

## 锰氧化物相分离实空间观测取得进展

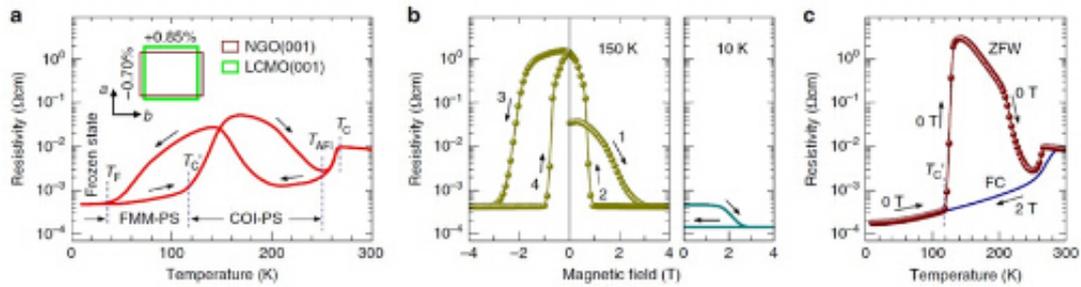


图1:  $\text{La}_{0.67}\text{Ca}_{0.33}\text{MnO}_3/\text{NdGaO}_3(001)$  薄膜的运输性质

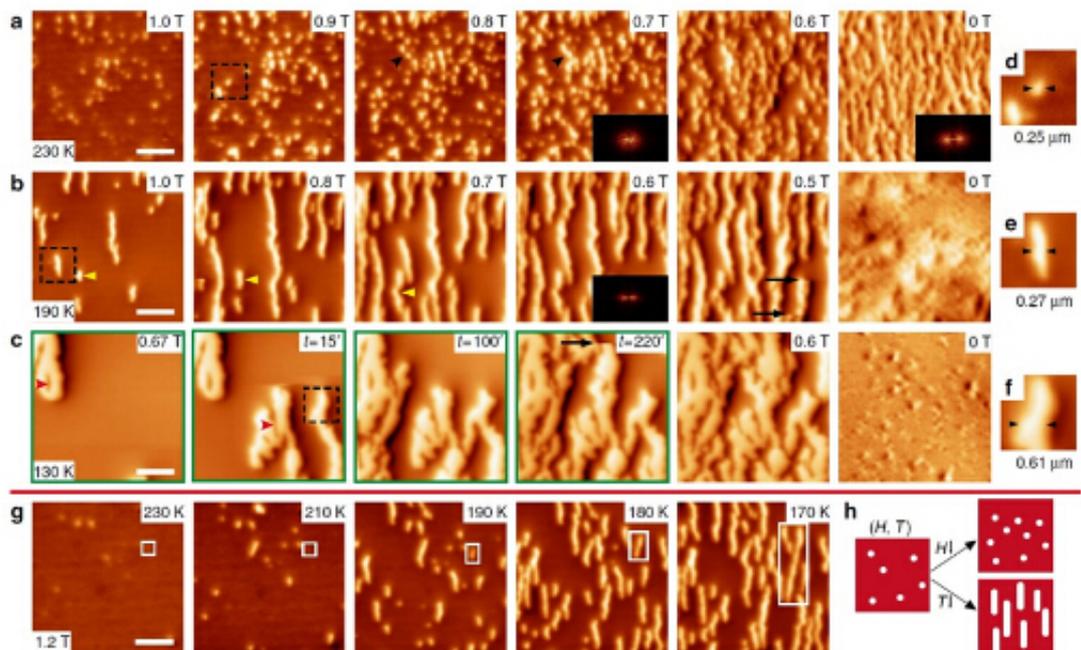


图2:  $\text{La}_{0.67}\text{Ca}_{0.33}\text{MnO}_3/\text{NdGaO}_3(001)$  薄膜在不同温度下由降场导致的COI重现的形态及调控

中国科学院合肥物质科学研究院强磁场科学中心和中国科学技术大学微尺度国家实验室的陆轻铀课题组与吴文彬课题组经过一年多的密切合作，利用自制的20T超导磁体中的磁力显微镜，在一类受各向异性外延应力调控的相分离锰氧化物薄膜中观测了锰氧化物相分离实过程，发现了丰富的相分离行为。相关工作以Evolution and Control of the Phase Competition Morphology in a Manganite Film 为题发表于《自然·通讯》上（Nature Communications）。

庞磁阻锰氧化物中由于不同相互作用的耦合，处于竞争状态的热力学相能够同时存在。通过对这些相在实空间的分布以及演化规律的探索，有助于理解这些相互作用在相分离中扮演的角色，因此在实空间对相分离的观测一直是该领域的热点之一。但是，由于需要较强的磁场才能驱动这些相的相互转变，而此类仪器一直较少，因此关于锰氧化物相分离从电荷有序态到重现的完整过程一直没有被观测过。

$\text{La}_{0.67}\text{Ca}_{0.33}\text{MnO}_3$

体材是最佳掺杂的铁磁金属，但研究发现，沉积在 $\text{NdGaO}_3$

(001)衬底上的 $\text{La}_{0.67}\text{Ca}_{0.33}\text{MnO}_3$

薄膜在经历退火过程后，由于来自衬底各向异性外延应力的作用，可诱导出特殊的相竞争行为。在铁磁转变以下，还会出现新的铁磁-反铁磁转变（TAFI）以及更低温度的反铁磁-铁磁转变。从运输上来看，在TAFI以下电阻随温度变化的曲线表现出巨大的回滞，说明在TAFI以下的温度范围内样品都处于相分离态。在相图中这种相分离又可细分为电荷有序绝缘相（COI）占主导的相分离区（COI-PS）和铁磁金属相（FMM）占主导的相分离区（FMM-PS），两种相

分离区的电阻-磁场 ( $r-H$ ) 曲线截然不同 (图1b)。在升场的过程中, 由于COI逐渐转变为铁磁金属相, 两个温度下电阻都会下降, 但在铁磁金属相饱和后再降场, 在150K时, COI会重新出现 (图1b中箭头2所示), 而在10K时却不会。

这种在降场过程中COI的重现在其他以COI为基态的锰氧化物中 (如 $\text{Pr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ ,  $\text{Nd}_{1/2}\text{Sr}_{1/2}\text{MnO}_3$ 以及 $\text{LaPrCaMnO}_3$ ) 都被观察到过, 但以前的微观成像研究要么无磁场, 要么集中在升场部分, 因此降场时COI重现的微观细节在此之前人们完全不清楚。这个过程意义重大, 可以提供更多的有关铁磁金属相与COI相互转变的信息。

科研人员利用自制的磁力显微镜对该样品的相分离行为特别是降场时COI的重现进行了系统成像。结果表明, 微观上这种重现与升场时COI的融化完全不同, 而且形态更加多样化 (图2)。

COI畴在230K时呈点状, 在190K时呈条状, 而在130K时呈无规则的片状, 同时COI畴的尺寸随着温度的降低而逐渐增大; 与之对应的是, COI相的融化场也随温度的降低而增大, 这都表明COI相逐渐增强。因此作者提出一个物理图像: 在较高温度 (230K) 时, COI相比较弱, 重现时COI畴较小, 因此呈点状; 在中间温度时 (190K), COI相变得更强, 畴的尺寸也变大, 此时, 各向异性外延应力的作用使得COI畴沿着某一晶格方向生长, 这时畴的形状体现的是外延应力的特性; 在低温时 (130K), 由于COI相变得更强, 其主导相互作用 (Jahn-Teller畸变) 在与外延应力竞争的过程中取得优势, 因此, 这时畴的形状体现的是Jahn-Teller畸变的特性 (无规则)。因此这个工作的重要性还在于从相变时相竞争的形态出发得以推断出相互作用的竞争关系, 同时可实现对相竞争的形态进行人工调控。

该工作的第一作者是博士研究生周海彪, 陆轻铀与吴文彬为通讯作者。该工作得到了国家基金委自然科学基金, 以及科技部“973”计划等项目的资助。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/86493.html>