

---

# 研究人员在铁电材料中发现一维带电畴壁

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/37954.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！*

研究人员在铁电材料中发现一维带电畴壁。

近日，中国科学院物理研究所团队通过激光法，创制了自支撑萤石结构铁电薄膜，并利用电子显微镜技术对薄膜中的一维带电畴壁进行了原子尺度的观测和操控。

物质世界存在一类特殊的晶体材料——铁电材料。其内部由许多微小的电学“指南针”组成，这些“指南针”不指示南北，而指示正负电荷中心分离的方向，即自发极化的方向。

即使没有外部电场，铁电材料依旧能自发形成正负电荷分离且规则排列的极化状态，同时其极化方向可借助施加外部电场来反转。与指南针能够吸引铁质金属一样，铁电材料中的电学“指南针”也能够吸引附近物质中的电荷，因此，铁电材料在信息存储、传感、人工智能等领域展现出应用潜力。

在铁电材料中，出于降低系统能量的需求，电学“指南针”并非全部同向排列，而是形成极化方向一致的铁电畴和分隔不同铁电畴的畴壁。

这种结构就像一个魔方：当所有小方块颜色相同时，材料便是无畴壁的单一铁电畴；当不同颜色的小方块（即不同极化取向的铁电畴）组合在一起时，其界面就是畴壁。当两个铁电畴的同一极拼在一起，畴壁因电荷聚集而不稳定，需要特殊的“胶水”即电荷补偿机制将它们“粘”在一起，使得带电畴壁具有迥异于铁电畴的物理特性。

---

自然中，萤石结构铁电材料为构建超小型铁电畴壁提供了平台，其三维晶体结构由极性晶格层和非极性晶格层交替排列组成。

铁电极化被限制在  
分离的极性晶格层中，且各极性晶格  
层几乎是完全独立的，  
使得三维铁畴“魔方”变成分离的二维铁畴“拼图”，从而可能存在一维的带电畴壁结构。

如果一维带电畴壁存在，是怎样的物理机制充当“胶水”来稳定这些带电畴壁？能否人为操控这些畴壁的产生、运动和擦除？

研究团队利用激光分子束外延方法，  
在基底上生长了仅十个晶胞层厚度的萤石结构铁电薄膜，通过化学手段破坏薄膜与衬底的连接使它们能够从衬底上脱离并转移，结合电子显微技术  
在几十纳米区域内构建出理想的模型物理体系——自支撑萤石铁电薄膜，为开展新物态研究提供了良好的材料平台。

团队  
进一步利  
用电子显微镜技术  
，对薄膜中的一维带电畴壁进行了原子尺度的观测和操控。  
科研人员实现了对这些纳米薄膜晶体结构的全方位原子级观察，基本知晓了薄膜中每一个原子的具体位置，从而发现了一维带电畴壁这种新物态。

研究发现，这些  
带电畴壁被约束在极性晶格层中  
，厚度和宽度均具有埃级尺寸。  
畴壁处过量的氧离子或氧空位充当了黏结的“胶水”，从而稳定了这些带电的畴壁。研究同时利用电子辐照产生的局部电场，演示了对这些一维带电畴壁的人工操控。

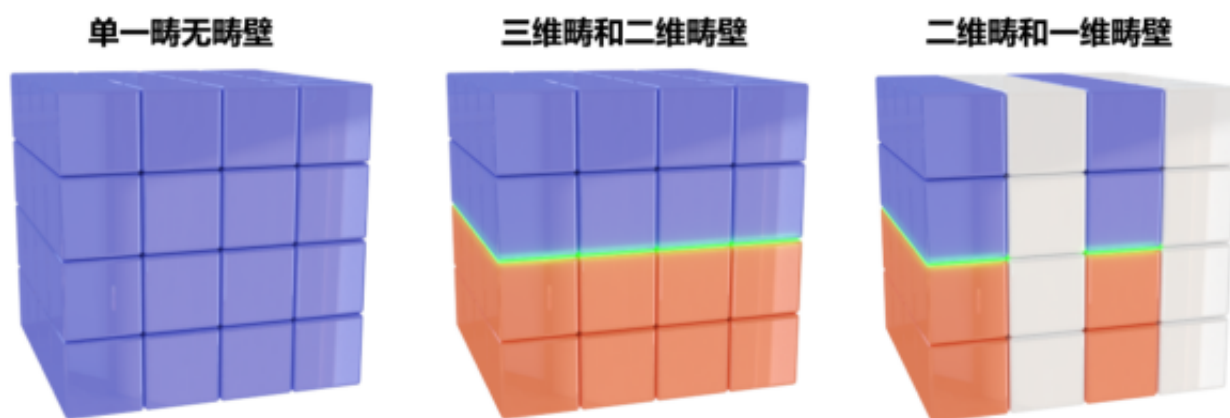
这一工作打破了人们对于三维晶体中畴壁为本征二维结构的传统认知，阐明了萤石铁电体中极化切换与氧离子传输之间的内在耦合关系。

---

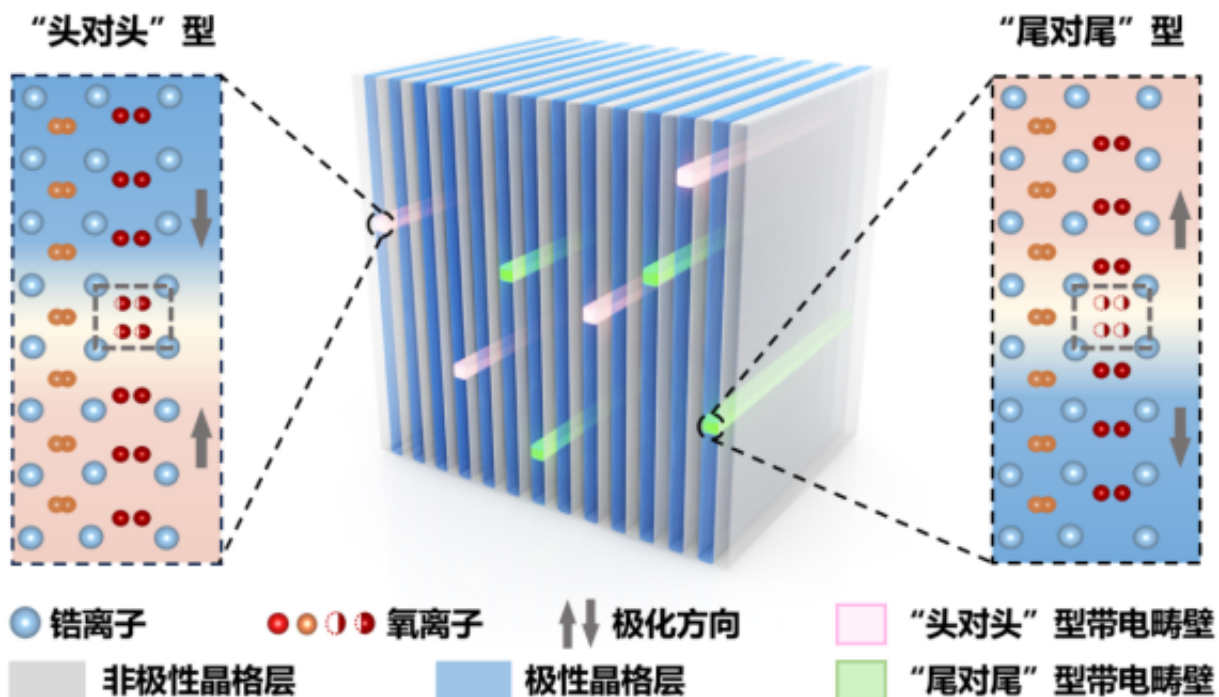
同时，埃级尺寸的畴壁单元预期将大幅提升信息存储密度，通过在半个单胞内控制一维畴壁的写入、驱动和擦除，能够实现模拟计算，为开发具有极限密度的人工智能器件载体奠定了科学基础。

相关研究成果发表在《科学》（Science）上。

[论文链接](#)



铁电“魔方”示意图。每个小方块类比原子晶格，方块的颜色类比极化状态，相同颜色的小方块组成了畴，不同畴之间的界面即为畴壁（绿色高亮显示）



萤石结构铁电材料 $\text{ZrO}_2$ 中的一维带电畴壁示意图。铁电 $\text{ZrO}_2$ 结构的卡通示意图以及限制在二维极性层内的“头对头”和“尾对尾”型带电畴壁的原子模型

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