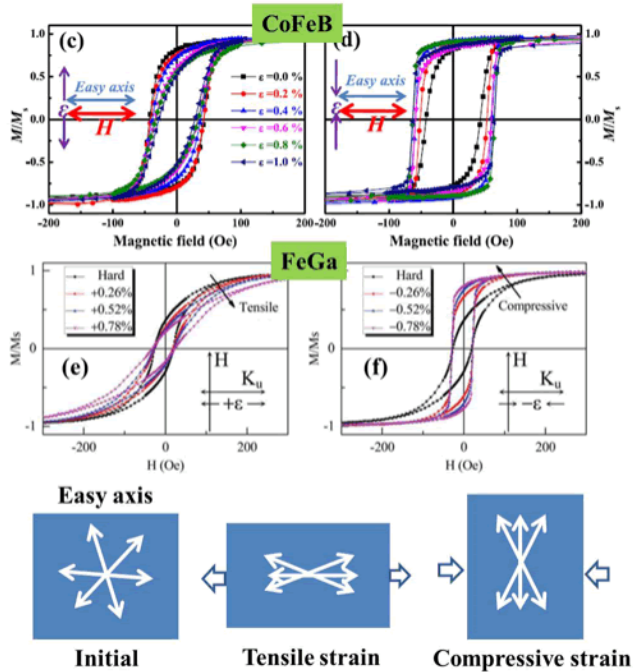
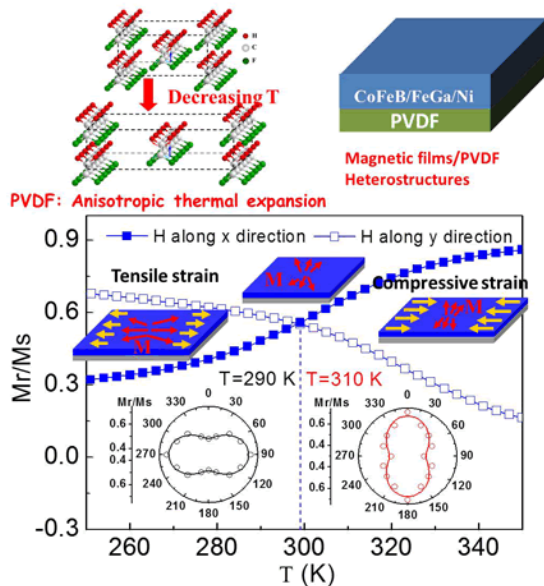


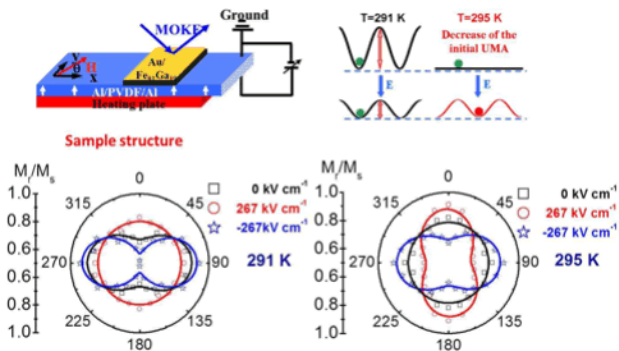
宁波材料所柔性磁性薄膜的磁性调控研究获系列进展



外加应力/应变对CoFeB、FeGa薄膜磁各向异性的调控作用



PVDF基复合磁性薄膜中正温度系数的磁各向异性



PVDF基复合磁性薄膜中多物理场对磁各向异性的调控

柔性电子器件具有柔韧性、易携带、潜在的低成本制造等优点，在医疗、信息、能源、国防等领域具有重要的应用前景，已经引起了广泛关注。最理想的柔性电子设备，比如柔性可穿戴设备，要求其所有组成的器件具有柔韧性，包括柔性电源、柔性电路、柔性显示、柔性传感、柔性存储等。

可见，如何实现传统功能材料的柔性化，认识应力/应变环境下材料功能特性的演化规律，掌握在多重物理场下调控材料与器件功能的方法成为一个非常重要的问题。另一方面，磁性材料是电子器件的重要组成部分。

在柔性衬底上制备磁性薄膜并研究其磁电特性，是发展柔性磁电子/自旋电子器件的重要基础。中科院磁性材料与器件重点实验室（中国科学院宁波材料技术与工程研究所）磁电子材料与器件团队近几年来一直围绕着柔性磁电功能材料与器件开展研究工作，包括发展柔性磁电功能材料制备技术，研究在多重物理场作用下（柔性状态下）磁电功能材料与器件的物性演化与调控规律。近两年来在磁各向异性和磁矩取向调控方面取得了系列进展。

磁各向异性是磁性材料的重要内秉参量之一，不仅决定着磁性材料的磁矩取向和矫顽力，也会影响到磁性器件的工作频率乃至功耗。研究如何调控磁各向异性及其调控机理一直是磁性材料和磁性物理中的核心问题之一。

该团队在柔性衬底上制备了磁致伸缩薄膜，研究了应力/应变对磁致伸缩薄膜（CoFeB、FeGa等）中磁各向异性和交换偏置效应的调控规律。研究发现，可以通过施加应力调控磁致伸缩薄膜的磁各向异性，难轴和易轴在一定的应力情况可以互换。对于具有正磁致伸缩系数的薄膜，易磁化轴倾向于沿张应力方向，难磁化轴倾向于沿压应力方向。（图1）[Appl.Phys.Lett.100,122407(2012)；Appl.Phys.Lett.105,103504(2014)]。在柔性的FeGa/IrMn磁交换偏置双层膜中，研究发现异质结的交换偏置场随着外加应力/应变的增加而减小，而矫顽力却随着外加应力/应变的增加而增大[Appl.Phys.Lett.102,022412(2013)]。该结果表明铁磁层和反铁磁层的磁矩方向对外加应力/应变的响应不一致，从而导致了反铁磁层对铁磁层的钉扎作用减弱，降低了交换偏置场的大小。

上述研究结果不仅有助于人们认识柔性磁性薄膜的磁各向异性，为发展柔性自旋阀和磁性隧道结等器件奠定基础，更加重要的是为调控材料的磁各向异性提供了新思路。

磁各向异性通常随着温度的升高而降低，导致一些磁性器件的热稳定性不足，一些与磁各向异性密切相关的应用受到了很大的局限。针对这一问题，在上述工作的基础之上，该团队巧妙地利用PVDF自身各向异性热膨胀的热学特性以及逆磁致伸缩效应，成功设计出一类具有正温度系数磁各向异性的磁性复合薄膜材料。通过系统研究CoFeB/PVDF、FeGa/PVDF以及Ni/PVDF不同复合薄膜变温磁滞回线与铁磁共振谱，证实了PVDF基磁性复合薄膜的磁各向异性具有正温度系数，即实现了随着温度升高，磁各向异性增强的效果(图2)。

该研究结果对提高磁性材料的热稳定性具有重要的意义[Sci.Rep.4,6615(2014)]。与此同时，该团队还利用PVDF的铁电性和各向异性热膨胀特性，实现了多物理场对磁各向异性和磁化方向的有效调控。比如：在FeGa/PVDF异质结构中，在295K时通过施加电场实现对FeGa磁各向异性的难易轴转换(图3)，并在很小的磁场（小于矫顽力）辅助下，通过温度控制了磁矩的180°翻转。可见，基于PVDF的柔性磁性复合薄膜材料具有温度、电场、磁场等多场调控的自由度，在柔性自旋电子器件领域有潜在的应用价值[Sci.Rep.4,6925(2014)]。

相关工作已经相继发表在Appl.Phys.Lett.100,122407(2012)，Appl.Phys.Lett.102,022412(2013)，J.Appl.Phys.113,17A901(2013)，J.Appl.Phys.113,17C705(2013)，J.Appl.Phys.114,173913(2013)，Chin.Phys.B.22,127502(2013)（邀请综述），Appl.Phys.Lett.105,103504(2014)，Sci.Rep.4,6615(2014)，Sci.Rep.4,6925(2014)。该研究工作获得了国家自然科学基金、973子课题、浙江省以及宁波市等项目的支持。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/69200.html>