研究构建一种可调控电阻的新型器件—铁电阀

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/38982.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！

研究构建一种可调控电阻的新型器件—铁电阀。自旋阀是一类通过调控铁磁层中自旋取向实现电阻调制的多层薄膜器件，通常由交替堆叠的铁磁性与非磁性金属层构成，为高集成度、高性能自旋电子技术的发展提供了关键支撑，在磁存储、磁传感及自旋电子学等领域展现出重要应用价值。鉴于铁电性与铁磁性在物理概念与宏观响应行为上具有高度类比性，构建一种结构类比自旋阀、可通过调控相邻铁电层极化方向来实现电阻调控的铁电阀（Ferroelectric Valve）器件，具有重要的科学意义与应用前景。

近日，中国科学院金属研究所沈阳材料科学国家研究中心材料显微科学研究部陈春林研究员团队创新性地设计出一种由铁电层/导电层/铁电层构成的三明治型铁电阀结构，并系统研究了其在铁电层极化平行与反平行两种构型下的原子尺度界面结构、局域电子结构及电阻态特性。相关研究成果以Design of Ferroelectric Valve: A Spin-Valve-Analogous Structure for Modulating Electrical Resistance为题发表于Advanced Materials杂志上。金属所乔贝贝博士、孙子益（23级博士研究生）及张盛（25级博士研究生）为论文共同第一作者，陈春林研究员、姚婷婷研究员及江亦潇副研究员为论文共同通讯作者。

研究团队采用脉冲激光沉积技术成功构筑了LaTiO3.5/m-LaTiO3/LaTiO3.5多层异质结构铁电阀，其中中间导电层m-LaTiO3的厚度精准调控在3至6个原子层范围内。结合像差校正扫描透射电子显微学表征与第一性原理计算的协同分析，研究人员系统揭示了该铁电阀在平行与反平行极化构型下的界面原子排列、极化耦合机制及能带演化规律。结果表明：在反平行极化构型下，导电层带隙显著减小，载流子浓度明显升高，器件整体导电能力显著优于平行极化构型。同时，反平行极化诱导的界面电荷重分布与轨道杂化效应导致LaTiO3层中Ti原子的3d　t2g轨道退简并，进而引发显著的面内电导各向异性。增大中间导电层厚度，可有效提升器件整体电导率。通过外场调控两侧铁电层的极化取向，可灵活切换中心LaTiO3层的电阻状态及其导电易轴，从而实现对器件电阻的非易失性、多态调控。

本工作首次提出铁电阀的概念，并在实验上实现了该类异质结构的可控构筑，阐明了其基于极化构型依赖的界面电子重构所驱动的电阻调制物理机制，为新型铁电功能器件的设计、优化与集成提供了坚实的材料平台与理论依据。尤为值得关注的是，LaTiO3.5具有超过1500K的居里温度，且与LaTiO3之间具备优异的晶格匹配性与外延兼容性，所构建的异质结构展现出优异的晶体完整性、原子级平整的界面质量以及出色的高温结构稳定性，有望应用于高温电子器件等严苛应用场景。作为一项原创性器件概念，铁电阀为后摩尔时代多功能、低功耗信息器件的发展开辟了全新技术路径。

此外，课题组前期在该类异质结构中的研究表明，通过元素掺杂可实现导电类型（n型至p型）

的连续调控，为进一步拓展器件电学性能的可编程性与功能多样性提供了更广阔的前景。相关研究结果以Strain-Induced Gradient Distribution of Dopants at a Perovskite Interface为题发表于Nano letters杂志上并入选了扉页论文。

本研究获得国家自然科学基金项目及广东省基础与应用基础研究重大项目等多项资助。（来源：中国科学院金属研究所）

相关论文信息：https://doi.org/10.1002/adma.202521823

https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.4c05137

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费等事宜，请与我们接洽。
作者：陈春林等 来源：《纳米快报》

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