



龙子湖新能源实验室

大型仪器设备技术验收报告

设备名称：300×300 mm 钙钛矿组件研发设备

使用部门：可再生能源部门

验收负责人：张威

验收日期：2026.08.11

龙子湖新能源实验室综合事务部

设备基本情况登记

设备名称	300×300 mm 钙钛矿组件研发设备			
规格型号	zngd-300*300		数 量	1
生产厂商	杭州众能光电科技有限公司		供 应 商	杭州众能光电科技有限公司
出厂日期	2024.01		设备经费来源	
合 同 号			到 货 日 期	2024.01
安装使用地	龙子湖新能源实验室 3 号楼北栋 101 实验室			
价 格	人民币	8300000	外 币	
使用责任人	张威		联 系 电 话	15514390285
设备随机资料				
序号	名 称		份数	备注
1	超声波清洗机		1	
2	UV 清洗机		1	
3	退火烧结炉		1	
4	真空蒸镀镀膜设备		2	
5	ALD		1	
6	磁控溅射镀膜设备		1	
7	激光刻蚀机		1	
8	高精度狭缝涂布机		1	
9	真空成膜设备		1	
10	桌面式刮涂机		1	
11	层压机		1	
12	SSG 气氛退火		1	

设备安装调试记录

记录人	李浩楠	安装调试时间	2024.04
（安装、调试、运行过程及结果等记录、与厂商代表洽谈情况等） 1. 设备按合同约定运抵指定现场，经双方共同开箱检验，确认设备型号、规格及随机备件均与清单一致，外观无磕碰损伤。依据前期施工图纸及工艺布局要求，设备定位安装，连接水、电、气。 2. 调试期间，依次完成了单机空载、带载试车及全自动联锁联动测试。运行数据显示，设备各执行机构动作灵敏、响应迅速，电机电流、温升及振动值等关键参数均在出厂合格标准之内。配套的监控系统与上位机通讯稳定，数据采集刷新无延迟、无丢包。在连续 72 小时（或按协议约定时间）的压力/温度/速度等全负荷考核中，系统未发生异常停机、报警误报或性能衰减，运行状态平稳可靠，各项性能指标均达到或优于技术协议要求。 设备照片： 			

设备验收记录

1、超声波清洗机



超声波清洗机到货后，经与合同逐一比对，确认高频线缆、不锈钢加热管等全部配件无误且完好。设备就位后已完成水路、电路及气路的规范连接。

运行期间，超声波空化效应强烈且均匀，槽体温度在设定值（如 $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ）范围内精准维持，使用调试后的设备对镀膜前基片进行超声清洗，清洗后的基片无新增划伤、无腐蚀残留，完全满足后续工艺对洁净度的严苛标准。

鉴于设备运行可靠、清洗效果持续优良，确认已达到合同约定的验收条件，予以验收通过。

2、UV 清洗机



调试阶段完成了设备单机空载及连续带载测试，紫外灯管预热时间、启停响应、臭氧排残周期等关键时序参数均在设定范围内。

设备运行期间电流、温升及真空/排风负压均稳定在正常阈值内，未出现功率波动或灯管频闪现象，系统整体运行可靠、重复性好。UV 处理后基片亲水性的显著提升，使后续功能层涂布的润湿铺展性得到明显改善，有效消除了因表面能不足导致的涂膜缩边、针孔等质量问题。

综合设备运行稳定性、工艺效果重复性及各项性能参数（紫外照度、臭氧浓度、温升限值、操作节拍等）的全面考核，确认 UV 清洗机完全满足合同约定的技术规格及验收指标，予以验收通过。

3、退火烧结设备



退火烧结设备调试期间运行稳定，经多点测温校准，控温区间、升温速率及保温时长控制精度均达到合同技术指标要求。退火后样品结晶度与薄膜均匀性优良，工艺重复性好，完全满足产线退火工艺需求，各项指标符合验收标准，予以通过。

4、真空成膜设备



真空成膜设备调试期间运行稳定，实测抽气时间 ≤ 10 秒即可将腔体由大气压抽至 10 Pa，抽速指标达到合同要求。该快速抽空能力为钙钛矿闪蒸工艺提供了理想的环境——溶剂快速挥发、晶核瞬间形成，制得的薄膜表面平整、结晶良好。设备性能与成膜质量双重达标，满足量产工艺要求，符合验收条件。

5、ALD 设备



ALD 设备调试期间运行稳定，设备运行期间相关参数均稳定在正常阈值内，未出现功率波动现象，系统整体运行可靠、重复性好。

连续生产 5 片基材后，随机抽取 1 片进行膜厚均匀性验证。在样品表面按 9 点法布点测试（测试点位距边缘 $\geq 15\text{mm}$ ，排除边缘效应干扰），采用 $(\text{max}-\text{min}) / (\text{max}+\text{min}) \times 100\%$ 公式计算均匀性，实测结果为 0.8%，优于工艺控制指标。测试方法科学、数据可靠，设备成膜均匀性满足验收要求，予以验收通过。

6、磁控溅射设备



磁控溅射设备调试期间运行稳定，设备运行期间相关参数均稳定在正常阈值内，未出现异常现象，系统整体运行可靠、重复性好。

磁控溅射设备连续完成 5 片基材镀膜，按随机抽样原则抽取 1 片进行膜厚均匀性测试。采用 9 点法布点（各测试点距边缘 15mm，排除边缘效应），以 $(\max - \min) / (\max + \min) \times 100\%$ 公式计算均匀性，实测结果为 1.5%，优于工艺验收指标。测试方法规范、数据可信，设备成膜均匀性满足要求。予以验收通过。

7、激光刻蚀机



激光刻蚀机设备调试期间运行稳定，设备运行期间相关参数均稳定在正常阈值内，未出现异常现象，系统整体运行可靠、重复性好。

激光刻蚀机连续完成 5 片基材生产，随机抽取 1 片进行电学与几何指标检测。经测试：P1/P4 刻蚀线电阻均为无穷大（绝缘隔离良好），P2/P3 线电阻均 $\leq 20\Omega$ （导通性能优良）；使用高倍金相显微镜对各道刻蚀线宽进行多点测量，P1、P2、P3、P4 各工艺线宽实测数据与合同技术协议规定的设计指标逐一比对，全部在合格范围内。线宽一致性方面，各道刻蚀线宽波动极小，无断线、锯齿状边缘、激光热致崩边或氧化变色等缺陷，表明激光器的光束质量、扫描振镜的定位精度及场镜的聚焦性能均处于优良状态。

综上，激光刻蚀机设备满足钙钛矿组件划线刻蚀工艺要求，予以验收通过。

8、狭缝涂布机



狭缝涂布机设备调试期间运行稳定，设备运行期间相关参数均稳定在正常阈值内，未出现异常现象，系统整体运行可靠、重复性好。

狭缝涂布机连续完成 5 片基材涂布生产，按随机抽样原则抽取 1 片进行膜厚均匀性测试。采用 9 点法布点（各测试点距边缘 15mm，排除边缘效应），以 $(\max - \min) / (\max + \min) \times 100\%$ 公式计算均匀性，实测结果为 4.6%，符合涂布均匀性 $\leq 5\%$ 的验收指标。4.6% 的均匀性完全能够满足钙钛矿吸光层、电子传输层 SnO_2 或空穴传输层等功能层对膜厚一致性的工艺要求，有效避免因膜厚波动导致的 J-V 曲线畸变及并联电阻不均匀性。

狭缝涂布机设备涂布一致性满足工艺要求，予以验收通过。

9、真空蒸镀设备



真空蒸镀设备调试期间运行稳定，设备运行期间相关参数均稳定在正常阈值内，未出现异常现象，系统整体运行可靠、重复性好。

真空蒸镀设备连续完成 5 片基材蒸镀生产，按随机抽样原则抽取 1 片进行膜厚均匀性测试。采用 9 点法布点（各测试点距边缘 15mm，排除边缘效应），以 $(\max - \min) / (\max + \min) \times 100\%$ 公式计算均匀性，实测结果为 4.3%，达到工艺验收指标（ $\leq 5\%$ ）。4.3% 的均匀性完全能够满足钙钛矿太阳能电池顶电极（Au/Ag/Cu）对厚度一致性的量产要求。优异的电极均匀性可保障组件各子电池的串联电阻一致，有效提升填充因子（FF）和光电转换效率。

真空蒸镀设备经验证蒸镀均匀性达到工艺要求及合同标准，通过验收。

10、真空蒸镀设备 (2)

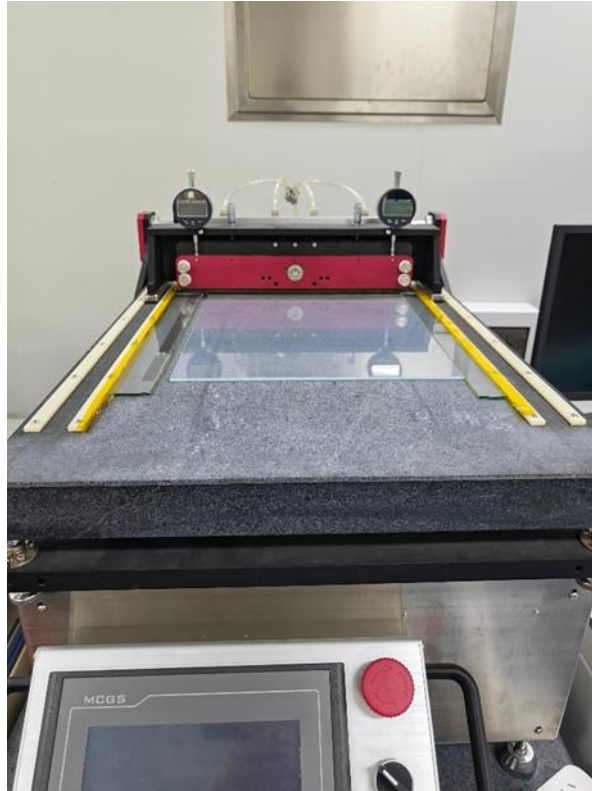


真空蒸镀设备 (2) 设备调试期间运行稳定, 设备运行期间相关参数均稳定在正常阈值内, 未出现异常现象, 系统整体运行可靠、重复性好。

真空蒸镀设备 (2) 连续运行生产 5 片基材, 随机抽取 1 片作为测试样品; 每片样品选取 9 个测试点, 分别为样品前中后各三个点, 测试点距样品边缘 15mm, 避免边缘效应影响测试结果, 膜厚均匀性为 4.7% (计算公式: $(\max - \min) / ((\max + \min) \times 100\%$, 其 $\max$ 为单片片内最大膜厚, $\min$ 为单片片内最小膜厚), 4.7% 的均匀性完全能够满足钙钛矿太阳能电池电子传输层等功能层对厚度一致性的工艺要求。

真空蒸镀设备 (2) 经验证蒸镀均匀性达到工艺要求及合同标准, 通过验收。

11、桌面式刮涂机



桌面式刮涂机设备调试期间运行稳定,设备运行期间相关参数均稳定在正常阈值内,未出现异常现象,系统整体运行可靠、重复性好。

桌面式刮涂机连续完成 5 片基材刮涂生产,按随机抽样原则抽取 1 片进行膜厚均匀性测试。采用前中后 9 点法布点(各测试点距边缘 15mm,排除边缘效应),以 $(\max - \min) / (\max + \min) \times 100\%$ 公式计算均匀性,实测结果为 9.8%,符合刮涂工艺验收指标。

桌面式刮涂机设备涂布均匀性满足工艺要求,通过验收。

12、层压机

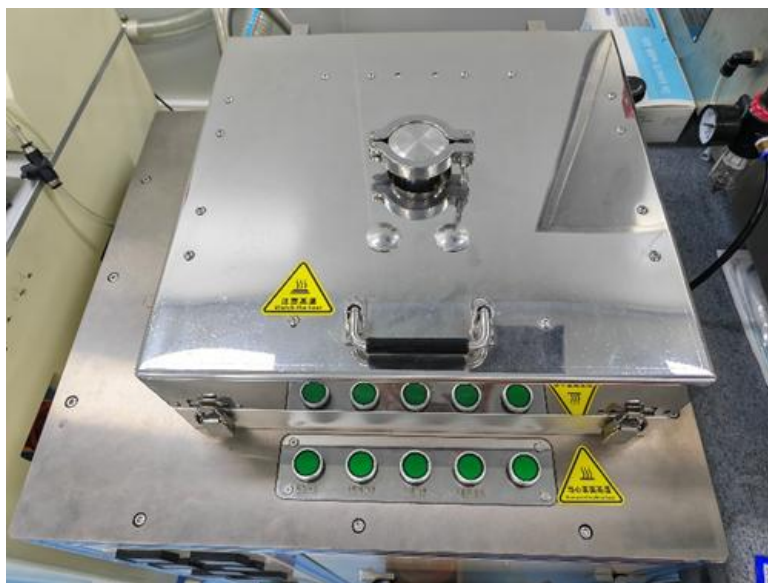


层压机设备调试期间运行稳定，，设备运行期间相关参数均稳定在正常阈值内，未出现异常现象，系统整体运行可靠、重复性好。

层压机完成组件层压封装后，经外观检查：层压件贴合紧密、无气泡，胶膜交联固化充分；经水浸测试验证密封可靠性，组件浸泡后无任何水渗入现象，密封绝缘性能优良。

组件层压质量与防水密封性均符合封装工艺指标，设备满足封装要求，通过验收。

13、SSG 气氛退火设备



SSG 气氛退火设备调试期间运行稳定：腔体内 SSG 气氛环境、组分与流量精准可控，满足钙钛矿退火对气氛条件的工艺需求；设备内部温度均匀性经多点测温实测，达到合同指标。SSG 气氛退火设备符合封装工艺指标，设备满足封装要求，通过验收。

综上所述，300×300 mm 钙钛矿组件研发设备所含全部设备（超声波清洗机、UV 清洗机、退火烧结炉、真空蒸镀镀膜设备 2 台、ALD 设备、磁控溅射镀膜设备、激光刻蚀机、高精度狭缝涂布机、真空成膜设备、桌面式刮涂机、层压机、SSG 气氛退火设备），经逐项测试及反复使用验证，各单体设备性能参数均符合合同技术协议要求，单体设备验收全部合格。整线完成联调联试，各工序间衔接顺畅、节拍匹配，实现从基片输入到组件输出的连续稳定运行。上述全部设备均达到工艺要求及合同标准，予以验收通过。

设备验收小组意见

验收小组结论意见	同意验收	
	验收小组组长（签字）	蔡青青 2026 年 8 月 11 日
设备验收小组成员：		
姓名	部门/中心	签字
蔡迎军	可再生能源中心	蔡迎军
张威	可再生能源中心	张威
王晓峥	可再生能源中心	王晓峥
李浩楠	可再生能源中心	李浩楠