

## 2019 年拟申报省科技进步奖励项目公示表

项目名称	CIGS 薄膜太阳能电池 PVD 钼沉积设备
提名单位	绍兴市人民政府
项目简介	<p>(1) 背景</p> <p>CIGS 薄膜太阳能电池已成为行业内最具发展前景的高效率薄膜太阳能技术路线之一，预计 2024 年行业规模达到 80 亿美元。目前，CIGS 薄膜太阳能电池的核心工艺设备----金属钼沉积设备仍然被国外垄断，国内全部依赖进口，属于薄膜太阳能电池领域“卡脖子”的关键技术。而金属钼关键工艺装备的落后，是我国 CIGS 薄膜电池技术水平过去与国外差距巨大的主要原因。</p> <p>(2) 主要研究内容和结果</p> <p>该项目设备采用自主研发的高效率磁控溅射旋转阴极沉积技术和装置，突破了传统设备中靶材利用率低、磁场均匀性差、无法进行大功率高速沉积薄膜材料等难题，在高真空环境下实现大幅面基板的连续式、全自动化的纳米级金属钼薄膜制备，满足了高性能 CIGS 薄膜太阳能电池生产要求，主要创新如下：</p> <p>1、独特的金属钼电极制备工艺。采用功率与沉积气压的二元配合工艺，解决了高真空环境下在大尺寸基板难以均匀镀膜的关键问题，突破了低阻值的纳米级金属钼材料生产的生产关键技术，该工艺生产的金属钼薄膜在均匀性 (<math>&lt;\pm 5\%</math>)、方阻值和附着力等方面均达到 CIGS 薄膜太阳能电池的技术要求。</p> <p>2、创新基于旋转阴极的静动混合态镀膜方式。采用旋转阴极镀膜技术实现了大功率薄膜沉积，相比传统的平面阴极，材料利用率提升至 75% 以上，大幅度提升了生产效率。静态和动态混合镀膜方式，避免了动态镀膜存在的静电损伤问题，提高了薄膜质量和良品率。</p> <p>3、自主开发的控制系统，实现设备的智能化生产和控制。系统采用工控系统和现场高性能 PLC 相结合的双层控制构架，通过过程控制的闭环控制算法，实现生产过程的实时监控和无缝连接，真正做到一体化生产。</p> <p>4、开发集成核心生产设备。通过系统创新和集成，建立了 CIGS 薄膜太阳能电池 PVD 钼沉积设备，实现了高性能 CIGS 薄膜太阳能电池规模化稳定生产。</p> <p>项目设备经第三方检测机构验证、国内外科技查新，以及浙江省技术市场促进会组织的专家鉴定，评价为国际先进水平。设备关键技术获得国家发明专利 5 项，软件著作权 1 项。目前项目产品 CIGS 薄膜太阳能电池 PVD 钼沉积设备及其关键部件旋转阴极，已实现了规模化生产和应用，并获得用户好评。</p> <p>(3) 应用推广及取得的经济社会效益</p> <p>1、应用推广：本项目 CIGS 薄膜太阳能电池 PVD 钼沉积设备及其关键部件旋转阴极，自 2016 年以来已成功应用于北京汉能光伏投资有限公司、芜湖长信科技股份有限公司、安徽立光电子材料股份有限公司，成套设备销售超过 20 台(套)，单台设备价格超过 3000 万元，关键部件旋转阴极累计销售超过 100 套。</p>

	<p>2、经济效益：近三年，项目累计形成销售收入 1.51 亿元，缴纳税收 730 万元。</p> <p>3、社会效益：突破了国外在该技术领域的垄断，提升我国 CIGS 太阳能电池行业自主化发展水平，增强了行业国际竞争力；带动装备材料、精加工、精密控制等上游产业链的发展，形成中国纳米薄膜真空沉积设备的综合竞争力；同时，通过本项目的实施，培养了一支 PVD 沉积设备领域的专业技术人才队伍。</p>
<p>第三方评价</p>	<p>(一) 成果鉴定证书(编号：浙技促鉴字[2018]第 703 号)</p> <p>鉴定意见如下：1. 提供鉴定的资料齐全、规范，符合鉴定要求。2. 项目技术主要用于 G6 高世代 CIGS 薄膜太阳能电池 PVD 钼沉积。自主研发了高效率磁控溅射旋转阴极沉积技术和装置，增强了旋转阴极靶材的冷却能力，实现了高功率薄膜的有效沉积，沉积效率高；优化了玻璃基板双卧轨真空传输技术和传动装置，提高了产品的良品率；采用可溶线条形成的方法进行电池划线，提升了产品的发电面积和转换效率；开发了生产线智能控制系统和在线检测实时监控技术，实现了生产过程的数字化、智能化和产品的可追溯。相关技术已获发明专利 5 件，软件著作权 1 件，技术处国际同类产品先进水平。3. 产品经浙江方正轻纺机械检测中心有限公司和国家特种玻璃质量监督检验中心检测，所测指标符合 Q/SF01-2018 标准要求，产品经用户使用，反映良好，具有显著的经济和社会效益。4. 企业已通过 ISO9001：2015 质量管理体系和 ISO14001：2015 环境管理体系认证，其生产设备、工艺工装、检测手段能满足批量生产要求。鉴定委员会同意通过成果鉴定。</p> <p>(二) 查新报告(编号：201821C0703372)</p> <p>中国科学院上海科技查新咨询中心于 2018 年 9 月 6 日出具了本项目查新报告，查新结论如下：</p> <p>1) 基板尺寸<math>\geq 500\text{mm} \times 1000\text{mm}</math>，实现大尺寸镀膜：通过对传动装置的优化设计，包括传动轮、辅助轮、角度和材料选择等，使得大尺寸玻璃基板可以平稳传送，无滑动跳动、无挤压碰撞，大大提高良品率。2) 在线式(in line)结构：实现设备生产自动化控制：通过微机控制技术，采用过程控制的闭环控制算法，从而实现镀膜过程中的实时监控和无缝连接，真正做到一体化生产，并保证了背电极镀膜的高性能、高稳定性和高良率。并配有实时薄膜测量和反馈控制技术，可以精确控制薄膜生长厚度。3) 设备节拍<math>&lt; 90</math> 秒/片，大大提高生产效率：采用自主创新的旋转阴极磁控溅射技术，设备腔体模块化，根据生产工艺进行最优组合设计。4) 卧式传送系统：设备全线采用卧式传送系统。5) 薄膜均匀性<math>\leq \pm 5\%</math>：采用了创新的镀膜方式，使薄膜(膜厚)非均匀度在<math>\pm 5\%</math>以下。6) 旋转阴极镀膜方式：传统的镀膜方式为平面阴极镀膜，材料利用率较低。采用自主创新的高效率磁控溅射旋转阴极，紧凑设计，通过磁场强度分布优化，提高气相的通量速率，提高动态沉积率(DDR)，靶材使用率提高，提高生产效率，降低成本。经检索，国内外公开文献中未见与该项目技术特点完全相同的技术公开。因此，该项目具有新颖性。</p> <p>经分析，该项目综合技术达到国际先进水平。</p> <p>(三) 检测结果</p>

1、浙江方正轻纺机械检测中心有限公司检验报告(报告编号:(2018)2062)测试结果如下,技术指标均符合相关标准:

表 设备硬件性能检测情况

参数名称	设计指标	检测结果
设备组成	进样模块+PVD 工艺腔体+出样模块	进样模块+PVD 工艺腔体+出样模块
设备结构	在线式 (In line) 结构, 卧式传送系统	在线式 (In line) 结构, 卧式传送系统
基片玻璃	790×1190×3mm	790×1190×3mm
生产节拍	42 秒/片	42s 秒/片
沉积方式	磁控溅射旋转阴极	磁控溅射旋转阴极

2、国家特种玻璃质量监督检验中心检验报告(报告编号:皖蚌检C2018-B532)测试结果如下,设备生产的金属钼薄膜性能均符合相关标准:

表 设备生产的金属钼薄膜性能情况

参数名称	设计指标	检测结果
膜厚	300nm (薄膜均匀性 $\leq\pm 5\%$ )	均值 299.4nm (薄膜均匀性 3.49%)
方电阻	0.4 $\Omega/\square$ (方电阻均匀性 $\leq\pm 10\%$ )	均值 0.392 $\Omega/\square$ (方电阻均匀性 8.55%)
附着力	无损伤	无损伤

3、根据用户报告,设备投入量产的材料使用率 $>75\%$ ,薄膜均匀性 $\leq\pm 5\%$ 。

推广应用情况

本项目 CIGS 薄膜太阳能电池 PVD 钼沉积设备及其关键部件旋转阴极,自 2016 年以来已成功应用于北京汉能光伏投资有限公司、芜湖长信科技股份有限公司、安徽立光电子材料股份有限公司,成套设备销售超过 20 台(套),单台设备价格超过 3000 万元,关键部件旋转阴极累计销售超过 100 套。  
根据用户意见报告,本项目产品均达到合同约定的技术指标,收到用户好评。

经济效益和社会效益

1、经济效益:近三年,项目累计形成销售收入 1.51 亿元,新增利润 1664 万元,新增税收 730 万元。  
2、社会效益:突破了国外在该技术领域的垄断,提升我国 CIGS 太阳能电池行业自主化发展水平,增强了行业国际竞争力;带动装备材料、精加工、精密控制等上游产业链的发展,形成中国纳米薄膜真空沉积设备的综合竞争力;同时,通过本项目的实施,培养了一支 PVD 沉积设备领域的专业技术人才队伍。

主要完成人员情况								
姓名	排名	行政职务	技术职称	现从事专业	工作单位	二级单位	完成单位	对本项目技术发明的创造性贡献
俞峰	1	总经理	无	机械工程	浙江上方电子装备有限公司	/	浙江上方电子装备有限公司	负责设备开发
赵军	2	董事长	高级工程师	机械工程	浙江上方电子装备有限公司	/	浙江上方电子装备有限公司	负责设备设计原理与规划
张永夫	3	副总经理	高级工程师	材料工程	浙江上方电子装备有限公司	薄膜研发中心	浙江上方电子装备有限公司	负责金属钼沉积工艺的设计
陈金良	4	/		机械与自动化	浙江上方电子装备有限公司	装备事业部	浙江上方电子装备有限公司	设备机械设计
周海龙	5	/	中级工程师	材料工程	浙江上方电子装备有限公司	薄膜研发中心	浙江上方电子装备有限公司	负责金属钼沉积工艺开发
王晓东	6	/	无	质量管理	浙江上方电子装备有限公司	薄膜研发中心	浙江上方电子装备有限公司	设备开发过程的质量控制
来华杭	7	副总经理	无	机械与自动化	浙江上方电子装备有限公司	装备事业部	浙江上方电子装备有限公司	自动化控制系统设计
完成人合作关系说明	本项目成果是在浙江上方电子装备有限公司开发完成，在项目负责人统筹安排下，完成各自所分配工作，并定期向项目负责人汇报。							
主要完成单位情况								
单位名称	排名	对本项目的支撑作用情况						
浙江上方电子装备有限公司	1	本公司作为项目唯一承担单位，为了顺利完成项目建设，公司从人、财、物等三个方面全力支持本项目的实施：1、人才支撑，本项目由总经理负责实施，项目团队集中了公司技术骨干人才，包括“国家千人计划”特聘专家1人，高工1人，硕士4人。2、财力支撑，公司设立了专项研发经费用于本项目，保障项目顺利						

	<p>实施。3、物资支撑，公司花费 6000 多万设立了高水平的薄膜研发中心，研发中心设备仪器及物料，优先供应本项目使用。</p>
<p>主要知识产权证明目录</p>	<p>1、授权项目名称：一种全固态电致变色器件的制备方法及其制得的电致变色玻璃，授权专利号：ZL201510231273.1 权利人：浙江上方电子装备有限公司 发明人：俞峰、周海龙、张永夫、王晓东</p> <p>2、授权项目名称：一种动静混合镀膜系统及利用其进动静混合镀膜的方法；授权专利号：ZL201410194427.X；权利人：浙江上方电子装备有限公司；发明人：赵军、刘钧、陈金良、许倩斐</p> <p>3、授权项目名称：上方 PVD 钼沉积设备系统控制软件 V1.0；授权专利号：2018SR280863；权利人：浙江上方电子装备有限公司；发明人：来华杭、周海龙、张永夫</p> <p>4、授权项目名称：扫描镀膜装置及扫描镀膜组件；授权专利号：ZL201110190163.7；权利人：浙江上方电子装备有限公司；发明人：赵军，梅芳，陈金良，苏永顺</p> <p>5、授权项目名称：一种用于薄膜太阳能电池的划线方法及其设备；授权专利号：ZL201110304763.1；权利人：浙江上方电子装备有限公司；发明人赵军、梅芳、陈金良、苏永顺</p> <p>6、授权项目名称：薄膜太阳能电池的划线方法及其设备；授权专利号：ZL201110304760.8；权利人：浙江上方电子装备有限公司；发明人：赵军、梅芳、陈金良、苏永顺</p>
<p>代表性论文专著目录</p>	<p>无</p>
<p>提名单位意见</p>	<p>该项目研发的 CIGS 薄膜太阳能电池 PVD 钼沉积设备，采用自主研发的高效率磁控溅射旋转阴极沉积技术和装置，突破了传统设备中靶材利用率低、磁场均匀性差、无法进行大功率高速沉积薄膜材料等难题，在高真空环境下实现大幅面基板的连续式、全自动化的纳米级金属钼薄膜制备，满足了高性能 CIGS 薄膜太阳能电池生产要求，并取得了重要创新与突破：1. 独特的金属钼电极制备工艺；2. 创新基于旋转阴极的动静混合态镀膜方式；3. 自主开发的控制系统，实现设备的智能化生产和控制；4. 开发集成核心生产设备。目前项目产品 CIGS 薄膜太阳能电池 PVD 钼沉积设备及其关键部件旋转阴极，已实现了规模化生产和应用，并获得用户好评。本项目对提高 CIGS 薄膜太阳能电池的关键重大装备国产化与行业的自主化发展起到重要的作用。提名该项目为浙江省科学技术进步奖三等奖。</p>