
研究依托水冷磁体扫描力显微技术实现薄膜晶向高密读写新方法

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/33917.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！

研究依托水冷磁体扫描力显微技术实现薄膜晶向高密读写新方法

。近日，中国科学院合肥物质科学研究院强磁场科学中心陆轻铀课题组，联合英国华威大学研究员彭威和教授Marin Alexe、韩国浦项科技大学教授Daesu Lee等，依托稳态强磁场实验装置（SHMFF）的水冷磁体扫描力显微镜和超导磁体SMA组合显微系统，在氧化物薄膜的铁弹性晶体取向调控方面取得进展。该研究利用超锐针尖诱导的剪切应力，实现对氧化物薄膜中铁弹性畴的三维操控。

铁性材料如铁磁、铁电、铁弹中复杂的畴结构及其诱导的局部异质性，为理解与优化材料的功能物性带来了挑战与机遇。铁弹材料作为铁性材料中最庞大的一类，其特征是晶格在机械应力下表现出具备弹性滞后的多取向态切换。在复杂氧化物中，铁弹序常与其他自由度如电荷、自旋、轨道等强烈耦合，对材料的电子性质产生重要影响。目前，纳米尺度下对铁弹序的非易失性、非破坏性调控手段仍然缺乏，制约了相关基础研究和应用开发。

该研究以铁磁金属氧化物 SrRuO_3

薄膜为研究对象，利用SHMFF水冷磁体平台开发的高灵敏磁力显微镜系统，在2-300 K温度范围和0-35

T磁场条件下，观测了纳米磁畴结构。实验发现，具备（111）晶体取向的 SrRuO_3 薄膜在5 K以下低温基态时，需要27-35 T的超高磁场才能使磁畴逐渐达到饱和状态。研究通过原位对比扫描电子显微镜电子通道衬度（ECC）的铁弹畴图像和MFM的磁畴图像，并结合微磁模拟，证实铁弹畴壁处的面内磁化分量以“头对头/尾对尾”模式排列，并产生杂散场对比。这揭示了该体系存在的铁磁-铁弹性耦合即磁弹性耦合现象，表现为晶体取向锁定的磁各向异性特性。

在调控技术方面，该研

究通过控制超锐针尖施加的剪切应力场，在 SrRuO_3

（001）和（111）薄膜中分别实现了四变体和三变体晶体取向的选择性切换，同时，ECC成像展示了畴结构的可控转变过程。进一步的磁输运和高灵敏磁力显微镜系统观测表明，这种铁弹切换可以精确调控磁易轴的取向选择。通过调节原子力显微镜针尖的载荷力，研究实现了纳米级深度分辨调控，即低载荷力可选择性作用于薄膜表层，施加3 mN载荷力可贯穿10 nm厚薄膜全层，这为设计垂直磁异质结构提供了新路径。

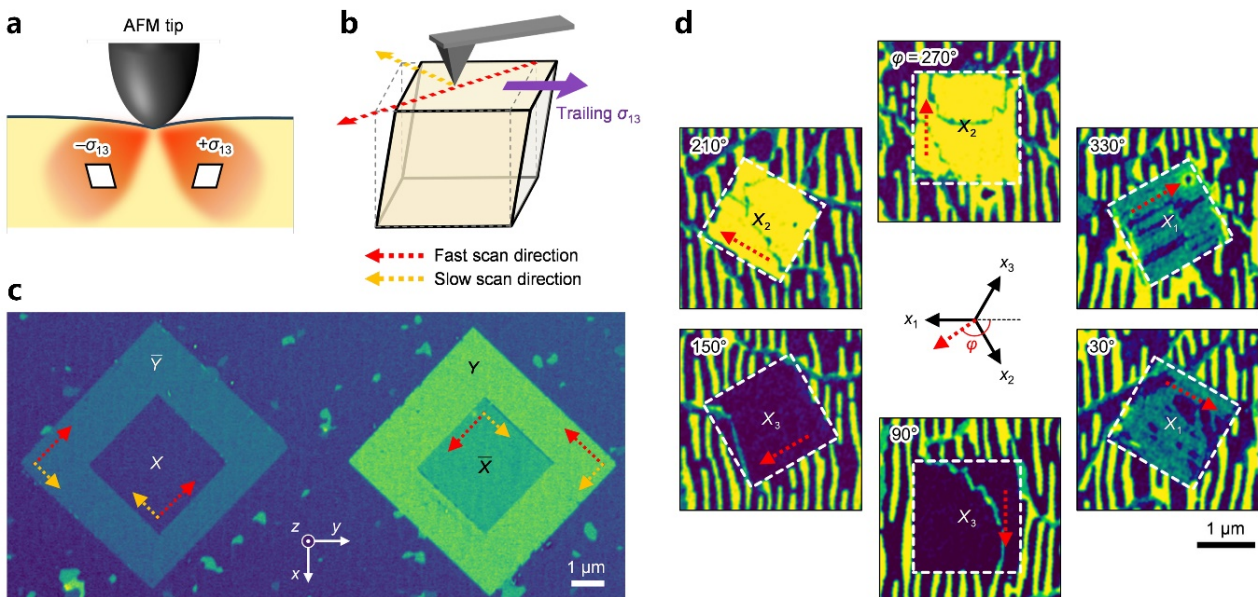
这一铁弹性“书写”技术已制备出50 nm宽的磁畴条纹和 $26 \times 26 \text{ nm}^2$ 点状磁畴，其磁态可通过高灵敏磁力显微镜系统稳定读取，估算存储密度达 148 Gbit/cm^2 。

在自旋电子学领域，团队通过调控层间磁各向异性，在 SrRuO_3 单层膜中实现无外场自旋轨道矩磁化翻转：当表层晶体取向旋转180度时，自旋霍尔效应产生的层间自旋流不再抵消，反常霍尔信号变化幅度翻倍。该调控方案在 $(\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3})(\text{Mn}_{0.9}\text{Ru}_{0.1})\text{O}_3$ 体系中的成功复现，验证了其普适性。

上述研究建立了基于原子力显微镜针尖的三维铁弹性“写入”技术，为研究超导、磁输运等涉及结构异质性的相关物性提供了新方法，并为机械可编程的非易失性纳米电子学开辟了新方向。

相关研究成果在线发表在《自然-纳米技术》（*Nature Nanotechnology*）上。研究工作得到国家重点研发计划和国家自然科学基金等的支持。

[论文链接](#)



铁弹性“写入”与晶体方向选择。(a) 原子力显微镜针尖加载下剪应力分布示意图，(b) 根据快速与慢速扫描轴，由拖尾引起的晶体剪切示意图，(c、d) ECC图像展示了确定性的铁弹性“写入”。

研究团队单位：合肥物质科学研究院

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