

物理所实现基于拓扑转换材料的电解质突触晶体管

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，成为未来信息科技发展的重要方向。功能氧化物材料物理性质对外来离子十分敏感，通过电解质调控的方法在界面处进行离子交换可以有效地控制其电导性质的变化，逐渐成为神经形态器件设计研究中很有潜力的方案。

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组一直致力于激光分子束外延方法制备高质量的钙钛矿异质结及其物性调控的研究，该课题组副研究员葛琛等通过离子液体调控LSMO薄膜实现了四个量级以上的电阻变化，并提出离子液体中的水与氧化物界面电化学离子交换过程起主要作用（*Adv. Mater. Interfaces* 2, 1500407 (2015)）；之后，选择可以容纳大量插入离子的A位缺失钙钛矿结构WO₃作为模型体系进行H⁺离子液体调控并设计突触晶体管（*Adv. Mater.* 30, 1801548 (2018); *J. Mater. Chem. C* 5, 11694 (2017)）；最近，通过O₂-离子液体调控拓扑转换材料（SrFeO_{2.5} / SrFeO₃）设计了高性能突触晶体管，取得一些进展。

研究人员通过激光分子束外延技术制备出高质量SrFeO_{2.5}薄膜，并利用离子液体调控O₂-离子的插入和析出，在SrFeO_{2.5}中通过电场实现其钙铁石相与钙钛矿相的拓扑转换。在相转换过程中伴随着晶体结构、电导态及光学吸收特性的巨大变化，且相变后的结构、性能可以长久保持（一年内未有变化）。相比现在主要研究的基于H⁺注入的突触晶体管保持特性（分钟-小时量级）而言，这类拓扑转换材料的保持特性非常优异。

基于此拓扑相转换材料的电解质调控特性，研究人员将SrFeO_{2.5}薄膜制备成电解质晶体管，以SrFeOX薄膜作为沟道材料，在离子液体/氧化物界面强电场作用下，通过向沟道插入和析出O₂-离子实现了多个稳定电导态的可逆变化。该器件电导非常低（~5 nS），为低功耗大规模神经网络构建提供了很好的器件基础。进一步，他们实现了人工突触器件的重要功能，包括突触权重增强和减弱、突触的短长时记忆可塑性以及前后突触的时间可塑性。此外，他们利用反向传播算法神经网络模拟器，构建了基于此铁氧体突触晶体管的三层人工神经网络，实现对标准手写数字库（MNIST）的高精度识别。该工作首次提出的基于拓扑相转换材料的突触晶体管综合性能优异，为新型高性能神经突触器件的研究提供了新思路。完成工作主要人员包括硕士生刘昌祥和副教授周庆莉（首师大）、研究员谷林团队（物理所）等。研究成果发表在《先进材料》（*Advanced Materials*）上。

以上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，并得到中科院青促会的支持。

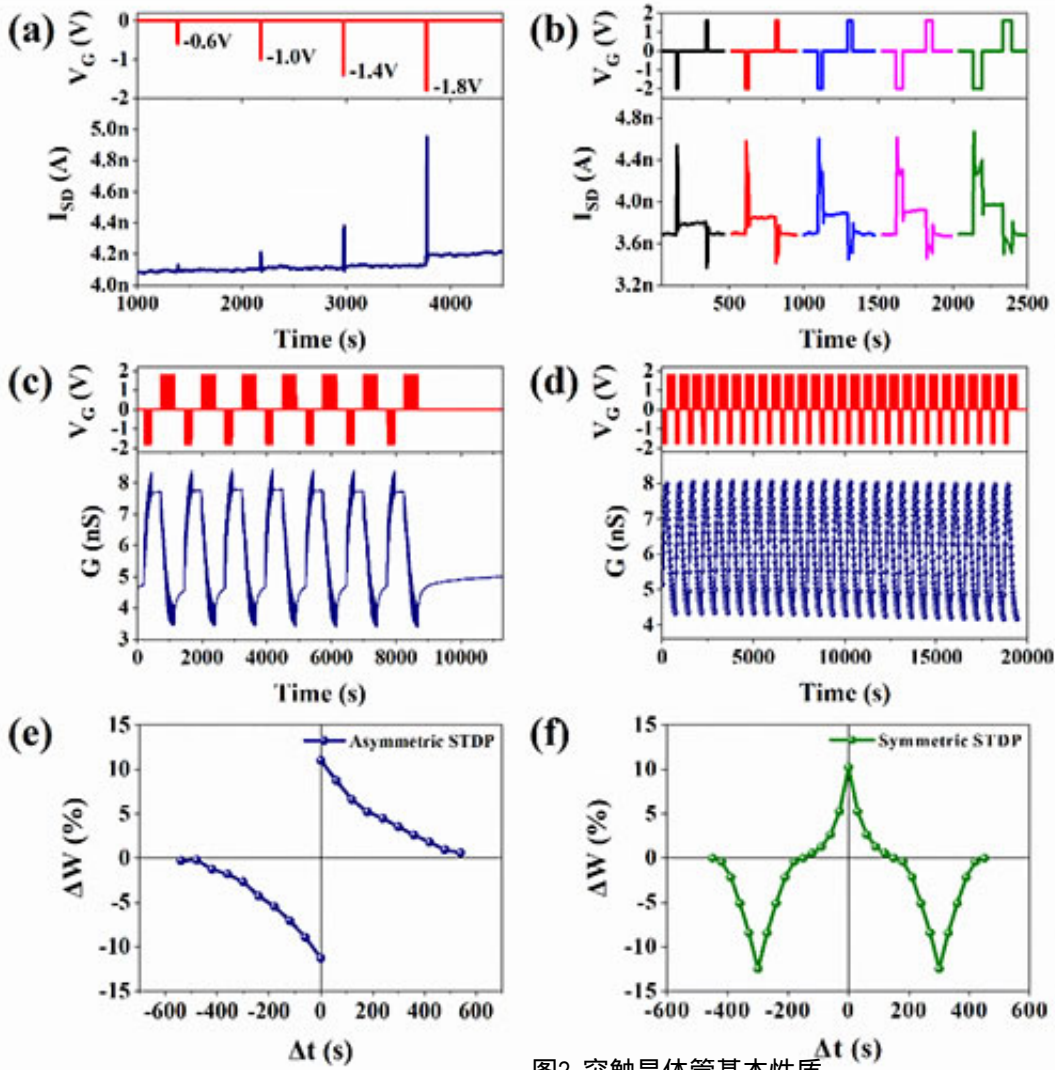


图2. 突触晶体管基本性质

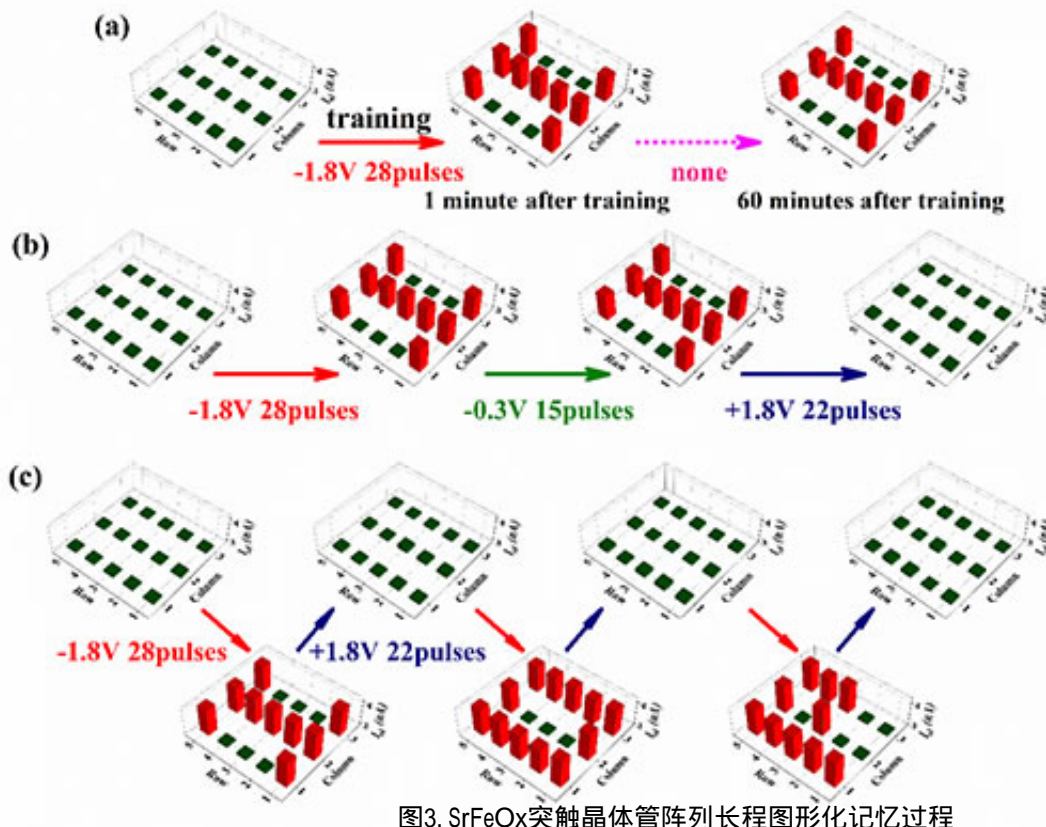


图3. SrFeOx突触晶体管阵列长程图形化记忆过程

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/138650.html>