

陕西省自然科学奖公示信息

(2023年度)

项目基本情况

项目名称	多模态集成分子传感器关键技术研究与应用
主要完成人	吴春生、王平、张德文、杜立萍、王健、陈炜
主要完成单位	西安交通大学、浙江大学

提名意见

提 名 者	陕西省教育厅	提名等级	<input type="checkbox"/> 一等奖	<input checked="" type="checkbox"/> 二等奖及以上
提名意见: 西安交通大学及其合作单位浙江大学，在近 10 年内针对多模态集成分子传感器关键技术进行了系统研究，针对传统的分子检测方法存在的操作复杂、仪器昂贵，检测成本高等缺点，开发出用于适用于多种应用场景的分子传感技术，研究多种目标分子同时检测的多模态多参数检测和分析仪器。发表 SCI 期刊论文 30 余篇（其中 1 篇入选分析化学领域的权威期刊 Anal. Chem. 的封底、1 篇入选 ESI 高被引论文），出版学术专著 3 部。该项目创新成果显著，成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省自然科学奖提名条件。 提名该项目为陕西省自然科学奖二等奖。				

项目简介

海洋生物毒素是一类小分子化合物，由有毒赤潮藻类产生，并通过食物链在生物体内富集，对人类健康和公共安全都具有很大的影响。传统的海洋生物毒素检测方法包括生物学分析法和化学分析法。这些检测方法具有分析精准、结果可靠等优点，是海洋生物毒素检测的标准方法。但是随着经济的发展以及水产养殖业的快速增长，这些方法在实际应用中存在的问题也不断显现，比如伦理问题、操作复杂、仪器昂贵，检测成本高等，使其难以满足日益增长的海洋生物毒素检测需求。本项目针对上述难题，采用集成多模态传感芯片技术和微流控技术研制了用于海洋和环境水体中生物毒素现场实时快速检测的便携式自动分析仪器，研究多种生物毒素同时检测的多模态多参数检测和分析仪器。同时，结合微流控技术实现分析检测样品的少样本及自动进样的目的。对神经性贝毒生物毒素，检测限为 $50 \mu\text{g/L}$ ，检测范围 $100\text{-}800 \mu\text{g/L}$ ，且检测时间 0.5-2 小时。上述研究得到 国家自然科学基金委员会与金砖国家科技创新框架计划合作研究项目支持，已发表期刊论文 33 篇（其中 SCI 收录论文 30 篇，其中 1 篇入选分析化学领域的权威期刊 Anal. Chem. 的封底、1 篇入选 ESI 高被引论文）、会议论文 1 篇。获国家发明专利授权 3 项、软件著作权 6 项。申报国家发明专利 3 项（已公开）。参与培养博士后 2 人（已出站 1 人）、博士研究生 5 人（已毕业 3 人）、硕士研究生 2 人。参加国内外学术会议 10 次（其中邀请报告 1 次，专家报告 1 次），并与以色列希伯来大学、俄罗斯圣彼得堡信息技术与光机（ITMO）大学、英国伦敦玛丽女王大学等单位开展了国际合作与交流。

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	通讯作者	第一作者	国内作者	他引总次数	检索数据库	知识产权是否归国内所有
1	Scanning electrochemical photometric sensors (SEPS) for label-free single cell imaging and quantitative absorption analysis	Analytical Chemistry	Jian Wang#, Yulan Tian#, Fangming Chen, Wei Chen, Liping Du, Zhiyuan He, Chunsheng Wu*, De-Wen Zhang*	2020, 92: 9739-9744	2020	吴春生、张德文	王健、田玉兰	王健、田玉兰、陈芳明、陈婧	6	Web of Science核心合集	是
2	Folic acid-functionalized zirconium metal-organic frameworks based electrochemical impedance biosensor for the cancer cell detection	Sensors and Actuators B: Chemical	Liping Du, Wei Chen, Jian Wang, Wen Cai, Shu Kong, Chunsheng Wu*.	2019, 301: 127073	2019	吴春生	杜立萍	杜立萍、陈炜、王健、蔡文、孔澍、吴春生	29	Web of Science核心合集	是
3	Modulated light-activated electrochemistry at silicon functionalized with metal-organic frameworks towards addressable DNA chips	Biosensors and Bioelectronics	Jian Wang, Zhao Yang, Wei Chen, Liping Du, Bo Jiao, Steffi Krause, Ping Wang, Qiuping Wei, De-Wen Zhang*, Chunsheng Wu*	2019, 146: 111750	2019	张德文、吴春生	王健	王健、杨昭、陈炜、杜立萍、焦婧	10	Web of Science核心合集	是
4	Functional expression of olfactory receptors using cell-free expression system for biomimetic sensors towards odorant detection	Biosensors and Bioelectronics	Fangming Chen#, Jian Wang#, Liping Du, Xu Zhang, Fan Zhang, Wei Chen, Wen Cai, Chunsheng Wu*, Ping Wang*	2019, 130: 382-388	2019	吴春生、王平	陈芳明、王健	陈芳明、王健、杜立萍、张	11	Web of Science核心合集	是

5	Synthesis, Functionalization, and Applications of Metal-Organic Frameworks in Biomedicine	Dalton Transactions	Wei Chen, Chunsheng Wu	2018, 47: 2114-2133	2018	吴春生	陈炜	陈炜、吴春生	145	Web of Science核心合集	是
6	Micro/Nano Cell and Molecular Sensors	Springer + Science Press, Beijing	Ping Wang, Chunsheng Wu, Ning Hu, Jimmy K. Hsia	ISBN: 978-981-10-1656-1	2016	王平	王平	王平、吴春生、胡宁			是
7	Bioinspired Smell and Taste Sensors	Springer + Science Press, Beijing	Ping Wang, Qingjun Liu, Chunsheng Wu, Jimmy K. Hsia	ISBN: 978-94017-7332-4	2015	王平	王平	王平、刘清君、吴春生			是
8	Biomedical Sensors and Measurement	Springer + Zhejiang University Press: Hangzhou	Ping Wang, Qingjun Liu, Chunsheng Wu, Jimmy K. Hsia	ISBN: 9787308100694	2012	王平	王平	王平、刘清君、吴春生			是
合 计								201			
补充说明（视情填写）：											

六、主要完成人情况表

姓 名	吴春生	排 名	1
行政职务	基础医学院生物物理学系主任		
技术职称	教授		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献：发现点 1、2、3 的主要贡献者。负责项目的总体学术思想、制定技术路线和研究方案；提出了多模态集成分子传感器的设计思想；进一步揭示了多模态集成分子传感器的工作机理。获得了分子传感器的一些重要特性，并应用于仿生气味分子检测以及海洋毒素检测的实际应用，为推进多模态集成传感器基础应用研究奠定了基础。5 篇代表性论文的通讯作者、3 部代表性专著的副主编。			

姓 名	王平	排 名	2
行政职务	浙江大学生物传感器国家专业实验室主任		
技术职称	教授		
工作单位	浙江大学		
完成单位	浙江大学		
对本项目主要学术贡献：发现点 1、2、3 的主要参与者。参与项目技术路线和研究方案的制定，负责开发多模态集成传感器，并应用于海洋毒素检测的实际应用，为推进多模态集成传感器基础应用研究奠定了基础。代表性论文 4 的通讯作者、3 部代表性专著的主编。			

姓 名	张德文	排 名	3
行政职务	基础医学院医学工程研究所副所长		
技术职称	研究员		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献：对创新点 1 和 2 具有重要贡献，负责集成光电化学传感与检测系统开发。对传统光寻址电位传感器的半导体/绝缘层/电解液结构模型进行改进，将半导体/电解液界面用于光电化学传感，突破德拜长度的敏感距离限制，为多通道目标分子检测建立了理想的光电化学传感检测平台。代表性论文 1 和 3 的通讯作者，其中 1 篇入选分析化学领域的权威期刊 Analytical Chemistry 的封底。在该项目中的工作量占本人的工作量的 80% 以上。			

姓 名	杜立萍	排 名	4
行政职务	无		
技术职称	副教授		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献：发现点 2 的主要贡献者。负责基于微纳器件的分子传感器的设计和开发，构建了可以用于特异性味觉物质检测和肿瘤细胞检测的分子传感器，并对其传感机理进行了深入研究，推进了分子传感器的基础应用。代表性论文 2 的第一作者，代表性论文 1、3、4 的共同作者，参与编写了 3 部代表性专著。			

姓 名	王健	排 名	5
行政职务	无		
技术职称	副教授		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献：对创新点 1 和 2 具有重要贡献，负责光寻址电位传感器系统的搭建与测试。构建光寻址电位传感器系统，用于多通道目标分子的传感与检测，推进了多种生物毒素同时检测的多模态多参数检测和分析仪器的研发。代表性论文 1 和 3 的第一作者，代表性论文 4 的共同第一作者。在该项目中的工作量占本人的工作量的 80% 以上。			

姓 名	陈炜	排 名	6
行政职务	无		
技术职称	副教授		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献：对发现点 1、2 具有重要贡献。负责分子传感器的敏感材料的制备与表征，参与构建了多种分子传感器，分别用于特异性气味分子的检测以及海洋生物毒素的检测，通过敏感材料改进，提升了传感器的检测性能。代表性论文 5 的第一作者，代表性论文 1-4 的共同作者。			

七、主要完成单位情况表

单位名称	西安交通大学
对本项目主要学术贡献:	
西安交通大学为本项目的顺利实施提供了实验场地，水电供应，研究经费支持等条件。	
通过本项目的研究，获得了以下成果：	
本项目研究成果具有原创性，对于生物医学传感技术的发展具有指导意义。研究工作得到国际生物传感领域著名专家和国内同行的积极评价。研究成果“国家自然科学基金优秀成果对接活动”，促进研究成果面向国民经济社会发展重大需求的转化。获得国家自然科学基金委员会与金砖国家科技创新框架计划合作研究等项目的资助。	
总之，西安交通大学对该项目的完成和成果的获得起到了重要的支撑和保证作用。	

单位名称	浙江大学
对本项目主要学术贡献:	
浙江大学为本项目的部分合作研究内容的顺利实施提供了实验条件和研究经费支持，并拓展了研究成果的推广、提升了学术影响力。通过本项目的合作研究，获得了以下成果：	
基于本项目的研究成果，建立了以医工交叉为特色的生物医学传感与检测技术研究平台，重点结合现代工程技术手段，针对生物医学和临床实践面临的难题，开发新型生物医学传感器和疾病诊断治疗技术及仪器，对推动生物医学传感技术的实际应用具有重要意义。	
总之，浙江大学对该项目的合作研究以及成果推广方面起到了重要作用。	

完成人合作关系说明

1. 完成人吴春生、王平、杜立萍共同完成了代表性论文 3；专著 1, 2, 3
2. 完成人吴春生、张德文、王健共同完成了代表性论文 1, 3
3. 完成人吴春生、杜立萍、陈炜共同完成了代表性论文 1, 2, 3, 4
4. 完成人吴春生、陈炜共同完成了代表性论文 5

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作时间	合作成果	证明材料
1	论文合著	王健、田玉兰、陈芳明、陈炜、杜立萍、贺志远、吴春生、张德文	2016-2022	Scanning electrochemical photometric sensors (SEPS) for label-free single cell imaging and quantitative absorption analysis	代表性论文 1
2	论文合著	杜立萍、陈炜、王健、蔡文、孔澍、吴春生	2016-2022	Folic acid-functionalized zirconium metal-organic frameworks based electrochemical impedance biosensor for the cancer cell detection	代表性论文 2
3	论文合著	王健、杨昭、陈炜、杜立萍、焦博、王平、魏秋萍、张德文、吴春生	2016-2022	Modulated light-activated electrochemistry at silicon functionalized with metal-organic frameworks towards addressable DNA chips	代表性论文 3
4	论文合著	陈芳明、王健、杜立萍、张绪、张帆、陈炜、蔡文、吴春生、王平	2016-2022	Functional expression of olfactory receptors using cell-free expression system for biomimetic sensors towards odorant detection	代表性论文 4
5	论文合著	陈炜、吴春生	2016-2022	Synthesis, Functionalization, and Applications of Metal-Organic Frameworks in Biomedicine	代表性论文 5
6	专著合著	王平、吴春生、胡宁、K. Jimmy Hsia	2012-2022	Micro/Nano Cell and Molecular Sensors	代表性专著 1
7	专著合著	王平、刘清君、吴春生、K. Jimmy Hsia	2012-2022	Bioinspired Smell and Taste Sensors	代表性专著 2
8	专著合著	王平、刘清君、吴春生、C.C.Liu	2012-2022	Biomedical Sensors and Measurement	代表性专著 3