研究确定只具有空穴型费米面铁基超导体的超导能隙对称性

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/26066.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

自2008年发现以来，作为第二大类高温超导材料的
铁基超导体的超导配对机理一直是凝聚态物理领域的重大前沿问题。确定超导能隙对称性和导致电子配对的媒介是解决超导机理的两个先决条件。铁基超导体是一个典型的多带体系，其配对对称性和费米面的拓扑结构密切相关。大多数铁基超导体具有布里渊区中心（Γ点）的空穴型费米面和布里渊区角落（M点）的电子型费米面，其配对对称性普遍被认为是s±
(Γ-
M)，即在Γ点空穴型费米面和M点电子型费米面上超导能隙符号相反的s波。在电子掺杂的只具有电子型费米面的铁基超导体中，例如单
层FeSe/$SrTiO_3$
超导薄膜的配对对称性尚有争议，可能是s±波或d波。而在空穴掺杂的铁基超导体中，极度过掺区域会得到只具有空穴型费米面的情形，其配对对称性引起了广泛讨论，提出的可能性包括s±(Γ-Γ)，即在Γ点两个费米面上配对符号相反的s波或者d波等。厘清超导配对对称性和不同费米面结构之间的关系，对理解铁基超导体的超导机理至关重要。

中国科学院物理研究所／北京凝聚态物理国家研究中心超导国家重点实验室周兴江团队，与中国科学院理化技术研究所许祖彦团队、理论物理研究所吴贤新等合作，利用自主研制的大动量极低温深紫外激光角分辨光电子能谱仪，克服了KFe_2As_2
超导态电子结构测量需求的
极低温和超高分辨率的难题。通过对KFe_2As_2
的电子结构和超导能隙进行研究，该工作确
定了KFe_2As_2的费米面结构和超导能隙对称性，为铁基超导的配对机理提供了重要信息。

基于自行生长的具有3.7K转变温度的高质量KFe_2As_2
单晶，深紫外激光ARPES测量了其精细的费米面结构和超导能隙结构。费米面结构显示为Γ点附近α、β和γ三个空穴型费米面，以及围绕M点的四个小空穴型费米面。细节特征显示，β费米面发生了劈裂，进一步研究表明其中一支来源于表面态。围绕Γ点，研究人员还观察到四个小空穴型费米面，这是由于样品解理面存在√2x2表面重构，导致Γ点和M点的电子结构相互折叠，这四个小空穴型费米面实际上来源于M点附近的费米面折叠到了Γ点附近。这个特性使得深紫外激光AR
PES不仅能测量
到Γ点附近，还能测量M点附
近的电子结构，提供了全面研究KFe_2As_2费米面和超导能隙结构的机会。

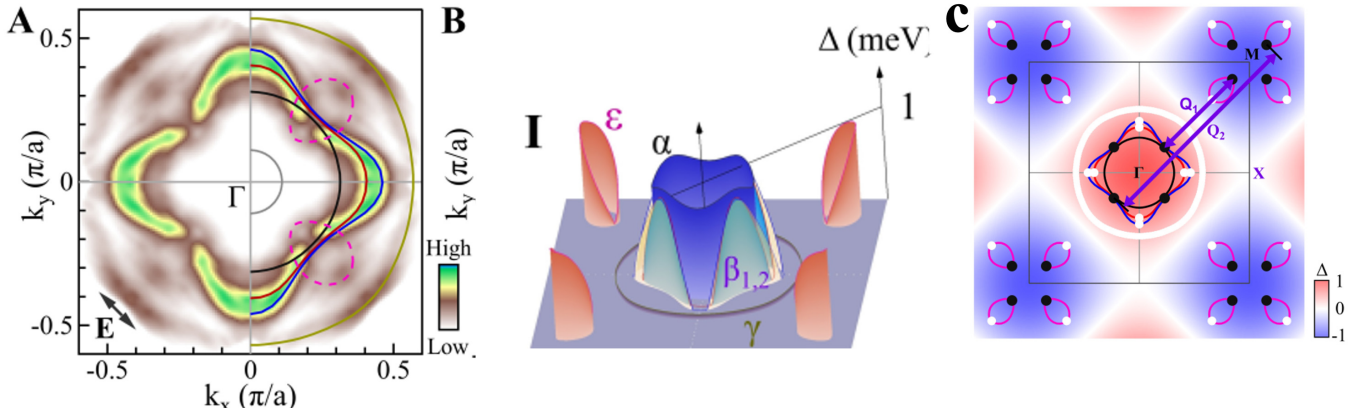
该研究揭示了超导能隙在不同温度下的打开与关闭，以及低温下超导能隙的费米面依赖行为；详细分析了KFe_2As_2
中的ε能带，发现其正常态是一个很平的
能带，与KFe_2As_2
的重费米子行为有关。进一步计算表明，KFe_2As_2
比热的索末菲尔德系数有接近一半来源于ε能带，说明其对重费米子行为起重要作用。

基于低温下完整费米面的获取，该研究提取了所有费米面的能隙大小随着动量的分布，并对其能隙对称性进行深入分析。结果表明，KFe_2As_2的超导能隙对称性为s±
(Γ-M)，即Γ和M点的空穴型费米面之间能隙符号变号，原因在于：能隙大小分布定性符合s±(Γ-M)的简单形式；结合非弹性中子散射的结果，Γ点附α/β和M点附ε的嵌套矢量和自旋共振的波矢相符，表明Γ点附近和M点附近的能隙符号反转；嵌套矢量连接的能隙大小和自旋共振能量的关系满足普适规律；费米面上出现很多能隙节点，这些节点的位置都出现在s±
(Γ-M)的简单形式给出的节线附近。这些证据表明KFe_2As_2的超导能隙对称性为s±(Γ-M)。

KFe_2As_2
的能隙对称性存在争议许久，其独特的费米面结构也使其研究十分重要。之前研究普遍认为其超导能隙对称性对应s±(Γ-Γ)。这项工作明确了KFe_2As_2的超导能隙对称性为s±
(Γ-M)，表明只具有空穴费米面的KFe_2As_2
的能隙对称性和同时具有空穴型和电子型费米面的体系具有相同的能隙对称性，统一了这两类不同费米面的超导体系，为铁基超导体的配对机理研究提供了重要信息。

近日，相关研究成果发表在《自然-物理学》（*Nature Physics*
）上。研究工作得到国家自然科学基金、国家重点研发计划和中国科学院战略性先导科技专项（B类）等的支持。

论文链接



A. KFe2As2的实验得到的费米面结构；B. 超导能隙的动量依赖关系；C. 能隙对称性的解释示意图

研究团队单位：物理研究所

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发