



首页

焦点新闻

新闻动态

通知公告

下载中心

印象材料

特色活动

人物专访

校友风采

新闻动态

当前位置: 首页 > 新闻动态 > 正文

材料学院研究团队报道高储能密度无铅介电材料新进展

2021年10月获悉,清华大学材料学院南策文院士、林元华教授研究团队在无铅储能介电材料研究中取得重要进展,通过对弛豫铁电薄膜材料的稳定的超顺电设计,实现了介电储能性能的显著提升,达到了 152 J/cm^3 的超高储能密度。该成果可为下一代高端储能电容器提供关键材料和技术,也为介电新材料开发和其他基于弛豫铁电的功能优化提供了新的途径。

介电储能电容具有充放电速度快、功率密度高、耐压能力强等特性,在能源电力、电子电路系统中具有广泛应用。但介电电容的能量密度相对较低,开发具有高储能密度、高效率的介电材料,是实现储能器件小型化、集成化的核心,也是当前材料科学研究的一个前沿和热点。团队前期研究成果表明,具有纳米铁电畴结构的弛豫铁电薄膜是目前最有潜力的材料体系之一,已实现 $\sim 100 \text{ J/cm}^3$ 的储能密度和60~80%的储能效率(Science 365, 578 (2019))。然而,电畴翻转能垒引起的损耗,限制了相关储能性能的进一步提升。

在这一工作中,团队提出超顺电态设计以抑制介电损耗、提升储能性能。与典型铁电材料(在相变温度以上电畴直接消失)不同,弛豫铁电体具有弥散的相变过程,在“平均相变温度”(对应介电常数最大值)以上很宽的温区内仍可以保持一定的极性电畴结构。在这一温区(即超顺电态)中,电畴体积相对于低温态进一步减小、耦合减弱,其翻转能垒可降至与热扰动同一量级,电畴因此可以更容易地发生极化翻转,从而显著抑制损耗。采用相场计算对多种弛豫铁电成分的模拟结果表明,在超顺电态温区中储能密度和效率可以实现综合优化(图1)。

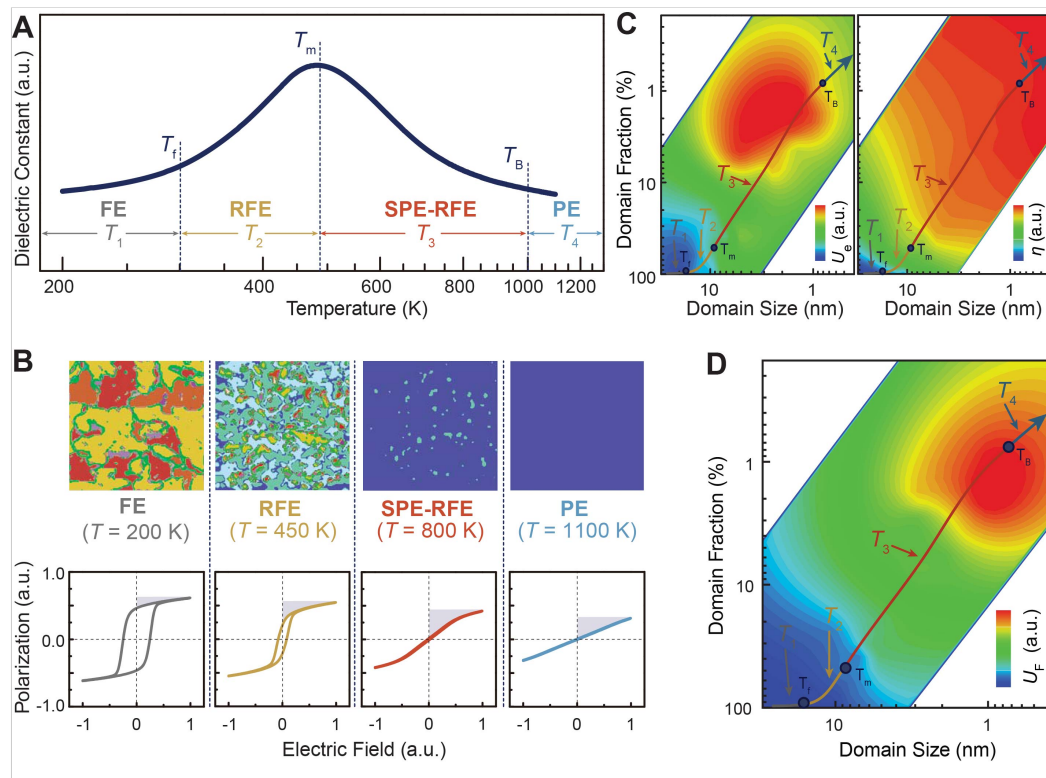


图1. 弛豫铁电中超顺电态设计及其介电、极化、储能性质的相场模拟

团队设计制备了一系列Sm掺杂 $\text{BiFeO}_3\text{-BaTiO}_3$ (Sm-BFBT)的弛豫铁电薄膜(厚度约 $0.6 \mu\text{m}$),通过Sm离子引入的局域化学、结构和电学异质性,降低相变温度,获得满足实际应用需求的室温超顺电态(图2)。宽温区二阶非线性光学(SHG)探测和高分辨扫描透射电子显微镜(STEM)等手段证明了室温超顺电薄膜中仍保持若干个晶胞大小的极性电畴结构和畴间耦合(图3)。由此,在成分优化的室温超顺电薄膜中获得损耗的显著抑制,并保持了较高的极化,从而实现了 152 J/cm^3 的高储能密度和优异的储能效率($>90\%$ @ 3.5 MV/cm ; $>77\%$ @ 5.2 MV/cm)。同时,薄膜表现出优异的充放电循环可靠性(一亿次循环后性能衰减小于5%),在 $-100 - 150^\circ\text{C}$ 温度范围内亦保持性能稳定。

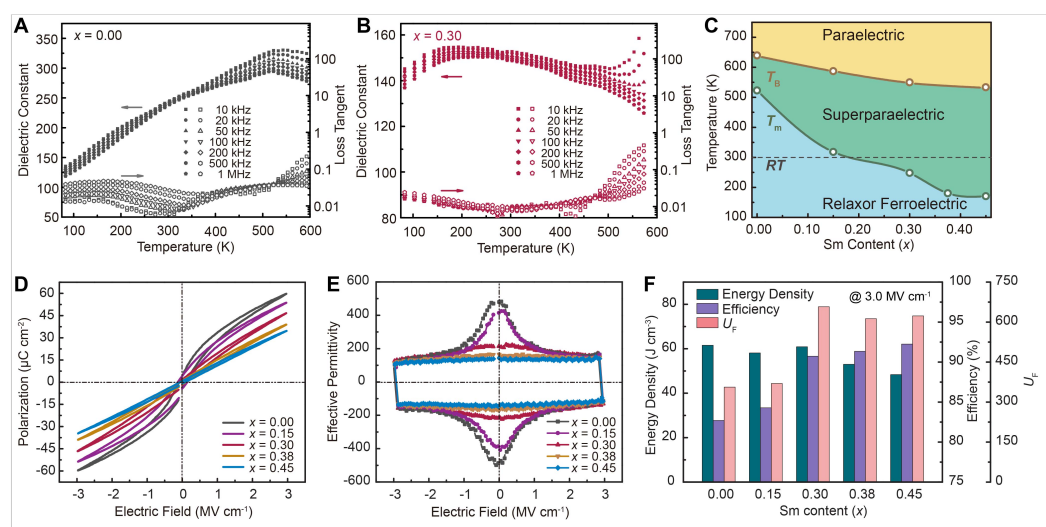


图2. Sm-BFBT 超顺电薄膜的介电、极化和储能性能

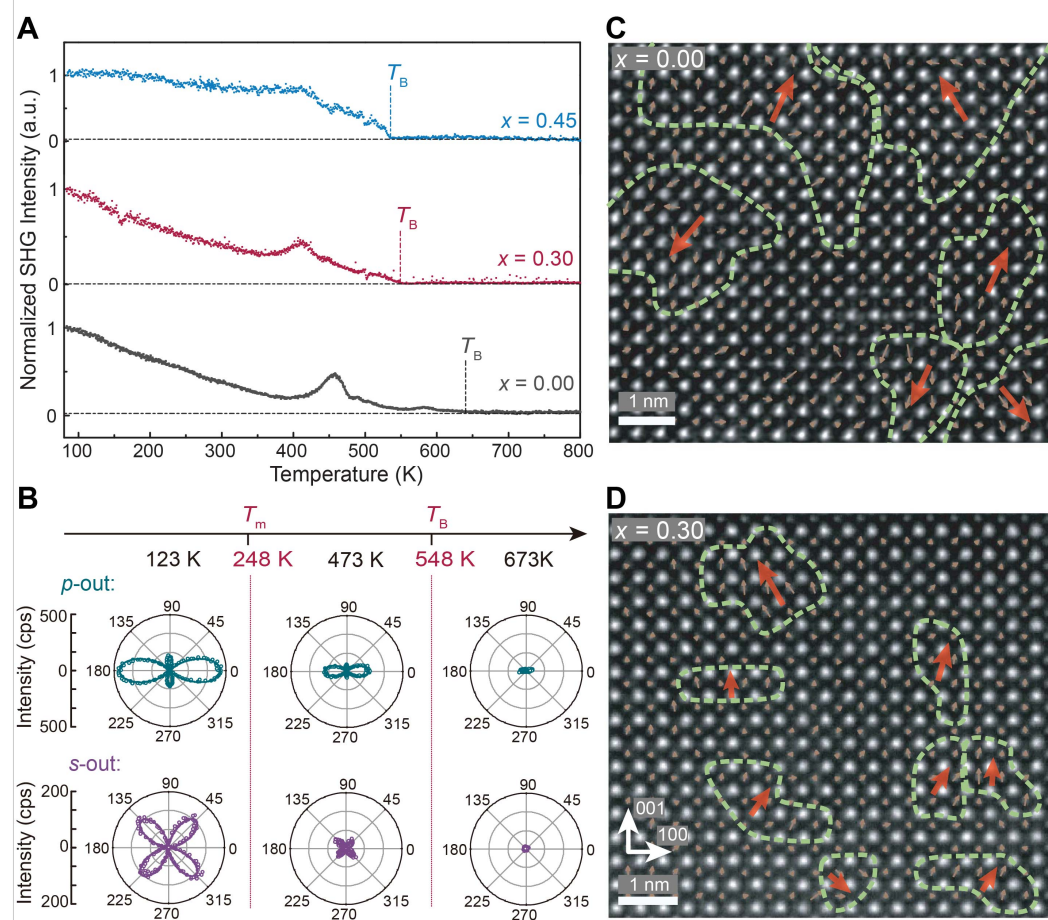


图3. SHG和STEM手段探究超顺电的微观结构机理

相关成果以“超顺电态弛豫铁电中的超高储能密度” (Ultrahigh energy storage in superparaelectric relaxor ferroelectrics) 为题, 于10月1日在线发表于国际著名期刊《科学》(Science) 上。材料学院已毕业博士生潘豪和2017级博士生蓝顺为文章的共同第一作者, 林元华教授、南策文院士及中科院物理所金奎娟研究员为文章共同通讯作者。论文重要合作者包括北京理工大学黄厚兵研究员、宾夕法尼亚州立大学陈龙庆教授, 中科院物理所谷林研究员、张庆华研究员、郭尔佳研究员, 剑桥大学Judith L. MacManus-Driscoll教授, 南洋理工大学王骁助理教授, 清华材料学院易迪助理教授、孟繁琦博士、刘亦谦博士等相关人员。本工作获得了国家自然科学基金委基础科学中心项目等的资助。

常用链接

清华大学
Journal of Materiomics
Nano reseach

联系方式

电话: 010-62792520
传真: 010-62771160
E-MAIL:CLX@TSINGHUA.EDU.CN



材料学院
微信公众号



材料学院研究生
微信公众号



材料学院本科生
微信公众号