

2026 年度陕西高等学校科学技术研究优秀成果公示信息

奖励类别	技术发明、开发、推广类				
奖励等级	一级				
成果名称	结构光照明活细胞显微成像技术				
推荐单位	西安电子科技大学				
主要完成人情况					
排名	姓名	技术职称	工作单位	完成单位	工号（仅校内完成人填写）
1	郜鹏	教授	西安电子科技大学	西安电子科技大学	6757
2	姚保利	研究员	中国科学院西安光学精密机械研究所	中国科学院西安光学精密机械研究所	/
3	戴太强	讲师	中国人民解放军空军军医大学第三附属医院	中国人民解放军空军军医大学	/
4	孔亮	副教授	中国人民解放军空军军医大学第三附属医院	中国人民解放军空军军医大学	/
5	但旦	研究员	中国科学院西安光学精密机械研究所	中国科学院西安光学精密机械研究所	/
6	郑娟娟	副教授	西安电子科技大学	西安电子科技大学	6308
7	千佳	助理研究员	中国科学院西安光学精密机械研究所	中国科学院西安光学精密机械研究所	/
8	温凯	讲师	西安电子科技大学	西安电子科技大学	8262
9	吕前欣	讲师	中国人民解放军空军军医大学第三附属医院	中国人民解放军空军军医大学	/
10	闵俊伟	研究员	中国科学院西安光学精密机械研究所	中国科学院西安光学精密机械研究所	/
11	安莎	讲师	西安电子科技大学	西安电子科技大学	7705
主要完成单位					
排名	单位名称				
1	西安电子科技大学				
2	中国科学院西安光学精密机械研究所				
3	中国人民解放军空军军医大学				

代表性论文（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）	作者	论文署名单位
1	Enhancing Optical Sectioning in Structured Illumination Microscopy With Axially Confined Fringe Modulation/ <i>Laser Photonics Rev.</i>	2025年19卷 2401697	2025-01-29	Peng Gao, G. Ulrich Nienhaus	Jiaoyue Li	Jiaoyue Li, Xiaofei Chen, Kai Wen, Sha An, Juanjuan Zheng, Ying Ma, Xiaofang Wang, Dan Dan, Baoli Yao, G. Ulrich Nienhaus, and Peng Gao	1. 西安电子科技大学 2. 中国科学院西安光学精密机械研究所 3. Karlsruhe Institute of Technology
2	《数字全息显微》	2022年	ISBN 978-7-5606-6523-8	郜鹏	郜鹏	郜鹏, 姚保利, 郑娟娟, 戎路	西安电子科技大学

主要知识产权和标准规范等目录

序号	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

3	发明专利	一种基于结构光照明相位显微成像装置和方法	中国	ZL201910381679.6	2020-08-28	3961936	西安电子科技大学	郑娟娟, 郜鹏, 黄韶辉, 邵晓鹏	有效
4	发明专利	一种基于部分相干光照明的定量相衬显微成像装置	中国	ZL 2023 1 0107904.3	2025年09月23日	8290929	西安电子科技大学	郑娟娟, 王阳, 郜鹏, 卓可群, 马英, 安莎, 刘旻	有效
5	发明专利	Microfluidic Chip for Observing Living Cells and Experimental Method for Cell Culture	荷兰	2037625	2024年12月5日	202311105612.2	中国人民解放军空军军医大学	戴太强, 马英, 孔亮, 郜鹏, 姚保利, 但旦, 蔡卜磊, 刘富伟, 侯燕, 吕前欣, 康娟	有效
6	发明专利	一种基于数字微镜器件的高速结构照明光学显微系统及方法	中国	ZL201110448980.8	2014年03月26日	1368647	中国科学院西安光学精密机械研究所	雷铭, 姚保利, 但旦, 李泽, 严绍辉, 杨延龙, 叶彤	有效
7	发明专利	基于单色宽展结构光照明的光切片显微成像装置及方法	中国	ZL 2023 1 1009650.8	2025年08月08日	8145899	西安电子科技大学	郜鹏, 李娇月, 郑娟娟, 陈肖霏, 安莎, 马英, 郑驰, 高宇, 夏高飞	有效
8	发明专利	基于光栅投影和SLM相移的结构光照明显微装置及方法	中国	ZL 2022 1 0067260.5	2023年03月28日	5821393	西安电子科技大学	方翔, 温凯, 郜鹏, 马英, 刘旻, 郑娟娟, 胡浩, 王俊玲	有效

9	发明专利	一种基于焦点扫描结构光照明超分辨成像装置及方法	中国	ZL202110114091.1	2022年4月15日	5077669	西安电子科技大学	郜鹏, 雷云泽, 郑娟娟, 刘旻, 马英	有效
10	发明专利	基于光场旋转的稀疏扫描结构照明超分辨成像系统和方法	中国	ZL 2025 1 1393701.0	2025年12月16日	8577894	西安电子科技大学	安莎, 郭栩宏, 蔡仲夏, 温凯, 郑娟娟, 高鹏, 郜鹏	有效

成果简介

本成果属于信息光学领域。相比于电子显微镜，光学显微镜具有对样品损伤小，可对活体样品成像等优势，在生命科学领域扮演着重要的角色。光学显微镜具有重要的市场前景，2025年全球光学显微镜市场规模约为40亿美元，并以5.2%的复合增长率增长。然而，根据《2025年中国科学仪器行业全景图谱》，面向活细胞成像的高端光学显微镜是当前严重依赖进口的十种设备之一。《十四五规划和2035年远景目标纲要》中提出要“打好科技仪器设备国产化攻坚战，重点关注高价值、低国产率的科学仪器方向。”

高时空分辨活细胞显微成像技术研究一直是光学显微领域研究的热点。在生物医学领域，细胞是生命结构与功能的基本单元，也是组织再生与功能重建的核心载体。细胞生物学的核心使命是揭示细胞生命活动的内在规律，探索细胞的增殖、分裂、分化、衰老、死亡及运动等一系列有序进行的生理过程与化学反应。然而，当前针对活细胞动态生命活动和互作过程观测的显微成像技术存在荧光通道少、空间分辨率低、三维成像能力弱、成像深度浅等挑战，不能满足细胞生命活动跟踪观测的需要。

本项目在科技部重点研发计划、国家自然科学基金委等项目的支持下，围绕以上四大挑战历经十年基础研究和攻关，形成了一系列围绕着解决光学显微成像通道、空间分辨率、成像维度、成像深度的创新思想和核心专利技术，显著提升了活细胞显微成像镜主要指标，形成的国产替代产品在产业化和市场销售方面成效显著。

(1) 创建新理论：建立了基于交叉传递谱的部分相干光场多参量（强度、相位、偏振、相干性）调控和成像理论体系，为针对不同目标结构光场产生提供理论指导，也为研究结构光场照明下

相位/荧光成像规律和特点奠定理论基础。相关成果报道在 *Laser Photonics Rev.* (中科院 1 区, IF:10.0), *Science Advances* (中科院 1 区, IF:12.5)、*Scientific Reports* 等期刊上; 发表在 *Scientific Reports* 上的代表论文, 下载阅读量超过 4.8 万次, 被引 300 多次; 维基百科引用项目研究成果来介绍专业词条。

(2) 开发新技术: 提出了结构光照明数字全息三维层析显微成像方法, 实现了无标记活细胞高时空分辨三维相位成像, 以及对十种以上亚细胞器的同时成像。发明了基于数字微镜器件(DMD)调制光场和 LED 照明的结构光照明显微技术 (D-SIM), 分辨率达到 90nm 国际同类技术的最好水平, 三维成像速度比传统单点激光共聚焦显微技术提高 10 倍, 实现了全彩色 SIM 三维显微成像。提出了共振扫描稀疏结构光照明超分辨显微技术, 将传统超分辨显微技术的成像深度由 20 微米提升至 600 微米 (提升了一个数量级), 为脑组织等样品原位超分辨成像提供了技术支撑。相关成果授权核心发明专利二十余项 (专利转化 8 项), 撰写科技专著 2 部; 获批陕西省重点科技创新团队“超分辨光学成像创新团队”, 入选全国样板党支部, 获批“西安市超分辨光学显微技术工程研究中心”。研究成果在国际和国内学术会议做邀请报告 60 余次。

(3) 打造新产品: 研制出无标记高时空分辨定量相位显微镜, 可用于多种细胞器长时程跟踪观测。开发了结构光照明超分辨显微镜和光切片显微镜, 实现对荧光标记下不同细胞器特异性、超分辨、三维成像。在国家重点研发计划项目支持下联合永新光学研制国产高端荧光超分辨和三维显微镜并批量试产。研究成果孵化了陕西范纳尔光电科技有限公司 (2024 年入选国家高新技术企业); 相关发明专利转让给中科微星、西安欧益等公司实施, 促进企业新增产值 7000 余万元。研究成果曾获中国产学研合作创新奖、光电产业联盟“科技创新先锋奖”、日本“高速成像奖”、陕西省青年科技工作者创新创业大赛一等奖等。

(4) 开展医学医用: 所研制结构光照明活细胞显微镜已被第四军医大学、青海大学高原医学研究中心等多家科研单位应用, 在细胞生物学、神经生物学、微小动物形态学等生物医学研究中发挥了重要作用, 还开展在月球表面尘埃粒径原位检测上的应用。研究成果多次被中国科学报、人民网、科学网等媒体报道, 引起了广泛的社会关注, 产生了良好的社会效应。

完成人合作关系情况

序号	合作方式	合作关系人及排名	合作时间	合作成果
1	论文合著	郜鹏, 姚保利、但旦、郑娟娟、温凯、安莎	2020年-2025年	主要成果 1
2	共同知识产权	戴太强, 马英, 孔亮, 郜鹏, 姚保利, 但旦, 蔡卜磊, 刘富伟, 侯燕, 吕前欣, 康娟	2023年-2024年	主要成果 5 (发明专利)
3	共同立项	郜鹏, 孔亮, 戴太强, 但旦、温凯、郑娟娟、千佳, 温凯	2022年-2024年	科技部重点研发(国合专项) 2022YFE0100700
4	专著合著	郜鹏、姚保利、郑娟娟	2020年-至今	《数字全息显微》