

科技动态

[本篇访问: 12869]

最近更新

南京大学闻海虎、杨欢教授等发现铁基超导磁通中的分离量子态

发布时间: [2018-03-19] 作者: [物理学院] 来源: [科学技术处] 字体大小: [小 中 大]

对于第II类超导体, 当磁场大于下临界场时, 磁场会以量子的磁通形式分布在超导体中¹, 每个磁通量是 $h/2e$ 。磁通芯子里面的电子是近乎处于正常态, 而外围是超导态。超导体中的磁通在物理和应用上都有重要的研究意义。由于单电子被束缚在磁通芯子内, 形成磁通束缚态。早在1964年, Caroli-de Gennes-Matricon (CdGM)就从理论上预言了磁通束缚态应该是分离的量子态, 能级大小为 $E_{\mu} = \pm \mu \Delta^2 / E_F$, $\mu = 1/2, 3/2, 5/2, \dots$ 。其中 Δ 是超导能隙, E_F 是费米能。在绝大部分超导体中, 费米能很大, 因此磁通中的分离量子态不同分离能级之间的能量间距很小, 从实验上观察到的基本条件 ($T/T_c \ll \Delta/E_F$) 很难满足, 因此磁通中的分离量子态从理论预言至今没有被真正观测到。

南京大学物理学院闻海虎教授团队在铁基超导体 $FeTe_{1-x}Se_x$ 中利用扫描隧道显微镜对磁通态进行了深入细致的研究。他们成功观测到了磁通芯子里面的分离量子态, 如下图1所示, 观测到了对应能量为 +0.45、+1.2、+1.9 meV, 分别对应理论上预言的 1/2 级、3/2 级、5/2 级磁通束缚态尖峰。经过仔细分析, 他们发现, 能够成功观测到这些分离量子态的主要原因是费米能很小, 偏离BCS理论的描述。他们工作的意义是首次清晰地观测到了54年前理论上预言的磁通芯子中分离的量子态, 并且证明了该铁基超导体具有很小的费米能, 对铁基超导机理研究具有重要的推动作用。该工作于近期发表在 Nature Communications 上面, 见【Nature Communications 9, 970 (2018)】。

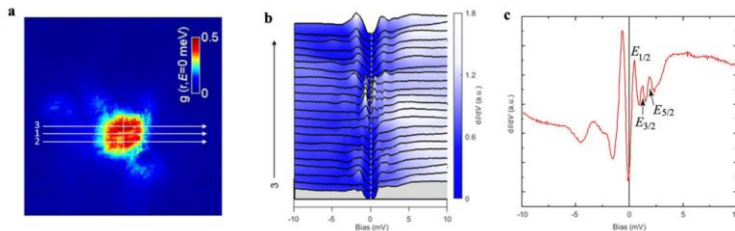


图1. $FeTe_{1-x}Se_x$ 中观测到的磁通和磁通束缚态。(a) 0.48 K, 4 T 下观测到一个较规则的磁通。(b)

沿着图a中的3号线路径测量的隧道谱。在磁通中心附近测量的隧道谱如图(c), 可以明显看到磁通

CdGM束缚态的分离能级

他们提取出分离量子态的峰对应能量值及强度随距离变化的信息如图2a,b所示。可以看出, 束缚态的尖峰强度随着远离磁通中心而减弱, 但对应能量几乎不随着距离变化, 这与理论预言相吻合, 进一步证明了它是分离的磁通束缚态。相关分离量子态的特征在图2d中表现更加明显, 在正能一侧, 可以清晰地看到三条平行的量子态的峰, 直到离开磁通区域才消失。这些特征符合量子极限下的磁通CdGM束缚态。利用0.45 meV作为磁通CdGM束缚态的最低能级, 结合超导能隙从1.1 meV到2.1 meV, 可以计算出对应的费米能级 E_F 为1.3~4.9 meV, 证明了该材料具有很浅的能带和很小的费米能量, 这一点偏离BCS理论的描述, 对铁基超导机理的理解具有促进作用。

- 南京大学举行2018级本科新生开学典礼
- 广州市人大代表南京大学培训班结业
- 我校携2项科研成果参加第14届“中口大学展暨论坛...
- 我校获批江苏省依法治校改革试点校
- 南大领衔聚焦细胞外基质降解产物研究 筑起抗肿瘤...
- 我校与栖霞区共建南京大学技术转移中心栖霞分中...
- “南京长江大桥记忆计划”参加2018伦敦设计双年展...
- 全省科学技术奖励大会在科技界引起热烈反响 ——...
- “一场”不设主题的座谈会谈得很热烈——“最强...
- 江苏省召开院士座谈会 姜勤俭吴政隆出席 希冀院...

一周十大

- 吕建校长看望南大2018级本科新生 [访问: 5845]
- 陈洪渊院士/徐前娟教授课题组在单体... [访问: 2799]
- 我校组团赴伊犁调研对口支援工作并... [访问: 2731]
- 南大等五方合作共建“南京金融科技... [访问: 2628]
- “南京大学-帝国理工学院机器学习联... [访问: 2610]
- 南京大学荣获8项2017年度江苏省科技... [访问: 1945]
- 缪峰教授课题组在“维材料异质结光... [访问: 1800]
- Nature Communications 刊登谢劲、... [访问: 1633]
- 南京大学2018级本科生军训开始 [访问: 1398]
- 装修一新! 南大“女神楼”华丽变身... [访问: 1367]

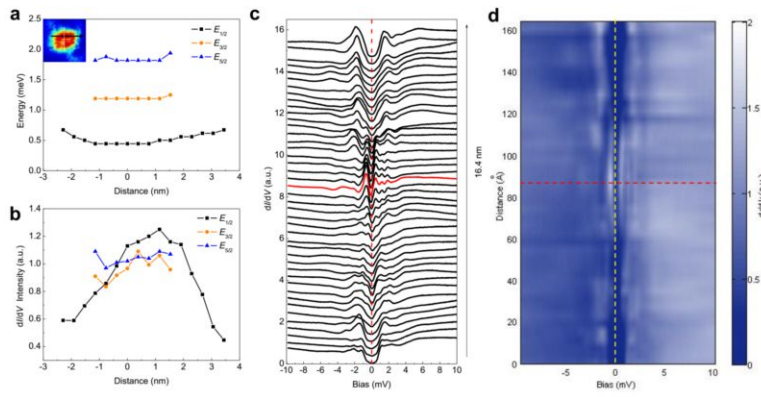


图2. 磁通束缚态的能量位置及相应强度随距离的关系。(a) $E_{1/2}$, $E_{3/2}$, $E_{5/2}$ 的尖峰能量位置随距离变化关系。(b) $E_{1/2}$, $E_{3/2}$, $E_{5/2}$ 的尖峰强度随距离变化图。(c) 过磁通中心的线谱, 红线表示磁通中心位置的隧道谱。(d) 过磁通线谱的轮廓图, 红色虚线表示磁通中心。

该最新成果是闻海虎教授团队独立完成的。扫描隧道显微镜、隧道谱测试和分析部分是由陈明扬同学、陈晓宇同学、杨欢教授和闻海虎教授完成; 样品制备杜增义博士和祝熙宇副教授完成; 陈明扬同学、陈晓宇同学为共同第一作者; 杨欢和闻海虎为共同通讯作者; 闻海虎协调了整个工作进展。相关文章链接: <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03404-8>

此工作得到教育部一流学科建设, 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。

(物理学院 科学技术处)



分享到

0