

科技动态

[本篇访问: 19556]

最近更新

闻海虎教授团队在铁基超导机理研究方面取得重要进展

-----利用电子驻波相位敏感实验统一铁基超导体能隙和机理的认识

发布时间: [2017-10-27] 作者: [人工微结构科学与技术协同创新中心] 来源: [科学技术处] 字体大小: [小 中 大]

铁基高温超导体自从2008年被发现后, 已经将近10年时间了, 其超导机理问题仍然没有得到解决。超导机理的核心问题就是关于电子库珀对的成因。铁基超导体作为第二类高温超导家族, 有广泛的强磁场应用前景, 其机理问题也与铜氧化物超导体一样, 构成了当前物理学前沿领域中的重大科学问题。

人们发现铁基超导体的电子费米面形状在不同的系统中有很大区别。早期发现的很多铁基超导体, 既有电子型费米面, 又有空穴型费米面, 因此促使理论上提出了能隙符号反转的模型(即S+-模型), 与磁交换作用导致电子配对的物理图像吻合。然而, 最近几年发现的很多新的铁基超导体, 不存在空穴型费米面, 使得人们动摇了对S+-模型的认可, 对铁基超导体能隙的认识一时陷入莫衷一是的状态。闻海虎教授团队首次利用电子驻波的相位敏感实验, 发现了没有空穴费米面的铁基超导体仍然具有能隙符号反转行为, 因此统一了铁基超导体能隙结构的认识, 即超导电子配对均可能来自于反铁磁的自旋涨落效应, 对铁基超导机理问题的解决将起到重要推动作用。该工作于2017年10月23日在线发表于Nature Physics [Nature Physics 23 Oct 2017. DOI.10.1038/NPHYS4299.]。

该成果是闻海虎教授小组与美国佛罗里达大学Peter Hirschfeld小组, 德国鲁尔大学的Ilya Eremin小组和美国海军实验室的Igor Mazin等理论学家合作完成的, 南京大学为第一完成单位。样品生长、基本物性测量、扫描隧道显微镜、隧道谱测试和分析部分是由南京大学完成, 部分理论计算由上述的美国和德国理论物理学家完成。文章共同第一作者是杜增义, 杨雄, 顾强和Dustin Atenfield博士生和杨欢教授。通讯作者为Peter Hirschfeld和闻海虎教授。闻海虎教授协调了整个工作进展。另外, Nature Physics每年发表的科学研究类型文章数量在200篇左右, 2016年的SCI影响因子为22.8, 被认为是物理学最有影响的杂志之一。该篇文章是闻海虎教授在南京大学工作后, 发表有南大署名的第四篇Nature Physics文章。

该项研究是基于一种新型的电子驻波相位敏感的探测实验。如果超导态具有能隙符号反转的S+-能隙结构, 理论预言超导态的库珀对被无磁性杂质散射后会被拆散成为单电子, 在能隙内出现杂质态共振峰, 在没有符号反转的S++配对模型下就不会出现。进一步, 由于这些准粒子形成的干涉驻波在空间的相位对能隙的结构非常敏感, 连接所关心的费米面的两点(k1, k2)之间准粒子相干散射的傅里叶变换强度的正负能之差, 理论上简称为dr, 对于符号反转的能隙(如S+-), 应该是共振叠加的; 反之, 对于没有符号反转的能隙, 信号应该非常微弱。为了完成这个实验, 闻海虎教授团队进行了两年多的艰辛准备和实验, 终于取得突破, 获得了能隙符号反转的确切证据。

研究团队工作的第一步是生长出无磁性杂质Zn掺杂的(Li_{1-x}Fe_x)OHFe_{1-y}Zn_ySe单晶样品, 并用扫描隧道谱证明这个杂质是无磁性杂质(见图1的说明)。然后, 利用准粒子散射技术获得该材料的费米面和能隙大小, 这一步在该小组2016年的文章中已经说明 [Z. Y. Du et al., Nat. Commun. 7, 10565

- 北京市习近平新时代中国特色社会主义思想研究中...
- "闵乃本星"依然闪耀——追忆我国著名物理学家...
- 欧洲和平安智库学者考察团、非洲和平安组织...
- 著名物理学家、中科院院士、南京大学教授闵乃本...
- 南京大学物理学院教授闵乃本病逝
- 中科院院士、著名物理学家闵乃本逝世
- 中国科学院院士、第三世界科学院院士、南京大学...
- 讣告
- 我国著名物理学家闵乃本院士逝世
- 省城镇化与空间战略研究专委会成立

一周十大

- 我国著名物理学家闵乃本院士逝世 [访问: 7553]
- 南京大学举行2018级新生军训成果汇报 [访问: 3750]
- 淮安市副市长顾坤一行访问我校 [访问: 3177]
- 习近平在全国教育大会上强调 坚持中... [访问: 2671]
- 李向东教授: 在知识传授中实现价值... [访问: 2020]
- 英特尔与南京大学合作共建人工智能... [访问: 1988]
- 全球毕业生就业力排名发布 中国34所... [访问: 1920]
- 校领导访问伦敦国王学院 签署两校联... [访问: 1815]
- 我校举办2018级本科生军训晚会 [访问: 1786]
- 我校召开2018年秋季学期工作部署会 [访问: 1722]

(2016)]。之后,关键的一步是测量连结(k1,k2)点之间准粒子相干散射的傅里叶变换强度的实部正负能之差(δr)。因为牵涉这个物理量的实部,必然包含相位敏感的信息。理论预言该物理量对于S+-,应该是共振增强,相反,如果没有能隙符号反转,则信号很弱。研究的结果显示在图2中。实验结果清晰显示此类超导体尽管只有电子费米面,没有空穴型费米面,但是其能隙符号也会出现反转,即S+-。因此他们预测超导能隙大概结构如图2(d)中的一种所示,更倾向于左边的形状。

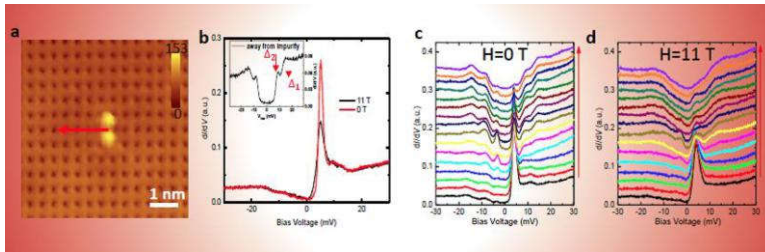


图1. (a) Zn掺杂的铁基超导体(Li_{1-x}Fe_x)OHFe_{1-y}Zn_ySe的表面原子像,一个亮的格点代表一个Se原子,哑铃状的缺陷是Fe位置的杂质;(c)和(d)给出的是在磁场为零和11特斯拉的时候所测量到的扫描隧道谱在空间的变化规律。可以看见在杂质点上面有非常强烈的杂质共振态峰。(b)显示的是在杂质点上面测量到的磁场为零和11特斯拉的隧道谱,可见峰位置并未随磁场发生移动,说明此杂质是无磁性杂质。

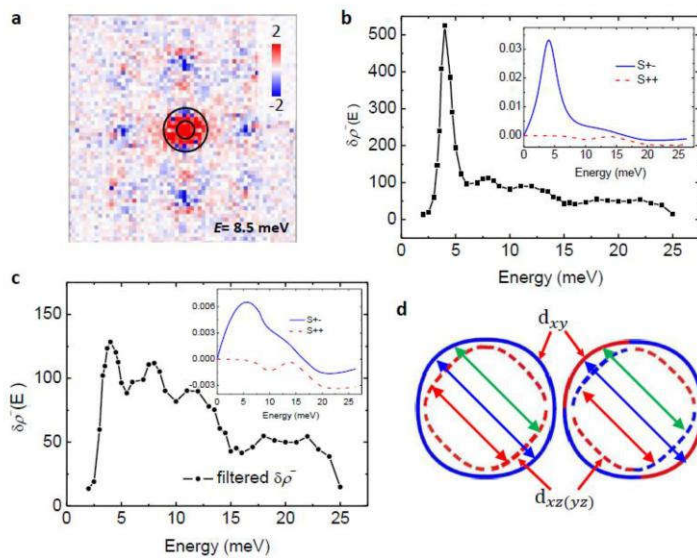


图2. (a) 准粒子相干散射图谱经过傅里叶变换以后的强度的实部正负能之差 δr 在散射空间的分布情况,他们关心的物理量是两个圆圈内部的积分总和;(b) 实验测量到的 δr 随能量的变化,插图给出了能隙符号反转(S+-)和符号不反转的(S++)的计算结果。(c) 屏蔽掉相干共振峰以后的结果与理论的对标。(b)和(c)中均可见实验结果与S+-理论预期很好符合。(d) 根据目前的结果总结的超导能隙情况,能隙符号出现反转,用红色和蓝色各表示不同符号。

本项研究第一次利用相位敏感的实验清楚地说明了在只有电子型费米面存在的铁基超导体中,能隙符号仍然具有反转效应,因此正如文章摘要中说的“该工作统一了有和没有空穴费米面的铁基超导体的机理问题,支持自旋涨落是导致电子配对和超导的关键因素”。

此前该团队发现了同时具有电子和空穴费米面的系统中无磁性杂质诱导的相干态,支持S+-模型[Nature Communications 4, 2749(2013)]。同时,他们在两个完全不同铁基超导体中,还发现了与超导密切相关的新的能量尺度(即玻色模),说明铁基超导电子配对与磁相互作用密切相关[Nature

Physics 9, 42(2013)]。目前，他们又发现了不同费米面构型的超导体都具有能隙的符号反转效应，因此大大促进了对铁基超导机理的理解。闻海虎教授小组还在开展深入研究，力争在高温超导机理问题解决的过程中做出最终决定性的成果。

此工作得到教育部985计划，国家重点专项“量子调控项目”，自然科学基金委和2011计划“人工微结构和量子调控项目”的支持，在此表示感谢。

相关文章链接：

1. Zengyi Du, Xiong Yang, Dustin Altenfeld, Qiangqiang Gu, Huan Yang, Ilya Eremin, Peter J. Hirschfeld, Igor I. Mazin, Hai Lin, Xiyu Zhu, and Hai-Hu Wen, Sign Reversal of the Order Parameter in $(\text{Li}_{1-x}\text{Fe}_x)\text{OHFe}_{1-y}\text{Zn}_y\text{Se}$. Published on-line on 23 Oct. 2017. Link: <http://dx.doi.org/10.1038/nphys4299>.

(人工微结构科学与技术协同创新中心 科学技术处)



分享到

0

版权所有 南京大学新闻中心 兼容浏览器: Opera9+ Safari3.1+ Firefox3.0+ Chrome10+ IE6+ 今日浏览量 29086 总浏览量 103555099

2009-2018 All Rights Reserved © Nanjing University