

## 物理所在嵌套费米面体系中提出配对密度波超导模型

2022-11-17 来源：物理研究所

【字体：大 中 小】

 语音播报

配对密度波 (PDW) 是一类奇异的超导态，其每个库珀对携带的总动量非零。因而，库珀对凝聚在动量空间中的若干非零点。与Fulde-Ferrell和Larkin-Ovchinnikov早期提出的、在外加磁场下形成的超导态——FFLO态有所区别，PDW超导态无需外加磁场而自发破缺了平移对称性，除了零电阻、完全抗磁等超导体的通常特性外，还伴随着电荷密度的空间调制。这种成套的派生电荷密度波调制即使在高于超导临界温度的一定温区内也可能存在。当前研究认为PDW存在于包括铜氧化物超导在内的各种关联电子材料、冷原子系统以及某些具有嵌套费米面的体系中。

最近发现的笼目 (Kagome) 晶格超导体 $AV_3Sb_5$  ( $A=K, Rb, Cs$ ) 材料引起了国际凝聚态物理学界的广泛兴趣。中国科学院院士、中科院物理研究所高鸿钧研究组与合作者首先报道了 $CsV_3Sb_5$ 中存在PDW的一些特征。对于这类材料中的超导，也存在一些看似相互矛盾的实验结果。例如，一方面， $AV_3Sb_5$ 在NMR等实验中呈现出自旋单态和传统s波电子配对的特性；另一方面，又在热输运和STM实验中观察到极低温下的残余热输运系数和具有残余零能量贡献的“多能隙”V形的态密度。后者通常意味着体系中存在无能隙的、具有费米面特征电子态，与通常的s波电子配对超导的特性不符。此外，一些理论和实验工作表明该体系中存在时间反演对称性破缺。

近日，中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心凝聚态理论与材料计算实验室研究员周毅、特聘研究员蒋坤与清华大学高等研究院教授姚宏合作，从 $CsV_3Sb_5$ 具有六边形且近乎嵌套的费米面这一事实出发，提出了一个配对密度波超导模型，其具有与费米面嵌套相关的库珀对质心动量。这一理论框架预言了超导态时间和空间反演对称性的自发破缺，对上述看似矛盾的实验结果给出了较统一的解释。该理论工作指出时间和空间反演对称性的自发破缺源自不同质心动量配对模式之间的相位相干，使得PDW超导态具有稳定的Bogoliubov费米面。该工作进一步计算了这种对称破缺态的各种性质，包括(局域)态密度和电子谱函数，得到的结果与现有的实验具有较好的定量吻合。该理论还预言了实验中可能观察到的准粒子散射相干效应和在当前能量尺度下尚未观测到的派生电荷密度波序。

这项工作不仅有助于理解 $AV_3Sb_5$ 笼目晶格化合物中的奇异超导态，而且所提出的理论模型也具有一定的普遍性，对一系列后续研究有启发作用。

相关研究成果发表于Phys. Rev. Lett.。相关研究工作得到科学技术部重点研发计划、国家自然科学基金委员会、王宽诚教育基金委员会、北京市自然科学基金委员会和中科院战略性先导科技专项的资助。

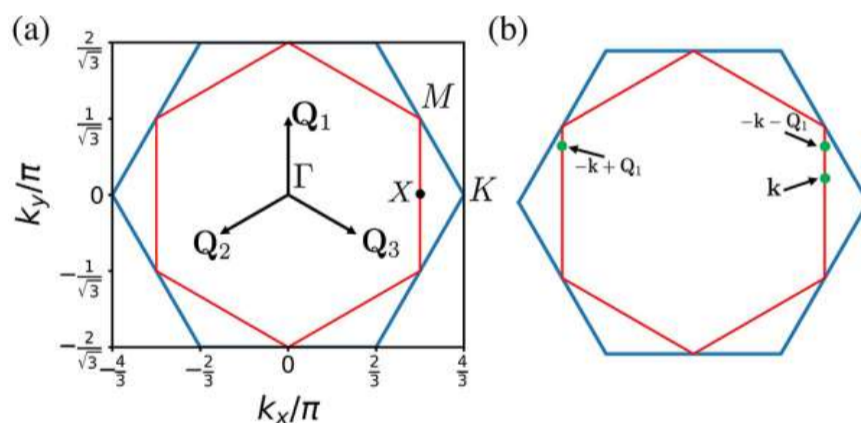
[论文链接](#)


图1 六角晶格第一布里渊区和配对密度波的嵌套行为：(a) 布里渊区和填充数为 $\frac{3}{4}$ 时的嵌套费米面，(b) 每一个沿着 $Q_\alpha$ 方向的费米面段上的动量 $k$ 都有两个对应的位于费米面上的动量 $-k \pm Q_\alpha$ 与之形成非零质心动量 ( $\pm Q_\alpha$ ) 的库珀对。

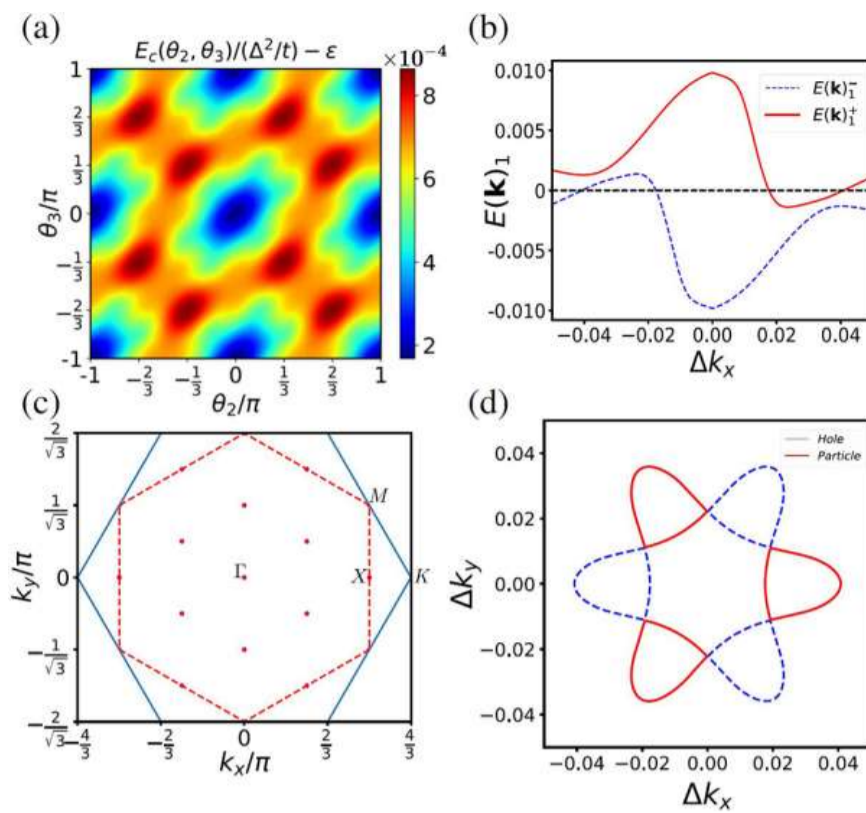


图2 (a) 体系凝聚能。凝聚能最大的态破坏时间反演和空间反演对称性。(b)-(d): 最低能量态对应的Bogoliubov准粒子能谱色散关系和费米面。

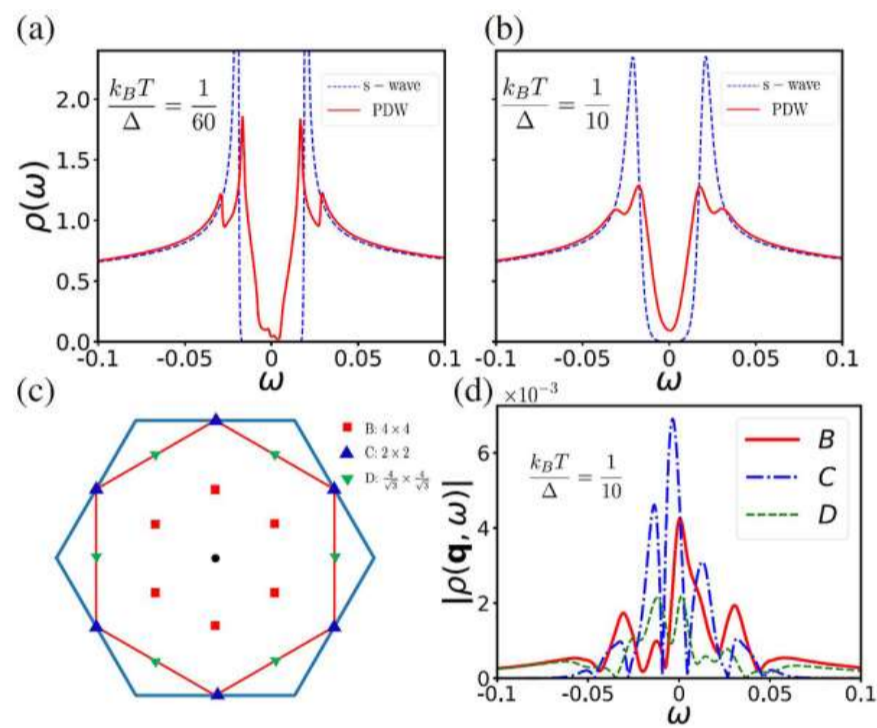


图3 态密度及局域态密度。(a)-(b): 不同温度下的体系态密度及其与均匀s波超导态密度的对比。(c) 派生的电荷密度波序对应的三类不等价波矢。(d) 三类电荷密度波序对应的局域态密度。

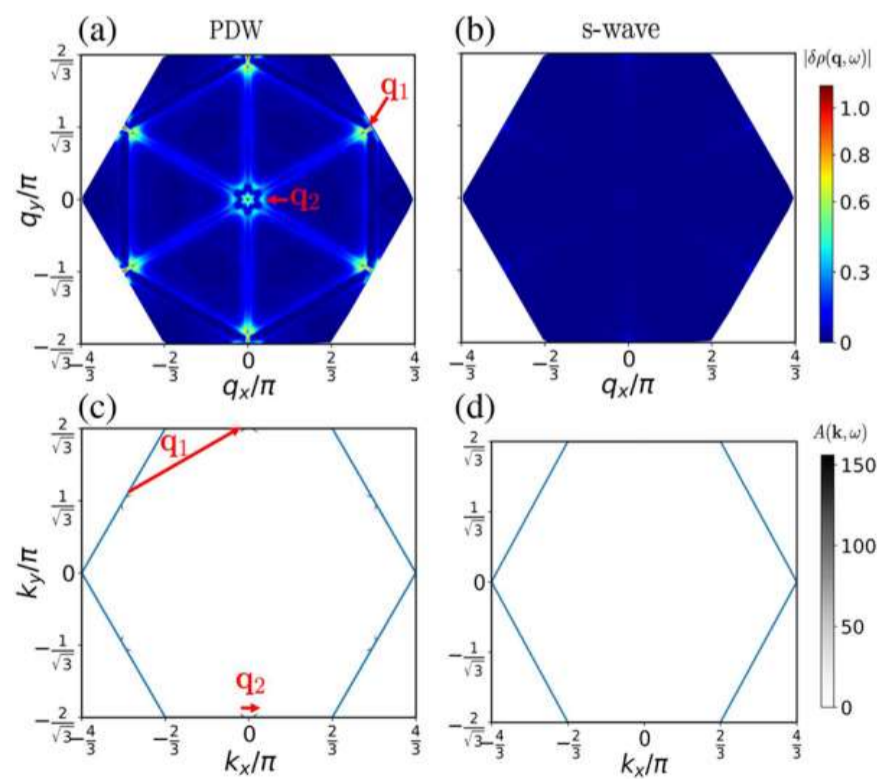


图4 配对密度波超导态 ((a)) 和均匀s波超导态 ((b)) 中准粒子散射相干对局域态密度的调制及其对应的电子谱函数 ((c)和(d))。(a)和(c)中的波矢 $\mathbf{q}_1$ 和 $\mathbf{q}_2$ 表明局域态密度的改变主要来自于谱函数大的两个准粒子之间的散射过程。

- » 上一篇: 广州地化所等提出大火成岩省引发古油藏裂解的高温甲烷排放或是晚二叠世生物大灭绝的重要因素
- » 下一篇: 分子细胞卓越中心等揭示线粒体tRNA选择性降解导致HUPRA综合征的分子机制



扫一扫在手机打开当前页

© 1996 - 2022 中国科学院 版权所有 京ICP备05002857号-1 京公网安备110402500047号 网站标识码bm4800002  
地址: 北京市西城区三里河路52号 邮编: 100864  
电话: 86 10 68597114 (总机) 86 10 68597289 (总值班室)  
编辑部邮箱: casweb@cashq.ac.cn

