

教育部工程研究中心评估总结报告

(2021 年 1 月——2021 年 12 月)

工程中心名称：表面与结构改性无机功能材料教育部工程
研究中心

所属技术领域：化工、冶金与材料工程

建设时间：2008 年 6 月

依托单位：浙江大学

主管部门：教育部

中心负责人：韩高荣

联系电话：0571-87953287

电子邮箱：hgr@zju.edu.cn

通信地址与邮编：浙江省杭州市浙大路 38 号 310027

2022 年 9 月 28 日填报

一、摘要

表面与结构改性无机功能材料教育部工程研究中心坚持以产业需求为导向，以技术创新为核心，以成果产业化为目标，以国家经济建设、社会进步、国家安全的发展战略为导向，紧密围绕“半导体硅材料缺陷工程”、“表面镀膜技术”、“溶胶凝胶改性技术”、“原位复合结构调控技术”等技术方向进行系统工程研究和集成，联合企业进行技术应用和工程化的协同攻关，突破规模生产所需要的共性关键技术，获得具有市场竞争力的产品。在本评估期内（2017 年 1 月 1 号至 2021 年 12 月 31 号），中心集中力量面向国家建筑节能环保、能源转换与存储等领域的重大需求，突破建筑节能玻璃、光伏导电玻璃、单晶硅材料、LED 材料、硅负极电池材料、环保涂层复合材料等关键制备技术，实现了材料、技术与成套设备的系统创新，并大规模应用于建筑节能、太阳能电池、LED 器件与锂离子电池等工程领域，取得了有自主知识产权的原创性成果，同时培养了一批有影响力的学术带头人，成长了一批年轻的学术和工程化技术骨干。近五年以来，中心团队的研究成果与人才培养有力促进和推动了我国无机功能材料的推广应用和相关行业的技术提升，产生较大的辐射效应，为区域经济发展做出了重要贡献。

二、评估期基本情况概述

我国明确提出“双碳”战略，即二氧化碳排放力争于 2030 年达到峰值，努力争取 2060 年实现碳中和。为实现这一目标，必须以科技创新为先导，驱动行业与产业升级，高质量发展。工程中心在节能降耗、能源转换以及低碳环保等方向开发与应用取得了系列创新成果，在新材料及其关键制备技术上实现突破，部分成果处于国际领先地位，不仅满足了国家对核心基础材料的需求，同时也具备强的国际竞争力，为行业 and 产业发展注入了新动力。近五年以来，中心成员承担国家重点研发计划、国家基金委创新群体、国家基金委重大、国家基金委杰青、省科技厅重大以及企业横向项目 44 项，经费总额 17398 万元，牵头和参与制订国家、行业和团体标准 9 项、浙江省标准 1 项。工程中心成员牵头获得了国家技术发明二等奖 2 项、浙江省技术发明一等奖 1 项、教育部科技进步二等奖 1 项、浙江省科技进步二等奖 2 项。工程中心团队深入开展与中国玻璃、协鑫半导体、金

瑞泓、贝特瑞等行业核心企业战略合作，开发的部分产品达到或超过与国际顶尖企业水平，具有高的国内市场和全球市场占有率。近五年，工程中心杨德仁教授、叶志镇教授于 2017 年、2019 年增选为中科院院士，韩高荣教授、钱国栋教授于 2021 年被评为浙江省第六批特级专家，余学功教授、崔元靖教授获得国家杰出青年基金资助，任召辉、李斌、方彦俊获得浙江省杰出青年基金资助。

三、评估期间工作业绩

1. 产业重大技术突破、共性关键技术供给、自主知识产权成果及其水平，各研究方向标志性技术成果、水平和工程应用与效益。

工程中心围绕“半导体硅材料缺陷工程”、“表面镀膜技术”、“溶胶凝胶改性技术”、“原位复合结构调控技术”等技术方向进行工程化研究，旨在解决国家重大工程和发展行业中的共性关键技术的供给难题，在节能降耗、能源转换以及低碳环保等方向开发与应用取得了具有自主知识产权的创新成果，在新材料及其关键制备技术上实现突破，部分成果处于国际领先或国内领先地位，获得国家技术发明二等奖 2 项、浙江省技术发明一等奖 1 项、教育部科技进步二等奖 1 项、浙江省科技进步二等奖 2 项。

产业重大技术突破与标志性技术成果

(1) 微量掺锗直拉硅单晶技术及其应用（2019 年国家技术发明二等奖，完成人杨德仁院士、余学功教授等）

直拉硅单晶材料是集成电路和光伏产业的基础材料，对集成电路和光伏产业的发展起着决定性作用。然而，直拉硅单晶的研发存在着两个重要的挑战：1) 重掺直拉单晶硅衬底材料中存在严重的晶格畸变，容易导致生长的外延层中产生失配位错，降低集成电路的成品率和可靠性；2) 直拉单晶硅太阳能电池在服役过程中会发生严重的效率衰减现象，造成巨大的经济损失。国际上一直没有找到好的解决方法。针对上述难题，杨德仁院士课题组自 2001 年开始进行了近 20 年的研究，在国际上首先提出了“有意掺入微量锗杂质来调控直拉硅单晶中缺陷”的新思路，发明了微量掺锗直拉硅单晶及系列制备技术。



锗杂质直拉硅单晶

项目自 2007 年起在浙江金瑞泓公司等企业实现了大规模产业化应用，形成了具有我国特色、自主知识产权的产品，满足了国家在微电子和光伏领域对直拉硅单晶材料的需求，相关技术具有完全自主知识产权，居国际领先水平，创造了显著的经济和社会效益，推动了我国硅材料产业的技术进步。该项目获国家发明专利 24 项，美国发明专利 1 项；发表 SCI 论文 48 篇，2017-2019 年三年累计销售 4.9 亿元。相关成果获得 2019 年度国家技术发明二等奖。

(2) 锂离子电池新型硅负极材料的制备、性能及应用（2021 年浙江省技术发明一等奖，完成人：杜宁副教授、杨德仁院士等）

新能源汽车等领域等快速发展迫切需要开发更高能量密度的锂离子电池。设计和开发新型高容量负极材料是锂离子电池突破高比能量密度的关键。硅的理论容量为 4200 mAh g^{-1} ，十倍于商业化石墨负极，是公认的下一代锂离子电池负极材料。然而硅在嵌锂过程中体积膨胀巨大（ $\sim 300\%$ ），导致电极材料粉化和循环稳定性差，严重制约了硅基负极的商业化。本项目 2010 年以来在国家自然科学基金，浙江省自然科学基金，企业横向项目等支持下，由浙江大学和贝特瑞新材料集团股份有限公司公司两家单位对上述难题进行了多年的产学研合作，取得如下主要技术发明：（1）发明了多孔硅的低成本可规模化制备技术，通过发展多孔硅掺杂和新型碳源复合技术，开发出掺杂多孔硅/碳复合材料；（2）基于表面改

性和液相复合方法，发明了规模化制备石墨/硅复合材料的技术；（3）发明低成本可规模化制备 Si/SiO_x 复合材料及其改性的技术。基于上述技术发明开发的系列硅基负极分别应用在数码产品、电动工具和新能源汽车用高性能锂离子电池。

该项目在国际上首次实现了硅基负极材料的大规模产业化，获得全球 70% 以上的市场份额，奠定了我国锂离子电池新一代负极材料在国际市场领先优势。产品已应用到国际知名电池生产商三星 SDI、日本松下等公司，并最终使用到美国特斯拉公司的电动汽车。相关研究工作授权国家发明专利 40 项，国外发明专利 17 项，在 SCI 杂志上发表论文 16 篇，主导锂离子电池用硅负极材料国家标准 1 项。相关成果荣获 2021 年浙江省技术发明一等奖。



硅负极材料与电池

（3）浮法在线氧化物系列功能薄膜高效制备成套技术及应用（2020 年国家技术发明二等奖，完成人：韩高荣教授、刘涌副教授等）

玻璃因其透明和高强，广泛应用于国民经济的各个领域，具有不可替代性。自中国“洛阳浮法”技术发明以来，经四十余年的发展，我国已成为玻璃生产制造大国。我国浮法玻璃产量占全球总产量的 60% 以上，然而低辐射和透明导电等功能镀膜玻璃，作为国际公认的建筑节能和光伏发电领域的重要基础材料，受到国外技术封锁和产品垄断。项目组历经近二十年的艰苦攻关，以“高效率、高性能、高均匀”为主攻方向，实现了氧化物系列功能薄膜高效制备成套技术及应用的重大突破：发明了浮法退火窑镀膜的全新技术和装备，打破国际上浮法退火窑不适合作为镀膜工艺区间的论断，“解决了膜层干涉着色，大面积颜色均匀性难控制的世界性技术难题”，提升中国“洛阳浮法”技术的国际话语权；开发出多

功能节能、透明导电两类玻璃新产品，可对浮法玻璃生产线进行不停产、低成本改造，实现从普通浮法玻璃到高性能镀膜玻璃的产品升级，将有力推动我国从玻璃大国向玻璃强国的转变。

韩高荣教授团队面向我国光伏发电、建筑节能等产业对透明导电和低辐射玻璃等基础材料的重大需求，发明了在线氧化物玻璃基板上快速生长微纳结构氧化锡掺氟薄膜的新技术，突破国际玻璃行业浮法退火窑不适合作为镀膜工艺区间的论断，首创浮法玻璃退火窑内在线氧化物玻璃表面异质复合多层薄膜（氧化物玻璃/非晶 SiC_xO_y /掺氟 SnO_2 ）的新方法，建立了浮法玻璃在线原位掺杂理论，揭示了氧化物玻璃表界面调控、异质复合界面微结构与光电热稳定性之间的内在规律，阐明了非晶 SiC_xO_y 阻止离子扩散提升光电性能的机理，探明了微纳结构与薄膜粗糙度、雾度之间的内在关联，提高了光俘获能力。发明了退火区镀膜的全新装备和成套技术。首创复合膜层结构的透明导电氧化物玻璃，增强了我国光伏发电产业链的自主供应能力；成功开发新型高透低辐射、遮阳低辐射玻璃，辐射率低至 0.13，为国际最优值。满足我国光伏发电和严寒地区建筑节能的重大需求。



大面积遮阳低辐射玻璃、检测系统、闭环控制系统

韩高荣教授团队浮法在线氧化物玻璃表面异质复合功能薄膜的新技术“解决了膜层干涉着色，大面积颜色均匀性难控制的世界性技术难题”作为中

国“二代浮法”的核心技术已在国内外十余条浮法玻璃生产线应用，支撑了我国光伏发电、建筑节能等产业发展。在国内外 10 余条浮法玻璃生产线转化应用，项目产品具有先进性，已累计生产镀膜玻璃超 2.5 亿平方米，远销欧洲、韩国等国家和地区，在北京奥运村、广州电视塔等上万个节能建筑和光伏发电项目中得到广泛应用，同类技术产品全球市场占有率约 50%。实现了中国“洛阳浮法”技术的一次重要提升和超越，取得重大的经济、社会和生态效益。项目累计新增销售额约 52 亿元，近三年新增销售额约 14.86 亿元，新增利润约 1.61 亿元。该成果荣获 2020 年国家技术发明二等奖。

(4) 照明与显示 LED 高特高效芯片关键技术产业化（2018 教育部科技进步二等奖，完成人：叶志镇院士、吕建国副研究员等）

芯片是现代工业的“心脏”；半导体照明和高端显示两大产业市场巨大，其核心是高光效 GaN-LED 芯片。LED 芯片技术虽已取得很大进步并开始广泛应用于国计民生各个领域，但作为朝阳产业发展迅速、竞争十分激烈，目前面临主要挑战仍然是进一步提升芯片光效、降低制造成本的关键技术。我国要发展高端照明与显示产业并在国际上有强竞争力，务必从创新芯片的结构、材料与制造技术入手突破高效芯片关键技术瓶颈。本项目经多年努力，首创多量子阱前后两端组分渐变类超晶格独特结构插入层，创新基于隧穿结的多结 LED 芯片外延结构，提高芯片内量子效率；发明 In 组份渐变 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ 类超晶格结构，作为阱层前端插入层有效缓解了高 In 组份 InGaN 产生应力，克服了因应力导致后续外延质量变差难题，减小极化效应，提高量子阱质量，防止大电流注入效率下降问题，提高内量子效率。发明 Al 渐变 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ 电子阻挡层结构，置于量子阱垒层后端并靠近 p 型层，这种结构具有量子隧穿效应，可有效增加空穴-电子辐射复合率，提高芯片内量子效率。发明一种新型发光二极管外延结构，通过隧穿结把多个 pn 结串联起来，制得大功率高电压 LED 芯片；在功率特定下大幅降低电流密度、提高芯片内量子效率，克服了电流密度增加而内量子效率大幅降低难题；单个芯片晶粒实现高压芯片，与传统技术相比简化制作工艺，降低后续封装、照明系统成本。芯片内量子效率从 80% 提升到 90% @350mA 以上，峰值达 95%，居领先水平；首创 ZnO 基复合透明导电膜材料及其表面绒化技术实现界面修饰，

发明图形化衬底方法并实现优化，减少界面光损耗，提高外量子效率。发明一种 AZO/ITO 复合膜做为透明电极的新材料，调控电子传输与电光界面匹配，减少界面光损耗。采用 AZO (ZnO:Al) 取代部分 ITO，环境友好，降低材料成本，采用湿法刻蚀 AZO/ITO 复合膜，刻蚀效率高，可灵活操作；研发 ZnO 薄膜表面绒化技术，既得到大小不一且规则排列的陨石坑绒面结构，增加光散射，通过盐溶液腐蚀速度调控织构过程，又可获得绒面精确调控的 ZnO 基薄膜，陷光作用显著，电学性能良好，操作简便，成本低。发明独特的纳米图形化衬底 (PSS) 技术,以调控薄膜材料缺陷释放应力，减少薄膜材料界面光损耗而提高芯片光输出。优化形状与尺寸的 PSS 技术在蓝宝石衬底上形成凹坑图形，通过调控缺陷释放应力，生长出高质量的氮化镓外延层；同时 LED 激发出的光在这些凹坑图形处反射，可形成散射光，减少界面光损耗，有利于增加光提取效率，外量子效率提高了 30%，达 70%，光效大幅提升，为当时领先；研发独特 AlN 过渡层 PVD 沉积新技术，创新对称电极等高压及小间距显示芯片制造技术，大幅提升生产效率，降低成本。发明纳米级氧含量渐变可调的 AlN 缓冲层沉积新技术，降低表面应变、加快结晶与抑制螺旋位错，开发组分、尺度精控的 MOCVD 高良率制造技术，n-GaN 外延薄膜厚度减少了 3/4 实现了高晶体质量，使芯片制备时间大幅缩短，生长效率提高 30%，同时提高 LED 波长均匀性；发明了一种具有对称电极的倒装发光二极管创新制备技术，调整对称分布的 p、n 电极面积相等，实现了两个焊点应力差最小，芯片不发生移位，连接可靠的倒装芯片制备技术提高了芯片品质和良率。发明了 n 型宽带隙半导体的新型欧姆电极制备技术，具有低接触电阻率、耐高温、热稳定性好等优点。利用隔离槽刻蚀、绝缘层与金属连接等独特制备技术，通过隧穿结把两个 PN 结串联起来，或者多个隧穿结串联多个 PN 结，发明优质高压芯片，节约高压驱动转换器，照明成本大幅降低。研制的高亮度小间距显示屏芯片可靠性高、一致性好。

该项目经多年研究,在 LED 芯片结构、材料与制造关键技术取得突破，据权威检测，芯片@35A/cm² 光效 200lm/W，@5A/cm² 光效达 250lm/W，光电转换效率达 75%；光效提升了 35%，成本降低了 80%，芯片年产超 3000 亿个，申请发明专利 50 余件，授权中国发明专利 30 件，发表论文 20 篇，创新显著。国家

半导体照明工程产业联盟组织专家进行评价："形成了系统自主知识产权体系，创新性强"，"性能指标达到或超过国外先进水平，产生显著经济和社会效益"。芯片市场占有率 30%；三年新增产值 27.5 亿元，利润 4.5 亿元，税收 0.39 亿元，间接效益超百亿，效益重大。该项目技术满足国内 LED 照明与高端显示产业需求，出口欧美，有力促进我国高光效 LED 芯片从制造大国向强国发展。相关成果获得 2018 年教育部科技进步二等奖。

(5) 特高压输电线路高强度钢化玻璃绝缘子关键技术及产业化(2018 年浙江省科技进步二等奖，完成人：张启龙教授、杨辉教授等)

建设以特高压电网为骨架的坚强智能电网，对于推动我国电力工业创新、保障国家能源供应和能源安全具有重大战略意义。钢化玻璃绝缘子具有"零值自破"、使用寿命长、不需要检测维护等特点，成为高压、超高压和特高压输电线路关键部件。经过多年的产学研联合攻关，项目组重点突破低损耗玻璃材料设计及性能调制、产品结构模拟与创新设计、生产关键装置研制三大核心技术，解决玻璃绝缘子强度等级低、抗污闪能力差、合格率低等问题，开发出系列大尺寸、高强度等级钢化玻璃绝缘子(最高强度达到 900 kN，最大公称结构高度和盘径分别为 300mm 和 410mm)，实现规模化稳定生产。项目获授权发明专利 4 项，实用新型和外观专利 25 项，制定浙江标准 1 项。产品通过中国电力企业联合会鉴定，处于国际先进水平，其中超高强度等级（特大吨位）840(900)KN 钢化玻璃绝缘子处于国际领先水平。相关成果获得 2018 年浙江省科技进步二等奖。



高强度等级钢化玻璃绝缘子

(6) 金属-有机框架材料及其荧光传感系统应用（完成人：钱国栋教授、崔元靖教授等）

开展对有毒重金属离子、有机分子等物质的高灵敏、快响应的实时检测对于保护环境和人类健康极为重要。与传统的色谱、质谱等检测技术相比，荧光检测具有灵敏度高、特异性强、检测速度快，可实时在线检测的诸多优点。然而目前用于荧光检测的金属配合物的稳定性差且只能在溶液状态下使用，在应用方面受到极大限制。项目组利用金属-有机框架材料的有序微孔结构、极大的比表面积以及可设计性强的特点，原创性地提出在框架材料中引入活性位点、混合配位的双发光中心、以及基于功能基元有序取向和形貌控制的结构-功能协同等设计思想，实现了对离子、有机分子和温度的高灵敏度、高选择性、高分辨率荧光传感。相关成果获得的 14 项发明专利已转让给浙江富昇科技有限公司，成功研制出现场检测和远程监控荧光传感系统，实现了对重要水源中有害重金属离子及有机污染物的精准实时监测，开发出可应用于地表水中重金属离子和有机污染物监测的便携式荧光传感器和远程在线荧光传感系统。



手持重金属离子监测仪



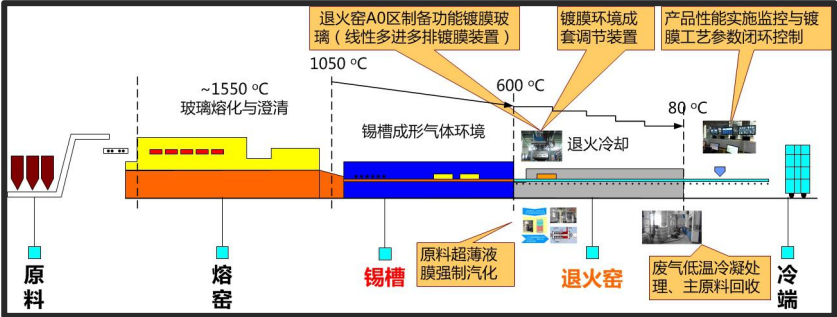
多参数水质传感器

2. 工程化典型案例实施进展，对产业技术进步与核心竞争力的提升作用、影响与效益贡献。

工程化典型案例实施进展 1：全光谱多功能浮法在线镀膜玻璃示范线建设

为大力推广“浮法在线氧化物系列功能薄膜高效制备成套技术及应用”的项目成果，2018 至 2020 年威海中玻镀膜玻璃股份有限公司利用 3#浮法玻璃生产线冷修的时机，对原生产线进行技术改造，实现了技术装备和产品全面升级，建成了 500T/d 全光谱多功能浮法在线镀膜玻璃示范生产线，示范线总投资约 1.283 亿元。按照家电玻璃、产业玻璃、光伏玻璃、优质浮法薄玻璃的质量要求，对浮法生产线进行全面升级改造：新建熔窑、锡槽、退火窑等核心装备，新增优化切割、机械手搬运等智能化设备，采用脱硫、脱硝等烟气处理手段，排放符合国家环保要求；浮法在线镀膜成套技术与装备在示范线转化应用，实现多功能在线镀膜玻璃的产业化生产。产品经国家玻璃质量监督检验中心检测，辐射率低至 0.1，遮阳系数达到 0.29，可见光透射比均匀性、颜色均匀性、环境耐受性符合国家标准要求。亲水角经浙江大学大型仪器分析测试平台测试（DCA20），低至 2.4°。自示范线点火投产以来，生产优质浮法玻璃玻璃约 240 万重箱，在线 Low-E 玻璃约 100 万重箱，在线 Sun-E ①节能镀膜玻璃约 150 万重箱，镀膜玻璃主要用

户包括大连蓝星玻璃有限公司、诸暨市恒腾贸易有限公司、青岛富润玻璃有限公司等，市场反馈良好。



浮法在线制备氧化物功能薄膜的成套技术和装备图

该示范线的成功建设，可生产新型高透低辐射、遮阳低辐射玻璃，辐射率低至 0.1，为国际最优值，满足我国寒冷地区建筑节能要求；首创复合膜层结构的透明导电氧化物玻璃，增强了我国光伏发电产业链的自主供应能力。有关技术“解决了膜层干涉着色，大面积颜色均匀性难控制的世界性技术难题”，作为中国“二代浮法”的核心技术已在国内外十余条浮法玻璃生产线应用，支撑了我国光伏发电、建筑节能等产业发展。项目累计新增销售额约 52 亿元，近三年新增销售额约 14.86 亿元，新增利润约 1.61 亿元。

工程化典型案例实施进展 2：单晶硅的铸造生长技术及其应用

晶体硅是制备太阳能电池的基础材料，占据了 95%以上的市场，主要分为直拉硅单晶硅和铸造多晶硅两类。直拉单晶硅晶体质量高，但制备成本高；铸造多晶硅制备成本低，但晶体质量较差，各有优劣势，而采用低成本的铸造技术制备高质量的单晶硅材料（即铸造单晶硅）可以整合两者的优点，是国际光伏界一直追求的目标。在过去的十多年里，铸造单晶硅技术的研究取得了一些进展，但是在其杂质和缺陷控制上一直没有真正突破，难以满足当前光伏产业对“高效率、低成本”的需求，无法实现规模化生产。因此，国内外很多著名的光伏企业（如 BP Solar）最终都不得不放弃铸造单晶硅的研究。浙江大学硅材料国家重点实验室成功开发出铸造单晶硅生长和缺陷控制系列技术，提出了利用“晶界工程”控制铸造单晶硅中缺陷的创新思路，通过在籽晶铺设时引入功能晶界，抑制了晶体生长过程中位错的产生、增殖和边缘多晶向单晶区 的侵入，使得其位错密度降

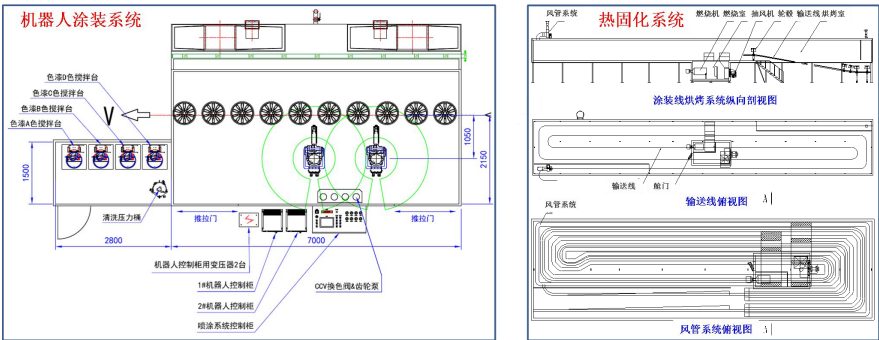
低了一个数量级，显著提高了晶体质量。通过在江苏协鑫进行中试规模化生产，开发了铸造单晶硅系列技术及产品，其制备的电池实验室光电效率达到 23.8%，创造了同类产品的世界纪录。规模量产平均转换效率达到 22.2%-22.5%，接近直拉硅单晶，比铸造多晶硅电池效率高出 2%以上。而与直拉单晶相比，光衰减低 0.5%，同时具有更低的能耗，为目前欧洲碳足迹认证最低的产品。相关工作在国内外会议上做邀请报告 20 多次。研究工作得到日本晶体生长学会会长 Kazuo Nakajima 教授等国际著名学者的肯定，并被写进了三本英文专著，引领国际同行对铸造单晶硅的跟踪研究。

开发的大尺寸铸造单晶产品技术已经部分推广到全公司，形成年产 GW 生产能力。自 2017 年下半年开始逐渐进行客户端批量导入。日本京瓷、通威、苏民、润阳、日托、阿特斯等多家客户也对铸锭单晶产品应用数据和性能表现给予了肯定。众多电池组件厂商及电站终端用户进一步了解并充分认可了铸锭单晶产品的可靠性和长期竞争力。协鑫集成利用铸锭单晶开发的组件成功应用于被誉为世界新七大奇迹的北京大兴国际机场。2019 年 6 月获得上海国际太阳能展 SNEC 十大亮点最高级别奖——太瓦级钻石奖。近两年实现销售收入 106632 万元、新增利润 13125 万元。材料应用于日本京瓷、苏州阿特斯和通威等国际著名光伏企业，产品应用于北京大兴国际机场等国家重大工程。项目具有完全自主知识产权，满足了我国光伏产业的重大需求，推动了光伏产业的技术进步。

工程化典型案例实施进展 3: 铝合金轮毂环保智能涂装示范线建设

为大力推广“铝合金表面防腐一体化环保涂层材料研发及应用”的项目成果，2017 年在浙江今飞集团建成了年产 500 万只铝合金轮毂涂装示范生产线，示范线总投资约 1200 万元。该示范生产线以前期公司闲置的试验线为基础进行改造建设，根据项目成果需求，增加自动喷漆系统、燃烧机、跳动在线测量模块等核心设备。自动喷漆系统主要用于轮毂表面的涂料涂装，可实现轮毂多向转动喷涂、异形喷涂，还可通过对工件温度、空气温度、溶剂挥发速率、喷涂流量及喷涂压力的调控来克服涂装施工过程中可能会产生的流挂、色差、边界效应等问题，保

证轮毂涂装品质的一致性和稳定性，大幅提高工作效率。轮毂喷涂涂料后需在 200℃左右固化。该示范生产线的固化设备是以液化气作为燃料的热风循环烤炉，燃烧机通过燃烧液化气为烘道提供热量。跳动在线测量模块是用于测量轮毂的跳动量。由于制造、加工、涂装等工艺的影响，轮毂会在轴、径向同时存在跳动量。径向跳动量的存在将会导致车辆垂直方向振动，严重时会发生卡住轮胎的现象；轴向跳动量会加剧轮胎的磨损，严重时会发生爆胎现象。因此，跳动量的大小是铝合金轮毂安全性的重要参数。购置的跳动在线测量模块检测精度高达微米级，特别适合检测涂装过程（涂层一般厚度 20-50 微米）对跳动量的影响，从而对涂装工艺的稳定性、涂层的均匀性及轮毂的安全性等进行监测。产品经化学工业合成材料老化质量监督检验中心检测，铅笔硬度达 5H、附着力为 0 级、柔韧性为 2 毫米、耐中性盐雾 2100 小时、耐氙弧灯光老化 500 小时、耐荧光紫外灯老化 1000 小时。自示范线投产以来，生产铝合金轮毂 1500 万余只，在新大洲本田摩托有限公司、常州豪爵铃木摩托车有限公司获得应用，市场反馈良好。



铝合金表面防腐一体化环保涂层材料机器人涂装系统与热固化系统

该示范线的成功建设，创新性开发出与新型涂层材料匹配的铝合金轮毂预处理、材料涂装、涂层固化等专用关键材料、工艺技术及装备，实现防腐装饰一体化环保涂层新材料的高效应用。该项目已获得国家发明专利授权 15 项，在多项多组分溶胶结构设计与界面调控方面达到国际领先水平，产品防腐性能、力学性能等综合性能优于现有产品，近三年新增销售 7.28 亿元。

3. 工程化技术成果转移、转化、辐射、扩散情况及其对行业、区域发展影响力，主持或参与制定国家及行业技术标准与规范情况，对创新驱动发展、经济转型升级的作用与贡献。

浮法在线氧化物系列功能薄膜高效制备成套技术及应用项目技术具有普适性，已在山东威海、陕西咸阳、江苏东台、山东临沂、伊朗 AZAR、孟加拉 Nasir、印度 Gold Plus、尼日利亚等国内 8 条、国外 4 条浮法玻璃生产线推广应用，累计生产功能玻璃超 2.5 亿平方米。东台中玻 2010 年采用本技术对浮法玻璃生产线提升改造，国际首推透过率可调的水晶蓝、水晶黄系列遮阳低辐射镀膜玻璃，优等品率 85%以上，长期稳定生产，被建材联合会认定为建材行业新兴产业示范企业项目产品具有先进性，高透低辐射玻璃适用领域广、遮阳低辐射玻璃供不应求、透明导电玻璃实现国产替代，已累计生产 2.5 亿平方米以上，远销欧洲、韩国等国家和地区，在北京奥运村、广州电视塔等上万个节能建筑和光伏发电项目中得到广泛应用，同类技术产品全球市场占有率约 50%。项目成果提升了中国“洛阳浮法”技术的国际话语权，实现了中国“洛阳浮法”技术的一次重要提升和超越，取得重大的经济、社会和生态效益。

项目团队共获得中国发明专利 24 项，国外发明专利 3 项，其中美国发明专利 1 项，牵头和参与制定国家、行业标准 9 项，核心学术论文 35 篇，编著 2 部。项目开发出多功能节能、透明导电两类玻璃新产品，可对浮法玻璃生产线进行不停产、低成本改造，实现从普通浮法玻璃到高性能镀膜玻璃的产品升级，将有力推动我国从玻璃大国向玻璃强国的转变。项目技术利用浮法玻璃生产余热，产品生产无二次能耗，尾气排放远低于国家标准；以镀膜玻璃产品平均节能 25% 计算，每年减排 CO₂ 约 900 万吨，节约标煤约 300 万吨，为我国建筑节能战略的实施提供了重要支撑。

4. 队伍建设及其水平，高层次创新人才培养质量及其在

行业中的影响；带头人与团队水平对工程中心建设的贡献。

工程中心坚持以把人才培养、人才引进与国家重大需求、核心企业迫切需求相结合，充分发挥材料研发与应用在智力提升、技术创新与产业化等方面的关键作用。高标准、高质量地做好中心研发工作，产生了一批具有行业和地区影响力的成果，促进了行业发展与企业的转型升级，提升了核心竞争力。近五年，一批领军和优秀青年人才脱颖而出，队伍建设成效显著，形成了一支在国内外具有较大影响力的人才队伍。工程中心杨德仁教授、叶志镇教授于 2017 年、2019 年增选为中科院院士，韩高荣教授、钱国栋教授于 2021 年被评为浙江省第六批特级专家，余学功教授、崔元靖教授获得国家杰出青年基金资助。

目前，中心现有 57 名固定研究人员，其中 36 人为高级职称、具有博士学位者 36 人。中心现有中国科学院院士 2 人、浙江省特级专家 5 人、教育部长江学者特聘教授 2 名，国家杰青 4 人，国家海外高层次人才引进计划 6 人。目前，工程中心队伍状态稳定，人才成长情况良好，培养了一批工程技术人才，为中心进一步良好的发展奠定坚实的人才基础。

中心主任韩高荣教授，浙江省特级专家，浙江大学求是特聘教授。曾任浙江大学材料学院院长、中国材料研究学会副理事长。现任浙江大学宁波科创中心主任，浙江省材料研究学会理事长。长期从事玻璃等氧化物材料的研究，带领团队致力于将基础科学与工程技术相结合，解决氧化物材料的表界面调控、水解缩聚、暴发形核、原位掺杂、异质复合等关键科学问题；突破玻璃行业在线镀膜国际难题，首创浮法玻璃退火窑内在线快速制备大面积微纳结构氧化物薄膜技术，成功研制出透明导电、低辐射、阳光控制等新型功能玻璃，为支撑我国从玻璃大国迈向玻璃强国做出了突出贡献。其中以第一或通讯作者发表 158 篇，包括 Adv. Mater.、Nat. Comm.等影响因子大于 10 的论文 35 篇，获国家发明专利授权 278 项（当前有效专利 145 项），其中以第一授权人获发明专利 46 项；部分专利技术已转化，在国内外 25 条浮法玻璃生产线成功实施，满足了我国新型建筑节能和光伏玻璃的重大需求，社会经济效益显著；以第一完成人获 2020 年国家技术发明二等奖 1 项、2008 年国家科技进步二等奖 1 项、省部级科技一等奖 2 项。

韩高荣教授组织谋划工程中心的发展方向与目标，明确出发中心紧密围绕

半导体硅材料缺陷工程、表面镀膜、溶胶-凝胶改性和原位复合结构调控等技术方向开展工作。他率领团队实现了从基础理论、核心技术、产品开发到关键装备的全链条创造发明：成功开发了新型高透低辐射、遮阳低辐射玻璃，满足我国寒冷地区建筑节能要求；首创复合膜层结构的透明导电氧化物玻璃，增强了我国光伏发电产业链的自主供应能力。有关技术“解决了膜层干涉着色，大面积颜色均匀性难控制的世界性技术难题”，作为中国“二代浮法”的核心技术已在国内外十余条浮法玻璃生产线应用，支撑了我国光伏发电、建筑节能等产业发展。获得2020年国家技术发明二等奖。同时，他积极推进与企业的深入合作，与河北安全玻璃、宁波浙创、七色珠光、萧河等企业签订校企研发中心，有力推动了工程中心表面镀膜方向的技术开发与应用，促进了传统玻璃行业的技术升级，提升了我国镀膜玻璃产品的国际竞争力。

杨德仁教授，半导体材料专家，中国科学院院士，浙江省特级专家，浙江大学材料学院教授。现任浙大宁波理工学院校长，浙江大学工学部主任、杭州国际科创中心首席科学家。担任国家自然科学基金创新研究群体、教育部长江学者计划创新群体、科技部重点领域创新团队和浙江省重点科技创新团队负责人；兼任国家重大科技专项（02）总体专家组成员，中国可再生能源学会常务理事等，兼任 *Superlattices and Microstructures* 主编，以及 *Journal of Silicon, Physica Solidi State* 等4个国际学术刊物编委。长期从事半导体硅材料的研究，包括超大规模集成电路用硅材料，太阳能光伏硅材料、硅基光电子材料和纳米硅半导体材料。主持（曾负责）国家973、863、国家科技重大专项、国家重点研发专项，国家自然科学基金重大、重点、科技部、教育部和浙江省的重大、重点科技项目等科技项目，在硅材料的基础研究上取得重大成果，生产实际中也产生重大经济效益。以第一获奖人获得国家自然科学二等奖2项，国家技术发明二等奖1项，何梁何利科学与技术进步奖1项，浙江省科学技术一等奖4项，省部级科学技术二等、三等奖及其它科技奖6项；以第二、三获奖人获得省部科学技术奖等5项。在国际学术刊物发表SCI检索论文870多篇，SCI论文他引20090多次，H因子71。

作为工程中心管理委员会主任，杨德仁院士负责半导体硅材料缺陷工程方向的建设与发展。在国家重大科技专项、973项目和国家自然科学基金重点项目

等国家项目的支持下，他带领团队集成电路用 200-300mm 直拉硅单晶的生长和缺陷工程，在国际上首先提出"掺入微量锗杂质来调控直拉硅单晶中缺陷"的新思路，提出了调控直拉硅单晶中缺陷的"杂质工程"的新概念，和企业合作，相关掺氮、掺锗等技术在企业转化，生产了 200mm 直拉硅单晶硅片。项目自 2007 年起在浙江金瑞泓公司等企业实现了大规模产业化应用，形成了具有我国特色、自主知识产权的产品，满足了国家在微电子和光伏领域对直拉硅单晶材料的需求，相关技术具有完全自主知识产权，居国际领先水平，创造了显著的经济和社会效益，推动了我国硅材料产业的技术进步。相关成果获得 2019 年度国家技术发明二等奖。

叶志镇教授，半导体光电薄膜材料专家，中国科学院院士，浙江省特级专家，浙江大学材料学院教授。曾任浙大硅材料国家重点实验主任、材料与化工学院副院长、材料科学与工程学系主任。现任浙大材料科学与工程学院学术委员会主任。他带领团队开辟了浙大半导体薄膜研究方向，首创超高真空 CVD 技术并在全中国推广应用；1986 年开创国内半导体 ZnO 薄膜掺杂研究先河，建立了 p 型二元共掺原理与技术，国际首次由 MOCVD 法制成 ZnO-LED 原型器件并实现室温电致发光；发展了 n 型氧化锌高导电掺杂技术，突破无铟透明导电薄膜难题，实现了产业应用。此外，在低维 ZnO 材料可控制备、紫外探测、Zn 基储能电池、传感器件、新型 ZnO 薄膜晶体管等方面也作出创新工作。他是国际光电氧化锌领域的主要学术带头人，为我国无机光电材料发展作出了突出贡献。他先后承担了国家“973”课题、国家自然科学基金重点等项目。共发表学术论文 600 余篇，SCI 他引 15000 余次(H=65)；连续 8 年入选 Elsevier“中国高被引学者”；授权发明专利 130 余件，其中部分已转让；获科技奖 10 余项，其中国家自然科学二等奖 1 项、省部科技一等奖 4 项；编著《半导体薄膜技术与物理》获 2021 年首届全国教材二等奖。

近年来，他带领团队首创“原位氧化、诱导结晶”制备纳米有序结构氧化钛膜新工艺，突破高精度水热法铜锰铁系氧化物合成技术，组合工艺高效协同催化实现强氧化、强杀菌、强除臭；开发首台集减量化、无害化、强除臭为一体的分布式餐厨垃圾处理装置，在杭州、台州、广州等多地推广应用，实现销售

超千万；掌握高效稳定的二氧化碳膜捕集及光热催化转化材料微纳结构可控制备、器件构筑、多功能协同等系列新技术，为相关材料在碳捕集、资源化利用等应用提供材料支撑；水热法直接在衬底上生长高质量氧化物半导体气敏材料，成功应用于环境、健康以及 SF₆ 绝缘电力设备老化检测等；这些成果强力助推工程中心的建设与发展。

杨辉教授，浙江省特级专家，浙江大学求是特聘教授，浙江大学材料学院教授。现任浙江加州国际纳米技术研究院常务副院长，浙江大学绿色建材及应用技术工程研究中心主任，浙江省“十五”纳米技术重大科技攻关及示范应用工程专家组副组长。兼任国际玻璃 TC-16 分会执委、中国硅酸盐学会溶胶-凝胶分会理事长、中国硅酸盐学会理事、中国硅酸盐学会陶瓷分会常务理事、中硅会陶瓷分会古陶瓷专业委员会副主任、浙江省硅酸盐学会副理事长、中硅会青年工作委员会委员、中硅会粉体专业委员会委员、《硅酸盐通报》、《高技术陶瓷》和《材料科学与工程学报》编委。主要从事先进陶瓷材料及器件，纳米材料制备、改性及应用，绿色建材及应用技术、溶胶-凝胶技术及应用等方面的研究工作。承担国家支撑计划、国家 863 重点、省重大、重大横向项目等 20 余项。国内外核心期刊发表 SCI 论文 80 余篇，出版国家重点规划教材 1 部（副主编），获授权发明专利 20 多项，获国家科技进步二等奖 1 次、省部级科技进步一等奖 3 项、二等奖 3 项、中国石油工业协会技术发明二等奖 1 项、中国建筑材料科技进步奖二等奖 1 项、享受国务院特殊津贴，入选浙江省“151 人才工程”第一层次人员，获中国硅酸盐学会科技青年奖、霍英东教育基金会高校优秀青年教师奖、全国第三届建材行业高等学校优秀教材二等奖、国家教委科技进步（甲类）三等奖、浙江省优秀科技工作者。

杨辉教授负责工程中心溶胶-凝胶改性方向。近年来，他带领团队开展铝合金表面防腐一体化环保涂层材料研发及应用的工程化，发明了以聚合物溶胶为成膜基质的铝合金防腐装饰一体化环保涂层新材料；建立了多相多组分溶胶结构与制备方法，解决了多元聚合物溶胶体系中界面调控与强化难题，突破了纳米颜填料颗粒表面原位聚合改性、表面机械化学修饰等关键技术，创新性开发出与新型涂层材料匹配的铝合金轮毂预处理、材料涂装、涂层固化等专用关键材料、

工艺技术及装备；实现了防腐装饰一体化环保涂层新材料的高效应用；该项目已获国家发明专利授权 15 项，在多相多组分溶胶结构设计与界面调控等方面达到国际领先水平。该项目成果在今飞集团建成铝合金轮毂生产线，产品防腐性能、力学性能等综合性能优于现有产品。项目成果还推广应用于高端厨具、铝合金门窗等民生领域，并通过中国航天科工集团技术论证，在航空航天领域实现应用，有效促进了我国铝合金防腐材料及相关产业技术进步，经济社会效益显著。获得 2020 年浙江省科学技术二等奖。

钱国栋教授，浙江省特级专家、浙江大学材料学院教授。现任硅材料国家重点实验室主任，无机非金属材料研究所所长，国务院学位委员会第七届、第八届学科评议组成员；教育部“长江学者奖励计划”特聘教授（2012 年），国家杰出青年科学基金获得者（2006 年）；入选教育部“跨世纪优秀人才”培养计划，浙江省“万人计划”杰出人才、浙江省有突出贡献中青年专家和“新世纪 151 人才工程”重点培养人选。先后主持国家杰出青年科学基金、海外及港澳学者合作研究基金（含延续项目）、国家自然科学基金重点项目、国家自然科学基金重大国际合作项目等 20 余项。长期从事微孔功能晶体材料、无机-有机杂化功能材料及其在生物与环境传感检测、气体吸附与分离、非线性光学、发光显示等领域应用探索研究。

钱国栋教授负责工程中心原位复合技术与应用方向。他带领团队利原创性地提出在框架材料中引入活性位点、混合配位的双发光中心、以及基于功能基元有序取向和形貌控制的结构-功能协同等设计思想，实现了对离子、有机分子和温度的高灵敏度、高选择性、高分辨率荧光传感。相关成果获得的 14 项发明专利已转让给浙江富昇科技有限公司，成功研制出现场检测和远程监控荧光传感系统，实现了对重要水源中有害重金属离子及有机污染物的精准实时监测，开发出可应用于地表水中重金属离子和有机污染物监测的便携式荧光传感器和远程在线荧光传感系统。

5. 对工程技术人才培养、人才培养及开放服务。

(1) 工程中心非常重视对相关企业的工程技术人才的培训和培养，是中心工作的核心组成部分，并通过工程人才的培训和培养促进新技术、新材料的开发与应用推

广，从而加快企业的技术进步与转型升级，提升他们的市场竞争力。近五年，工程中心为望美实业集团有限公司、沙河安全实业有限公司、天津中玻北方新材料有限责任公司、中玻（朝阳）新材料有限公司进行玻璃生产原料、熔化、锡槽、退火，生产管理，质量管理，安全管理，技术管理，项目管理，先进控制，智能制造等方面的培训，人数达到 300 人次以上。此外，工程中心也重视工程技术人才的高质量、系统培养，目前在读材料工程博士 10 人，将为工程中心持续发展、企业新产品研发与应用提供人才与智力支持。

(2) 工程中心 30 万元以上大型仪器设备开放共享，为社会和企业提供技术服务。主管责任人由实验室专职科研技术人员担任。以技术平台为责任单位、以仪器保管人为责任人，将大型仪器设备的开放运行状况纳入平台运行考核，促使平台提高大型仪器设备的开放运行。目前实验室拥有 59 台大型仪器设备，其中 41 台设备平均年总研究时>1000 小时，18 台设备年总研究机时为 100 至 1000 小时，52 台仪器设备实行开放共享运行。实验室大型公共设备利用率高、开放度高，如实验室的扫描电子显微镜（SEM）每天从 8：30-21：00，全天开放使用（包括周末）；2017 年，扫描电子显微镜开机约 3340 小时，测试 18150 余样品，不仅为实验室的师生科研工作提供帮助，还每周有一天对浙江大学及校外开放，提供相关的测试分析服务。

(3) 新建仪器预约共享系统，提高大型仪器设备的使用效率、开放运行和共享程度。2014 年实验室建立并运行主要仪器预约共享系统，使用申请人可以在实验室信息管理平台中在线提交预约申请并实时通知仪器责任管理员，实时获得大型仪器设备预约的反馈具体详情。更新实验室仪器设备管理系统：包括了人员管理、设备管理、权限管理、计费管理及数据管理与展示等功能。系统新功能立项，能解决决策层在节省人力投入的同时详细知晓每台大型仪器设备的使用效益、能直观地看到仪器设备的整体运转情况，为决策提供依据，最终有效提高工作效率与管理水平。新增功能基本为：

人员管理：对使用人员建立统一的档案系统，能溯源培训记录、权限批准人、设备使用信息，能实时开通、暂停、取消人员权限，能对人员进行充值转账；仪器与计费管理：对各台仪器进行资料录入，进行类目管理；能记录设备

的故障及维修记录，对设备的性能进行评价；每台仪器可单独授权，自动取消权限及设置定时自动取消权限等；可根据仪器查询使用明细，使用人员及使用时间；能对每台仪器提供，按次、按分钟、不计费等多种计费方式；例如能够设置分时间段收费标准来提高设备的使用效率；能设置仪器的收费标准，实时扣费，实时充值转账等。

为了减少重复建设和避免资源浪费，提高仪器设备使用率，在实验室原有的研究技术平台基础上，对实验室拥有的大型仪器设备，按功能、按领域分层管理，围绕实验室的研究方向进行必要整合。

6. 对学科建设支撑作用。

表面与结构改性无机功能材料教育部工程研究中心的建设与研究水平的不断提升有力推动了浙江大学材料学科乃至我国无机功能材料的发展与应用，有力促进了浙大材料学院产学研的深度融合，形成了特色的材料体系，服务于国家核心基础材料需求和企业核心竞争力的提升，对材料学科和学院建设与发展起到了关键作用。

(1)工程中心的人才队伍和研究成果有力支撑了浙江大学材料学科被评为国家“双一流”建设学科，并在第四轮学科评估中获评“A”的成绩，学科整体水平进入国际一流。同时，工程中心也逐步发展成为国内高端领军和优秀材料工程专业人才培养的重要基地。近五年，工程中心杨德仁教授、叶志镇教授于2017年、2019年增选为中科院院士，韩高荣教授、钱国栋教授于2021年被评为浙江省第六批特级专家，余学功教授、崔元靖教授获得国家杰出青年基金资助。

(2)工程中心的建设与发展有力支撑了浙江大学“材料微结构与性能调控创新引智基地（111计划）”的项目获批与建设，并获得国家外专局的滚动支持。同时，浙江省先进材料微结构与性能调控国际科技合作基地中心获批建设。工程中心主任韩高荣教授率团访问加州大学伯克利分校、牛津大学、剑桥大学等国际一流高校，宣传中心科研成果，促进中心的国际交流与合作，提升材料学科的国际影响力。

(3)工程中心的建设与发展促进了浙江大学材料学科与国家重大需求、企业需求的密切结合与融合，学科逐步形成产、学、研特色，对半导体、能源环境、建筑

节能、绿色建材等重要行业和企业提供了科技和人才支撑。与此同时，行业与企业的发展也为材料学科的发展提供了经济支撑与驱动。

四、硬件条件运行情况与质量

1. 研究方向及其相应实验技术平台配置情况

浙江大学在学科建设经费中支持工程中心相关的实验设备投入，实验室在库的设备总数为 800 余台，设备总值超过 1 亿元，新增设备超过 8000 万元。实验室通过设立仪器设备管理专职岗位和外聘设备管理人员，建立了仪器设备管理人员队伍，形成包含博士、高工在内的 5 人专职设备管理人员。这些设备与人员为“半导体硅材料缺陷工程”、“表面镀膜技术”、“溶胶凝胶改性技术”、“原位复合结构调控技术”等方向的发展提供保证。

研究方向一： 半导体硅材料缺陷工程

在晶体生长和薄膜制备方面，拥有先进的 CG6000 大直径硅单晶生长炉、超高真空 CVD 外延设备以及 MOCVD、液相外延炉、分子束外延、磁控溅射和热蒸发薄膜生长设备等。在半导体分析测试方面，拥有 Bede D1 光衍射仪器、SSM-350 扩展电阻仪，傅立叶红外光谱仪、CM200 型超高分辨透射电子显微镜、Hitachi S4800 场发射扫描电镜、球差校正电镜 2 台、Edinburgh FLS920 荧光光谱测量系统和 HL5500 半导体材料霍尔参数测试仪等大型测试设备。

研究方向二： 表面镀膜技术

该方向建立了完整的特种玻璃熔制实验室，配备有箱式升降电阻炉、升降高温炉、箱式高温炉、球磨机、金刚线切割机、精密研磨抛光机、高精度膨胀仪、椭偏仪、紫外-可见分光光度计、霍尔测试仪、接触角仪等试验和测试设备，能够熔制常规和特种玻璃试样，测试玻璃力学、电学和光学特性；工程中心自主设计、制造了玻璃化学气相沉积玻璃镀膜装置，能够对玻璃表面大面积镀膜的工艺和材料进行研究。

研究方向三： 溶胶凝胶改性技术

该方向建立了完整的溶胶-凝胶改性实验室，拥有系统的旋涂、提拉与热处理设备，包括 KW-4AC 紫外固化、DipMasterTM100 提拉机、凯亮 300T 旋涂镀

膜系统等。

研究方向四：原位复合结构调控技术

该方向拥有气体物理吸附仪 ASAP2020 (2 台)、气体物理吸附仪 ASAP2460 (1 台)、蒸气吸附仪 BELSORP-max (2 台)、IsoSORP 竞争吸附仪 (1 台)、Bruker D8 VENTURE 单晶衍射仪 (1 台)、Shimadzu XRD-7000 粉末衍射仪 (1 台)、Shimadzu GC-2014 气相色谱仪 (2 台)、Netzsch TG209 热重分析仪 (1 台)，能够对有机金属框架材料进行系统的结构与吸附性能研究。

2. 中试与工程验证能力

(1) 工程中心建立了完整的晶体硅材料研究实验室，配备有单晶硅炉、铸造晶体硅炉、线切割机、精密研磨抛光机、少子寿命测试仪、深能级瞬态谱仪、荧光光谱成像仪等试验和测试设备，能够生长各种晶体硅材料，测试晶体硅的力学、电学和光学特性；工程中心能够对晶体硅的生长、加工和性能进行全方位研究。

(2) 工程中心建立了完整的特种玻璃熔制实验室，配备有箱式升降电阻炉、升降高温炉、箱式高温炉、球磨机、金刚线切割机、精密研磨抛光机、高精度膨胀仪、本征力学测量仪、玻璃密度测试仪，阿贝折射仪、显微维氏硬度计等试验和测试设备，能够熔制常规和特种玻璃试样，测试玻璃力学特性；工程中心自主设计、制造了玻璃化学气相沉积玻璃镀膜装置，能够对玻璃表面大面积镀膜的工艺和材料进行研究，可以在 10cm*10cm 的玻璃上均匀镀制二氧化锡、二氧化硅、二氧化钛等金属氧化物薄膜。

(3) 工程中心在浙江台州建立了新型涂层材料中试基地，配备有恒温恒湿反应装置、高压反应釜、砂磨机、高速搅拌机等百公斤级制备设备，同时还配备原子吸收光谱仪、红外光谱仪、粘度计、真空干燥箱、涂层硬度测量仪、紫外老化试验箱、盐雾试验箱、冷热循环试验箱、耐湿热试验箱等设备，对涂料原料、涂料特性及涂层性能等进行测试表征。该中试基地目前已具有百公斤级涂料中试生产放大及涂料质量控制等能力，有力促进了中心实验室技术成果向产业应用的转化。

3. 配套设施及支撑条件

具体承担本工程研究中心建设的浙江大学无机非金属材料研究所和半导体材料研究所，在半导体硅材料、功能镀膜玻璃、新型建筑材料、陶瓷与器件、光

功能材料、材料工程控制等科研和工程化方面具有完善的基础设施和配套条件。在依托单位的大力支持下，基于已有的位于浙江大学玉泉校区半导体厂和曹光彪大楼的实验室，经过改造工程研究中心建成了 3500m² 独立的公共平台，使得大型公共设备能够统一放置、统一管理和统一开放。学校在编制“211”工程和“985”工程等建设经费预算时，对中心主办的各类学术活动、人才引进、国际合作与交流、科研设备购置等学科建设方面给予了积极支持，确保了工程研究中心各项工作的顺利开展。经过几年的运行，本工程研究中心现有面积 6000 平方米，主要仪器设备价值超过 1 亿元，包括：球差矫正电镜、大直径硅晶体生长设备、红外光谱仪、透射电镜、扫描电镜、扩展电阻仪、微波光电导少子寿命测试仪、红外扫描缺陷谱仪、半导体器件光刻系统、X 射线衍射仪、XPS、霍尔效应测试设备、MOCVD 镀膜设备等。

本项目的共建单位威海蓝星玻璃股份有限公司、宁波荣山新型材料有限公司、杭州高特材料科技有限公司，它们是各自行业内的骨干企业，与浙江大学有着全方位的多年合作，具有良好的合作基础。威海蓝星玻璃股份有限公司成立于 1994 年 7 月，公司注册资金为 5800 万元，现有 430 t/d 浮法在线镀膜玻璃生产线两条。1996 年开始与浙江大学合作开展浮法在线镀膜玻璃中试与产业化，公司以浮法在线镀膜玻璃的制造和销售为主业，产品覆盖全国各地，远销北美、欧共体、中东、韩、台及东南亚各国和地区。公司坚定“产、学、研”相结合的道路，与浙江大学合作十多年来不断推出新工艺新产品，使公司在行业中保持领先地位。宁波荣山新型材料有限公司是专业从事新型建筑节能材料研制开发、生产和施工的浙江省高新技术企业。1999 年开始与浙江大学开展密切的科技合作，目前已经形成了聚合物保温砂浆建筑节能体系、特种干粉砂浆材料等几个系列的新材料产品，在国内拥有众多用户，是中国建筑业协会建筑节能专业委员会和中国干混砂浆专业委员会的会员单位。2017 年公司的产值超过 1.5 亿元，利润和效益处于同行业中先进水平。杭州高特材料科技有限公司是依托浙江大学有关玻璃和高纯硅烷气体研发的基础上建立起来的高科技企业，专业从事各种新型功能镀膜玻璃用原材料产品的研发和生产。

4. 技术成果、文件资料归档情况

工程中心建立健全内部文档管理规章制度，注重工程化开发设施和网络环境建设，提高使用效率，重视知识产权保护，学术道德建设，加强数据、资料、成果的真实性审核及存档工作。对中心技术成果、文件资料进行及时归档，做到从项目立项、预算申报、实施、验收（评估）等全过程、全流程跟踪与资料归档。同时，建立规范的档案管理制度，按照不同项目，分装不同文件档案盒要求，将各项目技术文档、开发文档、验收报告、总结报告等文件进行及时的归档管理，对中心的管理制度、国家政策、学校政策等制度性文件进行及时整理与归档。对中心运行过程产生示范、宣传、会议及纪要等文件、图片进行及时归档。

五、经费情况

1. 经费收支情况

工程中心以浙江大学材料学科科研队伍及实验室为基础，纳入学校 211 工程重点学科建设、985 平台建设和科技创新基地建设与发展规划。在项目实施过程中，我单位按照《教育部工程研究中心建设与管理暂行办法》规定建立了科研经费的管理办法，对所有科研项目实行项目负责人负责制，按专项资金和自筹资金分别核算，做到分清项目，专款专用，严格按照预算控制支出，项目经费的支出履行严格的审批手续，项目经费使用规范。

中心经费收入主要为中心成员承担国家重点研发计划项目、国家自然科学基金委创新群体、重大项目、杰出青年基金、浙江省科技厅重大项目、浙江省自然科学基金以及企业委托横向项目等项目的科研经费收入。本次评估期内，中心项目经费总计为 17398 万元，详见附件“科研项目经费一览表”。

除以上科研项目经费，中心依托单位浙江大学在评估期内总计安排了 160 万元的中心运行支持经费，主要用于中心团队青年人才培养与平台建设。

中心 2017-2021 年经费支出共计 13200 万元，主要用于材料费、测试化验加工费、差旅费会议费和研究生劳务费等科研项目支出。

技术转让与服务收入情况

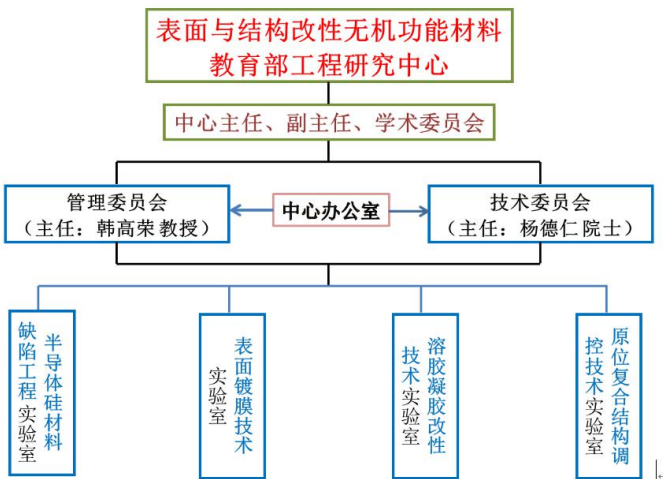
在本次评估期内，中心共有 20 项专利转让，转让收入 1100 万。同时，中心

通过为浙江华恒复合材料有限公司、浙江富昇科技有限公司、浙江开尔新材料股份有限公司、宁波荣山科技有限公司、宁波浙创科技有限公司、广西七色珠光材料股份有限公司等企业提供服务，签订合同总额 2950 万元。

六、运行与管理机制

1. 机构设置

在依托单位领导下，表面与结构改性无机功能材料教育部工程研究中心，实行主任负责制，设中心主任 1 名，副主任 2 名，由中心主任主持工程中心全面工作，并向依托单位提名推荐工程中心副主任和学术委员会成员人选。工程中心下设管理委员会、技术委员会、中心办公室、4 个实验室及产业化基地。管理委员会主任由中心主任兼任，中心办公室向管理委员会和技术委员会负责，同时协调中心的日常运行。



工程中心组织机构框图

2. 管理体制及运行机制

表面与结构改性无机功能材料教育部工程研究中心非常注意团队内部组织机构和管理体系的建设。为了统筹规划，合理配置科研平台、人才培养及产学研结合等各方面的资源，首先成立了工程研究中心管理委员会和技术委员会，以加强对团队建设的领导和统一协调，并制订了《工程研究中心管理委员会工作办法》和《工程研究中心技术委员会职责》，明确了管理委员会和技术委员会的职责。管理委员会履行本中心协调、管理、服务、调研、督查等职能，管理委员会主任

由工程研究中心主任兼任，每年管理委员会由主任召集主持召开 2 次会议。技术委员会是工程中心的技术咨询机构，其职责是负责审议工程中心的发展战略、研究开发计划，评价工程设计与试验方案，提供技术经济咨询和市场信息，审议工程中心年度工作等。技术委员会会议每年至少召开一次。技术委员会由工程中心所在领域科技界、工程界和相关企业与经济界专家组成，其中依托单位人员不超过总人数的三分之一，中青年委员不少于总人数的三分之一。技术委员会委员每届任期五年，换届时委员须更换三分之一左右。

在管理委员会主任的主持下，结合浙江大学相关科研平台管理办法，管理委员会制定了本工程研究中心的《工程研究中心工作条例》、《工程研究中心人员管理制度》、《工程研究中心实验室安全、环保、卫生管理实施细则》、《工程研究中心知识产权管理办法》等一系列中心建设和管理的规章制度，为本中心的健康建设和运行提供了制度上的保障和依据，保证了中心建设的可持续发展。

七、近中期任务、目标和未来规划

1. 近中期任务、目标

(1) 技术创新：以依托学科和相关学科的技术为基础，开展无机功能材料的表面镀膜、半导体缺陷工程、溶胶凝胶改性、原位复合结构调控等重大共性关键技术和工程技术问题的研究，为新型无机功能材料的开发研究提供技术支撑。

(2) 成果转化：以中心的新技术、新装备和新产品等科技成果为主体，通过产学研基地和国内外合作，建成浮法玻璃镀膜、硅材料、电子陶瓷与器件、光功能材料、绿色节能建材的研发和应用示范基地，建立科技成果的产业化示范体系，推动科技成果的工程转化。

(3) 人才培养与聚集：依托工程研究中心的人才、技术和装备的优势，为相关企业进行人员培训，培养行业需要的不同层次的研究人员、高级技术人员和经营管理人员。同时聚集相关领域的高素质人才，为我国无机功能材料的发展提供人才支撑。

2. 未来规划

表面与结构改性无机功能材料教育部工程研究中心将以产业需求为导向，以

技术创新为核心，以成果产业化为目标，以国家经济建设、社会进步、国家安全的发展战略为指导，对功能镀膜玻璃、陶瓷及器件、硅材料、光功能材料、绿色节能建材的科技成果进行工程化研究和系统集成，联合企业进行应用技术和工程技术的协作攻关，获得适合规模生产所需要的工程化共性、关键技术和具有市场竞争力的技术产品，建成一支一流的技术创新开发与系统集成队伍，积极开展国际合作与交流，促进和推动我国无机功能材料研究的进步和相关行业的技术提升。中心近期工作重点将围绕中心的主要任务和发展方向展开，工程研究中心还将争取新的周期内(2022 年-2027 年)承担国家和省部级重大科技项目 25 项、其它科技和产业化项目 40 项；形成关键性、集成性技术 10 项。

八、存在问题及改进措施

1. 存在的问题

(1) 在国家级行业标准制定工作方面有所欠缺

中心一直围绕行业和国家需求开展工作，研发了系列化产品与装备，但是相关成果在转化为国家和行业标准方面有所欠缺。

(2) 中心开放性有所欠缺

中心与合作企业、科研院所合作紧密，承担着培养高水平工程技术人才队伍的任务，大型科研仪器也提交公共平台对外开放。但是中心开放程度还显不够，吸引相关单位青年科技工作者的能力和宣传力仍需提高。

(3) 国际合作交流有所欠缺

由于疫情影响，常规国际合作交流受限，如何在疫情常态下开展良好的国际交流合作是当前亟待解决的问题。

2. 改进措施

(1) 进一步加强国家和行业标准制定工作

中心合作单位多是相关行业的核心或骨干企业，在发展新的技术和产品时，需要积极主动参与行业和国家标准的制定，进一步提高中心的行业影响力。

(1) 加强中心开放性，服务社会与企业

持续加大中心大型仪器的开放，提高技术与服务水平；重视学习其他中心或重点实验室的先进经验，采用各种政策方式吸引青年科技工作者和更多企业加入到中心的建设与技术研发工作中去，培养高水平人才队伍，提升中心影响力。

(2) 探索新常态下的国际交流模式

在疫情常态化的新形势下，努力建立新的国际交流模式，从线下转变为线上会议，点对点线上交流为主的模式，并鼓励更多的科研人员通过线上方式开展国际合作交流。

九、依托单位自评估意见

依托浙江大学，建设“表面与结构改性无机功能材料教育部工程研究中心”，建成了国际先进，国内领先的“半导体硅材料缺陷工程”、“表面镀膜技术”、“溶胶凝胶改性技术”、“原位复合结构调控技术”四大工程化研发平台。

在本次评估期内，各研究方向针对我国多个行业的重大需求开展材料研发与工程化工作，实现了一系列国际领先或国际先进的重要技术突破，在行业内得到了广泛的应用，取得了重大的经济、社会和生态效益。评估期内相关技术成果获得国家技术发明二等奖 2 项、教育部科技进步二等奖 1 项、浙江省科技二等奖 2 项，为相关行业的发展和转型升级做出了突出贡献。

中心非常重视人才培养和人才队伍建设，工程中心杨德仁教授、叶志镇教授于 2017 年、2019 年增选为中科院院士，韩高荣教授、钱国栋教授于 2021 年被评为浙江省第六批特级专家，余学功教授、崔元靖教授获得国家杰出青年基金资助，这对材料和其他相关学科的建设和发展起到了重要的支撑作用。

中心制度完善，运行良好，依托单位在场地、资金、人才等各方面均提供了有力支持。

浙江大学

2022 年 10 月 日

十、主管部门意见

十一、教育部意见

十二、有关附件

（科研项目名称、编号、来源、起止时间及其经费一览表；成果推广转化用户证明等。）

1、工程中心获奖情况一览表

序号	获奖名称	获奖类型	获奖等级	获奖人	获奖时间
1	微量掺锗直拉硅单晶技术及其应用	国家技术发明奖	二等	杨德仁等	2019 年
2	浮法在线氧化物系列功能薄膜高效制备成套技术及应用	国家技术发明奖	二等	韩高荣等	2020 年
3	锂离子电池新型硅负极材料的制备、性能及应用	浙江省技术发明奖	一等	杜宁等	2021 年
4	照明与显示 LED 高特高效芯片关键技术产业化	教育部科技进步奖	二等	叶志镇等	2018 年
5	特高压输电线路高强度钢化玻璃绝缘子关键技术及产业化	浙江省科技进步奖	二等	张启龙等	2018 年
6	铝合金表面防腐一体化环保涂层材料研发与应用	浙江省科技进步奖	二等	杨辉等	2020 年

2、 科研项目

6 序号	项目名称	项目 经费 (万元)	项目 负责人	经费来源	起止时间
1	有序微孔材料的光子功能构筑基础研究	341.2	钱国栋	国家自然科学基金	2017.01—2021.12
2	光子功能金属有机框架材料	400	崔元靖	国家自然科学基金杰青项目	2021.01—2025.12
3	浙江省“万人计划”杰出人才项目	100	钱国栋	浙江省科技厅	2019.01—2021.12
4	XY-112204-E61902ZJ (KJW-JCJQ-课题)	1450	钱国栋	军委科技委	2019.12—2023.12
5	真空隔热板芯材与吸气剂研制	200	钱国栋	浙江华恒复合材料有限公司	2019.07—2022.07
6	一种用作 pH 荧光探针的苯并噻唑—苯胺类化合物及其制备方法等 14 项专利转让	300	钱国栋	浙江富昇科技有限公司	2020.07—2020.12
7	抗菌珐琅板的抗菌机理	50	钱国栋	浙江开尔新材料股份有限公司	2021.06—2023.05
8	基于新型多孔氢键-有机框架材料的乙烯/乙烷反转分离性能研究	70	李斌	国家自然科学基金	2021.01—2024.12
9	低温泡沫玻璃保温材料的研制开发	150	王智宇	宁波荣山科技有限公司	2015.01—2020.12
10	非晶态-晶态纳米同质异相结的构筑与太阳光谱响应光催化材料研究	60	王智宇	国家自然科学基金	2019.01—2022.12
11	新型阴离子框架多孔材料的构筑和烯烃纯化的研究	25	李斌	国家自然科学基金	2019.01—2021.12
12	多级孔结构真空隔热板制备及其产业化技	330	崔元靖	浙江省科技厅	2022.01—2024.12



	术				
13	真空隔热板的产品结构设计及性能研究	200	崔元靖	浙江华恒复合材料有限公司	2022.01—2024.12
14	硅基二维半导体材料与器件	1750	杨德仁	国家基金委重大项目	2021.01-2025.12
15	硅基发光基础理论及器件关键技术	2236	杨德仁	科技部重点研发项目	2019.08-2023.07
16	半导体光电材料的微纳结构和器件	1200	杨德仁	国家基金委创新群体项目	2018.01-2023.12
17	晶体硅材料及器件	400	余学功	国家自然科学基金杰青项目	2021.01-2025.12
18	n 型铸造多晶硅锭均匀掺杂、缺陷控制技术及硅铸锭炉 等关键装备开发	221	余学功	科技部重点研发项目	2019.04 -2022.03
19	激光超掺杂晶体硅的次带隙近红外光响应的产生机理和调控机制	70.8	余学功	国家自然科学基金	2020.01-2023.12
20	铸造晶体硅的杂质与缺陷	290	杨德仁	国家基金委重点项目	2016.01-2020.12
21	铸造类单晶硅的缺陷调控及性能	100	余学功	省基金重大项目	2022.01-2024.12
22	绿色民居室内外生态环境材料与修复材料研发	693	杨辉	国家重点研发计划	2018.12-2022.12
23	无机分级纳米结构/疏水聚合物复合介电材料表界面构筑及其性能协同增强机理	72	张启龙	国家自然科学基金	2018.01-2021.12
24	复合金属氧化物催化材料的高通量制备与催化性能	100	申乾宏	国家重点研发计划	2016.07-2020.6

25	非电镀合金表面防腐装饰一体化环保涂层材料研发及应用示范	290	杨辉	浙江省重点研发计划	2016.07-2018.12
26	海上风电钨铁硼磁体高抗蚀环保涂层材料开发及应用	290	申乾宏	浙江省重点研发计划	2022.01-2024.12
27	半导体封装材料优质键合丝研发	250	叶志镇	一般横向项目	2018.07-2023.6
28	大尺寸氧化锌及宽禁带半导体单晶制备与发光器件	384	叶志镇	国家自然科学基金(集成项目)	2019.01-2021.12
29	宽禁带半导体光电材料及其高性能器件关键技术	870	叶志镇	浙江省省级重点研发计划 (择优委托项目)	2020.07-2023.06
30	高效纳米材料绿色规模化制备及环保应用技术	250	叶志镇	山西浙大新材料与化工研究院技术开发项目	2021.09-2024.08
31	氧化物半导体材料及应用	300	叶志镇	一般横向项目	2022.01-2024.12
32	信息与环境用氧化物半导体材料研发及应用	365	朱丽萍	浙江省“尖兵”“领雁”研发攻关计划	2022.01-2024.12
33	中国京杭大运河博物院特种玻璃制备技术的研究开发	480	韩高荣	企业委托	2021.01-2022.12
34	玻璃精益熔制与产品性能精确调控的基础研究	200	韩高荣	国家自然科学基金委	2019.01-2022.12
35	双频电致变色智能节能玻璃的制备技术与性能研究	250	刘涌	山西浙大新材料与化工研究院技术开发项目	2021.09-2024.08.
36	国际合作技术研发与	138	李翔	浙江省科	2020.01-2022.12



	示范推广项目-组织修复-抗肿瘤复合功能生物支架材料研究			技厅	
37	石墨烯基三维异质结宏观体的制备与应用研究	180	陈宗平	山西浙大新材料与化工研究院技术开发项目	2022.08-2025.08
38	先进无机功能材料与技术	250	陈宗平	浙江大学宁波“五位一体”校区教育发展中心（筹）	2022.01-2024.12
39	先进无机功能材料与技术	200	任召辉	浙江大学宁波“五位一体”校区教育发展中心（筹）	2022.01-2024.12
40	纳米功能陶瓷材料的可控制备及其 X 射线探测应用	150	任召辉	山西浙大新材料与化工研究院技术开发项目	2021.09-2024.08
41	基于界面铁电场效应构筑高效光催化材料	80	任召辉	浙江省杰出青年基金项目	2021.01-2023.12
42	铁电极化调节的氧化物单晶异质结生长、光催化性能及其界面研究	80	任召辉	国家自然科学基金委	2015.01-2018.12,
43	浙江大学-宁波浙创新材料联合研发中心	800	韩高荣	企业委托	2017.08-2022.08,
44	浙江大学-七色珠光新材料联合研发中心	1000	韩高荣	企业委托	2021.09-2024.09

3. 成果推广转化用户证明



应用证明

项目名称	浮法在线氧化物系列功能薄膜高效制备成套技术及应用	
应用单位	威海中玻新材料技术研发有限公司	
单位注册地址	山东省威海市临港经济技术开发区草庙子镇棋山路-516-39 号	
应用起止时间	2001 年 1 月至 2019 年 12 月	
经济效益（万元）		
自 然 年	新增销售额	新增利润
2017 年	890	250
2018 年	1221	461
2019 年	1518	606
累 计	3629	1317
<p>所列经济效益的有关说明及计算依据：</p> <p>上表中新增销售额和新增利润，统计了本公司应用了项目关键技术发明成果的新增销售额和新增利润。其中，新增销售额已扣减技术应用前的销售基数；新增利润是本公司新增销售额扣除相关成本、费用和税金后的余额。</p>		
<p>具体应用情况：</p> <p>我公司是中国玻璃控股有限公司（集团公司）的技术中心，前身为浙江大学蓝星新材料技术有限公司，后陆续变更为杭州蓝星新材料技术有限公司、中玻（杭州）新材料技术有限公司。我公司于 2001 年起与浙江大学合作开展浮法在线氧化物系列功能薄膜高效制备技术及关键装备的开发工作，形成了完整的产业化成套技术，实现长周期、大规模、大面积均匀稳定生产功能镀膜玻璃，在国内外多家浮法玻璃企业得到应用，取得良好的经济和社会效益。</p> <p>我公司技术许可与服务对象以集团内部子公司企业为主，以上近三年新增销售额主要为技术服务费用。</p>		
 应用单位盖章： 2019 年 12 月 18 日		 应用单位财务盖章 2019 年 12 月 18 日



应用证明

项目名称	浮法在线氧化物系列功能薄膜高效制备成套技术及应用	
应用单位	中玻科技有限公司	
单位注册地址	山东省威海市临港经济开发区草庙子镇棋山路-516-39 号	
应用起止时间	2003 年 1 月至 2019 年 12 月	
经济效益（万元）		
自 然 年	新增销售额	新增利润
2017 年	15093.03	1420.27
2018 年	17638.75	1563.45
2019 年	17093.68	1620.37
累 计	49825.46	4604.09
<p>所列经济效益的有关说明及计算依据：</p> <p>上表中新增销售额和新增利润，统计了本公司应用了项目关键技术发明成果的新增销售额和新增利润。其中，新增销售额已扣减技术应用前的销售基数；新增利润是本公司新增销售额扣除相关成本、费用和税金后的余额。</p> <p>具体应用情况：</p> <p>我公司于 2003 年开始陆续在两条 500t/d 浮法玻璃生产线上应用了浮法在线镀膜玻璃制备技术，在浮法玻璃生产线上成功制备低辐射、TCO 等镀膜玻璃，形成了低辐射、TCO 等新型镀膜玻璃的规模化生产能力。产品具有稳定的理化和热加工性能，满足国家标准要求，节能镀膜玻璃国内同类产品市场占有率 50% 以上，并远销美国、澳大利亚、中东、韩国、非洲等国家，累计新增销售额约 22 亿元。该项目技术成果的成功实施，有力的提高了公司的技术水平和市场竞争力，促进了镀膜玻璃产品在建筑结合和光伏发电领域的推广应用。</p>		
 <p>应用单位盖章： 2019 年 12 月 3 日</p>		 <p>应用单位财务盖章： 2019 年 12 月 3 日</p>

应用证明

项目名称	浮法在线氧化物系列功能薄膜高效制备成套技术及应用	
应用单位	中玻科技有限公司	
单位注册地址	山东省威海市临港经济开发区草庙子镇棋山路-516-39 号	
应用起止时间	2003 年 1 月至 2019 年 12 月	
经济效益（万元）		
自 然 年	新增销售额	新增利润
2017 年	15093.03	1420.27
2018 年	17638.75	1563.45
2019 年	17093.68	1620.37
累 计	49825.46	4604.09
<p>所列经济效益的有关说明及计算依据：</p> <p>上表中新增销售额和新增利润，统计了本公司应用了项目关键技术发明成果的新增销售额和新增利润。其中，新增销售额已扣减技术应用前的销售基数；新增利润是本公司新增销售额扣除相关成本、费用和税金后的余额。</p> <p>具体应用情况：</p> <p>我公司于 2003 年开始陆续在两条 500t/d 浮法玻璃生产线上应用了浮法在线镀膜玻璃制备技术，在浮法玻璃生产线上成功制备低辐射、TCO 等镀膜玻璃，形成了低辐射、TCO 等新型镀膜玻璃的规模化生产能力。产品具有稳定的理化和热加工性能，满足国家标准要求，节能镀膜玻璃国内同类产品市场占有率 50% 以上，并远销美国、澳大利亚、中东、韩国、非洲等国家，累计新增销售额约 22 亿元。该项目技术成果的成功实施，有力的提高了公司的技术水平和市场竞争力，促进了镀膜玻璃产品在建筑结合和光伏发电领域的推广应用。</p>		
 应用单位盖章： 2019 年 12 月 3 日		 应用单位财务盖章： 2019 年 12 月 3 日



应用证明

项目名称	浮法在线氧化物系列功能薄膜高效制备成套技术及应用	
应用单位	中玻（陕西）新技术有限公司	
单位注册地址	陕西省西咸新区秦汉新城咸红路	
应用起止时间	2009 年 6 月至 2019 年 12 月	
经济效益（万元）		
自 然 年	新增销售额	新增利润
2017 年	9622.42	879.33
2018 年	8648.61	883.56
2019 年	4672.64	477.83
累 计	22943.67	2240.72
<p>所列经济效益的有关说明及计算依据：</p> <p>上表中新增销售额和新增利润，统计了本公司应用了项目关键技术发明成果的新增销售额和新增利润。其中，新增销售额已扣减技术应用前的销售基数；新增利润是本公司新增销售额扣除相关成本、费用和税金后的余额。</p> <p>具体应用情况：</p> <p>我公司于 2009 年开始分别在 400t/d 和 500t/d 浮法玻璃生产线应用了浮法在线镀膜玻璃制备技术，并生产了新型低辐射镀膜玻璃等节能镀膜玻璃。该技术的应用提升了我公司整体技术水平，促进了玻璃产品结构的调整，提高了市场竞争力。生产的产品经检测，满足国家质量标准要求，受到了用户的欢迎，取得了良好的经济效益和社会效益。</p>		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>应用单位盖章：</p> <p>2019 年 12 月 5 日</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>应用单位财务盖章：</p> <p>2019 年 12 月 5 日</p> </div> </div>		

应用证明

项目名称	浮法在线氧化物系列功能薄膜高效制备成套技术及应用	
应用单位	东台中玻特种玻璃有限公司	
单位注册地址	江苏东台经济开发区纬九路	
应用起止时间	2010 年 4 月至 2019 年 12 月	
经济效益（万元）		
自 然 年	新增销售额	新增利润
2017 年	8892.93	504.51
2018 年	9866.30	1803.83
2019 年	10287.56	2432.52
累 计	29046.79	4740.86
<p>所列经济效益的有关说明及计算依据：</p> <p>上表中新增销售额和新增利润，统计了本公司应用了项目关键技术发明成果的新增销售额和新增利润。其中，新增销售额已扣减技术应用前的销售基数；新增利润是本公司新增销售额扣除相关成本、费用和税金后的余额。</p>		
<p>具体应用情况：</p> <p>我公司与浙江大学保持紧密的产学研合作关系，于 2010 年和 2011 年先后在 2 条 600t/d 浮法玻璃生产线应用了浮法在线功能镀膜玻璃制备技术，在退火窑内安装调试镀膜设备，随后正式生产新型低辐射、遮阳低辐射等功能镀膜玻璃，产品性能达到了国家标准，累计新增销售额约 8 亿元，产生了良好的经济效益和社会效益。我们将进一步加强合作，深化技术，开发更多的新产品，助力企业做强做大，推动玻璃行业的技术进步。</p>		
 <p>应用单位盖章： 东台中玻特种玻璃有限公司 2019 年 12 月 6 日</p>		 <p>应用单位财务盖章 东台中玻特种玻璃有限公司 2019 年 12 月 6 日</p>

应用证明

项目名称	浮法在线氧化物系列功能薄膜高效制备成套技术及应用	
应用单位	中玻（临沂）玻璃有限公司	
单位注册地址	山东省临沂市罗庄区付庄街道办事处	
应用起止时间	2011 年 6 月至 2019 年 12 月	
经济效益（万元）		
自 然 年	新增销售额	新增利润
2017 年	9939.82	333.51
2018 年	6076.86	450.43
2019 年	6288.12	435.17
累 计	22304.80	1219.11
<p>所列经济效益的有关说明及计算依据：</p> <p>上表中新增销售额和新增利润，统计了本公司应用了项目关键技术发明成果的新增销售额和新增利润。其中，新增销售额已扣减技术应用前的销售基数；新增利润是本公司新增销售额扣除相关成本、费用和税金后的余额。</p>		
<p>具体应用情况：</p> <p>我公司于 2011 年 6 月在 550t/d 浮法玻璃生产线应用了浮法在线镀膜玻璃制备技术，生产了新型低辐射镀膜玻璃和透明导电氧化物镀膜玻璃（TCO）。该技术的应用促进了我公司玻璃产品结构的调整，提高了市场竞争力。生产的产品性能达到了国家标准，受到了用户的好评，取得了良好的经济效益和社会效益。</p>		
 应用单位盖章： 2019 年 12 月 26 日		 应用单位财务盖章 2019 年 12 月 26 日

设备订货合同

合同编号: AFGC-SB-41

甲方: 中国建材国际工程集团有限公司

地 址: 上海市中山北路 2000 号中期大厦

邮 编: 200063

营业执照号: 3101 0710 20985

开 户 银 行: 上海交行光新路支行

账 号: 3100 6620 5010 1410 04848

电 话: 021-52916280- (2302)

传 真: 021-52913143

联 系 人: 高燕飞

电子信箱: jenny_gyf@163.com

乙方: 杭州蓝星新材料技术有限公司

地 址: 中国浙江省杭州市古翠路 8 号新亚科技大楼 7 楼

邮 编: 310013

营业执照号:

税 号:

开 户 银 行: 浙江省杭州市建行华星支行

账 号: 33001616180050003178

电 话: 0571-85126170

传 真: 0571-85126171

联 系 人: 刘军波 (13857127625)

电子信箱: liujb@hzbluestar.com

赵明

zhaoming@hzbluestar.com

- 双方签署的书面修改意见外,任何一方不得变更或修改本合同条款。在此前提下,招标文件及合同文本中约定的交货期不变。如上述生效日延迟,交货期相应顺延。
- 17.2. 本合同的附件和双方在执行合同过程中签署的协议、纪要、提交的资料等,作为本合同不可分割的部分,与本合同具有相同的效力。
- 17.3. 本合同未尽事宜双方友好协商解决,可另行签订补充协议。
- 17.4. 甲乙双方履行完本合同规定的各项条款后,本合同自行失效。
- 17.5. 本合同一式五份,甲方三份、乙方两份。



单位名称(章): 中国建材国际工程集团有限公司

法定代表人(签字):

或委托代理人(签字):

签字日期: 年 月 日



单位名称(章): 杭州蓝星新材料技术有限公司

法定代表人(签字):

或委托代理人(签字):

签字日期: 2011 年 2 月 19 日

镀膜系统设备供货及安装服务合同

合同编号: SHD -NGR-402-2

签订地点: 江苏宿迁

签订时间: 2018 年 4 月 20 日

需方: 中玻(尼日利亚)自贸区公司 CNG GLASS(NIGERIA) FZE

供方: 威海中玻新材料技术研发有限公司

一、货物名称:

1、浮法在线生产阳光膜玻璃副侧镀膜设备、镀膜用水系统、锡槽两侧镀膜大车轨道。详见附件一:副侧镀膜设备、镀膜用水系统、锡槽两侧镀膜大车轨道清单(配套于500t/d浮法玻璃生产线)。

2、浮法在线生产阳光膜玻璃供、配、排气系统设备壹套。设备详见附件二:供、配、排气设备清单(配套于500t/d浮法玻璃生产线)。

3、浮法在线生产阳光膜玻璃镀膜设备备件(补充)。镀膜设备备件(补充)详见附件三:镀膜设备备件(补充)清单。

4、电气控制系统、电缆、桥架、安装工具。详见附件四:电气控制系统、电缆、桥架、安装工具

5、浮法在线生产阳光膜玻璃镀膜检测设备。镀膜检测设备详见附件五:镀膜检测设备清单

二、安装服务:

1、浮法在线生产阳光膜玻璃主、副侧镀膜设备安装。

2、浮法在线生产阳光膜玻璃供气、配气、排气系统设备及管路、稳压罐安装。

3、浮法在线生产阳光膜玻璃锡槽两侧镀膜大车轨道安装。

4、浮法在线生产阳光膜玻璃电气设备电源柜、镀膜控制柜、镀膜微机操作台、摄像系统、主/副侧操作按钮盒、电缆、桥架等安装。

5、镀膜用循环水系统安装。

6、12通道镀膜在线检测设备安装。

三、住宿及其它:

需方应为供方派驻人员免费提供住宿、用餐条件。供方派驻人员往返尼日利亚的机票,签证费由供方承担。

四、合同价格:

合同总价格为:肆拾伍万玖仟壹佰陆拾伍美元 USD, (\$459165.00USD)。

其中:

(一)镀膜用设备部分

1.浮法在线生产阳光膜玻璃副侧镀膜设备、镀膜用水系统、锡槽两侧镀膜大车轨道:(附件一)

价格:壹拾柒万伍仟壹佰玖拾玖美元整 USD(\$175199.00,含17%增值税)

2.供、配、排气系统设备壹套:(附件二)

需方	供方
单位名称(章): 中玻(尼日利亚)自贸区公司 CNG GLASS (NIGERIA) FZE	单位名称(章): 威海中玻新材料技术研发有限公司
单位地址: Ogun Guangdong Free Trade Zone, Igbesa, Ogun State, Nigeria	单位地址: 山东威海临港经济技术开发区草庙子镇棋山路516-39号
法定代表人:	法人代表: 汪建勋
委托代理人:	委托代理人: 刘起英
国内电话: 0527-84212811	电话: 0631-5581130
国内传真: 0527-84212588	传真: 0631-5581130
开户银行:	信用代码: 91371000MA3DE14D99
帐号:	邮政编码: 264200
税号:	银行美元账户信息:
国内邮政编码: 223800	Intermediary Bank: Bank of America, N.V. New York NY
	Swift Bic: BOFAUS3N
	Account with Bank: China Construction Bank Weihai Branch
	Jingfa Sub-branch
	Swift Bic: PCBCCNBJSDH
	Bank of deposit Address:
	Beneficiary: A/C No.: 37050170630800000879
	Name: Weihai CNG New Materials Technology R&D Co., Ltd.
	Address: No. 17 Haibin Road, Weihai, Shandong, P.R. China
	Postcode: 264200
	Tel: 0631-3670026



浮法在线透明导电氧化物镀膜玻璃（TCO）使用报告

中玻（临沂）玻璃有限公司：

我公司主营薄膜太阳能电池的研发、生产、设计及应用，从贵司多次采购并应用浮法在线透明导电氧化物镀膜玻璃（TCO）作为基片制备太阳能电池组件。这些组件被应用于建筑外立面、雨蓬、光伏屋顶、采光顶、遮阳百叶、光伏电站等项目和工程中。自 2011 年起，迄今累计已购入 3.2mm 浮法在线 TCO 玻璃约 35 万平方米，生产的非晶硅薄膜太阳能电池光电转化效率超过 7%。采用贵司导电玻璃作为基片生产的太阳能光伏组件已成功应用于多项代表性工程，包括内蒙古武警医院幕墙工程、威海万象城 1.8MW 非晶硅光伏电站、德国某屋顶工程、乌海煤炭博物馆长廊、河南安阳屋顶电站等。

贵司利用浮法玻璃生产线在线生产的 TCO 玻璃，产量稳定、透过率高、雾度适中、导电性能优良，相比国外同类产品性价比高，有利于光伏产品综合性能的提高，推广光伏组件的应用。我司愿与贵司长期合作，为我国光伏产业的繁荣发展、建筑节能减排做出应有的贡献。

单位盖章：威海中玻光电有限公司

日期：2019 年 12 月 15 日



浮法在线透明导电氧化物镀膜玻璃应用证明

浙江大学、威海中玻新材料技术研发有限公司：

我公司是由中国建材集团蚌埠玻璃工业设计研究院等单位共同投资设立的新能源高科技企业，致力于薄膜太阳能电池的研发和产业化，成功开发了具有自主知识产权的大面积高效率碲化镉发电玻璃成套技术和产品。

贵单位开发的利用浮法玻璃生产线生产的透明导电氧化物镀膜玻璃（1600mm×1200mm×3.2mm），导电性能优良、雾度低、透射比高。经我公司检测，表面方阻低至 $12\Omega/\square$ ，雾度低于 1.4%，满足光伏发电和建筑光伏一体化（BIPV）应用的需求。相比国外同类产品，性价比高，有利于薄膜光伏产品综合性能的提高。我司愿与贵单位长期合作，为我国光伏产业的繁荣发展做出应有的贡献。

单位（盖章）：成都中建材光电材料有限公司



日期：2019 年 12 月 25 日

浮法在线氧化物导电玻璃应用证明

浙江大学、威海中玻新材料技术研发有限公司：

我公司主要致力于电致变色智能玻璃产业化生产，打破国际技术垄断，关键技术指标达到了美国同类产品的先进水平，开发出具有自主知识产权的电致变色智能玻璃生产设备及世界领先水平的智能玻璃产品。

我公司应用贵单位开发生产的浮法在线氧化物导电玻璃(1502mm×1202mm×3.2mm)作为透明电极基板成功制备了电致变色玻璃窗体。贵单位开发生产的浮法在线氧化物导电玻璃，质量稳定、透过率高、雾度低、导电性能优良。经我公司检测，表面方阻低于 $10\Omega/\square$ ，雾度低于1.4%。采用贵单位导电玻璃制备的电致变色玻璃窗体，着色/褪色速率快，以1502mm×1202mm×3.2mm规格导电玻璃制备的大尺寸电致变色玻璃组件满足建筑节能、室内装饰等领域的要求。相比国外同类产品，性价比高，供货及时，有利于电致变色玻璃产品综合性能的提高。我司愿与贵单位长期合作，为我国智能节能玻璃产业的繁荣发展、建筑节能减排做出应有的贡献。

单位（盖章）：合肥威迪变色玻璃有限公司

日期：2019年12月24日



附件 2

重大技术突破及应用案例清单

序号	技术名称	技术突破情况	支撑重大科技任务和工程情况	产业化应用典型案例
1	单晶硅的铸造生长技术	杨德仁院士团队成功开发出铸造单晶硅生长和缺陷控制系列技术，提出了利用“晶界工程”控制铸造单晶硅中缺陷的创新思路，通过在籽晶铺设时引入功能晶界，抑制了晶体生长过程中位错的产生、增殖和边缘多晶向单晶区的侵入，使得其位错密度降低了一个数量级，显著提高了晶体质量。通过在江苏协鑫进行中试规模化生产，开发了铸造单晶硅系列技术及产品，其制备的电池实验室光电效率达到 23.8%，创造了同类产品的世界纪录。	该项目开发的大尺寸铸造单晶产品技术已经部分推广到全公司，形成年产 GW 生产能力。产品应用于北京大兴国际机场等国家重大工程。	日本京瓷、通威、苏民、润阳、日托、阿特斯等多家客户也对铸锭单晶产品应用数据和性能表现给予了肯定。众多电池组件厂商及电站终端用户进一步了解和充分认可了铸锭单晶产品的可靠性和长期竞争力。协鑫集成利用铸锭单晶开发的组件成功应用于被誉为世界新七大奇迹的北京大兴国际机场。
2	浮法在线氧化物系列功能薄膜高效制备成套技术	韩高荣教授团队实现了氧化物系列功能薄膜高效制备成套技术及应用的重大突破：发明了浮法退火窑镀膜的全新技术和装备，打破国际上浮法退火窑不适合作为镀膜工艺区间的论断，“解决了膜层干涉着色，大面积颜色均匀性难控制的世界性技术难题”，提升中国“洛阳浮法”技术的国际话语权；开发出多功能节能、透明导电两	该项目成果已在国内外 10 余条浮法玻璃生产线转化应用，已累计生产镀膜玻璃超 2.5 亿平方米，远销欧洲、韩国等国家和地区，在北京奥运村、广州电视塔等上万个节能建筑和光	2018 至 2020 年威海中玻镀膜玻璃股份有限公司建成了 500T/d 全光谱多功能浮法在线镀膜玻璃示范生产线，示范线总投资约 1.283 亿元。该示范线的成功建设，可生产新型高透低辐

		类玻璃新产品，可对浮法玻璃生产线进行不停产、低成本改造，实现从普通浮法玻璃到高性能镀膜玻璃的产品升级。	光伏发电项目中得到广泛应用，同类技术产品全球市场占有率约50%。	射、遮阳低辐射玻璃，辐射率低至0.1，为国际最优值，满足我国寒冷地区建筑节能要求；首创复合膜层结构的透明导电氧化物玻璃，增强了我国光伏发电产业链的自主供应能力。
--	--	---	----------------------------------	--