

基于垂直架构的新型二维半导体/铁电多值存储器研究获进展

二维层状半导体材料得益于原子级薄的厚度，受到静电场屏蔽效应减弱，利用门电压可对其电学性能进行有效调控。利用二维层状半导体材料构建的多端忆阻晶体管（Memtransistor）可以模拟人脑中复杂的突触活动，有望应用于未来非冯架构的神经形态计算等。此外，相比于平面构型，二维纳米功能材料通常具有开放且洁净的界面，使其能够进行任意垂直组装，可实现硅基半导体工艺所不能兼容的多层向上集成范式，从而在单位面积内沿z轴获得更高密度集成。因此，基于垂直架构的二维纳米电子学器件，已成为当前延续摩尔定律的重要研究方向之一。迄今为止，针对铁电二维材料忆阻晶体管的研究仍然匮乏，尤其缺失具有垂直构型的门电压可调的忆阻器件的研究，主要原因在于传统基于隧穿架构的二维忆阻器难以在垂直方向兼具更高性能和有效栅极调控特性。

近日，中国科学院金属研究所沈阳材料科学国家研究中心与国内多家单位合作，设计二维半导体与二维铁电材料的特殊能带对齐方式，将金属氧化物半导体场效应晶体管（MOSFET）与非隧穿型的铁电忆阻器垂直组装，首次构筑了基于垂直架构的门电压可编程的二维铁电存储器。11月17日，相关研究成果以A gate programmable van der Waals metal-ferroelectric-semiconductor vertical heterojunction memory为题，在线发表在《先进材料》（Advanced Materials）上。

科研团队使用二维层状材料CuInP2S6作为铁电绝缘体层，利用二维层状半导体材料MoS2和多层石墨烯分别作为铁电忆阻器的上、下电极层，形成金属/铁电体/半导体（M-FE-S）架构的忆阻器；在顶部半导体层上方通过堆叠多层h-BN作为栅极介电层引入了MOSFET架构。底部M-FE-S忆阻器件开关比超过 10^5 ，具有长期数据存储能力，且阻变行为与CuInP2S6层的铁电性存在较强耦合（图1）。此外，研究通过制备 3×4 的阵列结构展示了该型铁电忆阻器件应用于存储交叉阵列【crossbar array，实现随机存取存储器（RAM）的关键结构】的可行性（图2）。进一步，研究在上方MOSFET施加栅极电压，有效调控了二维半导体层MoS2的载流子浓度（或费米能级），从而对下方M-FE-S忆阻器的存储性能进行操控（图3）。基于上述成果，科研人员展示了该型器件的门电压可调多阻态的存储特性（图4）。

本研究展示的门电压可编程的铁电忆阻器有望在未来人工突触等神经形态计算系统中发挥重要作用，并推动基于二维铁电材料制备多功能器件的开发。此外，该工作提出的MOSFET与忆阻器垂直集成的架构可进一步扩展到其他二维材料体系，从而获得性能更加优异的新型存储器。

研究工作得到国家重点研发计划“青年科学家项目”、国家自然科学基金青年科学基金项目/面上项目/联合基金项目、沈阳材料科学国家研究中心等的支持。

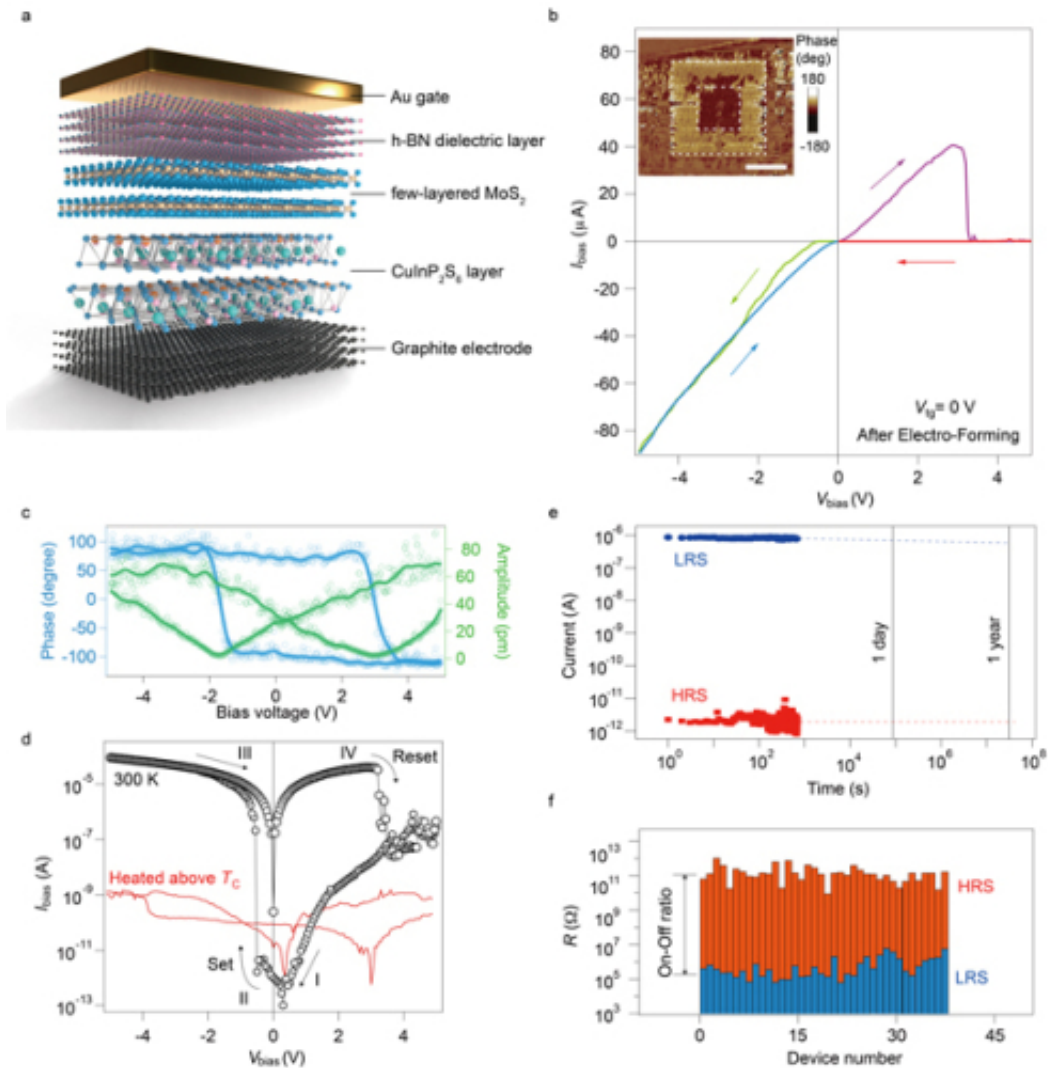


图1.器件结构设计及两端铁电忆阻器的存储性能。a、器件结构示意图；b、器件的阻变行为；c、少层CuInP2S6的压电力显微镜相位和幅值图；d、器件在不同温度下的输运行为；e、存储器的数据保持能力测试；f、存储器开关比统计图。

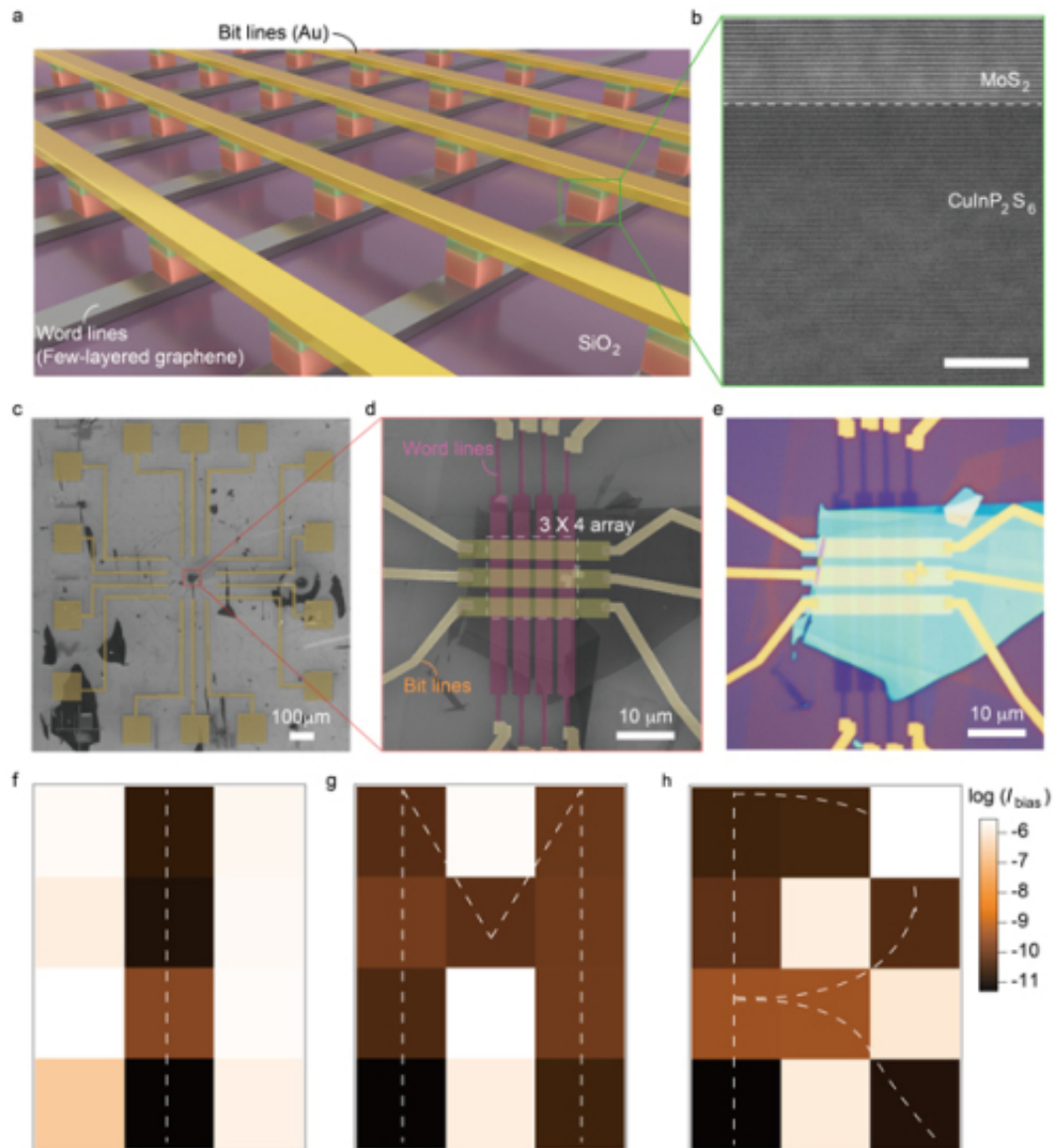


图2.铁电忆阻器存储阵列演示。a、二维铁电RAM结构示意图；b、CuInP2S6/MoS2界面的HAADF-STEM照片；c、3×4阵列的SEM图像；d、局部放大图；e、3×4阵列的光学照片；f-g、通过读取3×4阵列中每个交叉点的高阻态和低阻态编码的“ I ”“ M ”“ R ”的简化字母。

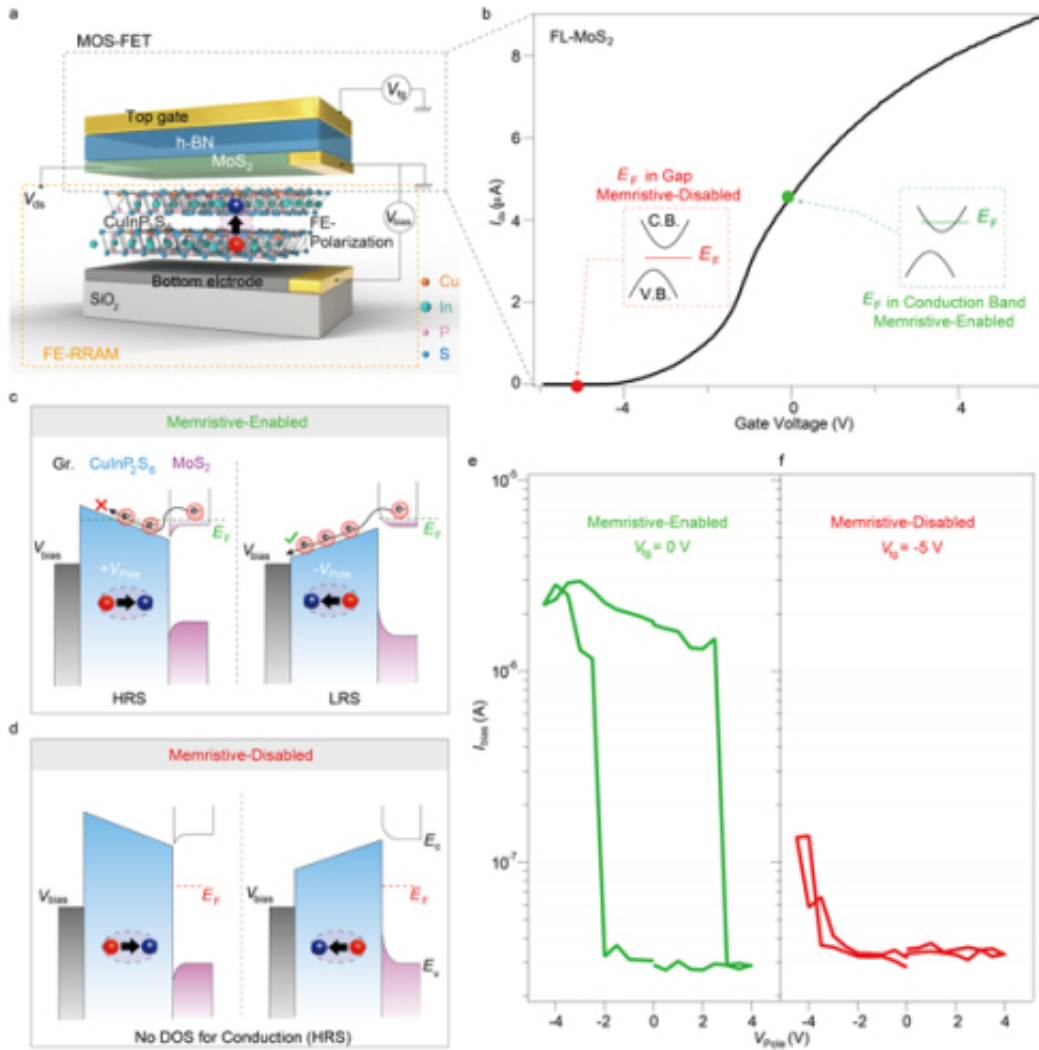


图3.器件的可编程存储特性。a、器件结构示意图；b、MoS₂层的转移特性曲线；c-d、异质结的能带结构图；e-f、通过施加门电压实现了对存储窗口从有到无的调控。

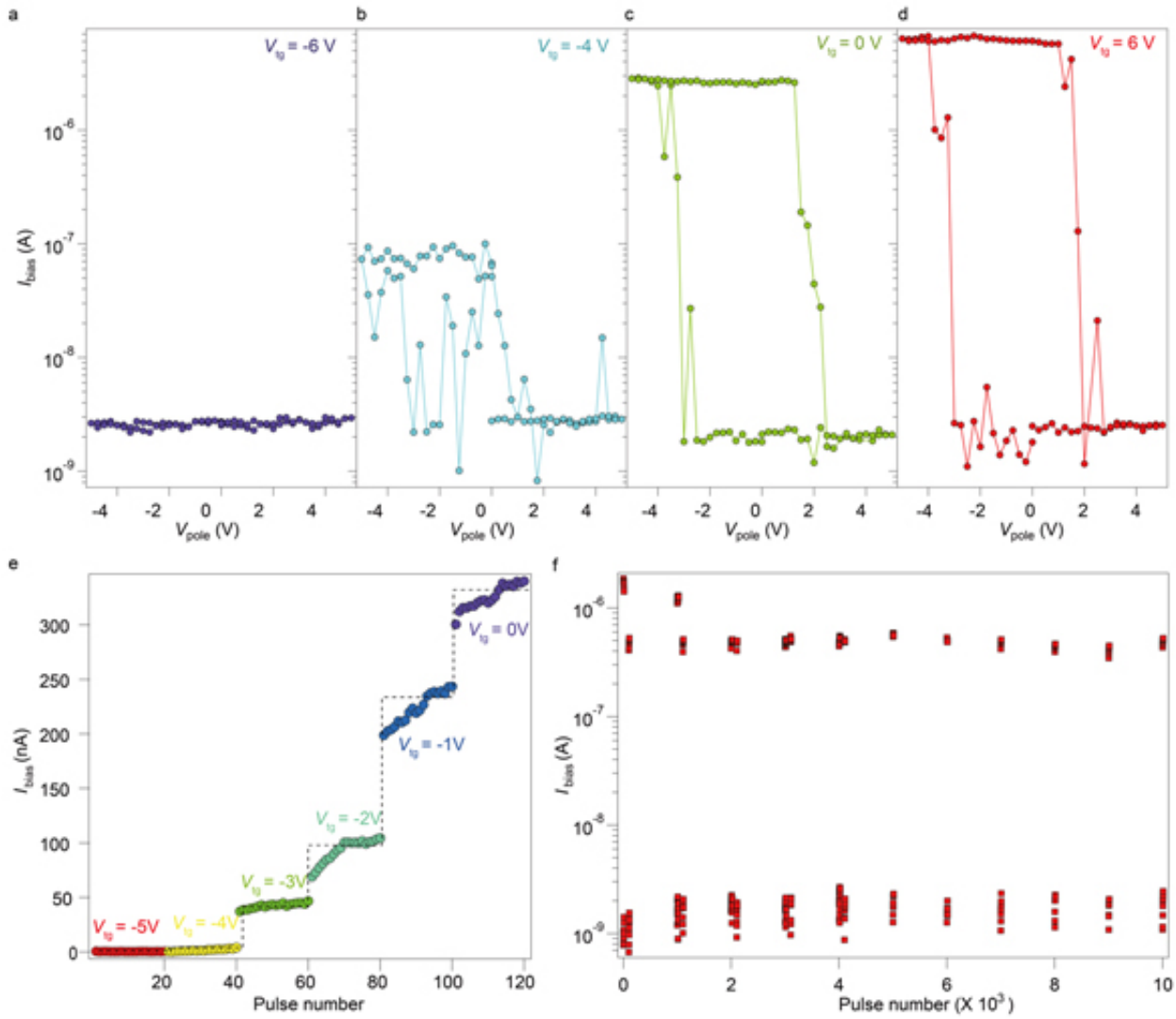


图4.门电压可编程存储器的多阻态存储特性。a-
d、器件在不同门电压下的存储窗口；e、器件的多阻态存储性能演示；f、栅极调控的耐疲劳特性。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/188945.html>