

物理所等实现极性拓扑结构相变的原子尺度表征与调控

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/10745.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

近年来，科学家先后在理论和实验上发现了铁电材料中可以形成尺寸低至几个纳米的极性拓扑结构，如通量闭合畴、涡旋畴和斯格明子等。极性拓扑畴结构具有拓扑保护性、尺寸小等优势，这引起探索新一代非易失性超高密度信息存储器件的兴趣。实际器件操作大多是基于外场对结构单元极化态和拓扑相变的调控，研究单个铁电畴结构的极化分布以及外场操控下拓扑相变动力学过程是器件应用的基础。极性拓扑结构的形成是体系中弹性能、静电能和梯度能之间在微小差别内相互竞争平衡的结果，实现局域外场对微区结构的精确调控以及相变过程的精细表征是一种挑战。

中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心白雪冬课题组通过发展透射电镜中的扫描探针技术，自主研制出具有原子分辨的原位综合物性测量与调控装置。最近，研究人员利用原位高分辨电镜技术，在原子尺度观测到 $\text{PbTiO}_3/\text{SrTiO}_3$ 超晶格薄膜中的铁电通量闭合畴结构（flux-closure）（图1）在外场下演变的完整过程，通过扫描针尖局域电场/应力场操控技术，实现该结构在极性拓扑畴和普通铁电相之间的可逆转换；相场模拟结果给出外场调控极性拓扑相变的物理机制。相关研究结果以*Atomic-scale observations of electrical and mechanical manipulation of topological polar flux-closure*为题，发表在*Proc. Natl. Acad. Sci. USA*。

上，该研究与北京大学、湘潭大学、浙江大学等合作完成，物理所博士生李晓梅为论文共同第一作者（排名1/3）。

在外电场操控下（图2），通过畴壁的移动实现通量闭合核的横向移动，极化方向与外电场一致的c畴逐渐变大，而极化方向与外电场方向相反的c畴逐渐减小至消失，伴随着 180° 畴壁和通量闭合核的消失，形成中间态的a/c畴结构，进一步增大电场可以获得单一的c畴。在应力场操控下（图3），垂直于界面的压缩应力导致通量闭合结构中c畴的收缩和a畴的增大，并伴随着通量闭合核沿 180° 畴壁向界面的移动，当通量闭合核移动到界面并消失则变为中间态a/c畴，进一步增大应力则可以获得单一的a畴。以上演化过程为完全可逆的，当撤掉外界刺激后则恢复到初始的通量闭合畴结构。相场模拟结果可以完全再现实验过程（图4），获得相变过程中几种能量的演化及相互竞争变化关系，揭示铁电通量闭合畴外场调控的物理原理。

研究工作得到国家重大科研装备研制项目和基金委等的资助。

[论文链接](#)

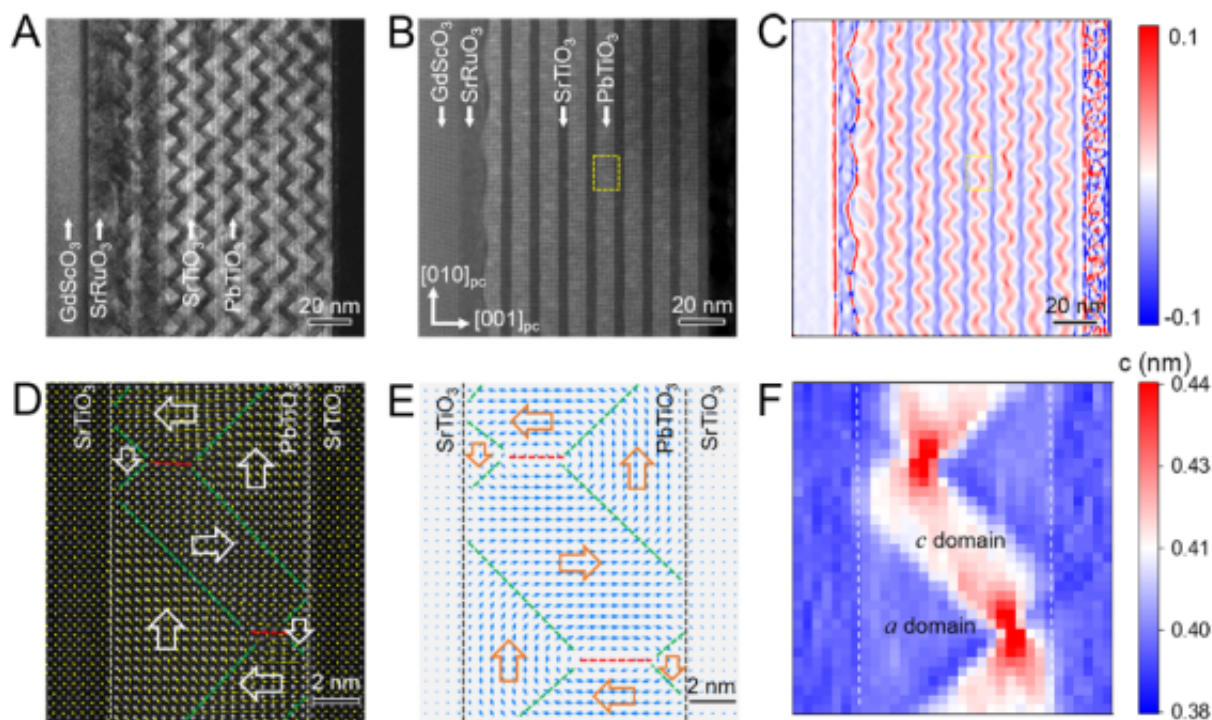


图1.PTO/STO超晶格中的通量闭合畴结构

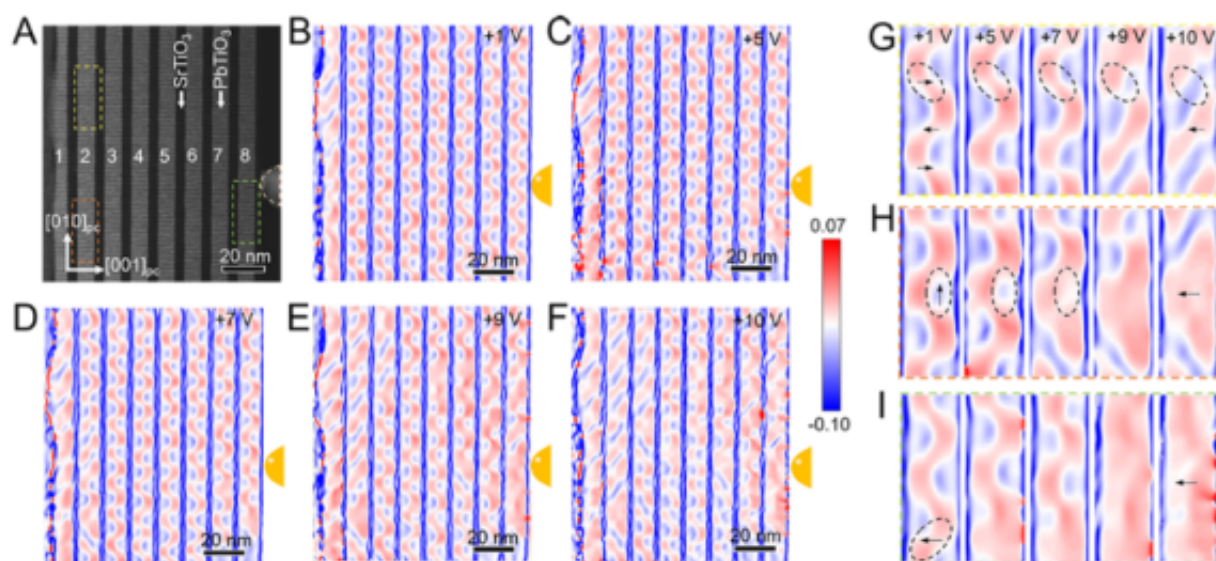


图2.通量闭合畴结构在外电场下的演化过程

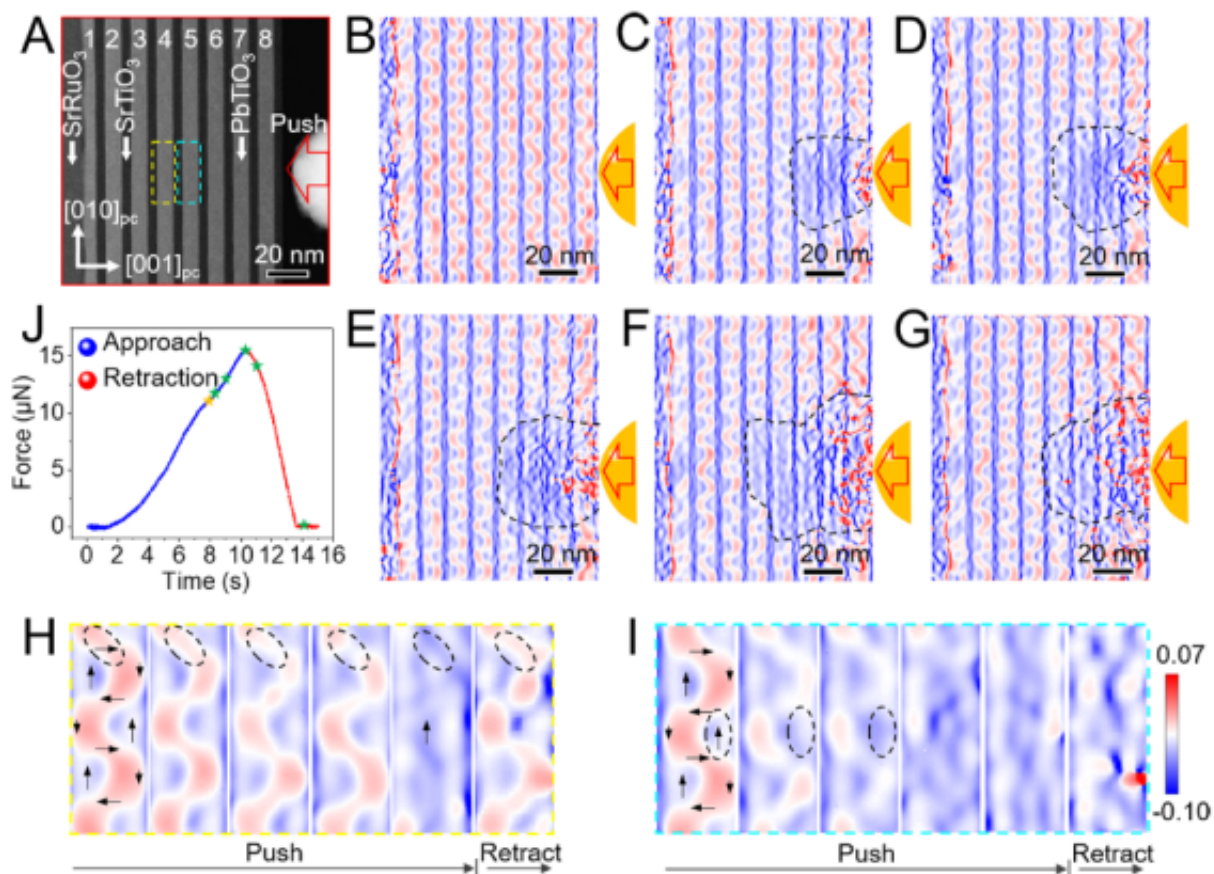


图3.通量闭合畴结构在外力场下的演化过程

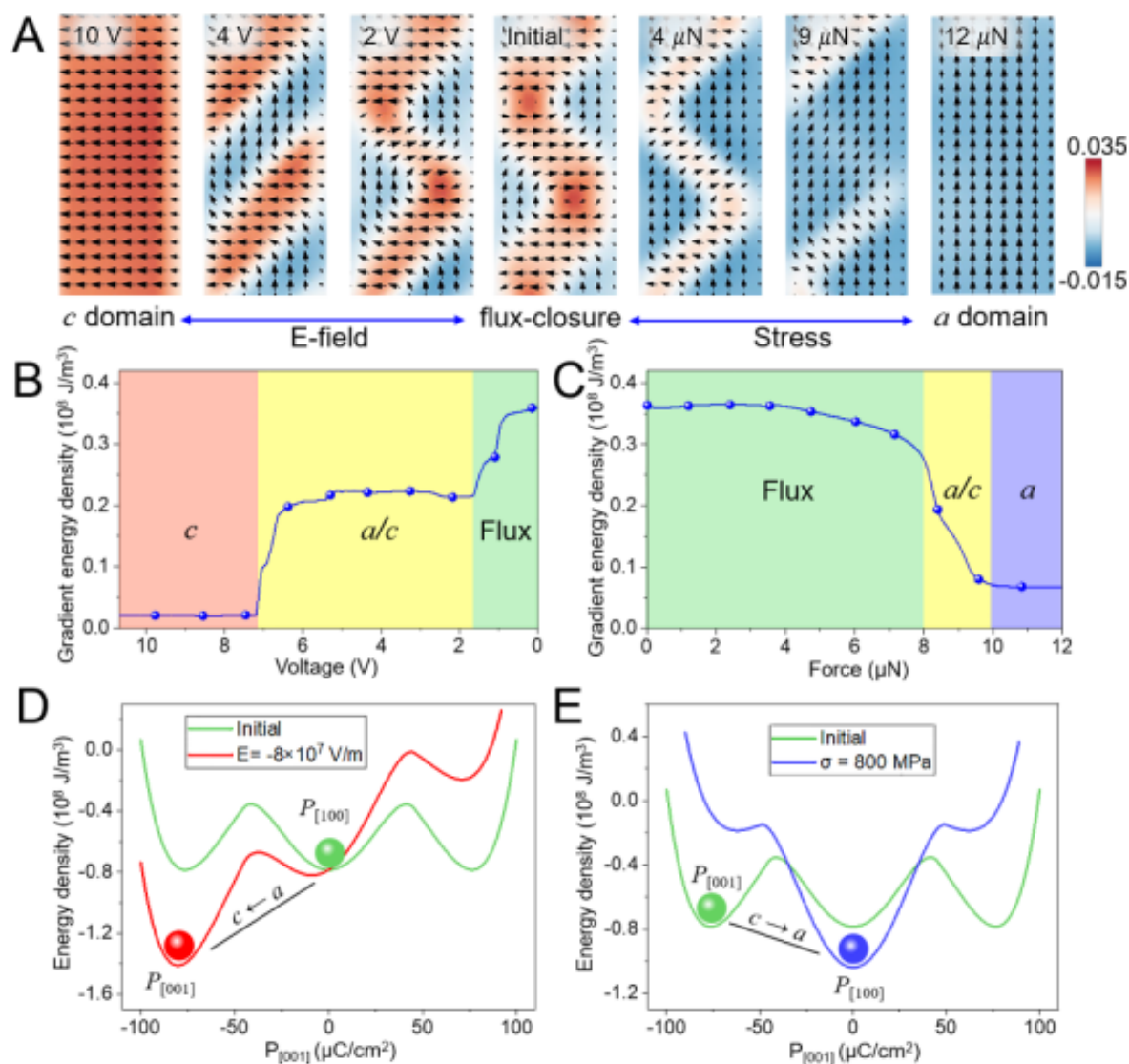


图4.通量闭合畴结构相变的相场模拟结果

研究团队单位：物理研究所

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发