

研发原位电镜仪器技术，在原子分辨下调控铁电涡旋畴相转变

铁电涡旋畴是极化连续旋转形成的铁电拓扑结构，在电子信息领域具有潜在的应用价值。单个涡旋畴的尺寸为几个纳米，有望大大提高信息存储密度。为了将来实际器件应用，如何在外场激励下操纵这类结构的拓扑状态是至关重要的。因此，研究涡旋畴在外场作用下的动力学过程具有重要意义。

由于铁电涡旋畴尺寸小，以往的常规实验手段难以实现对其操控与观测表征。中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心表面物理国家重点实验室白雪冬研究员课题组在过去近二十年时间里，研发透射电镜中的扫描探针技术，原位实现对小尺度材料的操纵、物性测量和结构表征功能，直接揭示物性与原子结构关系及外场调控规律。他们利用研发的仪器技术，取得了一系列研究进展 (Nano Lett. 3, 1147 (2003), APL 88, 133107 (2006), JACS 132, 4197 (2010), Adv. Mater. 26, 3649 (2014), Angew. Chem. Int. Ed. 54, 15222 (2015), Sci. Bull. 63, 1208 (2018), PRL 124, 056002 (2020)等)。近几年该课题组将扫描探针技术的稳定性和精度进一步提高，结合球差校正电镜的原子分辨能力，实现了外场调控下原子分辨的物理和化学动态过程的观测表征。最近，他们与北京大学、湘潭大学和美国宾州州立大学研究组合作，在铁电涡旋畴力学调控研究方面取得新进展，研究团队利用原位球差校正电镜实时原子成像技术和相场模拟方法，揭示了涡旋畴在外力作用下的相转变规律。该工作以“Atomic Imaging of Mechanically Induced Topological Transition of Ferroelectric Vortices”为题发表在Nature Communications上。中科院物理所博士生陈潘为文章共同第一作者（排名1/2）。

这项工作研究了PbTiO₃/SrTiO₃超晶格中铁电涡旋畴的结构特征及其力学调控过程，通过扫描探针施加局部应力操纵涡旋畴，发现涡旋畴向面内a畴转变，并在应力消除后自发恢复。定量表征涡旋畴转变力仅为3 μN，小于一般铁电畴转变所需要的力，相场模拟结果与实验过程吻合。研究结果还表明，挠曲电效应不是涡旋畴转变的驱动力，而是使转变后a畴取向一致的原因。该研究提出了一种调控铁电涡旋畴的物理方法，是理解纳米尺度晶格-电荷相互作用的有意义的探索，对促进铁电拓扑结构的基础研究以及电子学器件应用具有积极作用。

上述工作得到中科院、科技部、国家自然科学基金委的资助。

文章链接：<https://www.nature.com/articles/s41467-020-15616-y>

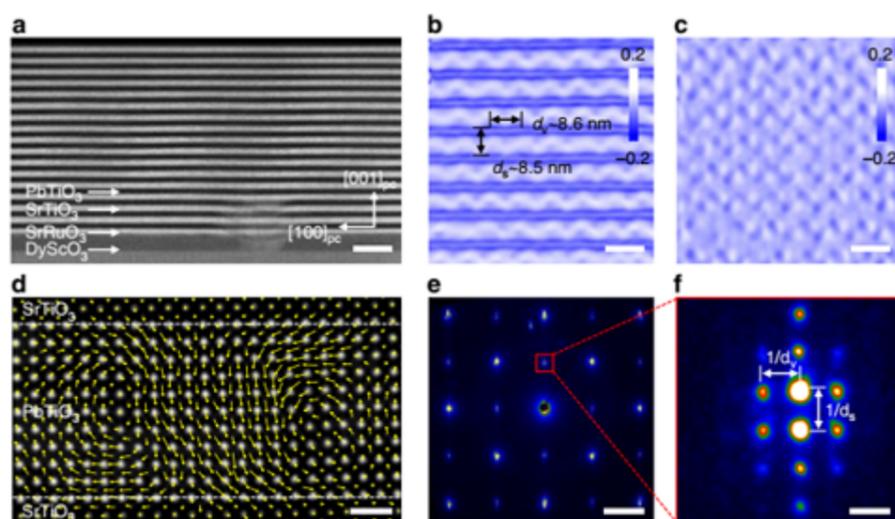


图1: PbTiO₃/SrTiO₃超晶格中涡旋畴的结构特征

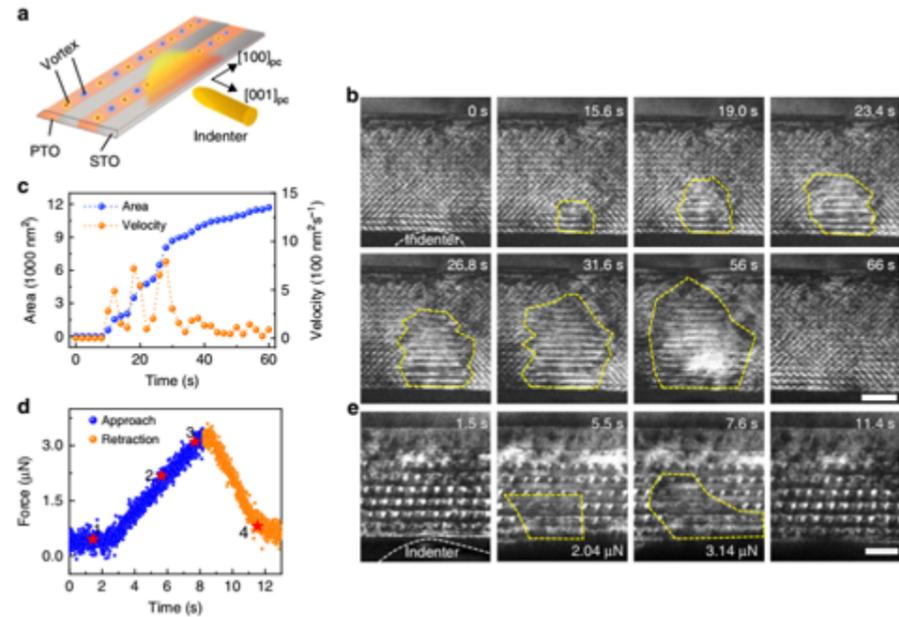


图2: 涡旋畴在外力作用下的转变过程

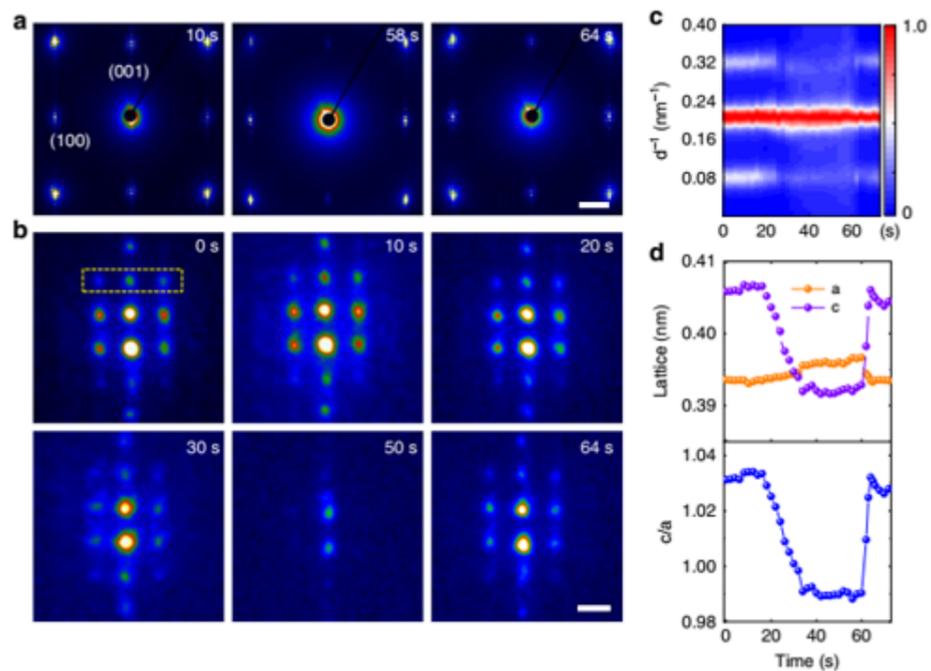


图3: 涡旋畴力学转变过程中的结构变化

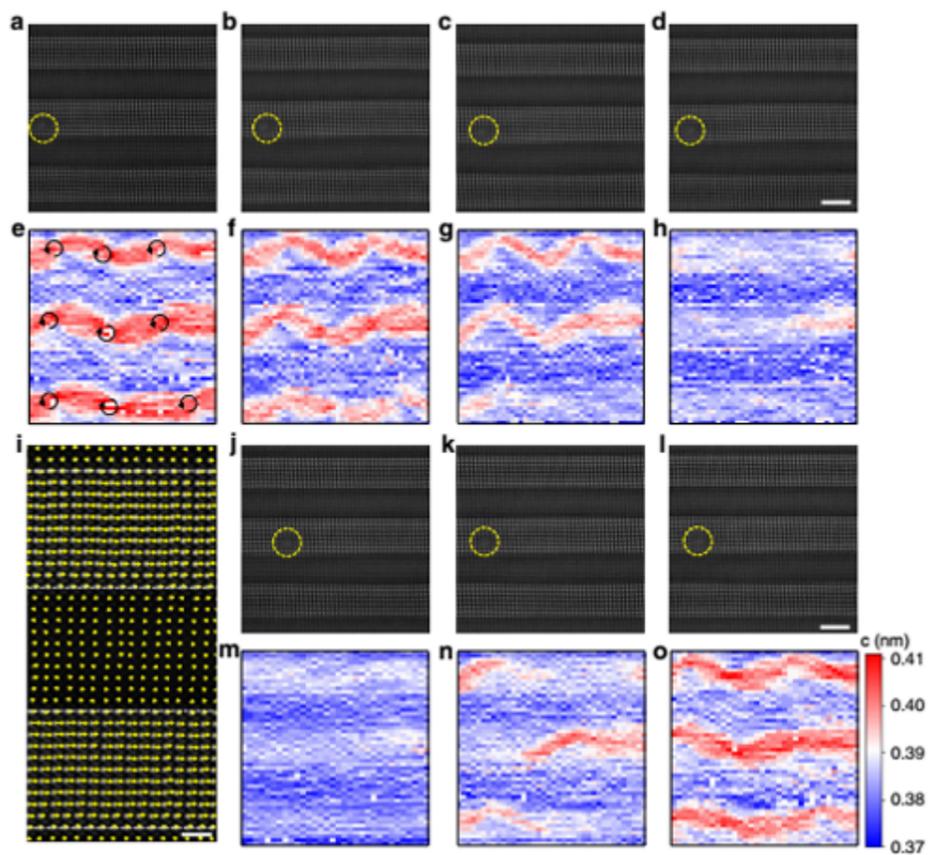


图4: 涡旋畴力学转变和自发恢复过程

