**项目名称：**

**铋层状压电材料的可控制备、共生/复相结构特征及性能调控研究**

**完成人（限11人）：杜慧玲 刘俊 刘霄 杜立飞 张莉 杜娴 田爱芬**

**完成单位（所有单位）：西安科技大学**

**项目简介：**

本项目研究针对新型无铅压电材料进行共生/复合结构设计及制备技术改进，从基元组成、制备工艺与结构调控角度出发，探索高性能铋层状材料的制备新途径，获得共生和复相铋层状陶瓷，阐明材料组成设计、工艺方法与材料性能的关系，为设计制作高性能实用性的压电器件提供科学技术支持。

发展了不同层数与组成的BLSF纳米材料形貌可控化学法制备技术，提供了片层纳米结构SBN、纳米花球状BTO，及四层薄片状SBT纳米颗粒的制备方法。构建并制备了2/3层共生结构MBi2Nb2O9-Bi4Ti3O12和3/4层共生结构的Bi4Ti3O12-MBi4Ti4O15的新型BLSF材料。基于复相结构模型和分子力学计算，设计研究了SBN-NBT/NKBT复相材料结构与组成，采用水热负载法在SBN基体上修饰NBT/NKBT颗粒，进一步优化其介电与压电性能。

基于相场理论模拟研究了气孔相对多孔陶瓷晶相结构的影响规律，利用Zener理论计算了不同特性气孔对晶界的拖曳力，获得了气孔相对晶粒相影响规律，提出了耦合传统介电复合关系及晶粒-气孔相互作用关系的多孔材料介电性能预测模型，为多孔材料的介电性能与其微观组织间作用规律提供了新思路。添加两种不同性质造孔剂PMMA和SA制备多孔陶瓷。通过调整孔隙率改善其电性能：无规则孔形结构将有效提升水声换能器用多孔陶瓷的性能；添加PMMA构造球形孔结构则显著提升静水压特性。以海藻酸钠为粘结剂，通过冷冻干燥法制备的直通型多孔无铅压电陶瓷，压电活性显著提高。

选取Bi4Ti3O12和Bi2MoO6为基础体系，利用不同半导体导带和价带能级的差异，与Ag、MoS2和Bi2S3等复合形成异质结，及在其表面负载Bi2S3纳米棒制得Bi4Ti3O12/Bi2S3异质结，可有效提高了光生电子空穴对的分离，增加了半导体光催化剂的稳定性和光催化性能。采用静电纺丝技术制备的Bi4Ti3O12/MoS2异质结具有更好的可见光光催化性能。

本课题研究成果将铋层状无铅压电材料及其应用向着纳米化、精细化、多功能、高可靠、高性能、智能化、和复合结构方向发展，开拓探索了无铅压电材料在传感器、能量收集器、驱动器等领域的应用，初步研究表明无铅压电材料在压电器件领域的应用具有广阔前景。

**主要知识产权目录：**

1. **文章（限15篇）（文章的第一作者、通讯作者必须为奖励申报完成人）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 文章题目 | 期刊名称 | 作者（所有人） | 发表时间 | 完成单位（所有） |
| Strontium-induced ferroelectric-like relaxor behavior in Bi-based pyrochlores | Applied Physics Letters | Huiling Du, Xiang Shi | 2011.9 | 西安科技大学 |
| Dielectric and piezoelectric properties of barium-modified Aurivillius type Na0.5Bi4.5Ti4O15 | Journal of Physics and Chemistry of Solids | Huiling Du, Xiang Shi | 2011.11 | 西安科技大学 |
| Phase developments and dielectric responses of Barium substituted four-layers Ca1-xBaxBi4Ti4O15 Aurivillius | Bulletin of Materials Science | Huiling Du, Xiang Shi, Huilu Li | 2011.12 | 西安科技大学 |
| Facile preparation of cross-linked porous poly(vinyl alcohol) nanofibers by electrospinning， | Materials Letters | Liu Jun，Chang Mengjie, Du Huiling | 2016.7 | 西安科技大学 |
| Energy storage properties of BiTi0.5Zn0.5O3-Bi0.5Na0.5TiO3-BaTiO3 relaxor ferroelectrics | CERAMICS INTERNATIONAL | Liu Xiao，Du Huiling，Liu Xiangchun，Shi Jing，Fan Huiqing | 2016.11 | 西安科技大学 |
| Enhanced ionic conductivity of Ag addition in acceptor-doped Bi0.5Na0.5TiO3 ferroelectrics | RSC ADVANCES  | Liu Xiao，Fan, Huiqing，Shi Jing，Wang, Lianli，Du Huiling | 2017.2 | 西安科技大学 |
| Phase field simulation on the effect of micropore morphology on grain growth in porous ceramics | Computational Materials Science | Lifei Du，Peng Zhang，Lianli Wang，Bin Zheng，Huiling Du | 2017-04-15 | 西安科技大学 |
| Effects of deposition temperature on structure and properties of (K0.48Na0.52)NbO3 ferroelectric thin films by pulsed laser deposition | JOURNAL OF APPLIED PHYSICS | Tian Aifen，Ren Wei，Wang Lingyan，Du Huiling，Yao Xi | 2013.10 | 西安科技大学西安交通大学 |
| Foams Stabilized by Surfactant Precipitates: Criteria for Ultrastability | LANGMUIR | Li Zhang，Lili TianHuiling Du，Stephan RouziereNan Wang，Anniina, Salonen | 2017-07-25 | 西安科技大学西北工业大学巴黎萨克雷大学 |
| 基于压电陶瓷的A型分子筛膜合成与吸附性能研究 | 无机化学学报 | 龙丽霞，杜慧玲\*，安群力，史翔，陈剑， | 2015.3 | 西安科技大学 |
| 钛酸铋钠系陶瓷固溶改性及介电弛豫性能 | 硅酸盐学报 | 郝星辰，杜慧玲\*，刘霄，马武祥 | 2017.2 | 西安科技大学 |
| 铌酸铋锶基铋层状结构复相陶瓷的介电弛豫性能 | 硅酸盐学报 | 周康，杜慧玲\*，郝星辰，姚淼 | 2016.5 | 西安科技大学 |
| 微波辅助溶胶-凝胶自蔓燃法制备纳米Na0.5Bi0.5TiO3粉体的工艺研究 | 人工晶体学报 | 杜娴，杜慧玲，刘俊，姚淼 | 2015.1 | 西安科技大学 |
| 基于无铅压电陶瓷谐振传感器的温度补偿分析 | 压电与声光 | 任广林，杜慧玲\*，史翔，陈剑 | 2016.8.15 | 西安科技大学 |
| 无铅压电叠层驱动器极化工艺及驱动性能研究 | 压电与声光 | 姚萌，杜慧玲\*，史翔，安群力，任广林 | 2017.2.15 | 西安科技大学 |

1. **专利&软著**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 专利（软著）名称 | 完成人 | 权人 | 专利（软著）号 |
| 一种微乳液法制备钛酸铋钠钾纳米微球的方法 | 杜娴 杜慧玲 姚淼 | 发明专利 | 201510445661.x |
| 一种固溶改性钛酸铋钠系无铅压电陶瓷及其制备方法 | 杜慧玲 王瑾 杜婕 | 发明专利 | 201410014698.2 |
| 溶胶-凝胶自蔓燃法制备钛酸铋钠锶压电陶瓷的方法 | 杜慧玲 杜娴 史翔 和娇娇 姚淼 | 发明专利 | 201310698586.9 |
| 一种温度稳定型焦绿石复相介电陶瓷及其制备方法 | 杜慧玲 赵岑 史翔 安群力 张冰洁 | 发明专利 | 201310660585.5 |
| 一种谐振式矿用瓦斯敏感探头 | 杜慧玲，史翔，王瑾，陈剑，杜婕，张灿，张盼 | 实用新型 | 201420167092.8 |
| 一种压电式家电减振器  | 安群力、杜慧玲、史翔、陈剑、龙丽霞、程璐 | 实用新型 | 201420057478.3 |
| 一种气体分离膜渗透性测试装置 | 杜慧玲 安群力 张力 任广林 姚淼 | 实用新型 | 201520559625.1 |
| 分离式粉体压片模具 | 杜立飞，张鹏，杜慧玲 | 实用新型 | 201720326880.0 |