基于铁电畴翻转的类脑器件研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/8476.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！

随着人类社会数据量的急剧增加以及数据类型复杂程度的提高，类似于人脑的神经网络型信息处理模式效率将会明显优于传统架构计算机。开发符合神经形态计算特性的电子器件进而构建大规模人工神经网络，通过模仿人脑工作方式进行类脑计算，被认为是解决目前算力瓶颈的潜力方案，相关研究已成为未来信息科技发展的一个重要方向。

中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心光物理重点实验室研究员金奎娟和中科院院士杨国桢领导的L03组致力于激光分子束外延方法制备功能氧化物外延膜及其物性调控的研究。该课题组副研究员葛琛围绕氧化物界面极化场调控的基本科学问题，探索开展了基于功能氧化物薄膜界面工程的类脑器件研究（*Adv. Mater.* 30, 1801548 (2018); *Adv. Mater.* 31, 1900379 (2019); *Adv. Funct. Mater.* 29, 1902702 (2019); *Nano Energy* 67, 104268 (2020)），最近通过精确控制氧化物超薄膜铁电极化畴翻转过程设计实现了高性能人工突触器件。

铁电隧穿结物理机制的清晰理解对设计高性能人工突触是至关重要的。铁电隧道结是一种将铁电性与量子隧穿效应相结合的信息器件，由铁电超薄膜和两种金属电极组成三明治结构，形成可被铁电极化方向调制的势垒，从而实现高低阻态之间的转变。但是，近几年的研究表明铁电隧穿结的电阻开关效应可能还存在离子迁移的贡献。针对此争议，研究人员使用激光分子束外延技术生长了7
u.c.厚的$BaTiO_3$
超薄外延膜，成功制备了铁电隧穿结
。通过与顺电性$SrTiO_3$
体系的对比实验，研究人员阐明存在氧空位的铁电超薄膜对开关比有重要的贡献，解决了该领域

Advanced Materials 1904123 (2019)）总结了近十年来该领域所有重要工作的开关比，显示该器件的开关比性能最佳。该工作发表在*Cell*综合类子刊*iScience* 16, 368 (2019)。

铁电极化只有两个状态，如何控制铁电畴实现非易失性的多状态存储是设计人工突触需要解决的关键科学问题。研究人员在上述铁电隧穿结工作基础上，从时间尺度细致研究了铁电畴翻转动力学，发现铁电隧穿结畴区翻转过程可以用成核限制模型（nucleation-limited-switching model）进行精确描述。从而，研究人员能够精细地调控铁电畴逐渐翻转实现上百个中间非易失状态，该铁电突触器件展现出超低的能耗、多状态、优异耐久性、超高线性度和对称性。此外，利用铁电氧化物薄膜的电容效应和畴翻转行为，可分别实现短程和长程可塑性。基于铁电畴翻转的电子突触器件构成的人工神经网络对标准图库MNIST识别率可达到96.4%。这是目前两端器件的最高水平，

展现出铁电氧化物材料在神经形态器件应用上的潜力。该工作发表于*Advanced Materials* 32, 1905764 (2020)。

受此工作的启发，研究人员进一步用$SrTiO_3$超薄外延膜制备了人工突触器件，该器件每个脉冲的能耗低至fJ量级，甚至能够与生物突触的能耗相比，为基于离子阻变效应的突触器件设计提供了新思路。该工作发表于*ACS Applied Materials Interfaces* 11, 43473 (2019)。

以上工作的主要完成者包括物理所博士李建坤等，主要合作者为北京大学研究员高鹏团队（铁电薄膜电镜表征）。系列工作得到国家重点研发计划、国家自然科学基金、中科院等的资助。

论文链接：123

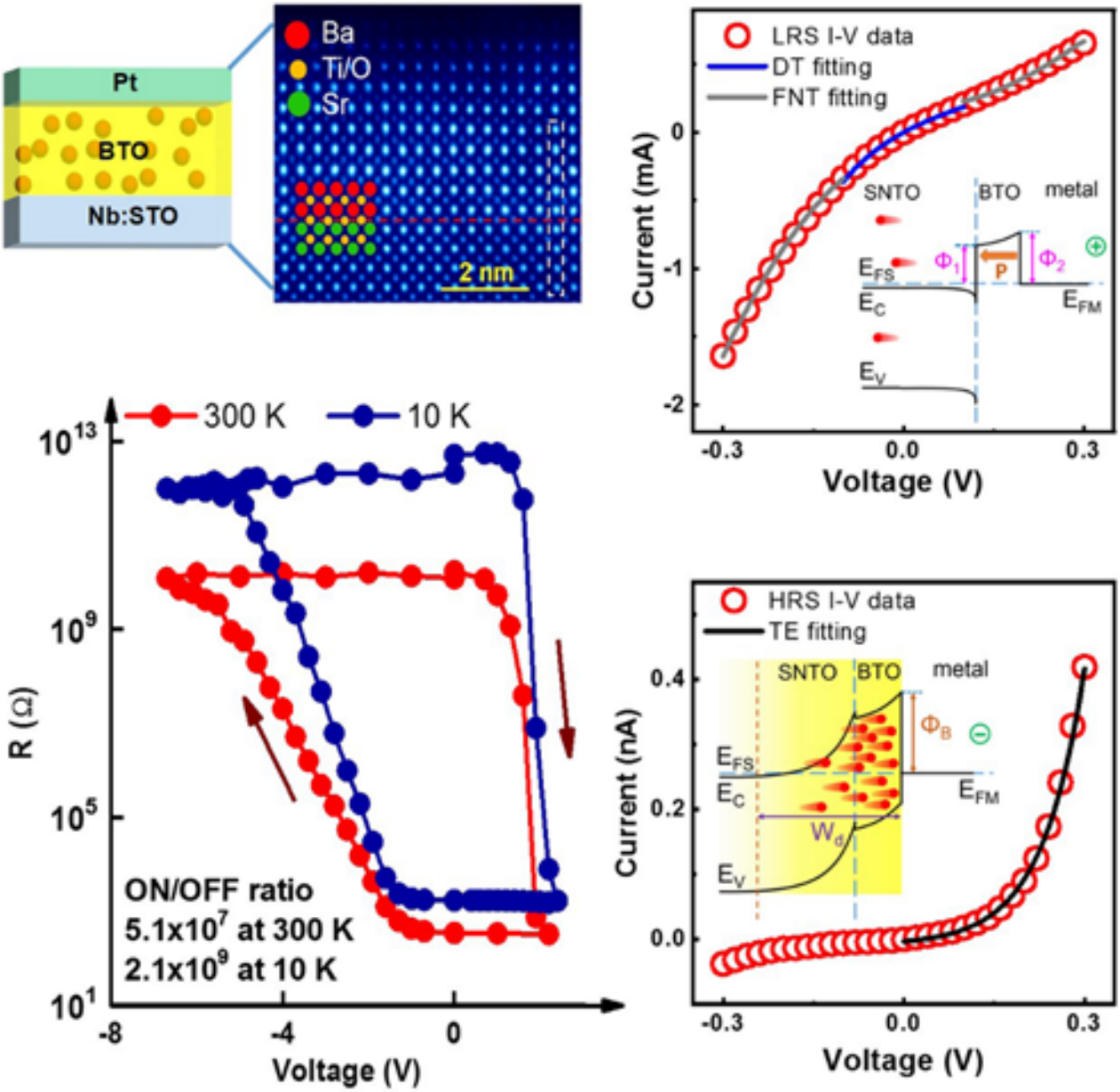


图1. 高开关比Pt/$BaTiO_3$/Nb:STO铁电隧穿结设计

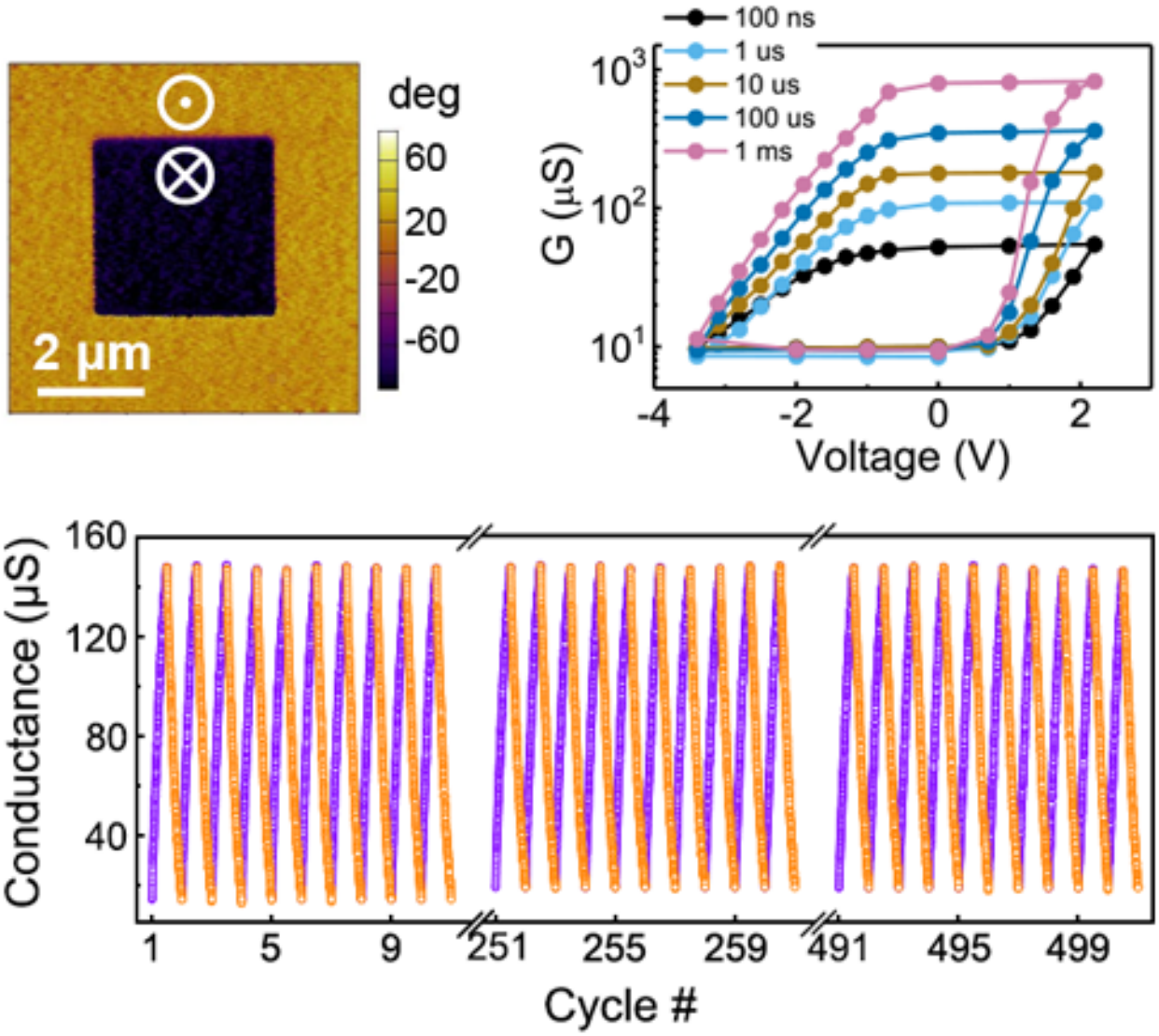


图2. 铁电突触器件研究

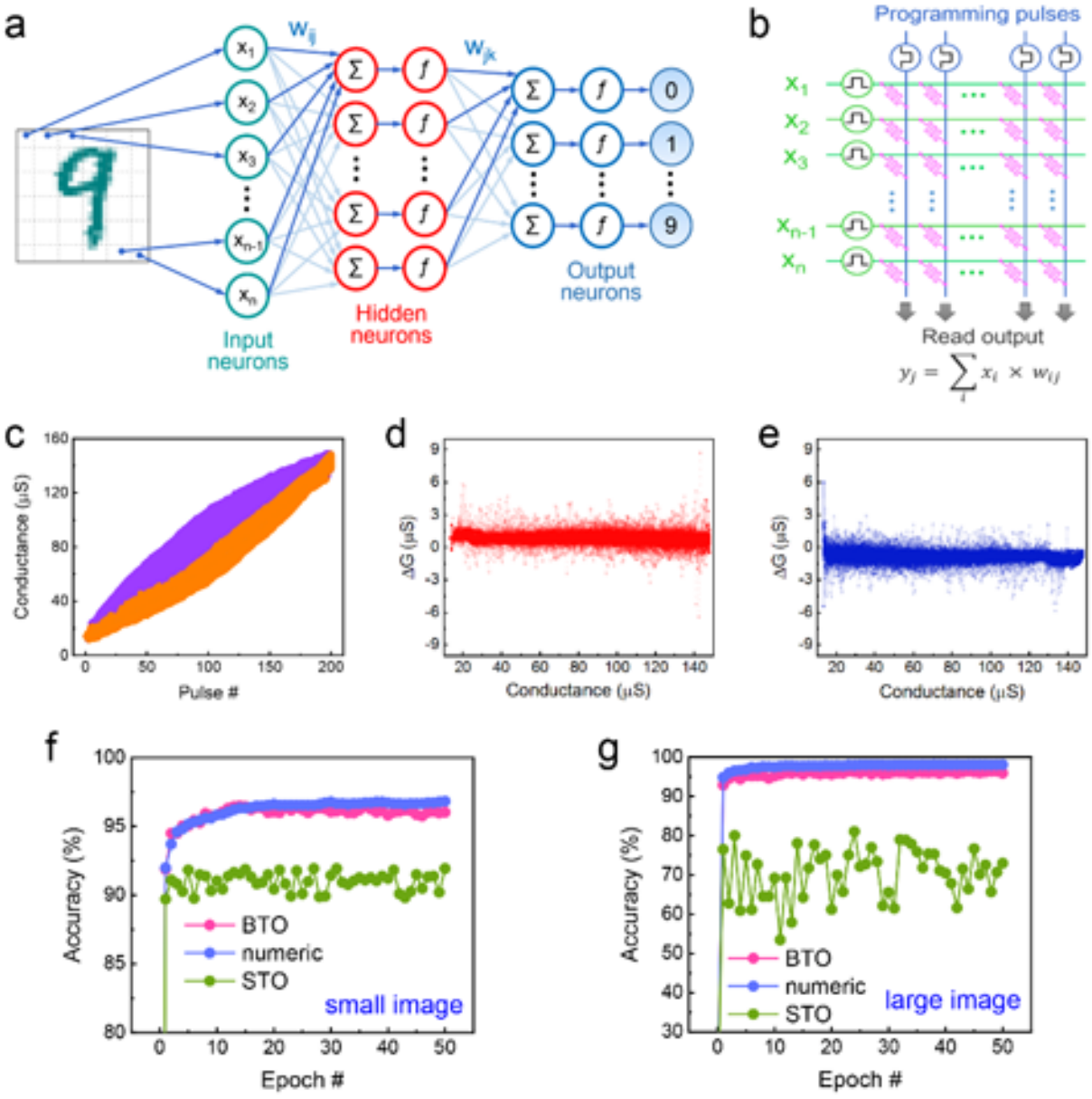


图3. 铁电突触神经网络对标准图库识别的模拟研究

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转发