



- 首页
- 所况简介
- 机构设置
- 科研成果
- 人才队伍
- 人才招聘
- 合作交流
- 研究生教育
- 党群园地
- 创新文化
- 科普
- 期刊
- 安全专题

回 新闻动态

现在位置: 首页 > 新闻动态 > 科研动态

- 所内新闻
- 科研动态
- 综合新闻
- 项目通知
- 通知公告
- 图片新闻

中国科学院物理研究所 SC8组供稿 第9期 2012年04月12日
北京凝聚态物理国家实验室

最佳掺杂铁基超导体中子散射研究取得新进展

自旋涨落现象是目前铁基超导电性研究的热点之一。这是因为，这些超导材料的母体（未掺杂样品）往往呈现出三维的反铁磁长程序，而超导态则是在通过掺杂、加压等手段抑制反铁磁序之后出现的。尽管在最佳掺杂的样品中已经不存在反铁磁序，但是中子散射实验仍然观察到很强的自旋激发现象，表明系统中的自旋-自旋关联仍然很强。因此，研究其中的自旋涨落现象将有助于我们理解该体系中的很多物理性质（Shiliang Li and Pengcheng Dai, *Front. Phys.* 6, 429-439 (2011)）。

最近，中国科学院物理研究所 / 北京凝聚态物理国家实验室(筹)超导国家重点实验室SC8课题组在戴鹏程研究员的带领下，利用中子散射在研究“122”型铁基超导体的自旋涨落方面取得了新的进展。尤其是，他们针对电子型最佳掺杂 $BaFe_{1.9}Ni_{0.1}As_2$ 和空穴型最佳掺杂 $Ba_{0.67}K_{0.33}Fe_2As_2$ 两种铁基超导体在不同能量尺度下的自旋激发进行研究，获得了对“122”型铁基超导体自旋激发谱的全新认识。

戴鹏程研究组的罗会仟助理研究员和研究生鲁兴业、陈艳超、王猛等人大量生长了适合于非弹性中子散射实验的系列电子型掺杂 $BaFe_{2-x}Ni_xAs_2$ 高质量大块单晶样品（Yanchao Chen et al., *Supercond. Sci. Technol.* 24, 065004 (2011)）。利用这些优质样品，戴鹏程研究组的李世亮研究员、罗会仟助理研究员和博士生鲁兴业、王猛等人联合美国田纳西大学的博士生王渺寅、Leland Harriger、刘梦舒等人广泛开展了中子散射的系列性研究。他们发现，与铜氧化物不同，在欠掺杂 $BaFe_{1.925}Ni_{0.075}As_2$ 和过掺杂 $BaFe_{1.85}Ni_{0.15}As_2$ 单晶中，中子自旋共振峰的能量在整个超导区间具有三维特性。在奇偶L处的共振峰能量和超导临界温度 T_c 之间存在两组斜率不同的线性关系（Miaoyin Wang et al., *Phys. Rev. B* 81, 174524 (2010)）。当磁场将超导部分抑制，该自旋共振峰的强度降低，但是并未观测到理论所预言的自旋为1的塞曼三重分裂（Shiliang Li et al., *Phys. Rev. B*, 84, 024518 (2011)）。

最近，该课题组对电子型最佳掺杂 $BaFe_{1.9}Ni_{0.1}As_2$ 单晶 ($T_c=20$ K, 总质量28克) 中的高能自旋激发谱进行了详细研究。未掺杂的母体 $BaFe_2As_2$ 在低温下呈现出金属性的反铁磁基态。目前，对于其磁性是来源于弱关联电子效应（类似于纯铬中自旋密度波）还是某种强关联乃至局域电子效应（类似于铜氧化物母体中的反铁磁绝缘态）还有争议。戴鹏程课题组利用非弹性中子散射测量最佳掺杂 $BaFe_{1.9}Ni_{0.1}As_2$ 样品中的高能自旋激发谱所获得的结果表明，样品在由于电子掺杂而失去反铁磁序并呈现出纯超导态时，尽管其低能自旋激发发生了很大改变，但是其高能自旋激发与母体中的行为非常相似。进一步的定量分析表明，母体与最佳掺杂超导体中的涨落磁矩 $\langle m^2 \rangle$ 均为大约 $3.2 \mu_B^2/Fe(Ni)$ ，与反铁磁绝缘的铜氧化物母体的对应值相近，暗示两个体系中的磁激发都具有部分局域的特征。通过DFT+DMFT计算，他们发现必须同时考虑能带结构和电子的局域特征（例如Hund耦合）才能够解释实验结果。而这种Hund耦合导致的局域磁矩涨落尽管集中表现在高能区域，但是却无疑对于形成超导电子对的对各向异性低能准粒子造成了影响。因此，虽然这一物理与铜氧化物中掺杂电荷转移绝缘体并不相同，但是却表明了强关联对于高温超导电性的重要性。该研究成果发表在Nature Physics上(M. Liu et al., *Nature Physics*, DOI:10.1038/NPHYS2268)。

该课题组还测量了空穴型最佳掺杂 $Ba_{0.67}K_{0.33}Fe_2As_2$ 单晶 ($T_c=38$ K, 总质量20克) 的低能自旋激发谱。该实验证实了之前通过测量粉末样品而观测到的在15meV附近的自旋共振峰，并进一步表明，其共振峰能量也存在着L方向的较弱的依赖关系。令人惊讶的是，其自旋能隙在L=0与L=1处的大小分别是5.5 meV和0.75 meV，其差异远远大于共振峰能量的差异。于此同时，他们还发现面内的低能自旋激发呈现出椭圆形的各向异性。该各向异性的方向与电子型掺杂样品中所发现的呈90度。当温度降低到 T_c 以下时，在共振峰处的各向异性不变，而共振峰能量之下的自旋激发转变为各向同性的，且其自旋关联长度也发生急剧变化。上述结果可以通过费米面嵌套理论定性理解，暗示超导能隙的结构可能比较复杂。该研究成果发表在Scientific Reports上(Chenglin Zhang, Meng Wang et al., *Scientific Reports* 1, 115 (2011))。

上述研究工作在理论上和中国科学院物理研究所向涛研究员、胡江平研究员以及美国橡树岭国家实验室T. A. Maier, 美

相关文献:

1. "Neutron Scattering Studies of spin excitations in hole-doped $\text{Ba}_{0.67}\text{K}_{0.33}\text{Fe}_2\text{As}_2$ superconductor", Scientific Reports 1, 115 (2011).
2. "Nature of magnetic excitations in superconducting $\text{BaFe}_{1.9}\text{Ni}_{0.1}\text{As}_2$ ", Nature Physics, DOI:10.1038/NPHYS2268.

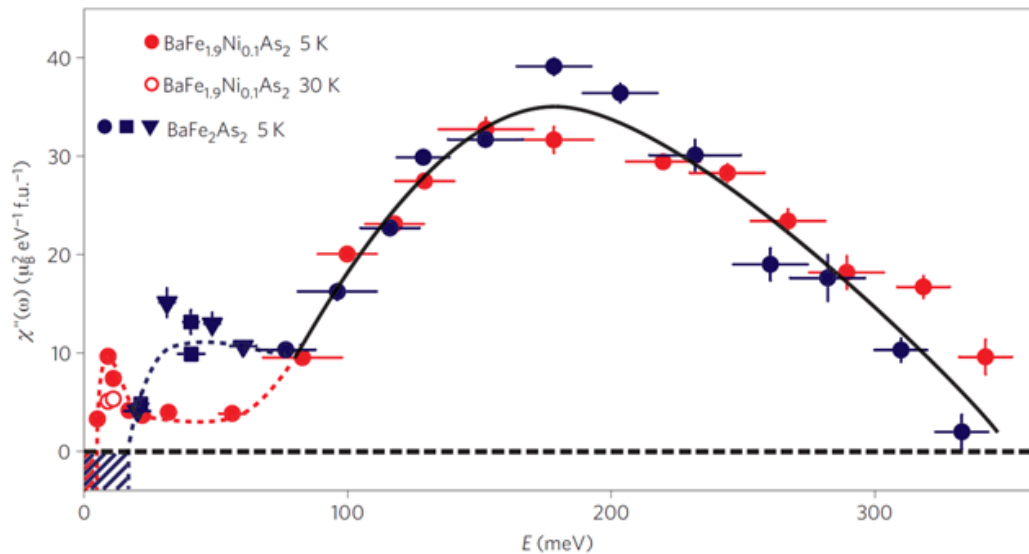


图1. 电子型最佳掺杂的 $\text{BaFe}_{1.9}\text{Ni}_{0.1}\text{As}_2$ 和母体 BaFe_2As_2 在不同能量区间下的反铁磁激发强度。

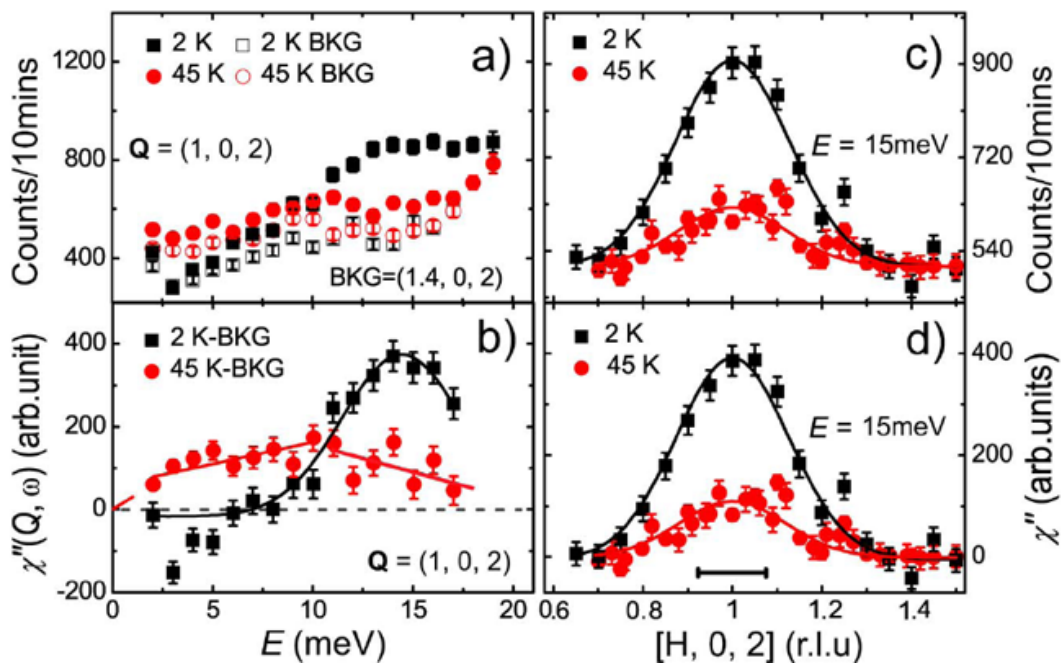


图2. 空穴最佳掺杂的 $\text{Ba}_{0.67}\text{K}_{0.33}\text{Fe}_2\text{As}_2$ 中自旋共振在能量和动量上分布行为。

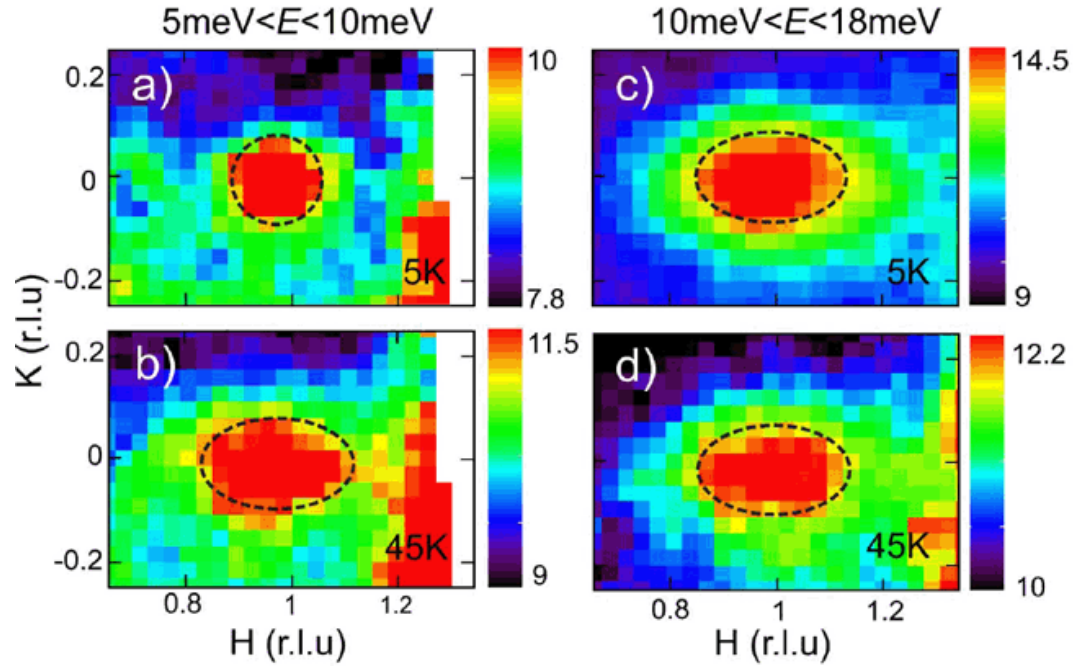


图3. 空穴最佳掺杂 $Ba_{0.67}K_{0.33}Fe_2As_2$ 的自旋激发形状在不同能量尺度和温度下的变化。

[下载附件>>](#) Nature of magnetic excitations in superconducting $BaFe_{1.9}Ni_{0.1}As_2$

[下载附件>>](#) Neutron Scattering Studies of spin excitations in hole-doped $Ba_{0.67}K_{0.33}Fe_2As_2$ superconductor