铁电斯格明子研究取得系列进展

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/35433.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！

铁电斯格明子研究取得系列进展。松山湖材料实验室研究员朱银莲团队联合中国科学院金属研究所研究员唐云龙团队、浙江大学研究员洪子健团队在铁电材料拓扑结构研究领域取得系列进展。他们通过巧妙地调控静电能和梯度能的耦合关系，诱导了纯奈尔型斯格明子，进一步揭示了斯格明子-泡泡与铁电180°畴的遗传关系，提出了一种新的斯格明子-泡泡的形成机制。相关成果近日分别发表于《先进材料》和《材料学报》。

在过去的5年中，人们从实验和理论两个方面对铁电斯格明子-泡泡（ferroelectric skyrmion-bubbles）进行了系统性探索，揭示了斯格明子-泡泡的形成是由块体能、梯度能、弹性能和静电能之间复杂相互作用共同决定的。这些斯格明子-泡泡展现出了诸如手性、负电容效应以及拓扑相变行为等。然而，与Dzyaloshinskii-Moriya相互作用不同，偶极子-偶极子相互作用是无手性的，这意味着它们在能量上更倾向于形成布洛赫型斯格明子。

铁电奈尔型斯格明子的形成需要显著的电荷积累，以补偿电极化径向分布引起的散度。畴结构工程是在单层四方铁电薄膜中实现多样化、弱化奈尔型和布洛赫型相关性的一种可行策略。因此，先前的理论研究曾提出奈尔型斯格明子存在的可能性较低，这也使得探测与研究它们更具有挑战性。

为此，研究团队在国家自然科学基金等项目的资助下，通过研究[(PbTiO3)n/(SrTiO3)n]1双层膜中斯格明子-泡泡随厚度的演化，观察到在厚度为2个单胞的超薄双层膜中纯奈尔型斯格明子的原子形态，其拓扑荷为±1。通过极化分析、几何相位分析和X射线3D倒易空间映射（RSM）相结合的实验手段，确认了这种纯奈尔型斯格明子的存在。

该团队发现，当双层膜的厚度从50个单胞降低到2个单胞时，同时具备奈尔和布洛赫特征的斯格明子-泡泡结构中的布洛赫特征完全消失，仅保留纯奈尔型斯格明子特征。通过相场模拟揭示了奈尔型斯格明子的形成机制，计算表明静电能和梯度能变化在稳定奈尔型斯格明子相中起到了关键作用。这些纳米尺度的纯奈尔型斯格明子代表了磁性对等物的电学等价物，拓展了拓扑相的尺寸极限，并为铁电物理学领域的进一步发展提供了潜在的推动力。

据介绍，在2010年，同步辐射实验结果已经检测到了铁电斯格明子-泡泡的信号。遗憾的是当时并未使用透射电子显微镜（TEM）对PbTiO3/SrTiO3超晶格进行研究，这导致人们错误地认为这些畴结构仅仅是180°畴，从而使铁电斯格明子-泡泡的发现延迟了10年。这也凸显了TEM在材料科学研究中的重要作用。直到2019年，伯克利国家实验室相关人员才在生长于SrTiO3衬底上的PbTiO3/SrTiO3超晶格中观察到了铁电斯格明子-泡泡。

在此基础上，研究团队通过文献调研，实验和理论相结合的方式，对比分析了180°畴和斯格明子-泡泡，认为去极化场重新分割了条状的180°畴，导致180°畴演化为斯格明子-泡泡，从而推断出斯格明子-泡泡与180°畴存在遗传关系，这为斯格明子-
泡泡的形成提供了新的认识。（来源：中国科学报 朱汉斌）

相关论文信息：https://doi.org/10.1002/adma.202501411

https://doi.org/10.1016/j.actamat.2025.121481

作者：朱银莲等 来源：《先进材料》

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转发