

2025 年度陕西省自然科学奖公示要求

一、项目名称

光电传感器件的设计制备及多模态智能检测研究

二、提名者及提名意见

陕西省教育厅

意见：我单位认真审阅了该项目提名书及附件材料，确认全部材料真实有效，并按照要求对该项目的基本情况进行了公示，公示期间无异议。根据《陕西省科学技术厅关于做好 2025 年度省科学技术奖提名工作的通知》，参照陕西省自然科学奖评定条件和评定标准，提名该项目为陕西省自然科学奖二等奖。

三、项目简介

在国家“四个面向”及十四五重大战略部署中，光电传感与智能检测技术是面向世界科技前沿的关键制造技术之一，为高性能电子装备的智能化、数字化提供强力支撑。近年来，申请者主要进行**光电材料构建加工及智能检测**研究，以数值分析、模拟仿真、实验验证为技术手段，结合机器学习新方法，进行了“**发光调制及性能优化、光电材料构建及制造、光电传感及智能检测**”三方面的研究，构建了光电磁材料数据库、增材制造故障数据库等，大幅提高了**光电故障检测和健康运维的实时性和准确率**。申请者在光电材料器件集成制造与智能检测这一交叉研究领域，主要进行了光电传感理论技术及智能算法软硬件应用开发研究，**创新地将启发式算法及机器学习算法结合组合化学**应用于光性能优化，采用 DDA、FDTD、ANSYS、Comsol 等对不同流体、力学、温度、电场下的材料、器件进行光电性能模拟；构建了**异质异构光电功能材料**，并进行**集成制造工艺探索**，得到了国内外同行的积极评价；研发了**电磁雾化仪器用于构建极端环境**，实现了**数据增强与病害数据集建立**，**创新开发了文本-光谱-图像融合智能算法**，光电传感及精准故障诊断研究成果应用转化于国防工业及医疗领域。

申请者现在为西安电子科技大学机电工程学院教授、博士生导师，获“**洪堡学者**”、“**陕西省杰出青年人才**”、“**三秦特殊支持计划青年拔尖人才**”等。现任**高性能电子装备机电集成制造全国重点实验室“光电集成制造与智能检测 BIT”**中心主任，主持包括国家自然科学基金项目（面上项目、青年 C 项目）、省部级项目、横向项目等项目 20 余项，发表 SCI 论文 106 篇，被引用 4500 余次（H 指数 36），授权专利及软著 20 余项。申请者是中国稀土学会发光分会委员，中国机械工程学会机械设计分会青年委员，中国机械工程学会增材制造分会青年委员，中国光学学会生物医学光子学青年委员。申请者发表**第一/通讯作者 SCI 论文 81 篇**，包括 IEEE Trans.、InfoMat、ACS Nano、Small、Chem. Eng. J.、Sensor Actuat. B、Chinese J. Cata.、Renew. Sust. Energ. Rev.、Coordin. Chem. Rev.、Analy. Chem.、Adv. Health. Mater.、Comput. Biol. Med.、Opt. Lett.、J Phys. Chem. Lett.、J. Rare Earth.等中科院一区/TOP 杂志，ESI 高被引论文 6 篇，封面论文 12 篇，**单篇最高引用 350 余次**。出版《**稀土发光调制**》专著（2023）1 部、参编 Wiley 专著 1 部。

四、客观评价

申请人的工作成果在高性能电子装备的光电传感与智能检测领域具有深远的科学意义，论文被引用 4600 余次，得到国内外专家学者的积极评价，陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖 2 项（二等奖第一；一等奖第二）、徐叙珩发光学优秀青年学术论文奖、华为火花奖等，研究成果应用于研究院所、企业和医院等。

(1) 光电材料构建及工艺优化的学术论文得到国内外院士专家的积极评价和大幅引用,并产生了经济效益。在光电材料构建及工艺优化方面,申请人通过模拟与实验结合,创新性地设计和合成了具有独特结构功能化的稀土荧光材料,这不仅丰富了光电材料体系,还为光电传感应用提供了多功能材料基础。在光机电热多场耦合电磁模型方面,申请人利用先进的数值模拟和机器学习技术,实现了对不同材料和器件在复杂环境下的电磁性能准确预测与逆向优化。(a)清华大学张洪杰院士在 *Coordin. Chem. Rev.* 上大幅引用申请者的论文,认为申请者的工作“在合成方法上采用 w/o/w 双乳液方法,具有 pH 响应功能和 NIR II 荧光成像”;此外,张洪杰院士在 *Adv. Funct. Mater.* 和 *Light Sci. Appl.* 中,认为申请者的工作“基于近红外(NIR)方法具有效率高、选择性高等优点。”(b)普渡大学的 Young L. Kim 在 *Adv. Mater.* 杂志上发表题为“Photonic Nanomaterials for Wearable Health Solutions”的综述论文,大幅引用并积极评价申请人采用 CoOOH 与稀土的 FRET 效应进行葡萄糖和 H₂O₂ 检测的工作,如“FRET-based fluorescence, which relies on energy transfer between two light-sensitive NMs, improves sensitivity in detecting metabolic imbalances and early indicators of dehydration or skin infections...”。认为申请者的设计策略提高了监测的灵敏性,柔性膜实现了实时监测“Cobalt oxyhydroxide (CoOOH)-coated NaGdF₄ UCNP’s fluorescence changes triggered by H₂O₂ in sweat provide real-time support for diabetes management...”。(c) Ramon 在 *Chem. Rev.* 中大幅引用,认为“该体系设计巧妙,能够将带柠檬酸根的 Au 纳米粒子担载在 PEG 修饰的发光材料上,并且能够产生 980 nm 近红外光照射下的增强发光”。(d)国家纳米中心主任赵宇亮院士在 *Adv. Mater.* 综述中大幅引用申请者发表在 *ACS Nano* 和 *Chem. Mater.* 的两个体系,认为所设计空心氧化钪原位生长 CuS 工艺稳定安全。(e)陈学恩院士在 *Adv. Sci.* 中采用申请者所开发的偶联技术。(f)国外专家 Mahalingam 在 *Nanoscale* 里引用申请者 3 篇文章,认为申请者进行在体温度传感的工作非常新颖。“There are quite a few reports on the use of Ln³⁺-doped nanomaterials for the detection of toxic metal ions and other small molecules”。(g)荷兰 Freddy T. Rabouw 在 *ACS Nano* 中积极评价的发光调制策略,“... optimize core-shell NC geometries and doping concentrations to boost upconversion intensities”。以及其他四十多个国家专家学者(比如德国的 Felix F. Loeffler 在 *Adv. Mater.*、比利时的 Kaczmarek 在 *Chem. Commun.*、董斌在 *Nature Commun.* 等)的积极评价和正面报道,并被认为在发光调制、光电传感、工业检测领域具有先进性。开发的电磁波无声爆破仪器应用在西安公路研究院,应用转化产生了至少 500 万元的经济效益。

(2) 光电传感及故障检测软硬件应用转化在国防工业及医院。在光电传感和智能检测软硬件方面,申请人开发的实时监测与精准故障诊断系统,以及针对特定应用场景的智能检测系统,显著提升了检测效率与精度,为国防工业领域的高质量发展提供了重要保障,为国民健康贡献了科研工作者的科技力量。(a)开发的负压爬墙机器人,用于墙面、桥梁、桥墩实时检测,融合不同的边缘算子在神经网络模型中,实现高精度桥梁和路面裂纹标记,应用于至少 1000 公里的高速公路实时准确病害检测。通过多次实地测试与验证,系统对公路病害的识别准确率达到 95% 以上,有效避免人工检测中可能存在的漏检、误检;系统可生成详细病害报告,包括病害类型、位置、面积、严重程度等信息,避免了检测人员长时间在危险路段作业的风险。(b)其他光电传感及检测的应用获批软著 10 余项,眼科疾病早筛系统应用于 10 余家公司及医院,肺癌诊断软硬件应用于陕西肿瘤医院。比如申请者与西安有色金属研究院、西安赛隆增材技术股份有限公司共推“增材制造多源信息融合”软硬件的工业应用,获陕西省重点研发计划项目支持,预期支持期内增加产值 1000 万元,目前正在进一步推进软硬件落地。

五、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)	国内作者
1	In Situ Growth Strategy to integrate Up-Conversion Nanoparticles with Ultrasmall CuS for Photothermal Theranostics	ACS Nano	Ruichan Lv, Piaoping Yang, Bo Hu, Jiating Xu, Wenting Shang, Jie Tian	2017 .11(1):1064-1072	2016 年 12月 13日	Piao ping Yan g, Jie Tian	Ruic han Lv	吕锐婵, 杨飘萍, 胡波, 徐加廷, 尚文婷, 田捷
2	Enhanced Upconversion Luminescence-Guided Synergistic Antitumor Therapy Based on Photodynamic Therapy and Immune Checkpoint Blockade	Chemistry of Materials	Bi Lin, Jun Liu, Yanxing Wang, Fan Yang, Liyu Huang, Ruichan Lv	2020 .32,11,4627-4640	2020 年 04月 22日	Rui chan Lv	Bi Lin, Jun Liu, Yan xing Wan g	林碧, 刘军, 王燕兴, 杨凡, 黄力宇, 吕锐婵
3	Targeted Luminescent Probes for Precise Upconversion/NIR II Luminescence Diagnosis of Lung Adenocarcinoma	Analytical Chemistry	Ruichan Lv, Yanxing Wang, Bi Lin, Xiangrong Peng, Jun Liu, Weidong Lü, Jie Tian	2021 年 93卷 1984-4992 页	2021 年 03月 02日	Ruic han Lv, Jie Tian	Ruic han Lv, Yan xing Wan g, Bi Lin, Xian grong Peng	吕锐婵, 王燕兴, 林碧, 彭向荣, 刘军, 吕卫东, 田捷
4	Coumarin derivative dye sensitized NaYbF ₄ :Yb, Er nanoparticles with enhanced NIR II luminescence for bio-vascular imaging	Journal of Rare Earths	Yaqun Ma, Zhan Wang, Yanxing Wang, Zhenghao Liu, Yukun Wang, Ruichan Lv	2023 年 41卷 1843-1849 页	2022 年 09月 10日	Ruic han Lv	Yaq un Ma	马亚群, 王展, 王燕兴, 刘正浩, 王宇坤, 吕锐婵
5	Electromagnetic induction for reinforced concrete bursting: principles, simulations, experiments, and applications	Optics Letters	Min Wang, Zhan Wang, Zhaojun Chen, Xiaopeng Wang, Ruichan Lv	2023 年 48卷 33-36 页	2023 年 01月 01日	Ruic han Lv	Min Wan g, Zha n Wan g	王民, 王展, 陈兆均, 汪小鹏
6	稀土发光调制-理论与实践	西安电子科技大学出版社	吕锐婵, 王燕兴, 王展, 吕锐婵	2023 年	2023 年 02月 01日	吕锐 婵, 田 捷	吕锐 婵	吕锐婵, 王燕兴, 王展, 田捷

六、主要完成人情况

吕锐婵，西安电子科技大学机电工程学院教授/博导。洪堡学者，陕西省杰青。高性能电子装备机电集成制造全国重点实验室 PI，光电集成制造与智能检测中心主任。主持国家自然科学基金（面上、青年 C）、省部级（陕西省杰出青年、三秦特支青拔、省重点、省普通高校青年杰出人才等）、横向等 20 余项项目，总研究经费 1000 余万元；参与国家重点研发计划、国自然联合基金 3 项重点项目。发表 SCI 论文 100 余篇，引用 4500 余次，H 指数 36；其中第一/通讯作者 80 余篇，含中科院分区一区论文 30 余篇，包括 IEEE Trans.、InfoMat、ACS Nano、Small、Chem. Eng. J.、Sensor Actuat. B、Chinese J. Cata.、Renew. Sust. Energ. Rev.、Coordin. Chem. Rev.、Anal. Chem.、Adv. Health. Mater.、Comput. Biol. Med.、Opt. Lett.、J Phys. Chem. Lett.、J. Rare Earth.等顶刊，封面论文 14 篇，ESI 高被引论文 8 篇，授权专利、软著等 30 余项。现任中国稀土学会发光专业委员会委员，中国机械工程学会机械设计分会青年委员，中国光学学会生物医学光子学专委会青年委员等；获陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖 2 项（二等奖第一；一等奖第二）、徐叙瑢发光学优秀青年学术论文奖、华为火花奖等。

七、主要完成单位情况

西安电子科技大学

八、完成人合作关系说明

王燕兴系本项目的第二完成人，为第一完成人吕锐婵教授指导的博士研究生。本项目第一完成人吕锐婵教授和第二完成人王燕兴具有多篇论文的合作发表。