

低维量子结构的制备和物性研究获系列进展

近日，中国科学技术大学合肥微尺度物质科学国家实验室国际功能材料量子设计中心与中科院强耦合量子材料物理重点实验室教授曾长淦研究组，成功制备强关联体系单晶纳米线和原子尺度的二维范德瓦尔斯异质结，并发现其物性被维度所显著调控。相关结果发表在《纳米快报》（Nano Lett.）和《自然-通讯》（Nature Commun.）上。

目前一维物理领域的重心主要局限于研究空间均匀的电子相。一个有趣的问题是，对于电子相分离体系，一维限域如何调控其物理特性？在锰氧化物 $\text{La}_{0.33}\text{Pr}_{0.34}\text{Ca}_{0.33}\text{MnO}_3$ 单晶纳米线成功制备的基础上，该团队与陆轻铀研究组合作，对这一问题进行了深入探索。首先发现了一维限域导致的电子输运对序参量涨落的超敏感性，揭示了铁磁金属相的前驱态，即磁性纳米液滴态。进一步研究发现，由于一维各向异性，在低温强磁场（14 T）下绝缘畴仍能稳定存在，只是被压缩成很细的条带，从而在纳米线中形成本征的隧道结，稳定一种新型的量子逾渗态。而与此相对比，低温强磁场下块体中的绝缘相完全转变为铁磁金属相。因此，对于 $\text{La}_{0.33}\text{Pr}_{0.34}\text{Ca}_{0.33}\text{MnO}_3$ 纳米线，该团队首次揭示了其受一维限域调制的新相图，如图1所示。这些新发现有助于利用低维度来调控强关联电子相分离体系丰富的量子物性。这一研究成果发表在《纳米快报》上（Nano Lett. DOI: 10.1021/acs.nanolett.6b04444），博士生张凯旋为文章第一作者。

如诺贝尔物理学奖得主Kroemer所言，“界面即器件”，目前各种半导体器件大体都与界面结构和特性相关。单层过渡金属硫族化合物、石墨烯、六方氮化硼（hBN）等是二维范德瓦尔斯材料家族中的重要组成部分。如果能够把不同的二维材料堆砌起来，就可以构造原子尺度的异质结，从而设计并优化不同的器件功能。由于层状材料之间是相对弱的范德瓦尔斯作用，层状材料的异质外延生长与常规半导体异质外延有显著差异，尤其体现在放松对晶格匹配的要求上。因此，原则上可以利用外延生长的方法灵活地设计并生长新颖的二维异质体系。

该研究团队与美国德克萨斯大学奥斯丁分校教授施至刚研究组合作，使用分子束外延方法，首次成功制备了 $\text{MoSe}_2/\text{hBN}/\text{Ru}(0001)$ 异质结，如图2所示。进一步研究发现，生长在 $\text{hBN}/\text{Ru}(0001)$ 上的 MoSe_2 准粒子能隙比生长在石墨烯或者石墨上的 MoSe_2 的能隙小0.25 eV，源于强耦合的 $\text{hBN}/\text{Ru}(0001)$ 衬底提供的静电屏蔽效应。此外 MoSe_2 的电子结构和功函数存在周期性的调制，调制幅度为0.13 eV。调制周期与 hBN 在 $\text{Ru}(0001)$ 衬底的摩尔条纹周期以及相应的 hBN 功函数调制周期完全一致，表明这是纯静电效应。这一工作对于拓展二维范德瓦尔斯异质体系并调控其物性具有重要意义。该研究成果发表在《自然-通讯》上（Nature Commun. 7, 13843 (2016)），博士生张强为文章第一作者。

上述研究工作得到了国家自然科学基金委、科技部、教育部以及量子信息与量子科技前沿协同创新中心的资助。

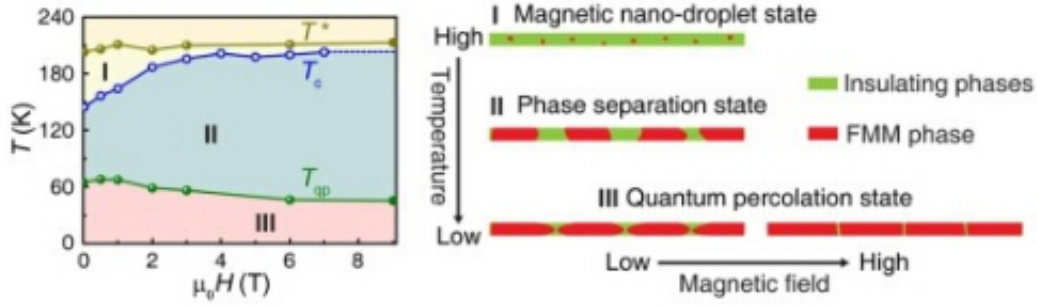


图1. 强关联锰氧化物纳米线不同量子态的相图

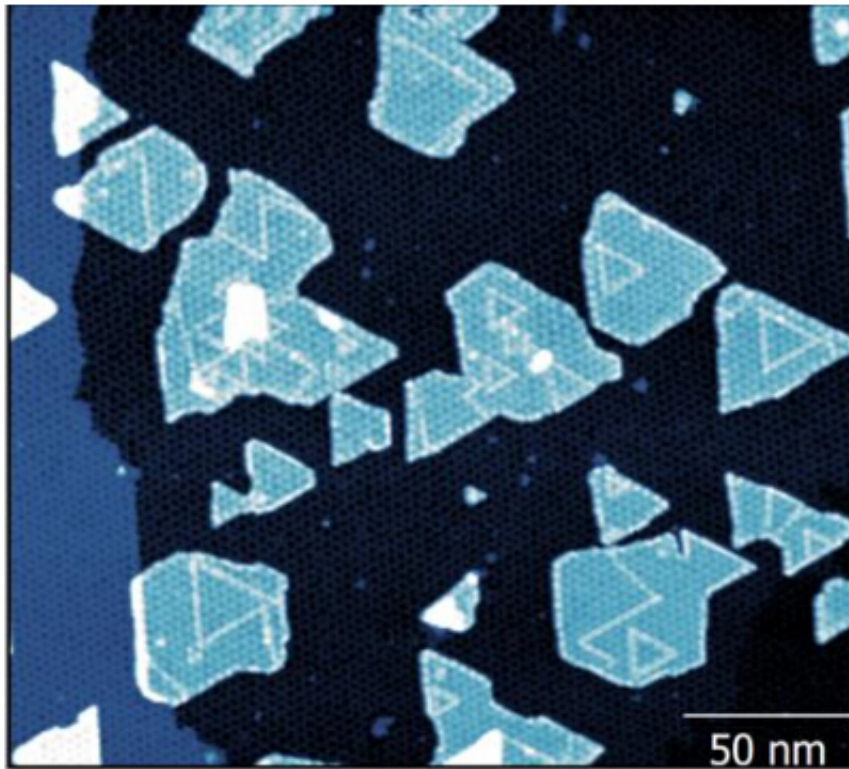


图2. $\text{MoSe}_2/\text{hBN}/\text{Ru}(0001)$ 的扫描隧道显微镜图像

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/105363.html>