

附件：

2025 年度四川省科学技术奖拟提名项目公示信息 (十四)-2

一、项目名称

衍射光场调控与偏振成像应力双折射检测关键技术及应用

二、项目简介

在高品质光学玻璃、新型半导体晶圆、光学镜头等关键材料制造中，内部应力与缺陷的精确检测是决定产品性能与可靠性的核心环节。长期以来，我国在该领域的高端检测装备严重依赖进口，设备价格昂贵、技术封锁严密，导致下游产业成本高企、自主可控能力不足，已成为制约我国光学与半导体产业向高端迈进的“卡脖子”难题。然而，传统应力检测方法普遍存在测量速度慢、精度低、难以适应工业化量产对高效率、高一致性的严苛要求，无法实现全场快速、定量化检测等关键技术难题。

本项目在国家重点研发计划、产业技术攻关等项目支持下，围绕“衍射光场调控与偏振成像应力双折射检测”的关键技术及应用，系统突破了偏振成像探测器、微结构光学器件、智能检测算法等关键技术与核心器件，实现了从原理创新、器件自主研发到系统集成与产业化的全链条突破，旨在打造具有国际竞争力的高端应力检测装备，推动相关行业实现国产化替代与产业升级。本项目主要创新如下：

一、针对传统偏振应力检测设备效率低、只能单点扫描、系统复杂笨重的技术瓶颈，提出了基于微偏振片阵列的集成化、全视野、高精度应力检测技术。通过将自主研发的微偏振片阵列与 CCD 像素一一对应，取代传统旋转波片结构，实现了全视野偏振态同步采集，单次曝光即可获取四个偏振方向的图像，测量时间缩短至 1 秒以内；结合高均匀照明与精密对准技术，实现了设备小型化、高精度，测量精度提升至优于 0.1nm/cm ，为大口径光学元件与玻璃制品提供了高速、高精度的全场应力分布检测手段。

二、针对传统衍射光学元件（DOE）功能单一、偏振调控与光场优化脱节、带宽适应性差的行业痛点，提出了基于亚波长光学器件的 DOE 衍射光场一体化、宽波段、自适应调控技术。通过将亚波长光栅单元集成于 DOE 相位结构中，首次实现“相位调制+线偏振过滤”协同功能；建立偏振-光场耦合模型，结合逆向设计与 CNN 改进优化，完成了 400-1100nm 宽波段范围内偏振度 $\geq 99.2\%$ 、均匀性 PV 值优于 5% 的高性能光场调控，确保了设备在不同材料与光谱条件下的优异检测性能。

三、针对化合物晶圆应力检测中本征双折射干扰大、工艺关联弱的行业难题，提出了化合物晶圆“应力-缺陷-工艺”智能闭环检测算法。基于双远心偏振光路与斯托克斯矢量测量，攻克了晶圆本征双折射抑制与瞬态应力提取关键技术，实现了最大 12 英寸晶圆全场应力分布的快速定量检测，测量时间从小时级缩短至 30 秒内，横向分辨率达 $25\ \mu\text{m}$ ；构建了应力分布与生长工艺

关联的深度学习模型，实现了晶圆内部微管、隐裂等缺陷的智能识别，形成“检测-诊断-优化”闭环品控系统。已在天岳先进、天科合达等龙头企业产线中批量应用，助力行业将晶圆片内应力水平降低至 4MPa 以下。

本项目成果可广泛应用于高品质玻璃、新型半导体晶圆、光学镜头等材料的内部应力与缺陷检测，已形成系列化检测装备，并在多家行业龙头企业实现示范应用。项目累计申请发明专利 13 项，软件著作权 14 项，发表 SCI/EI 论文 9 篇，发表专著 1 篇，形成自主知识产权体系。预计项目产业化后，可推动国内高端应力检测装备实现国产化替代，带动产业链价值超百亿元，显著提升我国在精密光学检测领域的自主可控水平和国际竞争力。

三、主要知识产权和标准规范等目录

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
发明专利	多波长光子筛复眼	中国	ZL201510131958.9	2017/9/15	第 2608304 号	西华大学	蒋文波，徐毅非，卜云，宋潇潇，张晓华	有效
发明专利	一种亚波长光子筛聚焦性能检测方法	中国	ZL201410317352.X	2016/7/6	第 2143873 号	西华大学	蒋文波	有效
发明专利	亚波长光学成像器件焦距测量装置及其测量方法	中国	ZL201811067021.X	2019/7/2	第 3440520 号	西华大学	蒋文波；卜云；王楠；任晓	有效
发明专利	亚波长光子筛复眼	中国	ZL201510103547.9	2017/8/29	第 2594873 号	西华大学	蒋文波，徐毅非，卜云，	有效

知识产权 (标准)类别	知识产权 (标准)具体名称	国家 (地区)	授权号(标准编号)	授权 (标准发布)日期	证书编号 (标准批准 发布部门)	权利人 (标准 起草单位)	发明人 (标准起草 人)	发明专利 (标准)有效状态
							宋潇潇, 张晓华	
发明专利	基于相位恢复的芯片掩模版瑕疵检测方法	中国	ZL202311091113.2	2023/12/15	第 6558074 号	成都中科卓尔智能科技集团有限公司	杨伟、王波	有效
发明专利	一种基于 YOLOv8 的缺陷检测方法	中国	ZL202410482951.0	2024/7/26	第 7232084 号	成都中科卓尔智能科技集团有限公司	杨伟, 袁鹏飞, 张小林	有效
发明专利	阵列反射式显微图像采集系统	中国	ZL201910743162.7	2024/7/12	第 7193486 号	苏州瑞霏光电科技有限公司	万新军、陶雪辰、苏程程、陈红豆、宋可、吕宋、解树平	有效
发明专利	阵列透射式显微图像采集系统	中国	ZL201910743158.0	2024/7/12	第 7187699 号	苏州瑞霏光电科技有限公司	万新军、陶雪辰、苏程程、陈红豆、宋可、吕宋、解树平	有效
发明专利	医用内窥镜的视角测量装置及测量方法	中国	ZL201811581937.7	2024/2/27	第 6747379 号	中国测试技术研究院	付天坤、冉庆、苏红雨	有效
计算机软件著作权	偏光应力仪操作系统 V1.4	中国	2025SR2029820	2025/10/21	软著登字第 16686018 号	成都中科卓尔智能科技集团有限公司	/	有效

四、论文专著目录

序号	论文（专著） 名称/刊名 /作者	年卷页码 （xx 年 xx 卷 xx 页）	发表时间 （年月 日）	通讯作 者(含共 同)	第一作 者（含 共同）	国内作者	他引总 次数	检索数 据库	论文署 名单位 是否包 含国外 单位
1	Wenbo Jiang, Xiaohua Zhang. Experimental testing of focusing properties of sub-wavelength photon sieves using exposure method [J].Journal of Nanophotonics,	2016, 10(2):02 6003(1-9).	2016 年	蒋文波	蒋文波	蒋文波, 张晓华	8	SCI 数据库	否
2	Wenbo Jiang, Song Hu, Yu He, Yun Bu. An artificial compound eye of photon sieves [J]. Optics and Laser Technology	2015, 74(11):9 3-96	2015 年 11 月	蒋文波	蒋文波	蒋文波、胡松、何渝、卜云	6	SCI 数据库	否
3	Wenbo Jiang, Jun Wang, Xiucheng Dong. A novel hybrid algorithm for the design of the phase diffractive optical elements for beam shaping[J].Optics and Laser Technology	2013, 45(1):37- 41.	2013 年 2 月	蒋文波	蒋文波	蒋文波、王军、董秀成	15	SCI 数据库	否
4	Wenbo Jiang, Song Hu, Changqing Xie, Xiaoli Zhu, Lixin Zhao, Weicheng Xie, Jun Wang, Xiucheng Dong. Fabrication of submicron photon sieve using E-beam lithography and X-ray lithography [J]. Microelectronic Engineering	2011, 88(10):3 178-3181	2011 年 10 月	蒋文波	蒋文波	蒋文波、胡松、谢常青、朱效立、赵立新、谢维成、王军、董秀成	9	SCI 数据库	否
5	高分辨率偏振成像光学系统应力双折射在线检测系统[J]. 探索科学	2025, 18: 139-140	2025 年 9 月	卿光亚	付天坤	付天坤、卿光亚、卿光弼、蔡小先、杨伟	2	龙源	否

合 计	40	SCI 数据库	否
-----	----	---------	---

五、主要完成人

姓名	排名	技术职称	完成单位	工作单位
杨伟	1	教授	成都中科卓尔智能科技集团有限公司	成都中科卓尔智能科技集团有限公司
蒋文波	2	教授	西华大学	西华大学
万新军	3	讲师	苏州瑞霏光电科技有限公司	苏州瑞霏光电科技有限公司
付天坤	4	高级工程师	中国测试技术研究院机械研究所	中国测试技术研究院机械研究所
卿光弼	5	研究员	成都中科卓尔智能科技集团有限公司	成都中科卓尔智能科技集团有限公司
赵智亮	6	教授	西华大学	西华大学
李鑫磊	7	工程师	成都中科卓尔智能科技集团有限公司	成都中科卓尔智能科技集团有限公司

六、完成单位

排名	单位名称
1	西华大学
2	中国测试技术研究院机械研究所
3	成都中科卓尔智能科技集团有限公司
4	苏州瑞霏光电科技有限公司