**项目公示信息（自然科学奖）**

**一、项目名称：**具有异质外延界面的纳米复合陶瓷材料及其元器件关键技术

**二、提名者及提名意见**

提名单位：宝鸡市科学技术局

提名意见：该成果“具有异质外延界面的纳米复合及其元器件关键技术”，主要从事以下3个方向的理论基础研究和应用研究：构建异质外延界面开发高性能纳米复合电子陶瓷及其元器件，基于多层织构化纳米复合钛酸盐压电陶瓷的阵列电化学适体传感器，铁氧体基/钛酸钡“芯-壳”结构纳米复合陶瓷材料的制备及其介电性能、磁性调控。项目在这3个提出原创性科学发现点，具有很高的科学价值，在国内外自然科学界公认度高，产生了一定的影响，对推动介面科学和宝鸡文理学院等单位的相关学科发展起到了积极的促进作用。项目基于国家级、省市级纵向课题以及校企合作横向系列课题，基于构建异质外延界面有助于提升陶瓷材料相关物理性能理论，在《Nano Energy》、《Chemistry of Materials》等国际著名SCI源期刊发表学术论文30余篇（5篇代表性论文中，全为SCI 检索的Top或1区期刊论文；其中影响因子10以上的4篇），授权国家专利20余件，与项目相关的科研项目及科技获奖各10余项，建立了构建异质外延界面的新技术，开发了高性能纳米复合电子陶瓷及其元器件的新技术、高性能纳米复合电子陶瓷掺杂体的新技术等。项目所创造的成果为企业增值逾1亿元，为区域经济社会发展做出了较大的贡献。项目取得了较大的经济效益和社会效益。该成果材料齐全、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。特提名为陕西省自然科学奖二等奖。

**三、项目简介**

 本项目“具有异质外延界面的纳米复合及其元器件关键技术”由宝鸡文理学院、西安交通大学、香川大学、西北大学、陕西烽火诺信科技有限公司、宝鸡健盛全电子科技有限公司、宝鸡嘉琦金属有限公司、深圳市新宜康科技股份有限公司、深圳市坤邑紫垣科技有限公司等单位共同完成。项目始于2011年，到2020年3月历时10年，成果实施应用均在2年以上，并产生了显著经济效益和社会效益。项目涉及国家级、省市级纵向课题以及校企合作横向系列课题共12项，实施意义及成效受到社会各界的认可和好评。项目实施获批国家专利20余件，建立了构建异质外延界面的新技术，开发了高性能纳米复合电子陶瓷及其元器件的新技术、高性能纳米复合电子陶瓷掺杂体的新技术等；项目基于构建异质外延界面有助于提升陶瓷材料相关物理性能理论，在《Nano Energy》（IF=16.602，SCI 1区Top期刊）、《Chemistry of Materials》等国际著名SCI源期刊发表学术论文30余篇（5篇代表性论文中，均为SCI检索Top或1区期刊论文），为高性能纳米复合陶瓷材料及其元器件开发提供可靠的理论根据和技术支持；项目所创造的成果为企业增值逾1亿元，为区域经济社会发展做出了较大的贡献；项目支撑了我校化学学科的发展、科研平台建设、人才培养质量的提升；项目曾先后获得宝鸡市科学技术奖二等奖2次。

项目主要从事以下3个方向的理论基础研究和应用研究。

（一）构建异质外延界面开发高性能纳米复合电子陶瓷及其元器件。采用旋转涂布、磁控溅射、异质外延生长和反应模板颗粒生长等技术，综合运用取向工程、电畴工程和应变工程，采取水热法、固相法、常压水相法，人工引入三维高密度异质外延界面，开发出了系列高性能纳米复合电子陶瓷/薄膜及其电子元器件，建立了在晶体、陶瓷颗粒间人工引入三维高密度异质外延界面开发高性能纳米复合陶瓷材料的系列新技术。开发的锰锌铁氧体纳米复合陶瓷材料成果转化应用到陕西烽火诺信科技有限公司，生产的军品打破了该类产品国外垄断的局面，为我国国防事业做出了一定的贡献；制备的钛酸盐纳米复合压电陶瓷，用于深圳市坤邑紫垣科技有限公司的压电传感系统，使系统无污染、可循环、体积小、结构简单、廉价易得等特点更加显著，促成其供电系统可以准确进行远程启停、故障修复、串并联改路等操作；基于钛酸盐纳米复合压电材料的传感特性开发的可穿戴器件，用于宝鸡健盛全电子科技有限公司的可穿戴设备，可以测出人的相关健康指标信息，无线网络会实时将这些信息传送给互联网，通过物联网进行云计算、大数据分析；以钛和羟基磷灰石为原料，采用粉末冶金、磁控溅射等技术制备的生物医用钛基复合材料，具有高的强度、韧性以及良好的生物兼容性而能被宝鸡嘉琦金属有限公司用于人工骨开发领域。本方向研究论依据充分，系统科学，部分成果达到了国际先进水平，应用前景广阔。本方向的研究和应用促使了多项课题的完成，促进多家企业产值提升，形成的知识产权申请了多件国家专利，理论成果在美国化学会等国际著名期刊上发表。本方向研究及应用曾获2017年宝鸡市科学技术奖二等奖。

（二）基于多层织构化纳米复合钛酸盐压电陶瓷的阵列电化学适体传感器。制备的多层织构化纳米复合钛酸盐陶瓷，具有有序纳米阵列外延异质界面，因此压电、介电性优异。将纳米复合钛酸盐陶瓷用于电化学传感器传感电极，当电化学传感器在检测物质时，由于逆压电效应所产生的电信号可被检测器可靠、稳定的接收，因此所制得的阵列电化学适体传感器具有高灵敏度、高选择性、高效率、同时检测多种目标物质等特点。本方向解决了阵列陶瓷电极上多种组分同时固定产生的交叉干扰，揭示适体结构和构象变化与传感器分析特性的关系；解决了电极集成化和阵列化后电信号干扰、点样方法、多信号处理等一些基础性问题，为灵敏、快速的检测目标分子提供良好的分析方法。这些技术和方法的建立为高密度适体芯片研究、重大疾病的早期诊断和药物的高通量筛选等生命科学中的重大研究提供新的支撑。该方向研究促使国家自然科学基金项目（215005003）结题，成果转化促进了校企合作项目完成，为宝鸡健盛全电子科技有限公司、宝鸡嘉琦金属有限公司等企业提升了产值，形成的知识产权申请了国家专利，理论成果在《Journal of the European Ceramic Society》（SCI 1区Top期刊）等国际著名期刊上发表，该方面的研究获2015年宝鸡市科学技术奖二等奖。

（三）铁氧体基/钛酸钡“芯-壳”结构纳米复合陶瓷材料的制备及其介电性能、磁性调控。以铁氧体基为“芯”，以钛酸钡、过渡金属氧化物为“壳”，运用常压水相法、水热法、熔盐法等技术，制备单层或多层“芯-壳”结构铁氧体基/钛酸钡基陶瓷复合材料。通过调控“芯-壳”比例、陶瓷的晶粒尺寸、陶瓷粉体的单分散性，探究铁氧体基“芯-壳”结构纳米复合陶瓷材料结构与其的关联性。建立了制备铁氧体/钛酸钡基“芯-壳”结构纳米复合陶瓷材料的新技术，给出了高温度稳定性、高介电性能、高磁性铁氧体/钛酸钡基“芯-壳”结构纳米复合陶瓷材料的形成机制。研究发现适当控制陶瓷的晶粒尺寸和“芯-壳”比例，不但可以提高陶瓷材料的温度稳定性，而且在提升介电性能的同时还可以提高击穿场强，促磁性性能提升。项目申请了国家专利，发表了多篇高层次学术论文，为企业解决了许多实际问题，为构建和设计高性能多层磁性复合陶瓷材料开创了新思路。

**四、客观评价**

 项目“具有异质外延界面的纳米复合及其元器件关键技术”，主要从事以下3个方向的理论基础研究和应用研究：构建异质外延界面开发高性能纳米复合电子陶瓷及其元器件，基于多层织构化纳米复合钛酸盐压电陶瓷的阵列电化学适体传感器，铁氧体基/钛酸钡“芯-壳”结构纳米复合陶瓷材料的制备及其介电性能、磁性调控。项目在这3个提出原创性科学发现点，具有很高的科学价值，在国内外自然科学界公认度高，产生了一定的影响。项目基于国家级、省市级纵向课题以及校企合作横向系列课题，基于构建异质外延界面有助于提升陶瓷材料相关物理性能理论，在《Nano Energy》等国际著名SCI源期刊发表学术论文30余篇。项目的5篇代表性论文中，均为SCI 检索的1区或Top期刊论文，都有不同程度的引用和评述。授权国家专利20余件，建立了构建异质外延界面的新技术，开发了高性能纳米复合电子陶瓷及其元器件的新技术、高性能纳米复合电子陶瓷掺杂体的新技术等。项目所创造的成果为企业增值逾1亿元，为区域经济社会发展做出了较大的贡献。项目取得了较大的经济效益和社会效益。项目支撑了相关学科的发展、科研平台建设、人才培养质量的提升；项目曾先后获得宝鸡市科学技术奖二等奖2次。

**五、代表性论文专著目录（限8条）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 论文专著名称 | 刊名 | 作者 | 第一完成单位 | 年卷页码 | 发表时间 | 通讯作者 | 第一作者 | 国内作者 | SCI他引次数 | 他引总次数 | 知识产权是否归国内所有 |
| 1 | Ferroelectric Mesocrystalline BaTiO3/SrTiO3 Nanocomposites with Enhanced Dielectric and Piezoelectric Responses | Chemistry of Materials | 胡登卫, Ma Hao, Tanaka, Yasuhiro, 赵立芳, Feng Qi | 宝鸡文理学院 | 2015, 27, 4983-4994. | 2015-07-28 | Feng Qi | 胡登卫 | 胡登卫，赵立芳 | 14 | 14 | 是 |
| 2 | Strategies to Achieve High Performance Piezoelectric Nanogenerators | Nano Energy | 胡登卫, 姚明刚, 范勇, 凡明锦, 刘明 | 宝鸡文理学院 | 2019, 55, 288-304 | 2019-01 | 胡登卫，刘明 | 胡登卫 | 胡登卫, 姚明刚, 范勇, 凡明锦, 刘明 |  39 | 39 | 是 |
| 3 | Hydrothermal Topological Synthesis and Photocatalyst Performance of Orthorhombic Nb2O5 Rectangle Nanosheet Crystals with Dominantly Exposed (010) Facet | Materials & Design | 温普红, 艾礼莉, 刘桃桃, 胡登卫, 姚方毅 | 宝鸡文理学院Web of Science | 2017, 117, 346-352 | 2017-03-05 | 温普红 | 温普红 | 温普红, 艾礼莉, 刘桃桃, 胡登卫, 姚方毅 | 16 | 16 | 是 |
| 4 | Fabrication of Lanthanum Doped BaTiO3 Fine-grained Ceramics with a High Dielectric Constant and Temperature-stable Dielectric Properties Using Hydro-phase Method at Atmospheric Pressure | Journal of the European Ceramic Society | 王艳, 苗康康, 王伟静, 秦怡 | 宝鸡文理学院 | 2017, 37, 2385-2390 | 2017-01 | 王艳 | 王艳 | 王艳, 苗康康, 王伟静, 秦怡 | 22 | 22 | 是 |
| 5 | Synthesis and Magnetic Properties of Monodisperse CoFe2O4 Nanoparticles Coated by SiO2 | Ceramics International | 胡登卫, 赵凡, 张珍, 苗磊, 马蓉, 赵卫星, 任莉君, 张改妮, 翟乐, 王冬梅, 窦树梅 | 宝鸡文理学院 | 2018, 44, 22462-22466 | 2018-01-15 | 胡登卫，赵凡 | 胡登卫 | 胡登卫, 赵凡, 张珍, 苗磊, 马蓉, 赵卫星, 任莉君, 张改妮, 翟乐, 王冬梅, 窦树梅 | 10 | 10 | 是 |

**六、主要完成人情况**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 排名 | 技术职务 | 行政职称 | 工作单位 | 完成单位 | 对本项目贡献 |
| 胡登卫 | 1 | 教授 | 副院长 | 宝鸡文理学院 | 宝鸡文理学院 | 项目总负责；子项目负责人。撰写研究论文，申请国家专利，完成国家级、省市级纵向课题以及校企合作横向系列课题，申报相关科学技术奖。提出基于构建异质外延界面有助于提升陶瓷材料相关物理性能理论，构建异质外延界面开发高性能纳米复合电子陶瓷及其元器件，制备用于阵列电化学适体传感器的基于多层织构化纳米复合钛酸盐压电陶瓷，制备铁氧体基/钛酸钡“芯-壳”结构纳米复合陶瓷材料，建立相关新技术。 |
| 温普红 | 2 | 教授 |  | 宝鸡文理学院 | 宝鸡文理学院 | 产业化、中试负责人；子项目负责人。申请国家专利，完成校企合作横向系列课题，申报相关科学技术奖。验证基于构建异质外延界面有助于提升陶瓷材料相关物理性能理论，开发镍锌铁氧体/金属氧化物纳米复合陶瓷材料，建立相关新技术。 |
| 赵立芳 | 3 | 教授 |  | 宝鸡文理学院 | 宝鸡文理学院 | 材料的制备和性能测试负责人。撰写研究论文，申请国家专利，完成国家级、省市级纵向课题以及校企合作横向系列课题，申报相关科学技术奖。验证基于构建异质外延界面有助于提升陶瓷材料相关物理性能理论，提出铁氧体/钛酸钡基纳米复合陶瓷材料的制备方法，给出钛酸钡基“芯-壳”结构纳米复合陶瓷材料的介电性能、磁性调控机制，建立相关新技术。 |
| 刘明 | 4 | 教授 |  | 西安交通大学 | 西安交通大学 | 子项目负责人；技术顾问。提出铁氧体基/钛酸钡“芯-壳”结构纳米复合陶瓷材料的制备及其介电性能、磁性调控机制，制备用于阵列电化学适体传感器的基于多层织构化纳米复合钛酸盐压电陶瓷，建立相关新技术。 |
| 王艳 | 5 | 副教授 |  | 宝鸡文理学院 | 宝鸡文理学院 | 子项目负责人。撰写研究论文，申请国家专利，完成国家级、省市级纵向课题以及校企合作横向系列课题，申报相关科学技术奖。提出铁氧体基/钛酸钡“芯-壳”结构纳米复合陶瓷材料的制备方法，给出铁氧体基/钛酸钡基“芯-壳”结构纳米复合陶瓷材料的介电性能、磁性调控机制，发现适当控制陶瓷的晶粒尺寸和“芯-壳”比例，不但可以提高陶瓷材料的温度稳定性，而且在提升介电性能的同时还可以提高击穿场强，促使磁性性能提升，建立相关新技术。 |
| 赵凡 | 6 | 工程师 |  | 宝鸡文理学院 | 宝鸡文理学院 | 产业化负责人；器件的制备和性能测试负责人。撰写研究论文，完省市级纵向课题以及校企合作横向系列课题，申报相关科学技术奖。提出钛酸钡基阵列传感器的制备工艺，研究铁氧体基/钛酸钡“芯-壳”结构纳米复合陶瓷材料的制备及其介电性能、磁性调控机制，发现适当控制陶瓷的晶粒尺寸和“芯-壳”比例，不但可以提高陶瓷材料的温度稳定性，建立相关新技术。 |

**七、主要完成单位情况**

1.宝鸡文理学院

参与了项目中3个方向的理论基础研究和应用研究：（一）构建异质外延界面开发高性能纳米复合电子陶瓷及其元器件，（二）基于多层织构化纳米复合钛酸盐压电陶瓷的阵列电化学适体传感器，（三）铁氧体基/钛酸钡“芯-壳”结构纳米复合陶瓷材料的制备及其介电性能、磁性调控。撰写了研究论文，申请了国家专利，完成了相关的国家级、省市级纵向课题以及校企合作横向系列课题，申报了相关科学技术奖。提供了理论研究的科研平台，原材料制备、器件开发的仪器设备；提供了相关经费和研究人员支持。

2.西安交通大学

参与了项目中2个方向的理论基础研究和应用研究：（二）基于多层织构化纳米复合钛酸盐压电陶瓷的阵列电化学适体传感器，（三）铁氧体基/钛酸钡“芯-壳”结构纳米复合陶瓷材料的制备及其介电性能、磁性调控。撰写了研究论文，申请了国家专利，完成了相关的国家级、省市级纵向课题以及校企合作横向系列课题，申报了相关科学技术奖。提供了理论研究的科研平台，原材料制备、器件开发的仪器设备；提供了相关经费和研究人员支持。

**八、完成人合作关系说明**

胡登卫、温普红、赵立芳、王艳、赵凡属于同一课题组，即宝鸡文理学院铁电功能材料工程（技术）研究中心（胡登卫为中心负责人），均从事纳米复合陶瓷研究的介电性能、压电性能、磁性研究。刘明教授是宝鸡文理学院铁电功能材料工程技术研究中心学术顾问，长期以来与胡登卫、赵凡等合作，是本项目的项目顾问，子项目的负责人。3个方向的理论基础研究和应用研究：（一）构建异质外延界面开发高性能纳米复合电子陶瓷及其元器件；（二）基于多层织构化纳米复合钛酸盐压电陶瓷的阵列电化学适体传感器；（三）铁氧体基/钛酸钡“芯-壳”结构纳米复合陶瓷材料的制备及其介电性能、磁性调控。胡登卫、王艳参与了所有方向；刘明、赵凡参与了第（二）（三）项；温普红参与了（一）（二）项；赵立芳参与了第（一）（三）项。项目所完成的成果均为彼此之间合作完成。