

教育部工程研究中心年度报告

(2023年1月——2023年12月)

工程中心名称：表面与结构改性无机功能材料

所属技术领域：化工、冶金与材料

工程中心主任：韩高荣

工程中心联系人/联系电话：陈宗平/13067907032

依托单位名称：浙江大学

2025 年 3 月 19 日填报

一、技术攻关与创新情况

表面与结构改性无机功能材料教育部工程研究中心坚持面向经济主战场，以国家重大需求和产业发展为导向，以工程技术创新为核心，以依托学科和相关学科的技术为基础，通过系统研究半导体硅材料缺陷工程、表面镀膜技术、溶胶-凝胶改性技术和原位复合结构调控技术，进行新型无机功能材料的开发和集成，联合相关企业进行应用技术和工程技术的协作攻关，获得适合工业化生产所需要的关键成套技术和具有市场竞争力的新产品。在上述研究方向上，2023年度本中心取得了以下重要进展和代表性成果：

工程研究中心主任韩高荣教授带领团队参与8.5代TFT-LCD浮法玻璃基板关键技术及应用研究，取得突破，建成8.5代TFT-LCD浮法玻璃基板示范线，攻克工艺生产的控制难题，实现高质量、高性能、高世代液晶玻璃基板的稳定生产。相关成果获得了2023年5月9日颁发的中国建筑材料联合会-中国硅酸盐学会建筑材料技术发明一等奖。

信息显示产业是我国万亿级战略性新兴产业，截至2016年国内建成和在建8.5代TFT-LCD面板生产线12条，年需8.5代TFT-LCD玻璃基板超1亿平方米。但由于国外专利壁垒和技术封锁，也由于自主技术和装备的限制，我国8.5代玻璃基板技术没能取得突破，其市场完全被美国康宁、日本AGC等垄断，成为制约国家显示产业发展的“卡脖子”材料，影响产业安全发展。因此，攻克8.5代玻璃基板关键技术，实现自主可控，迫在眉睫。本项目由浙江大学和中建材玻璃新材料研究院集团有限公司两家单位对上述难题进行了多年的产学研合作，从基础前沿、重大共性关键技术到应用示范进行全系统研发，取得如下主要技术发明：（1）针对玻璃液熔化、澄清难、料性短，产品超薄、宽幅等特殊技术难点，提出超薄浮法液晶玻璃基板生产工艺路线并进行论证；（2）利用现代实验分析技术和模拟手段，研究并揭示极难熔无碱玻璃组成、结构、性能的本构关系，研发出具有自主知识产权的、适于浮法工艺的TFT-LCD基板玻璃组成与料方；（3）构建在电子玻璃生产的各热工过程相应的物理模型，开展熔窑、铂金通路、锡槽、退火窑等关键热工装备的三维数值模拟研究，指导核心装备和工艺的开发；（4）开发出适于高世代电子玻璃生产的熔窑、铂金通路、锡槽、退火窑等核心生产装备；（5）建设8.5代TFT-LCD浮法玻璃基板示范线，攻克工艺生产的控制难题，实现高质量、高性能、高世代液晶玻璃基板的稳定生产。示范生产线熔化能力达31吨/天，前工程良品率78.17%，精加工良品率86.45%，成品生产能力达3万片/月。将8.5代玻璃基板产品导入液晶面板工序进行批量认证，通过主流面板厂商的应用认证并签订了批量采购供应合同，正按每月万片规模进行供货。2020~2021年累计实现销售收入1.49亿元，利润1162.25万元。

项目成果应用于产能规模达国际水平、装备国产化率高的蚌埠中光电科技有限公司8.5代玻璃基板二线建设。8.5代TFT-LCD玻璃基板产品替代进口空间巨大，项目成果可在国内推广应用建设15~20条高世代液晶显示玻璃基板生产线，将使项目开发单位获得数十亿元的

技术转让收入，形成市场规模超100亿元的高世代液晶显示玻璃基板产业，并带动技术装备、材料等近100亿元的上游产业的发展，每年可为下游面板产业节约材料成本上百亿元。该项目填补了国内空白，使中国成为全球少数几个能自主生产高世代液晶玻璃基板的国家。项目在国内率先实现高世代电子玻璃基板浮法工业化稳定量产，打破了高世代电子玻璃生产核心技术和产品长期被国外封锁的状况，促进了我国电子信息显示产业链的补链、固链，对于保障我国光电显示产业的安全具有重要战略意义。

工程研究中心钱国栋教授在微孔晶体材料的主客体组装原理及其光子功能调控机制方面取得重大突破，通过微孔晶体材料的孔道分隔组装和晶内原位生长，增强光子功能和稳定性，在微孔晶体材料ZJU-28的孔道中引入铅离子，再通过晶内原位生长钙钛矿量子点，主客体复合材料ZJU-28/MAPbBr₃的量子效率高达51%，同时获得高达五光子荧光发射和优异的稳定性，并采取离子交换策略，获得bio-MOF-1/DMSM主客体型微孔晶体材料，利用单晶平行晶面构成的Fabry-Pérot腔，率先在微孔晶体材料中实现了双光子泵浦微腔激光。该成果获得2022年浙江省自然科学一等奖《微孔晶体材料的主客体组装原理及光子功能调控机制》，2023年11月颁奖。

工程研究中心叶志镇院士团队在浙大温州研究院建立全球首条全固态钙钛矿发光量子点生产线，首创双基质包覆的“石榴结构”，发明量子点全固态制备新技术，克服了量子点结晶无法控制和稳定性差的国际技术难题，可实现高温、高湿、强光照下的稳定高效发光，量子点光效四次刷新世界纪录，为下一代新型发光微显示产业自主创新提供重要的技术支撑。

二、成果转化与行业贡献

1. 总体情况

工程研究中心韩高荣教授在8.5代TFT-LCD浮法玻璃基板关键技术及应用研究上取得突破，建成8.5代TFT-LCD浮法玻璃基板示范线，攻克工艺生产的控制难题，实现高质量、高性能、高世代液晶玻璃基板的稳定生产，相关成果获得了2023年5月9日颁发的中国建筑材料联合会-中国硅酸盐学会建筑材料技术发明一等奖；工程研究中心钱国栋教授在微孔晶体材料的主客体组装原理及其光子功能调控机制方面取得重大突破，通过微孔晶体材料的孔道分隔组装和晶内原位生长，增强光子功能和稳定性，在微孔晶体材料ZJU-28的孔道中引入铅离子，再通过晶内原位生长钙钛矿量子点，主客体复合材料ZJU-28/MAPbBr₃的量子效率高达51%，同时获得高达五光子荧光发射和优异的稳定性，并采取离子交换策略，获得bio-MOF-1/DMSM主客体型微孔晶体材料，利用单晶平行晶面构成的Fabry-Pérot腔，率先在微孔晶体材料中实现了双光子泵浦微腔激光，该成果获得2022年浙江省自然科学一等奖；工程研究中心叶志镇院士团队在浙大温州研究院建立全球首条全固态钙钛矿发光量子点生产线，首创双基质包覆的“石榴结构”，发明量子点全固态制备新技术，克服了量子点

结晶无法控制和稳定性差的国际技术难题，可实现高温、高湿、强光照下的稳定高效发光，量子点光效四次刷新世界纪录，为下一代新型发光微显示产业自主创新提供重要的技术支撑。

2. 工程化案例

1、浙大温州研究院建立全球首条全固态钙钛矿发光量子点生产线

钙钛矿发光量子点是新一代超高清显示技术的颠覆性材料，属国家“十四五”规划和国家重点研发计划方向，也是我省重点发展的新材料之一。浙江大学温州研究院叶志镇院士团队在省重点研发计划等支持下，首创双基质包覆的“石榴结构”，发明量子点全固态制备新技术，克服了量子点结晶无法控制和稳定性差的国际技术难题，可实现高温、高湿、强光照下的稳定高效发光，量子点光效四次刷新世界纪录。目前，研究团队在温州建立了全球首条全固态量子点生产线，制造出首批量产的钙钛矿发光扩散板，产品已在液晶显示屏上应用，将现有液晶显示色域从 72%提升到 131%，大幅提高显示屏的色彩丰富度和还原度，比现有量子点成本降低 50%，获显示业界头部企业 TCL 和京东方重点关注并已送样试用。近期将建成年产 6 吨全固态钙钛矿发光量子点产线，年产 240 吨钙钛矿发光母粒产线和年产 200 万平米量子点光学板产线。该成果将为下一代新型手机、车载显示、可穿戴设备显示等万亿新型发光微显示产业自主创新提供重要的技术支撑。

2、8.5代TFT-LCD玻璃基板核心技术开发与产业化

项目成果整体技术达到国际先进水平，其中8.5代TFT-LCD玻璃基板“贵金属流道超薄浮法”工艺技术、铂金通道装备系统高温澄清技术居国际领先。2019年9月项目示范生产线建成投产后，面对4K/8K超高清显示对8.5代玻璃基板品质提出的新的更严格要求，项目团队持续进行品质优化、良率提升、产能爬坡工作，取得了突破性进展，示范生产线熔化能力达31吨/天，前工程良品率78.17%，精加工良品率86.45%，成品生产能力提升至3万片/月。通过与下游面板企业协同，将8.5代玻璃基板产品导入液晶面板Array、CF、Cell等工序进行批量认证，经多次迭代，通过惠科、京东方等主流面板厂商的应用认证。产品入选2022年安徽省“首批次新材料”榜单。

目前本项目8.5代液晶玻璃基板产品已导入大尺寸显示产业链，与下游面板企业签订《产品采购框架合同》，取得36万片的采购订单，正按订单进行稳定供货，已实现超亿元的销售收入。蚌埠中光电8.6代TFT-LCD玻璃基板产品导入滁州惠科8.6代液晶显示面板生产线进行了包括环保参数测定、包装箱测试、Dummy验证、Bare功能验证、Array功能验证、CF功能验证、Cell Module段功能验证等，全制程应用合格，玻璃基板的热学、力学、光学、缺陷等各方面性能指标与国外公司同类产品相当，满足8.6代半导体显示面板的全制程工艺要求，应用效果良好。蚌埠中光电8.5代TFT-LCD玻璃基板产品导入合肥鑫晟光电科技有限公司（京东方旗下公司）产线进行包括投入、ICL、ITO特性、BM特性、RGB特性、PS特性、FRP良率等全流程应用，导入结果表明，蚌埠中光电玻璃与国外的量产玻璃生产

的面板产品各工艺特性值/良率无差异。项目成果已建成高世代TFT-LCD玻璃基板示范线一条，产品已获惠科、京东方等主流面板厂商认证、使用，近两年累计实现销售收入超1.5亿元，预计形成市场规模超100亿元的高世代液晶显示玻璃基板产业。

3. 行业服务情况

在教育部工程中心的大力支持下，中心教师积极拓展与企业的合作攻关和产品研发，有效促进了产学研一体化的发展，与宁波浙创科技有限公司、广西七色珠光材料股份有限公司分别建立了联合研发中心，持续加大产品研发和推广，取得了如下成果：

- 1、研发并测试了几款可水洗光固化树脂材料，主要用于LCD/DLP设备，并着手测试其稳定性，打印精度及各项物理性能参数。经3D打印机固化成型，后处理只需水洗和紫外灯箱固化，即可得力学性能与常规树脂相近的样品，对人体无害且后处理过程安全、环保，打印得样品已少量交付客户使用；
- 2、齿科用光固化树脂研发及应用，已成功研发可用于齿科模型打印树脂，并与实际应用厂家合作开展稳定性，精准度等相关方面合作；
- 3、联合开发了新能源电池用云母绝缘阻燃隔板，产品绝缘性能和阻燃性能达到国内领先，已向国内知名能源企业亿纬锂能提供样件，与部分供应商签订了供货合同，主要应用于小型储能电站、新能源汽车电池的阻燃；有力推动了七色珠光云母产品的转型升级，打入能源领域；
- 4、与七色珠光材料股份有限公司联合申报2023年柳州市科技重大科技专项“新能源动力电池用云母阻燃材料的关键技术研究及应用”的项目；

三、学科发展与人才培养

1. 支撑学科发展情况

中心坚持产业需求导向，以工程技术创新为核心，以依托学科和相关学科的技术为基础，凝练会聚研究方向，巩固基础研究优势，重点开展了材料微结构、硅材料、建筑节能环保材料、复合材料等科学研究，突破了硅材料、建筑节能、复合材料等工程应用技术，为信息显示、太阳能电池、玻璃等行业和产业的转型升级与高质量发展提供了科技支撑，服务国家和区域经济，同时在微孔晶体材料的主客体组装原理及其光子功能调控机制基础研究方面取得重大突破，获浙江省自然科学一等奖1项、中国建材联合会技术发明一等奖1项。韩高荣教授带领团队发展数据驱动的信息电子玻璃体系设计方法，加速了信息电子玻璃新配方的开发，参与首创中国特色的铂金流道超薄浮法工艺，集成高效熔化澄清均化和超薄浮法成形技术，突破了美国康宁公司溢流工艺和日本旭硝子公司真空脱泡的专利壁垒，发明了具有中国特色“高效熔化澄清、精密浮法成形”的高世代液晶玻璃基板生产技术路线。这些突破推动了浙江大学材料学科的高质量发展，提升了材料学科的国内外学术影

响力和工程技术应用水平，为相关企业的转型升级与快速发展提供了强有力的人才与技术支持。

2. 人才培养情况

中心现有50名固定研究人员，其中37人为高级职称、具有博士学位者37人。中心现有中国科学院院士2人、浙江省特级专家5名、教育部长江学者特聘教授2名，国家杰青6人。

2023年度，中心毕业博士生26人、硕士生36人，张玲洁研究员获得国家自然基金委优青项目资助，皮孝东教授获评中组部万人计划领军人才。目前，工程中心队伍状态稳定，人才培养质量不断提高。

3. 研究队伍建设情况

无

四、开放与运行管理

1. 主管部门、依托单位支持情况

中心依托单位浙江大学，为中心在各方面提供了强有力的支持。浙江大学制定了一系列的科研基地管理办法，包括指导意见、管理细则、分类考核制度等，规范各类科研基地的日程运行管理。此外，浙江大学还出台了《浙江大学公用房管理办法》（浙大发房〔2014〕14号）等政策，为各类科研基地的科研场所提供保障；出台了《浙江大学博士研究生招生指标分配方案(试行)》（浙大研院〔2014〕25号）等政策，为科研基地高层次人才의招生名额给予支持；出台了《浙江大学仪器设备资产管理办法》（浙大发设〔2015〕1号）等政策，给予实验室开放共享好的大型仪器设备维修费补助。在学校政策的基础上，中心也出台了自己的系列管理文件，在日常运行中严格执行相关规定。2023年度，依托单位浙江大学为中心提供相对集中的科研场所5000平米。同时，每年安排专项经费支持中心日常运行，用于材料购置、学术交流等。在人才引进方面，浙江大学也提供了优越的薪资待遇、住房保障等，吸引青年才俊加盟。本年度中心依托浙江大学在读硕士研究生 87名，博士研究生57名。同时，通过校内科研、人才计划，给与中心年轻教师专项经费支持。中心还注重开放交流，与浙大宁波科创中心、浙大杭州国际科创中心、浙大温州研究院及太阳能、锂电池、建筑节能等相关企业均有合作交流，同时也为合作交流的临时人员提供了工作场地和科研仪器等工作条件。

2. 仪器设备开放共享情况

2023年，工程中心相关实验室继续采取积极措施提高仪器的使用效率，除少数专用设备外，大部分的仪器设备已纳入浙江省、浙江大学、杭州市以及宁波科创中心等共享管理平台

。本年度对仪器管理操作人员的职责提出了相应的更高要求，各共享的仪器设备分别制定了对不同使用者的各种优惠政策，提高了机时率，这对提高中心的学术水平和影响起到了一定的积极作用。62台套大型仪器设备的使用率一般在65%以上，XRD、SEM、XPS等多台仪器的使用率继续保持超高的服务机时测试质量提升，同时新增的AFM、3D打印机等设备开始科研服务，公共平台设备的运行总体状况良好。

3. 学风建设情况

2023年是党的二十大后开局之年，表面与结构改性无机功能材料教育部工程研究中心师生员工继续深入学习和贯彻党的二十大精神，以习近平新时代中国特色社会主义思想理论为指导，不断加强自身理论学习，不断提高业务能力，推动中心各项事业稳步前进。中心人员定期进行党支部学习活动，结合线上、线下及实地参观等方式，积极学习党史、国家科研政策以及警示教育活动，树立爱党爱国坚定信念，夯实基础、发挥专业特色，促进技术转化，以国家战略需求为导向，集聚力量进行原创性引领性科技攻关，为宽禁带半导体、信息显示、建筑光伏一体化等行业和产业发展提供强有力人力和技术支持。

4. 技术委员会工作情况

2023年3月26号，表面与结构改性无机功能材料工程研究中心迎来了教育部考察组，对中心五年的建设和发展进行评估。工程中心技术委员会主任、中国科学院院士邹志刚教授、工程中心主任韩高荣教授、工程中心技术委员会委员、浙大材料学院院长朱铁军教授等出席评估会议。专家组仔细听取了中心负责人的工作汇报，现场考察了中心场地和设施，与中心学术骨干、青年教师、学生代表等座谈，细致了解中心建设与发展情况。工程研究中心针对我国多个行业的重大需求，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”四大方向开展工作，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、省科学技术一等奖2项、教育部科技进步二等奖1项、省科学技术二等奖2项，为我国相关行业的发展和转型升级做出了突出贡献。工程研究中心形成了梯队合理的高水平创新团队，突破了半导体硅材料缺陷工程、浮法玻璃表面镀膜、光伏用单晶硅铸造、硅负极原位复合调控、照明与显示LED镀膜等关键核心技术，促进了相关产业的发展，支撑了浙大材料科学与工程学科成为国内双一流建设学科和国际一流学科。

五、下一年度工作计划

近三年以来，工程中心集中基础研究和校企研发平台力量，依托浙大宁波科创中心（韩高荣教授）推动镀膜技术转化与工程应用，依托浙大温州研究院（叶志镇院士）推动LED显

示材料技术转化与工程应用，依托浙大杭州国际科创中心（杨德仁院士）推动碳化硅、氧化镓等宽禁带半导体单晶材料的研发及其功率器件的技术应用。 2024年度工程中心主要工作计划如下：

- (1) 进一步加强SiC、Ga2O3晶圆生长的基础研究，提升产品质量，实现批量化制备；
 - (2) 继续加大彩色玻璃、太阳能电池玻璃相关技术领域的研发力度，突破该方向上的一些关键卡脖子问题与技术；
 - (3) 深入开展复杂氧化物单晶薄膜材料的低温外延生长研究，解决尺寸、组分调控难题，研制低剂量、高灵敏、高稳定的光电与X射线探测与成像器件；
 - (4) 设计合成系列含过渡金属和稀土离子的有序微孔材料，研究组装方法和制备技术与微孔材料的结构、性能之间的关联规律，探索微孔材料在气体存储分离、荧光传感和微纳光子器件等领域的应用；
- 持续支持工程中心青年教师争取浙江省与国家层次的人才计划、承担重点、重点大科研项目；以国家重大需求和企业关键技术要求为导向，通过深入基础研究，促进技术转化，提高产品竞争力，培养和锻炼一支高水平的科技与产业转化团队。

六、问题与建议

工程中心流动研究人员减少，需要科研专属场地和科研专项经费的长期支持。

七、审核意见

（工程中心负责人、依托单位、主管单位审核并签章）

工程中心负责人审核意见： 经审核，确认以上填报内容真实有效。 <div>工程研究中心主任： 年 月 日</div>	
依托单位审核意见： 情况属实，同意上报。 <div>依托单位： (单位公章) 年 月 日</div>	

八、年度运行情况统计表

研究方向	研究方向1	半导体硅材料缺陷工程		学术带头人		杨德仁
	研究方向2	表面镀膜技术		学术带头人		韩高荣
	研究方向3	溶胶-凝胶改性技术		学术带头人		杨辉
	研究方向4	原位复合结构调控技术		学术带头人		钱国栋
工程中心面积	5000.0 m ²			当年新增面积		0.0 m ²
固定人员	50 人			流动人员		33 人
获奖情况	国家级科技奖励	一等奖	0项	二等奖	0项	
	省、部级科技奖励	一等奖	2项	二等奖	0项	
当年项目到账总经费	3020.0万元	纵向经费	1250.0万元	横向经费	1770.0万元	
当年知识产权与成果转化	专利等知识产权持有情况	有效专利	52项	其他知识产权	0项	
	参与标准与规范制定情况	国际/国家标准	0项	行业/地方标准	0项	
	以转让方式转化科技成果	合同项数	5项	其中专利转让	2项	
		合同金额	700.0万元	其中专利转让	230万元	
		当年到账金额	300.0万元	其中专利转让	230.0万元	
	以许可方式转化科技成果	合同项数	2项	其中专利许可	2项	
		合同金额	280.0万元	其中专利许可	280.0万元	

				当年到账金额	200.0万元	其中专利许可	200.0万元
		以作价投资方式 转化科技成果		合同项数	0项	其中专利作价	0项
				作价金额	0.0万元	其中专利作价	0.0万元
		产学研合作情况		技术开发、咨询 、服务项目合同 数	6项	技术开发、咨询 、服务项目合同 金额	1000.0万 元
当年服务情况		技术咨询		2次		培训服务	20人次
学科发 展与人才 培养	依托学科 (据实增删)	学科1	材料科学	学科2		学科3	
	研究生 培养	在读博士	57人		在读硕士		87人
		当年毕业博士	26人		当年毕业硕士		36人
	学科建设 (当年情况)	承担本科课程	640学时	承担研究生 课程	480学时	大专院校 教材	0部
研究队 伍建设	科技人才	教授	21人	副教授	7人	讲师	0人
	访问学者	国内		0人	国外	0人	
	博士后	本年度进站博士后		6人	本年度出站博士后		3人