



## 物理所探索铁基超导体中反铁磁序与超导共存和竞争问题

文章来源: 物理研究所

发布时间: 2012-07-02

【字号: 小 中 大】

铁基超导电性来自于对母体中三维长程反铁磁序的压制, 目前普遍认为, 反铁磁涨落很可能在超导电子配对过程中扮演不可或缺的角色。在一些铁基超导体体系的电子态相图中, 反铁磁相区和欠掺杂超导相区发生部分重叠, 即反铁磁序和超导序有着共存区域。然而, 人们并不清楚反铁磁序将在何种尺度上与超导序相互共存, 它们之间要么是微观共存, 要么是介观共存, 也可能是存在相分离。因此, 研究铁基超导体的反铁磁转变温度、反铁磁关联长度、反铁磁磁矩等随着掺杂浓度的演变非常重要, 这不仅能够给出反铁磁与超导如何共存的信息, 而且还能判断长程反铁磁态与超导态之间是否存在量子临界点, 而后者往往被认为是非超导态的物理根源。

最近, 中科院物理研究所/北京凝聚态物理国家实验室(筹)超导国家重点实验室戴鹏程研究组针对铁基超导体  $BaFe_{2-x}Ni_xAs_2$  开展了系列掺杂单晶样品的弹性中子散射实验, 取得了关于铁基超导体中反铁磁序与超导的共存和竞争问题的研究进展。该组助理研究员罗会仟与博士生张睿、王猛等利用弹性中子散射仔细研究了不同Ni掺杂浓度的  $BaFe_{2-x}Ni_xAs_2$  单晶, 并通过详尽的数据分析得出了该体系中反铁磁转变温度  $T_N$ 、关联长度  $\xi$ 、磁矩  $M$  等随着掺杂浓度的演变规律。

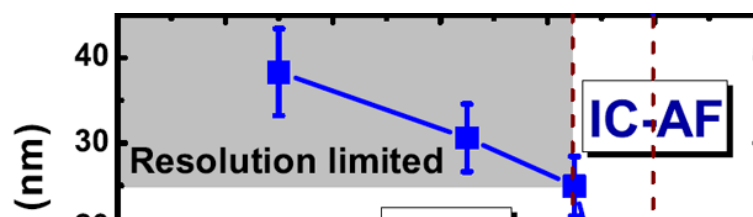
他们发现, 随着掺杂浓度逐步靠近最佳掺杂点 ( $x=0.10$ ), 长程反铁磁序会蜕变为短程反铁磁序, 其反铁磁关联长度  $\xi$  迅速减小, 同时反铁磁转变温度  $T_N$  将逐步被压制并在最佳掺杂点突变为零, 而单位铁原子磁矩则是缓慢趋于零的。在短程反铁磁序相区存在着非公度的反铁磁序, 这被认为是巡游电子磁性的典型特征。通过施加磁场将超导压制后, 非公度反铁磁序反而增强, 并且增强的幅度和超导  $T_C$  被压制幅度完全一致, 在正常态和超导态下非公度反铁磁序对磁场的响应方式则是相反的, 这说明短程非公度反铁磁序和超导序实际上是竞争关系。因此, 在靠近最佳掺杂点时, 长程反铁磁序已经演变成了与超导有着直接竞争关系的短程反铁磁序, 反铁磁温度的突然消失则意味着反铁磁态到超导态的相变更类似于二阶相变, 而在长程反铁磁态与超导态之间并不存在传统的量子临界点。

进一步的正常态电阻率数据分析证实了这一结论: 电阻率随温度变化的拟合指数和电阻率对温度的一阶微分的极小值实际上均处于过掺杂区, 同样说明在最佳掺杂点附近并不存在量子临界点。尽管中子散射手段并不能真正区分反铁磁与超导是微观共存还是介观共存, 但根据反铁磁关联长度大小可以断定反铁磁序与超导序共存尺度约为60埃, 接近于超导相干长度的尺度, 因此在铁基超导体中短程反铁磁序和超导电性之间关系更为密切。该项研究结果发表在近期的 *Physical Review Letters* 上【108, 247002 (2012)】。

上述研究工作的中子散射实验与瑞士散裂中子源 (SINQ) 的 Mark Laver、加拿大中子研究中心 (CNBC) 的 Zahra Yamani、美国国家标准局中子研究中心 (NCRN) 的 Sung Chang 和 Jeffrey W. Lynn 等合作完成。

该研究工作得到了国家自然科学基金青年基金项目、科技部973项目、中国科学院人才专项以及美国国家自然科学基金和丹麦DanScatt等相关项目的支持。

论文链接: [Huiqian Luo, Rui Zhang, Mark Laver, Zahra Yamani, Meng Wang, Xingye Lu, Miaoyin Wang, Yanchao Chen, Shiliang Li, Sung Chang, Jeffrey W. Lynn, and Pengcheng Dai, Coexistence and Competition of the Short-Range Incommensurate Antiferromagnetic Order with the Superconducting State of  \$BaFe\_{2-x}Ni\_xAs\_2\$ . Phys. Rev. Lett. 108, 247002 \(2012\).](#)



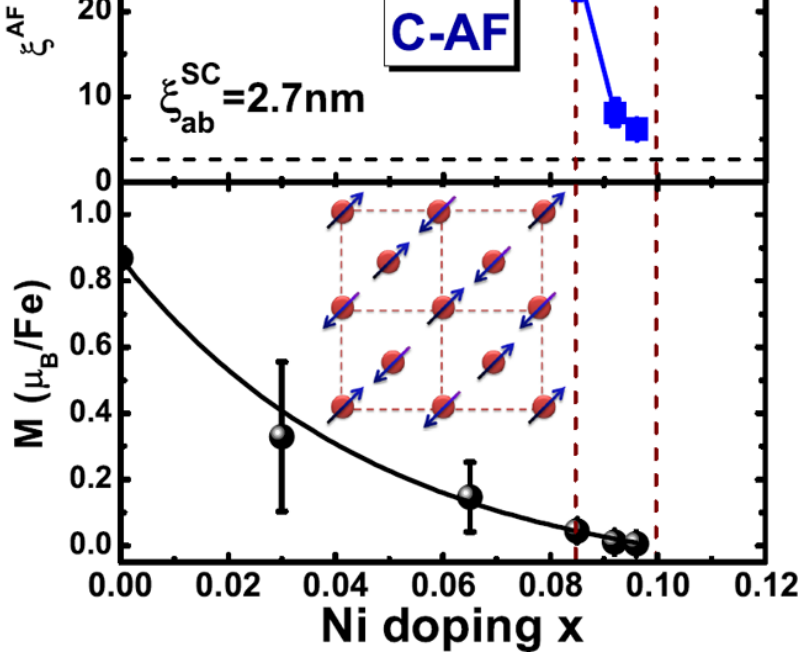


图1.  $\text{BaFe}_{2-x}\text{Ni}_x\text{As}_2$  中反铁磁关联长度（上）和磁矩（下）随着掺杂浓度的演变

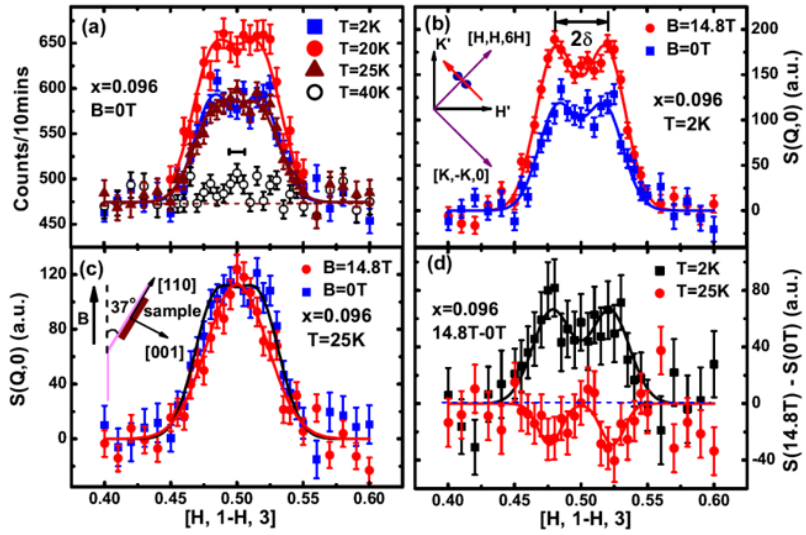


图2.  $\text{BaFe}_{2-x}\text{Ni}_x\text{As}_2$  ( $x=0.096$ ) 中的非公度短程反铁磁序在超导态 (2K) 和正常态 (25K) 下对外磁场的不同响应方式。

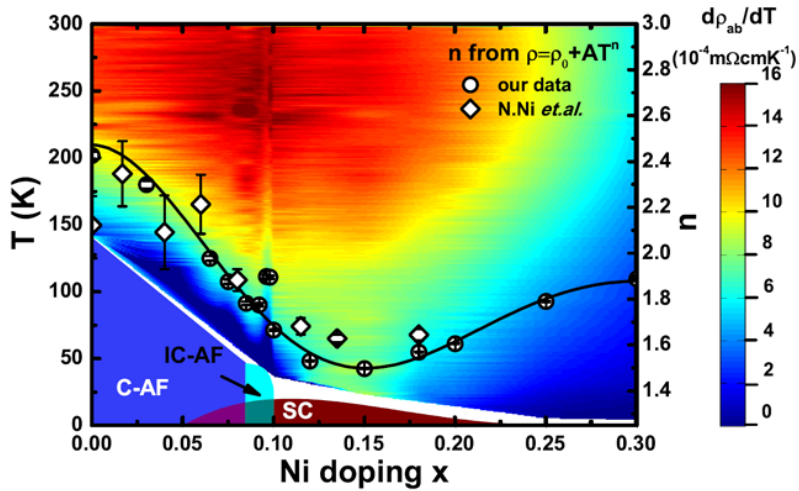


图3.  $\text{BaFe}_{2-x}\text{Ni}_x\text{As}_2$  的电子态相图，其中C-AF为公度的长程反铁磁态，IC-AF为非公度的短程反铁磁态，SC为超导态。图中点为正常态电阻率随温度变化的指数，色阶差异为电阻率的一阶微分，其极小值均在过掺杂区。

