

物理所在近邻层结构相变调控钉氧化物磁电特性研究中取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/13951.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！

在 ABO_3

钙钛矿型的过渡金属氧化物中，由金属离子和氧离子构成的氧八面体的畸变与功能材料中电荷、轨道、自旋等电子自由度高度耦合，决定着材料的宏观物性。随着现代薄膜制备技术的精进，科学家们已能够在单原胞层的尺度对薄膜材料的结构进行人工设计和剪裁，提高已具备的物性，甚至可以按需订制特殊的功能。氧化物薄膜在其界面处通过形成金属离子与氧离子的化学键来获得异质外延。因此，近邻层（无论是衬底还是覆盖层）的晶体对称性、晶格常数、氧八面体的构型等都将直接影响功能氧化物薄膜中的氧八面体畸变、倾斜和扭转等结构因子，实现对薄膜的磁、电、光等多物态的高效调控。已有研究通常是通过外延应力、薄膜厚度、化学组分等方法来改变氧八面体的结构因子，但都无可避免地引起薄膜面内和面外晶格常数同时急剧变化，使其物性与结构的关联变得复杂。

中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心特聘研究员郭尔佳指导博士研究生林珊选取对结构非常敏感的铁磁金属特性的 SrRuO_3

作为研究对象，利用脉冲

激光沉积技术制备出若干原胞层厚度的 SrRuO_3

超薄膜，通过共格生长的 LaNiO_3

覆盖层或者无限层铜氧化物 SrCuO_2

夹层两种不同

方式，在保持面内晶格常数

不变的前提下，仅通过近邻层来改变 RuO_6 八面体的倾斜角和金属离子-氧离子的键长和键角，实现了超薄膜磁垂直各向异性、饱和磁化强度、磁电阻和反常霍尔效应等关联物性的高效调控。

科研人员首先利用具有 $R\bar{3}$

c 晶体结构和 $a^-a^-a^-$ 的氧八面体构型的 LaNiO_3

作为覆盖层来调控近邻 SrRuO_3

超薄膜的结构和磁性。区别于 SrRuO_3

单层薄膜，具有覆盖层的 SrRuO_3

薄膜具有更明显

的磁各向异性。通过极化中子反

射技术，科研人员确认了 SrRuO_3

薄膜具有均匀的磁性分布，而不存在不均匀磁性层。X射线衍射倒易空间矢量图和球差矫正透射

电镜的结构表征均表明，具有覆盖层的SrRuO₃薄膜的晶体对称性由斜方变成了四方晶系，Ru-O-Ru的键

角由(174±1.8)

°增加到接近180°。氧八面

体构型和晶体对称性的改变促使SrRuO₃

薄膜

具有更强的磁各向异性，为磁存储介质提供所需的垂直各向异性材料。相关研究成果以*Switching Magnetic Anisotropy of SrRuO₃ by Capping-Layer-Induced Octahedral Distortion*为题，发表在[Physical Review Applied](#)上。

此外，科研人员利用无限层铜氧化物SrCuO₂

薄层将仅有6原胞层厚度的SrRuO₃

超薄膜夹在中间形成三明治结构。

近期研究结果表明，SrCuO₂随厚度减小会发生铜氧面从水平（planar-type）到竖直（chain-type）构型的变化，伴随着其面外晶格常数从3.4 Å 增加到3.9 Å 【Li, Guo* et al. *Advanced Materials* 33, 2001324 (2021)】。不同的界面截止层、铜氧面构型和面外晶格常数直接影响了界面处钌氧八面体中Ru-O的键长和键角。当SrCuO₂层厚度从3原胞层增加到12原胞层时，Ru-O-Ru的键角由接近180°减小到(173±0.3)°，伴随着SrRuO₃超薄膜的面外晶格常数由3.96 Å 减小到3.90 Å。钌氧八面体结构因子也随之改变，打破了晶格场能和交换作用能之间的平衡关系，使简并能级的劈裂程度进一步加剧，直接影响了Ru

4d的自旋态以及Ru-

O键的轨道杂化作用，进而诱发SrRuO₃

薄膜的磁、电输运特性发生巨大改变。相关研究成果以*Dimensional Control of Octahedral Tilt in SrRuO₃ via Infinite-Layered Oxides*为题，发表在[Nano Letters](#)上。

上述两项研究论文第一作者均为博士生林珊。特聘研究员郭尔佳和研究员金奎娟为论文共同通讯作者。系列工作得到物理所副研究员张庆华、研究员谷林、武汉理工大学教授桑夏晗在高分辨透射电镜测量方面的支持，以及中科院高能物理研究所研究员王嘉鸥在X射线吸收谱测量方面，物理所北京散裂中子源靶站谱仪工程中心研究员朱涛、美国橡树岭国家实验室博士Amanda Huon和Michael Fitzsimmons在极化中子反射测量方面的支持。

研究工作得到科技部重点研发计划青年项目、国家自然科学基金委员会、北京市科技新星计划、北京市自然科学基金、中科院等的支持。

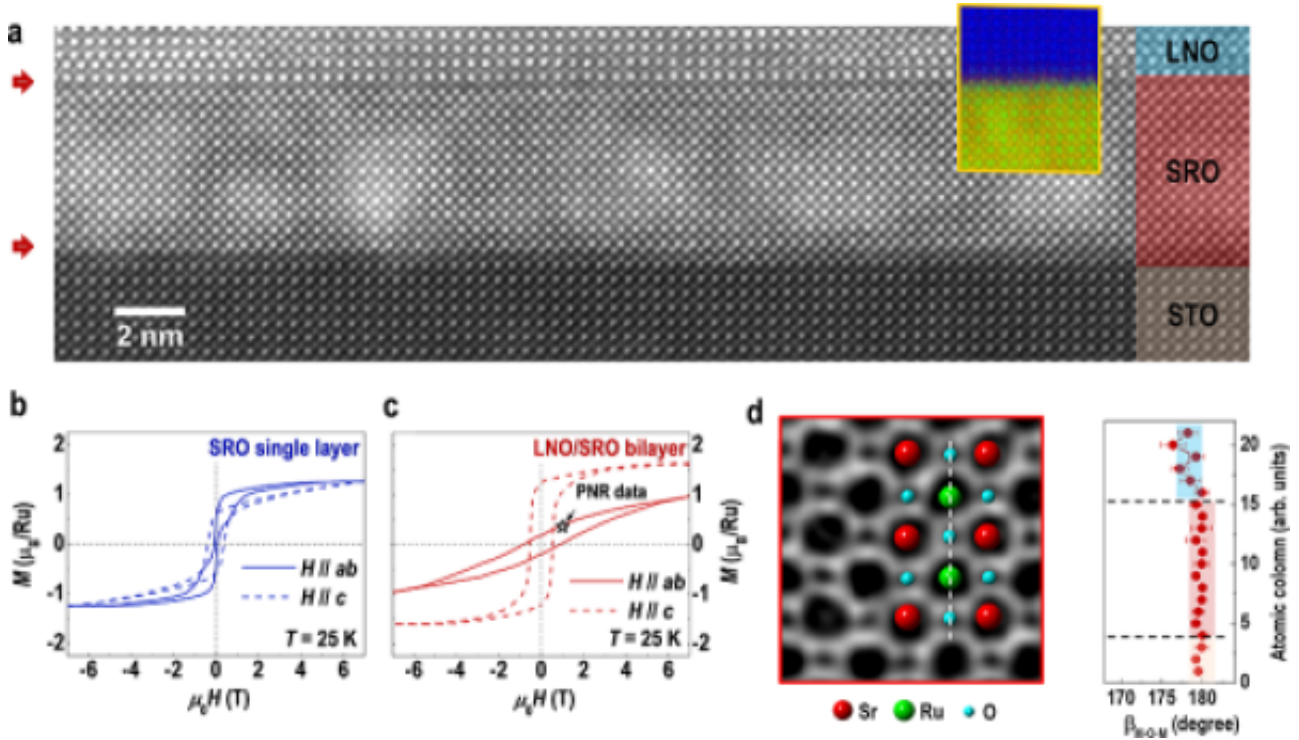


图1. (a) 具有 LaNiO_3 涂覆层的 SrRuO_3 异质结的高分辨透射电镜。插图为各元素合并的EELS图。(b) SrRuO_3 单层薄膜和 (c) 具有 LaNiO_3 涂覆层的 SrRuO_3 薄膜的磁化率随磁场变化的曲线。(d) 高分辨透射电镜的ABF图，右边显示了金属离子-氧离子的键角随厚度的变化关系

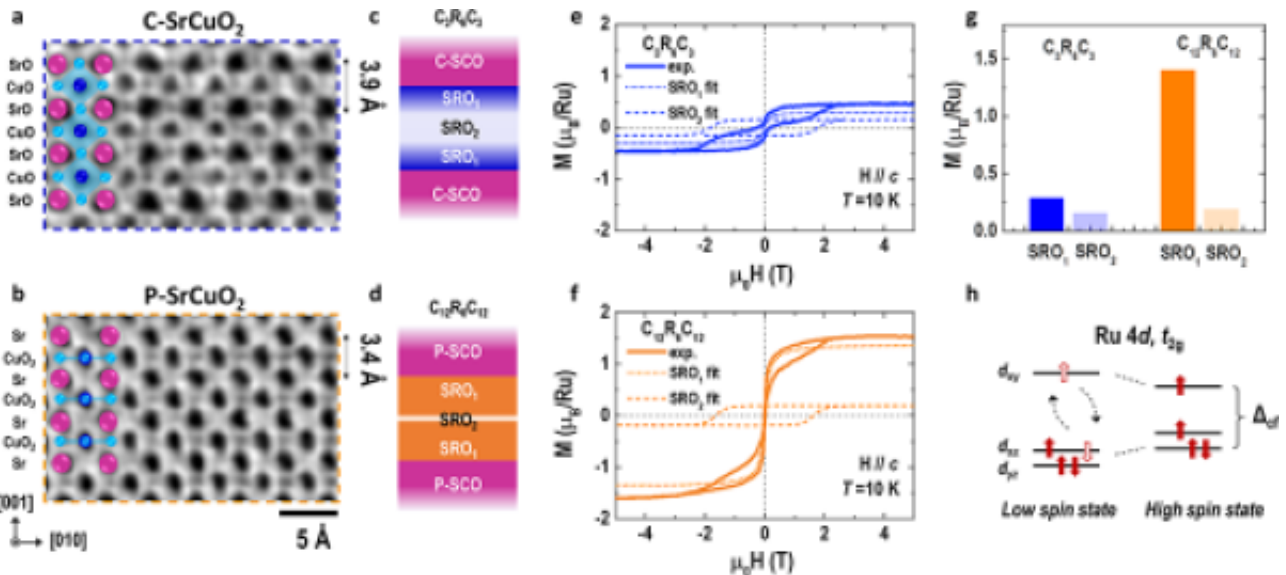


图2. (a) 竖直 (chain-type) 构型和 (b) 水平 (planar-type) 构型 SrCuO_2 薄膜的高分辨电镜图。

(c) 和 (d) 分别显示了被两种不同构型的Sr
CuO₂/SrRuO₃/SrCuO₂

的结构示意图。(e) 和 (f) 分别显示了两类异质结构的磁化率随磁场变化的曲线。(g) 不用
异质结构中铁磁绝缘性SrRuO₃与铁磁半导体性SrRuO₃所占比例。(h) 电子能级结构示意图。

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