



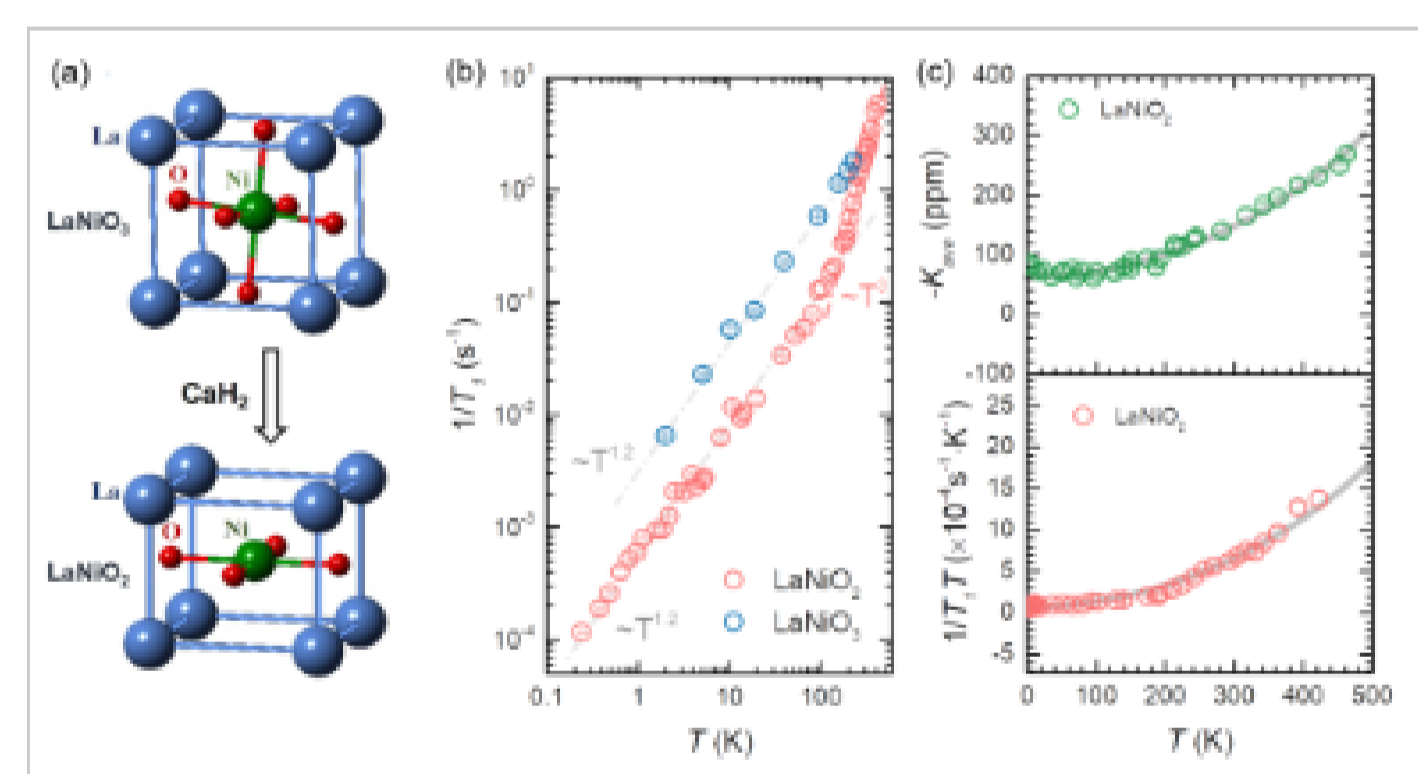
中科大超导研究团队在无限层镍基超导体的磁性研究中取得重要进展

发稿时间：2021-05-17 浏览次数：1087

我校合肥微尺度物质科学国家研究中心和物理系陈仙辉研究团队的吴涛教授与南方科技大学梅佳伟、王善民等人合作在无限层镍基超导体的磁性研究中取得重要进展。该研究团队成功测量了无限层镍基超导体母体材料LaNiO₂的本征磁化率并观察到类似于高温超导体的“赝能隙”行为，为研究高温超导体中的超导机理以及赝能隙的物理起源提供了新的实验证据。相关研究成果于5月10日以“*Intrinsic Spin Susceptibility and Pseudogap-like Behavior in Infinite-Layer LaNiO₂*”为题在线发表于物理学知名杂志《物理评论快报》上[Phys. Rev. Lett.126,197001 (2021)]。

铜氧化物中高温超导电性的物理机制一直是凝聚态物理中的未解之谜。其中一种探索其机理的思路是希望能通过探索与铜氧化物高温超导体具有类似结构和电子组态的超导材料来检验其超导机理，其中与无限层铜氧化物超导体CaCuO₂类似的无限层镍酸盐材料ReNiO₂ (Re = La, Nd,Pr)受到了大家长期以来的关注。2019年，美国斯坦福大学的科学家在镍掺杂的NdNiO₂薄膜成功观察到15 K的超导电性，无限层镍基超导体中的超导电性是否与铜氧化物中的高温超导电性具有类似的超导机理是迫切需回答的问题。

在铜氧化物超导体中，磁性交换作用被认为是高温超导电性的一个关键要素，那么在无限层镍基超导体中是否也具有强的磁性交换作用呢？目前，由于无限层镍基超导体中的超导电性只在薄膜材料中被发现，这极大地限制了对其磁性质的实验研究，因此领域内对该材料的磁性还一直没有十分清楚的实验测量并存在大量的争论。为了回答这一问题，我校陈仙辉教授领衔的超导研究团队与南方科技大学梅佳伟和王善民课题组开展合作研究，在制备纯度较高的无限层镍基超导体母体LaNiO₂多晶材料的基础上，利用核磁共振方法对该材料进行了低温磁性研究。通过测量¹³⁹La原子核的超精细相互作用以及自旋-晶格弛豫率，成功获得了该体系本征的磁化性质。首先，实验发现该母体材料并不像铜氧化物超导体的母体材料一样具有长程的反铁磁有序，而且一直到240mK的极低温度，该材料也没有出现磁性涨落的临界行为，表明该体系的磁性基态远离了反铁磁有序态。其次，虽然没有发生反铁磁有序，但是体系的高温磁化行为也并非通常人们所熟知的顺磁行为，而是表现出了一种类似于铜氧化物高温超导体中的“赝能隙”行为，即奈特位移 (K_N) 和自旋-晶格弛豫率($1/T_1T$)呈现出一种随温度降低而显著下降的行为。在传统的巡游磁性理论中，奈特位移和自旋-晶格弛豫率分别正比于费米面态密度 ($N(E_F)$) 的一次方和平方，因此它们随温度基本上没有显著的依赖关系；而在传统的局域磁性理论中，顺磁态一般满足居里-外斯定律，即随温度降低而显著升高。因此，“赝能隙”行为超出了传统理论对顺磁态行为的理解。在铜氧化物高温超导体中，核磁共振实验中的“赝能隙”行为被认为与体系的磁性交换作用相关，当磁性交换作用导致强的自旋关联而又不形成长程有序时，就有可能出现“赝能隙”行为。类似的“赝能隙”行为也同样在铁基超导体的宏观磁化以及核磁共振实验中被观察到 (X. F. Wang et al.,Phys. Rev. Lett. 102, 117005 (2009);Y. P. Wu et al., Phys. Rev. Lett.116, 147001 (2016); B. L. Kang et al., Phys. Rev. Lett. 125, 097003 (2020))。因此，目前的实验表明：在无限层镍基超导体中，强的磁性交换作用也同样是一个关键的因素，这对于理解高温超导体中的超导机理将起到重要的启示作用。



图：(a) LaNiO₃和LaNiO₂的晶体结构。通过CaH₂还原LaNiO₃可以得到LaNiO₂。(b) LaNiO₂和LaNiO₃中自旋-晶格弛豫率 ($1/T_1$) 随温度的变化关系。(c) 上半图：LaNiO₂的奈特位移 (K_N) 随温度变化的关系。下半图：LaNiO₂中 $1/T_1T$ 随温度变化的曲线。

合肥微尺度物质科学国家研究中心的博士后赵丹为相关文章的第一作者，吴涛教授和梅佳伟教授为上述文章的共同通讯作者。相关工作得到了科技部、国家自然科学基金委、中科院以及安徽省引导项目的相关基金资助。

论文链接：<https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.126.197001>

(合肥微尺度物质科学国家研究中心、物理学院、科研部)