能独立完成金刚石单晶 / 薄膜生长及切割实验。
2. 熟悉设备日常维护（如清洁、滤网更换、气路检查）及定期维护（如 MFC 校准、激光头清洁）流程，能识别常见故障（如真空度不达标、激光功率下降）。
3. 掌握安全操作规范（如特种气体使用、高压设备防护）及应急预案（如气体泄漏处理），确保设备安全运行。

(二) 培训对象与时间安排

培训对象	人数	资质要求	培训时间	培训地点
实验操作人员	3-4	具备基础物理 / 化学实验经验，了解真空 / 激光基础概念	第 59-60 天 (理论 2 天 + 实操 2 天)	河南工业大学项目现场（会议室 + 设备间）
设备维护人员	2-3	具备机电设备维护经验，熟悉万用表 / 检漏仪等工具使用	同上	同上
安全管理人员	1	了解实验室安全规范，具备应急处理意识	同上（重点参与安全模块培训）	同上

(三) 培训内容与实施方式

1. 理论培训（第 59 天，共 8 小时）

模块	培训内容	实施方式	考核方式
项目与设备概述 (1h)	1. 项目背景、采购内容及验收标准 2. 设备组成: MPCVD (微波 / 真空 / 气路系统)、绿激光设备 (激光 / 运动系统) 3. 设备应用: 金刚石单晶 / 薄膜生长原理、激光切割原理	PPT 讲解 + 设备三维模型演示	课堂提问 (占理论考核 10%)
MPCVD 设备理论 (3h)	1. 微波系统: 频率 / 功率控制原理, TM013 模式电磁场分布 2. 真空系统: 真空泵工作原理, 真空度测量与控制 (自动稳压) 3. 气路系统: MFC 工作原理, 气体配比 ($H_2/CH_4/O_2$) 对金刚石生长的影响 4. 测温系统: 红外测温原理, 温度校准方法 5. 软件操作: 触摸屏界面 (参数设置、配方存储、远程监控)	PPT + 操作视频 + 案例分析 (如不同工艺参数下的金刚石质量差异)	理论考试 (笔试, 占理论考核 40%)
绿激光设备理论 (2h)	1. 激光原理: 532nm 绿光产生机制, 功率 / 脉冲宽度控制 2. 运动系统: 导轨 / 丝杆传动原理, 定位精度校准 3. 软件操作: 切割参数 (功率 / 速度 / 频率) 设置, 工业相机图像分析	PPT + 激光光谱图展示 + 切割视频	理论考试 (笔试, 占理论考核 30%)
安全规范 (2h)	1. 高压安全: MPCVD 微波源 (10kW) 防护, 接地电阻测试 2. 气体安全: 氢气 (易燃易爆)、氧气 (助燃) 泄漏检测与应急处理 (如开启防爆风机、使用灭火器) 3. 激光安全: 532nm 激光对眼睛的伤害, 防护镜佩戴要求 4. 应急预案: 火灾、触电、气体泄漏的处置流程	PPT + 应急演练视频 + 现场安全标识讲解	安全知识测试 (笔试, 占理论考核 20%)

2. 实操培训（第 60 天，共 8 小时）

模块	培训内容	实施方式	考核方式
MPCVD 设备操作(4h)	1. 开机前检查：电源（380V）、水源（水压 4.5-5.0bar）、气路（阀门关闭状态）、真空腔（清洁度）2. 开机操作：（1）启动真空泵，抽真空至 $<5 \times 10^{-3} \text{Pa}$ （2）设置微波功率（如 5kW）、气压（如 50Torr）、气体流量（ H_2 1000sccm, CH_4 10sccm）（3）启动微波，观察等离子体形态（均匀无偏移）（4）加载样品（籽晶 / Si 衬底），启动工艺配方 3. 运行监控：实时查看温度（如 800℃）、气压、气体流量，记录数据 4. 关机操作：关闭微波→停止供气→破空→取出样品→关闭真空泵	工程师演示 + 学员分组实操（1-2 人 / 组），工程师巡回指导（纠正操作错误，如微波调谐不当）	实操考核（独立完成开机 - 运行 - 关机，占实操考核 50%）
绿激光设备操作(2h)	1. 开机前检查：电源（220V）、水冷（流量 10L/min）、夹具（清洁）2. 开机操作：（1）启动激光源，校准波长（532nm）、功率（如 10W）（2）放置样品（金刚石），用工业相机定位切割位置（3）设置切割参数（速度 5mm/s，频率 10kHz），启动切割 3. 切割后处理：取出样品，测量尺寸（公差 $\leq 30 \mu\text{m}$ ）、粗糙度（ $R_a \leq 1.5 \mu\text{m}$ ）4. 关机操作：关闭激光→停止水冷→清洁平台	工程师演示 + 学员轮流实操，使用千分尺 / 粗糙度仪测量样品	实操考核（独立完成切割及样品检测，占实操考核 30%）
维护与故障处理(2h)	1. 日常维护：（1）MPCVD：清洁真空腔（用 IPA 擦拭）、更换真空泵油、检查气路接头密封性（2）绿激光：清洁激光头镜片（用无尘布蘸酒精）、检查导轨润滑 2. 故障处理：（1）MPCVD 真空度不达标：排查泄漏点（用氦检漏仪）、更换密封圈（2）绿激光功率下降：清洁镜片、校准激光源	工程师演示 + 学员模拟操作（如更换 MPCVD 密封圈）	故障处理考核（模拟真空泄漏，学员排查并解决，占实操考核 20%）

（四）培训资料与保障

1. 培训资料

为每位学员提供《培训手册》（含理论知识点、操作流程图、维护表格、故障排查指南），设备《操作手册》《维修手册》（纸质版 + 电子版）。

提供培训 PPT、操作视频、应急演练视频（U 盘存储），便于学员课后复习。

2. 培训保障

师资保障：培训讲师为项目技术工程师（MPCVD / 激光设备方向各 1 名），具备 3 年

以上设备培训经验，熟悉设备原理及操作细节。

工具保障：准备实操所需工具（如扭矩扳手、千分尺、粗糙度仪、氦检漏仪）、安全防护装备（防静电服、安全帽、激光防护镜）、备用配件（密封圈、滤网）。

效果保障：

课前调研：培训前与采购人沟通，了解学员基础，调整培训内容深度（如针对无真空设备经验的学员，增加真空泵原理讲解）。

课后跟踪：培训后 1 个月内，通过电话 / 邮件解答学员操作问题；3 个月后回访，了解设备运行情况，必要时提供 1 次免费复训。

考核认证：理论 + 实操考核总分 ≥ 80 分为合格，颁发《培训合格证书》；不合格者需参加补考（1 周内安排），直至合格。

5 质量保证措施

（一）全流程质量控制体系

1. 原材料与配件质量控制（源头把控）

供应商管理：建立合格供应商名录，核心供应商（如 MPCVD 微波源厂家、316L 钢管供应商）需通过 ISO9001 认证，审核其生产资质（营业执照、生产许可证）、过往供货记录（近 2 年无质量投诉）。

采购验收：

到货检验：原材料 / 配件到货后，质量检验员核对材质证明（如 316L 钢管符合 ASTM A269 标准）、第三方检测报告（如 MFC 准确度 $\pm 2\%$ ）；对关键配件（如分子泵、激光头）进行抽样测试（如分子泵抽气速率 $\geq 240\text{L/s}$ ）。

不合格处理：如发现钢管内表面 $Ra > 0.25\mu\text{m}$ 、隔膜阀漏率 $> 1 \times 10^{-1}\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s} \cdot \text{He}$ ，立即退货并要求供应商限期补货，同时将该供应商列入观察名单，后续增加抽检比例。

2. 设备生产质量控制（过程把控）

工艺文件：制定《MPCVD 设备生产工艺规程》《绿激光设备组装规范》，明确各工序技术要求（如腔体焊接电流 80-120A、激光模组校准误差 $\leq \pm 0.1\text{nm}$ ）、检验标准及责任人。

工序检验：

自检：操作工完成工序后（如微波头组装），按《自检清单》检查（如接线正确性、外观平整度），填写《自检记录》。



互检：下一工序团队（如微波系统测试团队）对上一工序（组装）验收，不合格则退回整改（如微波头接线错误需重新接线）。

专检：质量检验员对关键工序（如腔体焊接、激光功率校准）全检，采用专业设备测试（如焊接探伤仪、激光功率计），出具《工序检验报告》。

出厂全检：设备生产完成后，按《出厂检验大纲》进行全项测试（如 MPCVD 需测试 10 项关键参数，绿激光需测试 8 项），测试数据需满足招标文件要求，否则不得出厂。

3. 现场安装质量控制（执行把控）

安装前准备：

技术交底：安装工程师进场前，项目经理组织技术交底，明确安装标准（如 MPCVD 水平度 $\leq 0.1\text{mm/m}$ 、气路焊接氩气纯度 99.999%）、质量控制点及检验方法。

工具校准：对安装所需工具（水平仪、扭矩扳手、氦检漏仪）进行校准，确保在有效期内（如水平仪精度 $\pm 0.02\text{mm/m}$ ）。

安装过程检验：

无尘环境：装修过程中，每周检测洁净度（如粉尘浓度 $\leq 0.1\text{mg/m}^3$ ），墙面 / 地面接缝处密封处理后，用密封胶检测仪测试密封性。

气路安装：每焊完 1 段管道，用氦检漏仪检测漏率（ $\leq 1.0 \times 10^{-4} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ）；安装阀门后，测试开关灵活性及密封性。

设备安装：MPCVD 主机固定后，用水平仪检测水平度；绿激光设备安装后，用激光干涉仪测试定位精度（ $\pm 0.02\text{mm}$ ）。

安装后测试：安装完成后，进行系统联调（如 MPCVD 联动微波 / 真空 / 气路系统，连续运行 24h），记录各参数稳定性（如微波功率波动 $\leq \pm 1\%$ ），出具《安装测试报告》。

4. 验收质量控制（结果把控）

验收资料准备：整理完整验收资料（含出厂报告、安装记录、第三方检测报告、工艺参数），确保资料规范（如报告需签字盖章、数据真实）。

验收测试配合：配合采购人及第三方机构进行测试，提供测试样品（如籽晶 ≥ 100 个）、工具（如 Raman 光谱仪），如实提供设备运行数据；对测试中发现的问题（如金刚石透光率 $< 70\%$ ），24 小时内制定整改方案（如调整生长温度），整改后重新测试。

验收后跟踪：验收合格后 1 个月内，每周回访采购人，了解设备运行情况（如 MPCVD 是否稳定生长金刚石、激光设备切割精度是否达标），收集使用反馈，及时解决小问题（如



操作软件卡顿)。

(二) 关键质量控制点 (KCP) 管理

1. KCP 清单及控制要求

序号	控制点名称	控制要求	检验方法	责任人	记录文件
1	MPCVD 微波泄漏	设备 5cm 处 $\leq 2\text{mw/cm}^2$	微波泄漏检测仪 (精度 $\pm 0.1\text{mw/cm}^2$)	微波工程师 + 质量检验员	《微波泄漏检测报告》
2	MPCVD 真空漏率	$< 1.0 \times 10^{-9} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$	氦质谱检漏仪 (最小可检漏率 $1 \times 10^{-12} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$)	真空工程师 + 质量检验员	《真空漏率检测报告》
3	气路氦检漏	$\leq 1.0 \times 10^{-9} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$	氦质谱检漏仪	气路工程师 + 质量检验员	气路氦检漏报告》
4	气路微量水 / 氧	$\leq 10\text{ppb}$	微量水 / 氧分析仪 (精度 $\pm 1\text{ppb}$)	气路工程师 + 质量检验员	气路微量水氧检测报告》
5	绿激光切割精度	公差 $\leq 30 \mu\text{m}$	千分尺 (精度 $\pm 0.001\text{mm}$)	激光工程师 + 质量检验员	《激光切割精度测试报告》
6	金刚石单晶 Raman 半高宽	$\leq 5\text{cm}^{-1}$ @ 1332cm^{-1}	Raman 光谱仪 (分辨率 0.5cm^{-1})	技术工程师 + 质量检验员	《金刚石样品检测报告》
7	无尘环境洁净度	实验级 ($\geq \text{Class } 1000$)	尘埃粒子计数器 ($0.1 \mu\text{m}/0.5 \mu\text{m}$)	无尘环境工程师 + 质量检验员	《无尘环境检测报告》

2. KCP 控制流程

预防措施: 针对每个 KCP, 制定预防方案 (如微波泄漏控制: 安装前检查微波头密封件是否老化, 焊接时确保 waveguide 无变形)。

过程监控: 检验员在 KCP 实施时全程在场, 记录测试数据 (如微波泄漏检测需记录 3 个不同位置的读数), 确保数据真实可追溯。

不合格处理: 若 KCP 测试不合格 (如真空漏率 $> 1.0 \times 10^{-9} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$), 立即停止该

工序，组织技术团队分析原因（如密封圈损坏、法兰密封不良），制定整改方案（更换密封圈、重新紧固法兰），整改后重新测试，直至合格；若整改 2 次仍不合格，上报领导小组，启动备用方案（如更换真空腔体）。

（三）质量追溯与改进

1. 质量追溯体系

建立设备唯一编码（如 MPCVD-20251157-001），记录从原材料采购（如钢管批次）、生产（腔体焊接责任人，日期）、安装（气路焊接工程师，日期）到验收（金刚石测试员，日期）的全流程信息，形成《设备质量追溯档案》。

若设备在质保期内出现质量问题（如气路泄漏），通过追溯档案快速定位问题环节（如 20250615 焊接的管道接缝），分析原因（如焊接电流过小），采取纠正措施（如重新焊接并加强检验）。

2. 质量改进机制

质量会议：项目结束后 1 周内，召开质量总结会议，梳理项目各阶段质量问题（如出厂检验中发现 2 台 MFC 流量误差超差），分析根本原因（如供应商校准不及时），制定改进措施（如增加 MFC 到货后的校准环节）。

客户反馈：每季度收集采购人使用反馈（如设备操作便捷性、故障率），对反馈的问题（如触摸屏反应慢），组织技术团队优化（如升级操作软件），并将改进结果告知采购人。

持续优化：将项目质量数据（如 KCP 合格率、客户投诉率）纳入企业质量数据库，定期（每半年）分析数据趋势，优化生产工艺（如改进 MPCVD 腔体焊接工艺）、安装流程（如气路安装增加预检漏环节），提升设备质量及服务水平。

6 应急预案

（一）进度延误应急预案

1. 风险识别与预防

风险类型	风险描述	预防措施
设备生产延误	MPCVD 微波源 / 激光头生产周期超预期，导致设备无法按时出厂	1. 与供应商签订《供货周期承诺书》，明确交付时间及违约条款 2. 每周跟踪生产进度，预留 5 天缓冲期 3. 备选供应商：提前联系 2 家微波源厂家，确保可紧急采购
运输延误	恶劣天气(暴雨、大雾)、交通拥堵导致设备无法按时到货	1. 运输前查看天气预报，选择晴朗天气发货 2. 制定 2 条运输路线(主路线：高速；备用路线：国道) 3. 与物流公司约定，若主路线受阻，2 小时内切换备用路线
现场安装延误	气路焊接不合格、无尘环境装修返工导致安装进度滞后	1. 安装前培训施工团队，明确技术标准 2. 准备备用配件(如密封圈、管道)，避免配件缺失停工 3. 每日检查安装进度，若滞后 1 天，立即分析原因
需求变更	采购人提出技术参数调整(如 MPCVD 增加 1 路 MFC)	1. 前期充分沟通，确认需求，形成书面文件 2. 变更前评估影响(如成本增加、工期延长)，获审批后方实施

2. 应急处理流程

延误识别：通过进度监控(如 Project 软件跟踪、每日进度报告)，发现进度滞后(偏差 ≥ 2 天)，立即启动应急响应。

原因分析：项目经理组织团队分析延误原因(如运输延误因高速封路、安装延误因气路焊接漏率超标)。

措施实施：

生产延误：启动加急生产(如供应商增加生产线)，必要时空运核心部件(如微波源)，缩短运输时间。

运输延误：启用备用物流公司及路线，如主路线高速封路，切换至国道，增加运输车辆(如原 1 辆车，增派 1 辆)。

安装延误：增加施工人员(如气路焊接增派 1 组工程师)，延长有效工时(每日加班 2 小时，需获团队同意)，优化工序(如无尘环境装修与设备运输并行)。

需求变更：与采购人协商调整工期(如增加 5 天)，优先调配资源(如紧急采购 MFC)，确保变更后进度不影响总工期。

效果验证：实施措施后，每日跟踪进度，确保偏差逐步缩小；若措施无效(如延误仍扩大)，上报领导小组，启动备用方案(如更换施工团队、调整验收节点)。

报告与记录：形成《进度延误应急处理报告》，记录延误原因、措施、效果，报采购人及代理机构备案。

(二) 质量事故应急预案

1. 风险识别与预防

事故类型	事故描述	预防措施
MPCVD 真空漏 率超标	真空系统泄漏（如腔体密封圈损坏、管道焊接缺陷），导致无法达到本底极限真空	1. 出厂前进行 2 次氦检漏（生产后、出厂前）2. 安装时检查密封圈是否老化，管道焊接后 100% 检漏 3. 备用密封圈：现场储备 5 套不同规格密封圈
气路泄 漏	氢气 / 甲烷泄漏（如阀门密封不良、管道接缝泄漏），引发爆炸风险	1. 安装后进行氦检漏 + 保压测试（24h）2. 现场安装气体探测器（灵敏度 $\leq 1\%$ LEL），定期校准 3. 操作人员培训：掌握泄漏检测方法（如肥皂水检测）
绿激光 功率下 降	激光头镜片污染、激光源故障，导致切割精度不达标	1. 出厂前测试激光功率稳定性（8h RMS $< 5\%$ ）2. 现场储备 1 套激光头镜片，定期清洁（每 100h 1 次）3. 安装激光功率监测软件，实时报警（功率下降 $> 10\%$ ）
金刚石 生长质 量不达 标	多晶半高宽 $> 10\text{cm}^{-1}$ 、单晶透光率 $< 70\%$	1. 出厂前进行金刚石生长测试，优化工艺参数 2. 现场培训：操作人员掌握参数调整方法（如增加 CH_4 流量提升生长速率）3. 备用籽晶：储备 20 个优质籽晶，避免籽晶问题影响质量

2. 应急处理流程

(1) 事故报告：发现质量事故（如气路泄漏探测器报警、金刚石测试不达标），现场人员立即向项目经理报告，说明事故类型、位置、影响范围。

(2) 应急处置：

气路泄漏：

- 立即关闭气体钢瓶阀门，疏散现场人员至上风向区域，禁止明火及电气操作。
- 启动防爆风机，打开排风系统，降低泄漏气体浓度（用气体探测器监测，直至 $< 1\%$ LEL）。
- 查找泄漏点（如用肥皂水涂抹管道接缝，冒泡处为泄漏点），更换损坏的阀门 / 密封圈，重新焊接管道。

d. 整改后进行氦检漏 + 保压测试, 合格后方可恢复供气。

真空漏率超标:

a. 关闭真空泵, 破空后检查真空腔 (如密封圈是否变形、法兰是否松动)。

b. 更换密封圈, 重新紧固法兰, 启动真空泵抽真空, 测试漏率 ($\leq 1.0 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{s}$)。

c. 若仍超标, 拆解管道, 检查焊接缺陷, 重新焊接后检漏。

激光功率下降:

a. 关闭激光源, 清洁激光头镜片 (用无尘布蘸酒精, 顺时针擦拭)。

b. 启动激光源, 测试功率; 若仍不达标, 更换激光头镜片, 重新校准激光源。

金刚石质量不达标:

a. 分析原因 (如温度过低、气体配比不当), 调整工艺参数 (如提高温度 100°C 、增加 CH_4 流量 2sccm)。

b. 更换籽晶, 重新生长金刚石, 测试质量 (半高宽、透光率), 直至达标。

事故调查: 事故处置后, 组织技术团队调查根本原因 (如气路泄漏因阀门质量不合格、真空漏率因焊接电流过小), 形成《质量事故调查报告》。

纠正与预防: 针对原因采取纠正措施 (如更换阀门供应商、调整焊接电流), 并纳入质量改进体系, 避免同类事故再次发生。

(三) 安全事故应急预案

1. 风险识别与预防

事故类型	事故描述	预防措施
气体爆炸	氢气泄漏遇明火（如静电火花、电气火花）引发爆炸	1. 现场禁止吸烟，安装防静电接地装置（接地电阻 $\leq 4\Omega$ ）2. 电气设备为防爆型（如防爆灯具、开关）3. 定期检查气体探测器，每月进行 1 次泄漏应急演练
触电	操作人员接触 MPCVD 高压电源（380V）、激光设备电源线破损导致触电	1. 设备接地（接地电阻 $\leq 4\Omega$ ），安装漏电保护器（漏电电流 $\leq 30\text{mA}$ ）2. 电源线穿管保护，避免破损；操作人员穿绝缘鞋、戴绝缘手套 3. 定期检查电气线路（每 10 天 1 次），发现破损立即更换
激光灼伤	操作人员未戴防护镜，直视 532nm 激光导致眼睛灼伤	1. 激光设备安装安全联锁装置（打开舱门时激光关闭）2. 操作人员必须佩戴 532nm 专用防护镜（光密度 $OD\geq 5$ ）3. 现场张贴激光危险标识，禁止非操作人员靠近
火灾	电气短路（如电源线老化）、氢气泄漏引发火灾	1. 现场配备 ABC 干粉灭火器（每 50 m^2 1 具）、消防沙（20kg）2. 定期检查电气线路，避免过载；气体管道远离火源 3. 操作人员培训：掌握灭火器使用方法（提、拔、握、压）

2. 应急处理流程

(1) 事故响应：发生安全事故（如爆炸、触电、火灾），现场人员立即启动应急响应：

切断危险源：如触电立即切断电源、火灾立即关闭气体阀门及电源、激光灼伤立即关闭激光源。

报警与救援：拨打 120（人员受伤）、119（火灾 / 爆炸），同时向项目经理及安全专员报告；若有人受伤，立即进行急救（如触电进行心肺复苏、灼伤用冷水冲洗）。

(2) 现场处置：

火灾：

- 初期火灾用干粉灭火器灭火（对准火焰根部），氢气火灾用消防沙覆盖（禁止用水）。
- 疏散人员至安全区域，设置警戒线，禁止无关人员进入。
- 配合消防部门灭火，提供现场图纸（如气体管道位置、电气线路走向）。

触电：

- a. 用绝缘棒切断电源或拉开漏电保护器，禁止直接接触触电人员。
- b. 将触电人员转移至通风处，检查呼吸心跳，若停止立即进行心肺复苏。
- c. 等待 120 救援，途中持续观察生命体征。

激光灼伤：

- a. 立即停止激光操作，让受伤人员闭眼，用生理盐水冲洗眼睛。
- b. 送医治疗（眼科专科医院），告知医生激光波长（532nm）及灼伤情况。

（3）事故调查与处理：事故后 24 小时内，安全专员组织调查，分析事故原因（如触电因接地电阻超标、火灾因电源线老化），形成《安全事故调查报告》，报采购人及当地应急管理部门备案；对责任人进行处理（如操作失误进行再培训、管理失职追究责任），制定预防措施（如增加接地电阻测试频率、每季度更换电源线）。

售后服务承诺及方案

一、项目概述与售后服务承诺

本公司秉承“客户至上，专业高效”的服务理念，就本次供应的 1 套微波等离子体化学气相沉积设备及 1 台绿激光钻石 4P 成型切割设备，提供全方位的采购、安装、调试、培训及长期售后服务。我们承诺以专业的技术团队、完善的备件体系、快速的响应机制，确保设备在质保期内及之后均能稳定、高效运行，最大限度保障贵方的生产与科研活动。

核心承诺：

1. 免费维修期：整机质保 3 年。
2. 响应时间：7x24 小时技术支持，故障响应时间不超过 2 小时。
3. 服务目标：一般问题 8 小时内解决，复杂问题提供明确的解决方案及时间表。
4. 备件供应：保证至少 5-10 年的备件供应，常用备件 48 小时内发货。

二、售后服务具体内容与形式

1. 安装与调试服务

服务内容：我方负责设备在贵方指定场地的就位、安装、接线、通水通电、冷调、热调及工艺测试。

实施程序：

1. 设备到场前，双方确认场地准备情况（包括地面承重、电源、纯水、压缩空气、排气等）。
2. 设备到场后，由我方资深工程师团队（至少 2 名）进行开箱验货、安装。
3. 完成机械与电气安装后，进行系统联合调试，包括空载运行和带载工艺测试。
4. 使用标准样品进行工艺验证，确保设备各项性能指标达到合同约定技术规格。

工期保障：整个安装调试过程将严格按照项目计划进行，确保在 60 日历天 的工期内完成，并配合贵方完成最终验收。

2. 技术培训服务

服务内容：提供针对设备操作、日常维护、基础故障诊断与处理的全方位培训。

培训形式：

现场培训：在设备安装调试期间及完成后，在贵方现场进行不少于 3 个工作日 的集中培训。

理论培训：讲解设备原理、系统构成、安全规范。

实操培训：指导操作人员完成开机、关机、参数设置、常规维护及常见报警处理。

培训资料：提供完整的中文版《设备操作手册》、《维护保养手册》及《电气原理图册》电子版和纸质版。

3. 质量保证与免费维修

免费维修期：自双方签署《最终验收报告》之日起，进入为期 3 年 的质保期。

保修范围：

所有因设备设计、材料或制造工艺原因导致的缺陷或故障。

所有标准配置的零部件（易损件除外，见下文）。

提供的所有软件功能及升级服务（在质保期内）。

非保修范围：

因贵方未按操作规程操作、未经授权改装、意外事故、不可抗力（如火灾、水灾、地震、异常电压）导致的损坏。

正常的耗材及易损件（如 MPCVD 设备的石英窗、O 型密封圈；激光设备的保护镜片、喷嘴等）的日常更换。

4. 故障响应与解决程序

为确保问题得到快速有效的解决，我们实施分级响应机制：

故障级别	定义	响应时间	目标解决时间	具体措施
一级（紧急）	设备完全停机，核心功能丧失，导致生产中断。	30 分钟内响应，2 小时内提供远程诊断或解决方案。如需现场，24 小时内工程师抵达现场。	抵达现场后 4-8 小时内恢复基本运行。	1. 贵方通过热线电话通知我方。2. 我方技术支持工程师立即响应，启动远程连接诊断。3. 如无法远程解决，立即派遣现场工程师，同时准备可能需要的备件。4. 每日向贵方负责人汇报维修进展。
二级（重要）	设备部分功能失效，可降级运行，但严重影响效率或产品质量。	2 小时内响应，4 小时内提供远程指导。	8-24 小时内提出解决方案。如需现场，48 小时内安排工程师处理。	1. 远程技术支持，指导贵方人员排查。2. 若需更换部件，迅速安排备件发货。3. 若需现场服务，协调工程师在约定时间内到场。
三级（一般）	设备出现轻微异常，不影响正常运行，或	4 小时内响应。	24 小时内给出明确答复或解决方案。	通过电话、邮件、视频会议等方式提供技术咨询和操作指导。

	为操作咨询、软件使用疑问。			
--	---------------	--	--	--

注：响应时间指从我方收到贵方正式通知我方技术人员开始处理问题的时间。

5. 定期维护与巡检服务

服务内容： 在 3 年质保期内，提供每年至少 1 次 的免费预防性维护和巡检服务。

服务形式：

我方工程师上门对设备全面的检查、清洁、调整和校准。

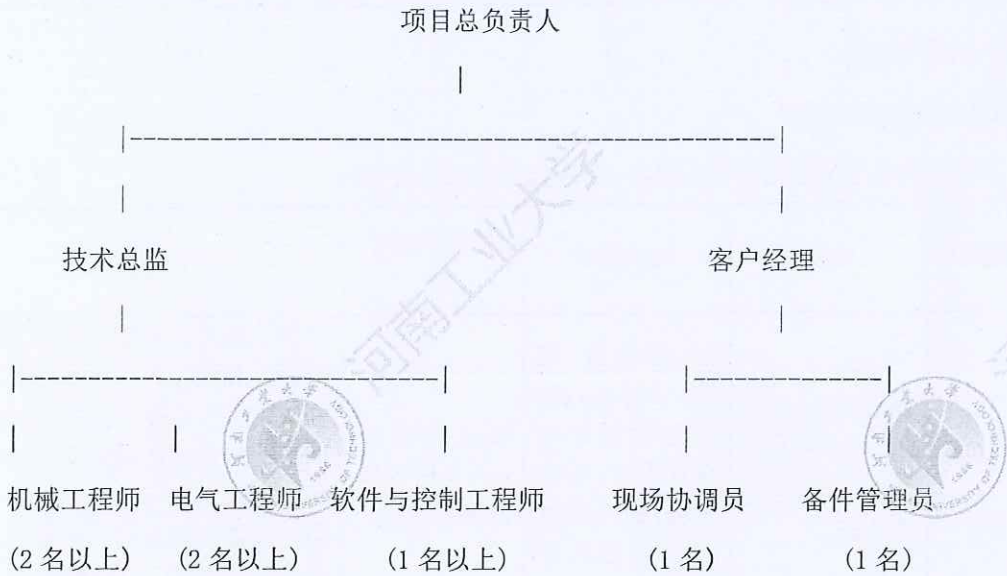
检查关键部件（如微波源、真空泵、激光器、光学路径、运动轴）的性能状态。

提供详细的《巡检报告》，列明设备健康状况、潜在风险及维护建议。

三、 售后服务团队架构与质量控制

1. 服务团队架构

为确保服务质量，我们成立了专为本项目服务的核心团队，结构如下：



项目总负责人： 全面协调资源，对服务质量和客户满意度负总责。

技术总监： 由资深专家担任，负责复杂技术问题的最终裁决和技术方案审核。

客户经理： 作为贵方的主要联系人，负责沟通协调、服务进度跟踪及满意度回访。

现场工程师团队： 具备相关设备 5 年以上调试与维修经验，持证上岗。

后台支持团队： 提供不间断的远程技术支持和备件供应保障。

2. 服务质量控制

标准化流程： 所有服务活动（安装、维修、巡检）均严格遵循公司发布的《现场服务作业指导书》。

服务报告制度： 每次现场服务结束后，工程师需向贵方提交并由双方签字确认《服务工作报告》，详细记录工作内容、更换零件、解决问题等。

客户反馈机制： 每次服务完成后，由客户经理对贵方进行回访，收集满意度评价，并作为工程师绩效考核的重要依据。

持续培训： 我方服务工程师每年至少接受 2 次针对新产品、新技术的内部培训，以保持技术领先性。

四、 售后零部件供应体系

1. 备件仓库设置

中央备件库： 位于我公司总部，储备所有型号的全套备件。

区域备件中心： 根据地理位置，在国内设立至少 2 个区域备件中心，储备常用及关键备件，以确保快速响应。

2. 备件供应保障

长期供应承诺： 自设备停产之日起，保证至少 5-10 年 的备件供应。

供应流程：

质保期内： 所有非人为损坏的零部件免费更换，运费由我方承担。

质保期后： 以成本价提供备件，并提供报价单。

发货时效：

常规备件： 确认需求后 48 小时 内发出。

紧急备件： 启动加急流程， 24 小时 内发出，并可协调最快物流方式。

核心/长周期备件： 我司将设立战略库存或与供应商签订优先供应协议，确保供应渠道畅通。

五、 质保期后服务支持

三年质保期满后，贵方可选择与我司签订《年度维保服务合同》，享受以下延续性服务：

1. 优惠价格： 服务费及备件费享受年度协议优惠价。
2. 优先服务： 继续享受优先派工和快速响应权益。
3. 定期巡检： 继续享受每年定期的预防性维护服务。
4. 软件升级： 以优惠价格提供软件功能升级服务。

