

铁电极化调制的磁性金属/氧化物异质界面的热稳定性研究获进展

由铁磁性金属和铁电/多铁性氧化物组成的异质结构很有希望在下一代具有数据非易失性、低功耗的磁电随机存储器(Magnetolectric Random Access Memories, ME-RAM)中得到应用。在这种磁电存储器中,铁磁材料的磁化状态可以由施加在铁电/多铁性异质结构存储单元上的电场来调控,其核心的电控磁操作是利用金属/氧化物界面的应力/自旋耦合来实现的。而对于在工业界已经取得广泛应用的自旋电子学(GMR巨磁电阻效应、TMR隧穿磁电阻效应)器件来说,制备过程中退火工艺的使用是不可避免的。然而,由于磁性金属与铁电/多铁性氧化物在化学成分上的不兼容,在退火过程中界面处氧化反应极易发生,并在界面处形成磁性金属的氧化物,进而会破坏原有界面处的应力/自旋耦合,最终导致器件的失效。目前,在提高金属/氧化物异质界面的热稳定性前提下,同时还要保持磁电调控的功能特性,仍然是发展铁磁和铁电/多铁性氧化物组成的异质结器件物理中一项亟待解决的科学难题之一。

最近,中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家实验室(筹)磁学国家重点实验室研究员韩秀峰领导的研究团队,与新加坡南洋理工大学教授王峻岭实验室以及物理所先进材料与结构分析实验室研究员禹日成团队合作,通过一种铁电极化方法,显著提高了磁性金属/氧化物异质结构的界面热稳定性,为发展该类异质结构材料及ME-RAM器件阐明了一项关键科学问题。这种通过电极化方法调制界面热稳定性的核心物理机制是铁电氧化物的自发极化与缺陷的内在耦合。

该项工作首先利用激光脉冲沉积技术,在具有不同原子终端的衬底上,制备出了极化方向相反的BiFeO₃外延薄膜(图1(c)-(f))。BFO本身具有自发的铁电极化,在BFO表面形成的氧空位浓度是与铁电极化方向相关的。极化朝下的BFO表面的氧空位浓度要高于极化朝上的情况(图1(a)&(b))。在此基础上,再利用磁控溅射技术在不同氧空位浓度的BFO外延薄膜上制备出GMR为4.2%(图2(a)&(b))、核心结构为Co/Cu/CoFeB的自旋阀。将该铁磁/铁电复合器件在不同的温度下退火,发现在极化朝下BFO薄膜上的GMR器件的热稳定性要较极化朝上的高出100摄氏度左右(图2(c))。在退火过程中,磁性金属原子与铁电氧化物薄膜中的氧发生氧化反应,形成了磁性金属的氧化物,从而降低了GMR。这一猜想也被宏观磁矩、X射线能量色散谱(EDS)、电子能量损失谱(EELS)的测试结果所验证。

该工作对于应用在ME-RAM中的铁磁性金属和铁电/多铁性氧化物组成的异质结的器件设计和相关的科学研究都有较为积极的指导意义。首先,设计和优化出了一种铁磁/多铁材料的异质结构,这种异质结构可以承受250摄氏度的退火工艺而不降低其功能特性。其次,为了解决多次铁电极化反转后器件由于界面氧化导致的失效问题【J. Heron et al., Nature 516 (2014) 370】,该实验建议采用铁电极化朝下的界面,可以降低该界面发生氧化反应的几率。最后,在未来相关的科学研究中,可以进一步采取掺杂等方法使得该异质结构的热稳定性能提高到350摄氏度以上,以达到制备MgO磁性隧道结所需要的工业退火温度的工艺标准。该实验相关的研究结果已发表在《先进材料》杂志上【Advanced Materials, 张钦彤等, DOI:10.1002/adma.201502754】。

相关研究得到了国家自然科学基金委员会、科技部和中科院有关基金的支持。

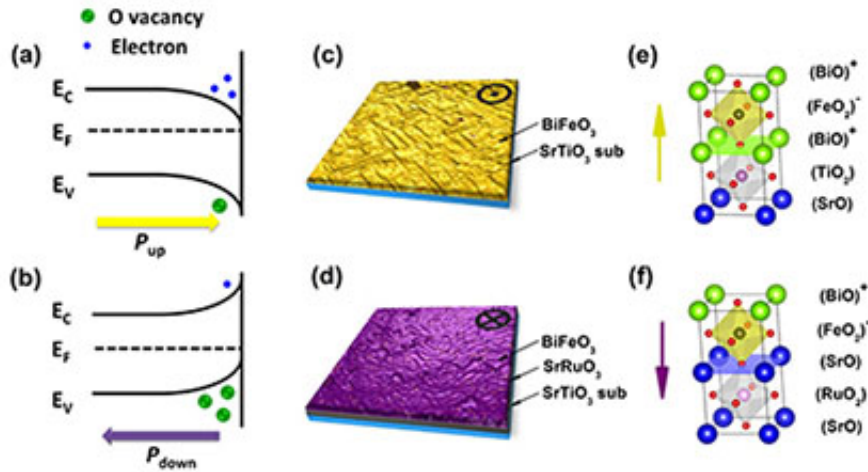


图1. STO(sub.)/BFO (a)和SRO/BFO (b)的能带示意图, STO(sub.)/BFO (c)和SRO/BFO (d)面外的PFM图, 相对应的原子终端示意图(e)和(f)。

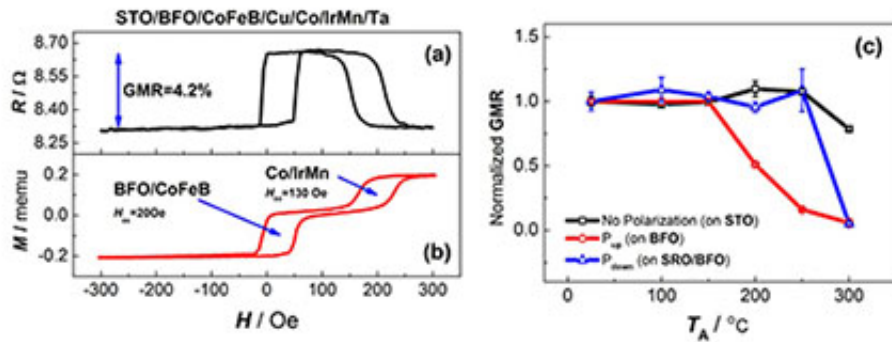


图2. STO(sub.)/BFO/CoFeB/Cu/Co/IrMn/Ta在150摄氏度退火后的磁电阻曲线(a)和磁滞回线(b)及巨磁电阻效应随退火温度 T_A 的变化(c)。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/84050.html>