



物理所铁基超导体电荷动力学研究获新进展

文章来源：物理研究所

发布时间：2012-02-08

【字号：小 中 大】

铁基超导体依然是目前超导和强关联电子系统研究领域关注的主要热点之一。与铜氧化物超导体类似，铁基超导体具有多种结构类型，如早期发现的 ReFeAsO ($\text{Re}=\text{La}$ 和稀土元素) (1111)、 AFe_2As_2 ($\text{A}=\text{Ba}$, Sr , Ca , Eu 等) (122)、 LiFeAs 或 NaFeAs (111)、 $\text{Fe}(\text{Te}, \text{Se})$ (11) 等结构体系。对它们的研究使得人们很快对铁基超导体建立起一些基本共识，如超导电性是由一个具有反铁磁长程序的母体发展出来的。但与通常的局域电子反铁磁体或铜氧化物超导体的反铁磁Mott绝缘体母体不同，该母体相不是绝缘体，而是电子和空穴浓度相平衡的半金属 (semi-metal)，具有多个能带和费米面。其中连接布里渊区中心空穴型费米面和布里渊区边缘电子型费米面的波矢刚好与反铁磁长程序波矢匹配，因而表现出自旋密度波特征。通过掺杂或压力使得这种反铁磁不稳定性受到压制，超导随即出现。人们普遍相信，存在近似嵌套的电子和空穴型费米面是这类材料出现超导的基础，而自旋涨落诱导的电子在它们之间的散射是形成所谓“s+”超导配对 (即能隙各向同性，但电子和空穴费米面上序参量反号) 的原因。

2010年，由中科院物理所/北京凝聚态物理国家实验室陈小龙研究组发现的新的超导体系 $\text{A}_x\text{Fe}_{2-y}\text{Se}_2$ ($\text{A}=\text{K}, \text{Tl}, \text{Rb}, \text{Cs}$) 则对上述观念提出了严重挑战。首先，该体系报道后人们很快发现与超导体相邻的并不是半金属母体而是绝缘体，中子实验揭示该绝缘体具有特殊的区域状反铁磁结构，每个Fe格点具有很大的磁矩；其次，能带结构计算和角分辨光电子能谱测量均表明，该类超导体的布里渊区中心没有空穴型的费米面，因而不存在电子-空穴费米面的嵌套以及它们之间的电子散射；此外，不少实验揭示超导体样品存在超导和反铁磁有序的共存，而另外一些实验表明这种共存并非本征，样品其实存在超导和反铁磁相的分离。利用光谱测量，极端条件实验室王楠林研究组对这一新超导体系的反铁磁绝缘体母体和超导体的电荷动力学行为进行了表征和深入研究，观察到完全不同于其它铁基超导体的全新电荷响应，为认识铁基超导体本征的物理性质提供了新的有意义信息。

由于母体的电子输运呈现绝缘体行为，一个立即出现的问题是该绝缘体是否为电子关联诱导的Mott绝缘体？确认其能隙大小对认识该问题会有明确帮助。王楠林研究组的博士生谌志国、原瑞花、董涛等生长了绝缘体单晶样品并进行光谱测量，观察到在0.37eV附近出现显著的吸收边特征，可以归结于直接的带间跃迁。但除此之外，研究人员还观察到在较低能量 (大约30 meV开始) 存在相对较弱的吸收，他们指认为间接的带间跃迁。如此小的能隙使得他们认为该母体不应该看成是Mott绝缘体，而应理解为间接能隙很小的半导体。另外，他们的光谱测量还揭示出该母体的光电导率谱完全不同于已知的其它铁基超导结构体系，在中红外至近红外能区 (0.5—0.8 eV) 存在明显的两个劈裂的带间跃迁峰。详细的分析表明，它们与特殊的区域状反铁磁结构密切相关。此外，研究还发现在远红外区域有10多个声子模式，与122结构ab面只应存在两个红外激活模式相差甚远，表明结构并非是已知的122结构。该工作发表在PRB【*Phys. Rev. B* 83, 220507 (R) (2011)】快讯，并被选为“编辑推荐”文章。

此后，原瑞花、董涛等生长了该体系的超导单晶样品并细致研究了其红外光学响应，同样观察到该体系超导样品的红外响应也完全不同于其它的铁基超导体。其正常态的光电导谱几乎没有金属性响应的Drude分量，但超导态下样品在远小于超导能隙的能量尺度却会发展出一个较为陡峭的反射率边。他们指认该反射率边是超导态样品里存在Josephson耦合由超流电子所形成的等离子体振荡模式。这种Josephson等离子体振荡模式以往只在铜氧化物高温超导体c方向的光学响应观察到，而在其它体超导体ab面内的响应中从未观察到过。该结果预示单晶样品存在纳米尺度的超导-半导体相的相分离。研究人员通过对非均匀分布的Josephson振荡模式的数值模拟、透射电镜测量与暗场像分析，以及磁场下的光学响应测量等，对上述图像进行了进一步确认。依据纳米尺度的相分离，他们还能够对不同实验观察到的似乎不一致结果做出合理解释。上述工作与物理所李建奇研究组，胡江平研究员等合作完成。该结果发表在*Scientific Reports*上【2, 221 (2012)】。

上述研究工作得到国家自然科学基金委、科技部和中国科学院相关项目的资助。

[打印本页](#)

[关闭本页](#)