

# 陕西省自然科学奖公示信息

(2025年度)

## 一、项目基本情况

项目名称	铁电陶瓷极化剪裁机理与性能设计研究
主要完成人	靳立，魏晓勇，胡庆元，王通
主要完成单位	西安交通大学

## 二、提名意见（适用于部门、机构提名）

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
<p>提名意见：</p> <p>本项目从现实需求出发，瞄准下一代器件发展方向，以极化剪裁为核心指导思想，以性能设计与增强为核心导向，通过多尺度结构设计，在铁电陶瓷材料新体系中实现储能性能和电致伸缩应变性能的显著增强。本成果提出了极化剪裁和多尺度结构设计的手段，也澄清了极化-性能之间的构效关系和性能增强的机理，为开发新型弛豫铁电功能陶瓷材料提供了科学性指导，也为下一代多层陶瓷器件奠定材料基础。</p> <p>5 篇代表论文发表在 Journal of the American Ceramic Society、Applied Physics Letters、ACS Applied Materials &amp; Interfaces、Nano Energy 等期刊上，其中 3 篇代表论文入选 ESI 高引论文。5 篇代表性论文被 SCI 引用 1102 次，他引 914 次，单篇最高他引 483 次。本研究成果曾获 2022 年度陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖特等奖。代表性论文 1 入选《中国百篇最具影响国际学术论文》。</p> <p>本项目成果材料齐全、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。</p> <p>说明：省科学技术奖一、二等奖项目，实行按等级标准提名、独立评审表决的机制。提名单者应严格依据省科学技术奖的标准条件，说明提名项目的贡献程度及等级建议。“仅提名一等奖”评审落选项目不再降格参评二等奖。提名项目正式提交后，提名等级建议本年度不得变更。</p>			

## 二、提名意见（适用于专家提名）

姓    名			
专家类型	<input type="checkbox"/> 国家最高科学技术奖获得者 <input type="checkbox"/> 中国科学院院士 <input type="checkbox"/> 中国工程院院士 <input type="checkbox"/> 国家科学技术奖获奖项目第一完成人（需注明获奖等次） <input type="checkbox"/> 省最高科学技术奖获奖人（或 xxxx 年省科学技术最高成就奖、xxxx 年基础研究重大贡献奖获奖人） <input type="checkbox"/> Xxxx 年省科学技术奖第一完成人（需注明获奖等次）	提名等级	<input type="checkbox"/> 一等奖 <input type="checkbox"/> 二等奖及以上
责任专家	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否		
提名意见：			
说明：省科学技术奖一、二等奖项目，实行按等级标准提名、独立评审表决的机制。提名单者应严格依据省科学技术奖的标准条件，说明提名项目的贡献程度及等级建议。“仅提名一等奖”评审落选项目不再降格参评二等奖。提名项目正式提交后，提名等级建议本年度不得变更。			

### 三、项目简介

(限 2 页)

本项目在科技部 973 计划、国家自然科学基金等项目的资助下，历时 8 年，对铁电材料的极化调控进行了深入研究并形成了完整的学术思想，基于此思想通过极化调控的手段扩展了无铅铁电陶瓷材料的应用方向，提高其电致应变和储能性能，为下一代基于多层陶瓷电容器工艺制备的多层陶瓷驱动器和电容器奠定了材料基础。主要发现如下：（一）对铁电材料的重要指纹-电滞回线进行了系统地解读，建立了对铁电材料极化响应及其调控方法的系统认识，拓展了对无铅铁电陶瓷材料中电致伸缩效应和储能效应的认识；（二）将块体无铅铁电陶瓷材料的储能性能提高到  $4 \text{ J/cm}^3$  以上，多次打破块体铁电材料的储能密度记录；（三）研发了具有高电致应变特性的无铅铁电陶瓷材料新体系。将铁电陶瓷材料中电致伸缩系数( $Q_{33}$ )提高到  $0.04\sim 0.06 \text{ m}^4/\text{C}^2$ ，为之前含铅铁电材料体系  $Q_{33}$  的一倍以上。本项目研究成果在国内外学术界产生了广泛而深远的影响。代表性 5 篇 SCI 论文，发表在 J. Am. Ceram. Soc., Nano Energy, Appl. Phys. Lett.等国际本领域顶级期刊上。其中 3 篇为 ESI 高被引论文，SCI 引用 1102 次，他引 914 次，得到本领域权威学者在 Nature, Prog. Mater. Sci.等期刊上发表的学术论文的高度评价。一篇论文入选《中国百篇最具影响国际学术论文》。部分研究成果获《2022 年度陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖》特等奖。

## 四、客观评价

【限 2 页。围绕科学发现点的原创性、公认度和科学价值进行客观、真实、准确评价。填写的评价内容要有客观依据，主要包括国内外同行在重要学术刊物（专著）和重要国际学术会议等公开发表的学术性评价意见，国内外重要科技奖励等，可在附件中提供证明材料。非公开资料（如私人信函等）不能作为评价依据。】

【限 2 页。围绕科学发现点的原创性、公认度和科学价值进行客观、真实、准确评价。填写的评价内容要有客观依据，主要包括国内外同行在重要学术刊物（专著）和重要国际学术会议等公开发表的学术性评价意见，国内外重要科技奖励等，可在附件中提供证明材料。非公开资料（如私人信函等）不能作为评价依据。】

本成果 5 篇代表性论文被 Nature、Progress in Materials Science、Chemical Reviews、Advanced Materials、Journal of American Chemical Society 等国际权威期刊广泛引用和高度评价。5 篇代表论文被 Web of science 核心合集 SCI 引用 1102 次，他引 914 次，其中 3 篇入选 ESI 高被引论文，单篇最高他引 483 次，得到了国内外知名学者高度评价。代表性评价如下所列：

- [1] 美国卡内基科学研究所 Liu 与 Cohen 在《*Applied Physics Letters*》(111, 2017, 082903)上发表论文，肯定了对铁电材料极化的解读与解码，引用了本成果（代表性论文 1）作为支撑材料。他们认为“铁电材料的  $P$ - $E$  和  $\square$ - $E$  滞回曲线包含了本征块体与非本征缺陷相关的铁电特性的信息，对于本征与非本征效应的解码对于完整理解缺陷调控极化翻转这一过程至关重要”。原文评价为：The  $P$ - $E$  and  $\square$ - $E$  hysteresis loops contain information on both intrinsic bulk and extrinsic defect-related ferroelectric properties, and decoding intrinsic and extrinsic effects is critical for a complete understanding of defect-mediated polarization switching。
- [2] 德国国家科学与工程院院士、德国科技最高奖“莱布尼茨奖”获得者、达姆施塔特工业大学 Rödel 教授团队在《*Applied Physics Letters*》(107, 2015, 142906)上发表论文，对我们报道的 BT 基陶瓷中高电致伸缩效应加以肯定（代表性论文 2），他们指出“另外，在该体系中发现的很强的电致伸缩效应也被认为对该体系高的机电响应有重要贡献。”原文评价为：In addition, strong electrostriction was also found to contribute to the high electromechanical response of the system。
- [3] 中科科学院院士、国家杰出青年科学基金获得者、西安交通大学孙军教授团队在《*Advanced Materials*》(30, 2018, 1702884)上发表论文，在讨论钛酸钡（BT）高

压电性的论文中也强调我们的发现（代表性论文 2），他指出“BT 基家族，如被广泛研究的 BCZT，因其高压电性（ $d_{33} \approx 620$  pC/N）和电致伸缩应变系数（ $Q_{33} \approx 0.045$  m<sup>4</sup>/C<sup>2</sup>）表现出相当的诱人前景，这些化合物将会使他们在低电压下更易使用”。

原文评价为：The BTO-based family, such as the well-studied compound (Ba<sub>0.85</sub>Ca<sub>0.15</sub>)(Ti<sub>0.90</sub>Zr<sub>0.10</sub>)O<sub>3</sub> (BCT-0.5BZT), shows considerable promise as it has both large piezoelectricity ( $d_{33} \approx 620$  pC/N) and electrostrictive strain coefficient ( $Q_{33} \approx 0.045$  m<sup>4</sup>/C<sup>2</sup>), and these compounds lend themselves to ease of operation at low voltages。

- [4] 国家杰出青年科学基金获得者、东南大学熊仁根教授团队在《*Journal of the American Chemical Society*》(143, 2021, 1664-1672)上发表论文，将我们在 BZT-0.5BCT 陶瓷中发现的高电致伸缩系数列为无机无铅铁电陶瓷中的最高数值加以引用（代表性论文 2）。性能对比图详见该论文第 6 图。
- [5] 英国谢菲尔德哈勒姆大学 Feteira 教授团队在《*Journal of Materials Chemistry C*》(5, 2017, 1990-1996)上发表论文，对我们的成果（代表性论文 3）评价为“最近，有报道称无铅铁电陶瓷具有高达 0.05 m<sup>4</sup> C<sup>-2</sup> 的巨电致伸缩系数。”原文评价为：More recently, Pb-free ferroelectric ceramics have been reported to exhibit giant electrostrictive coefficients as large as 0.05 m<sup>4</sup> C<sup>-2</sup>。
- [6] IEEE 会士、澳大利亚伍伦贡大学 Shujun Zhang 教授和国际陶瓷科学院院士、英国谢菲尔德大学 Reaney 教授团队在《*Chemical Reviews*》(121, 2021, 6124-6172)上发表论文，其间突出强调我们提出的“极化失配与重构”增强储能性能的工作（代表性论文 6），认为我们在弛豫铁电材料储能性能增强研究中采用了最有效的方法（the most effective approach），高度肯定申请人的研究成果，并着重引述本成果重要性能指标。原文评价为：The most effective approach, however, is the introduction of a Bi-based perovskite end member in which the B-site contains multiple cations.... Using this principle, Hu and co-workers reported high  $W_{\text{rec}}$  of 4.49 J cm<sup>-3</sup> with a  $\eta$  of 93% for 0.6BT-0.4 Bi(Mg<sub>0.5</sub>Ti<sub>0.5</sub>)O<sub>3</sub> (BT-BMT) ceramics that were temperature stable to 170 °C (variation  $W_{\text{rec}} < 5\%$  and  $\eta < 4\%$ )。（该段英文翻译见附件材料）

**五、代表性论文专著目录**  
(不超过 8 条, 其中代表性论文不超过 5 篇, 代表性专著不超过 3 部)

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	Decoding the fingerprint of ferroelectric loops: Comprehension of the material properties and structures	Journal of the American Ceramic Society	L. Jin, F. Li and S. Zhang	2014 年 97 卷 1-27 页	2013 年 12 月 17 日	张树君	靳立	靳立, 李飞	483	SCI	是
2	High electrostrictive coefficient $Q_{33}$ in lead-free $\text{Ba}(\text{Zr}_{0.2}\text{Ti}_{0.8})\text{O}_{3-x}(\text{Ba}_{0.7}\text{Ca}_{0.3})\text{TiO}_3$ piezoelectric ceramics	Applied Physics Letters	F. Li, L. Jin and R. Guo	2014 年 105 卷 2329 03 页	2014 年 12 月 9 日	靳立	李飞	靳立, 李飞, 郭润平	54	SCI	是
3	Diffuse phase transitions and giant electrostrictive coefficients in lead-free $\text{Fe}^{3+}$ -doped $0.5\text{Ba}(\text{Zr}_{0.2}\text{Ti}_{0.8})\text{O}_{3-0.5}(\text{Ba}_{0.7}\text{Ca}_{0.3})\text{TiO}_3$ ferroelectric ceramics	ACS Applied Materials & Interfaces	L. Jin, R. Huo, R. Guo, F. Li, D. Wang, Y. Tian, Q. Hu, X. Wei, Z. He, Y. Yan and G. Liu	2016 年 8 卷 3110 9-311 19 页	2016 年 10 月 24 日	靳立, 刘岗	靳立	靳立, 霍仁杰, 郭润平, 李飞, 王大威, 田野, 胡庆元, 魏晓勇, 何战兵, 严	79	SCI	是

								岩, 刘岗			
4	Achieve ultrahigh energy storage performance in BaTiO <sub>3</sub> -Bi(Mg <sub>1/2</sub> Ti <sub>1/2</sub> )O <sub>3</sub> relaxor ferroelectric ceramics via nano-scale polarization mismatch and reconstruction	Nano Energy	Q. Hu, Y. Tian, Q. Zhu, J. Bian, L. Jin, H. Du, D. O. Alikin, V. Ya. Shur, Y. Feng, Z. Xu and X. Wei	2020 年 67 卷 1042 64 页	2019 年 11 月 6 日	靳立, 魏晓勇	胡庆元	胡庆元, 田野, 朱青山, 边继红, 靳立, 杜红亮, 冯玉军, 徐卓, 魏晓勇	63	SCI	是
5	Relaxor ferroelectric BaTiO <sub>3</sub> -Bi(Mg <sub>2/3</sub> Nb <sub>1/3</sub> )O <sub>3</sub> ceramics for energy storage application	Journal of the American Ceramic Society	T. Wang, L. Jin, C. Li, Q. Hu and X. Wei	2015 年 98 卷	2014 年 11 月 6 日	靳立, 魏晓勇	王通	王通, 靳立, 李纯纯, 胡庆元, 魏晓勇	235	SCI	是
6											
7											
8											
合 计											



补充说明（视情填写）：

## 六、主要完成人情况表

姓 名	靳立	排 名	1
行政职务	西安交通大学电信学部工会主席，电信学部主任助理		
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： 本成果关键学术思想提出者、研究思路和方案制定者。代表性论文 1，3 的第一作者，代表性论文 2-5 的通讯作者。			

姓 名	魏晓勇	排 名	2
行政职务	西安交通大学电子科学与工程学院党委书记		
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： 项目主要参与者。对本项目重要科学发现 2 和 3 有创造性贡献。代表性论文 4 和 5 的通讯作者。			

姓 名	胡庆元	排 名	3
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：

项目主要参与者。对本项目重要科学发现 3 有创造性贡献。代表性论文 4 第一作者，代表性论文 3 和 5 作者之一。

姓 名	王通	排 名	4
行政职务	无		
技术职称	副教授		
工作单位	陕西科技大学		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献： 项目主要参与者。对本项目重要科学发现 3 有创造性贡献。代表性论文 5 第一作者。			

## 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：  西安交通大学作为本成果的唯一完成单位，为本成果的产出提供了良好的学术研究氛围与坚实的后勤保障，也为本成果后续的技术推广提供了专业咨询服务，并在相关的产学研推荐会上做专题介绍和推广。	

单位名称	
对本项目主要学术贡献：	

## 完成人合作关系说明

项目完成人靳立、魏晓勇、杜红亮、胡庆元、王通长期致力于该项目的合作研究，具有良好的长期合作关系，为项目目标达成均做出了不可或缺贡献。

第一完成人靳立教授是本项目的组织者和发起者，主要负责该项目的实施以及对论文成果的总结工作。是魏晓勇、靳立教授团队的主要成员。是本项目 2 篇代表作的的第一作者，3 篇代表作的通讯作者。

第二完成人魏晓勇教授，是靳立教授在西安交通大学的主要合作者。是魏晓勇、靳立教授团队负责人。二人从 2003 年合作至今。是代表性论文 4 和 5 的通讯作者。

第三完成人胡庆元，为魏晓勇教授博士研究生，从事铁电陶瓷储能研究。毕业后留校至今，现为副教授。是代表性论文 4 第一作者，代表性论文 3 和 5 作者之一。

第四完成人王通，为魏晓勇教授博士研究生，从事铁电陶瓷储能研究。毕业后就职于陕西科技大学，现为副教授。是代表性论文 5 第一作者。

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	靳立/1 胡庆元/7 魏晓勇/8	2016年 10月 24日	Diffuse phase transitions and giant electrostrictive coefficients in lead-free $\text{Fe}^{3+}$ -doped $0.5\text{Ba}(\text{Zr}_{0.2}\text{Ti}_{0.8})\text{O}_3-0.5(\text{Ba}_{0.7}\text{Ca}_{0.3})\text{TiO}_3$ ferroelectric ceramics	代表性论文 3
2	论文合著	胡庆元/1 靳立/5 魏晓勇/11	2019年 11月 6日	Achieve ultrahigh energy storage performance in $\text{BaTiO}_3\text{-Bi}(\text{Mg}_{1/2}\text{Ti}_{1/2})\text{O}_3$ relaxor ferroelectric ceramics via nano-scale polarization mismatch and reconstruction	代表性论文 4
3	论文合著	王通/1 靳立/2 胡庆元/4 魏晓勇/5	2014年 11月 6日	Relaxor ferroelectric $\text{BaTiO}_3\text{-Bi}(\text{Mg}_{2/3}\text{Nb}_{1/3})\text{O}_3$ ceramics for energy storage application	代表性论文 5
4					
5					
.....					
(不限 条目)					