

首页 新闻纵横 专题热点 领导活动 教学科研 北大人物 媒体北大 德赛论坛 文艺园地 光影燕园 信息预告 联系我们

请输入您要查询的关键字

高级搜索

量子材料科学中心王健组与合作者在拓扑外尔半金属晶体中观测到非平庸超导特性

日期：2018-08-31 信息来源：量子材料科学中心

近年来，拓扑超导材料因其边界态中存在马约拉纳费米子而引起国际学术界的持续广泛关注。马约拉纳费米子是自身的反粒子，符合非阿贝尔统计，是实现可容错的拓扑量子计算的物质基础。北大量子材料科学中心王健课题组与合作者在掺硫的第二类拓扑外尔半金属二碲化钨晶体中观测到非平庸超导的信号，发现该材料是一种拓扑超导候选材料。同时，因其为层状过渡金属碲化物，具有很大的潜在应用价值。

1929年物理学家赫尔曼·外尔发现，有一种质量为零，自旋是半整数的费米子的行为满足外尔方程，这种粒子被称为外尔费米子。虽然日前在自然界中尚未观测到这种基本粒子了，但是近来人们在晶体中发现了满足外尔方程的这种准粒子激发，这一类晶体被称为拓扑外尔半金属。在拓扑外尔半金属中，费米面附近的准粒子激发满足线性色散关系，可以用外尔方程描述，形状犹如沙漏，被称为外尔锥。与相对论粒子不同，外尔半金属中的准粒子激发可以违反洛伦兹不变性。在拓扑外尔半金属中，手性不同的外尔点成对出现在不同的动量位置。拓扑外尔半金属还具有奇异的表面态，即在表面形成了连接手性不同的外尔点在表面上的投影点的线段态，称为费米弧（Fermi Arc）。当具有拓扑性质的表面态形成超导态时会具有拓扑超导的性质。此外，超导材料根据超导能隙的对称性，可以分为s波，p波，d波超导体等，其中s波超导材料中，如果不同超导能隙的相位不同，被称作 s_{\pm} 超导。高温超导中的铁基超导就被大多相关专家认为属于 s_{\pm} 超导。理论预言显示，保持时间反演对称性的拓扑外尔半金属的体态若形成 s_{\pm} 的超导态，会具有拓扑超导的性质(Phys. Rev. B90(4):045130)。

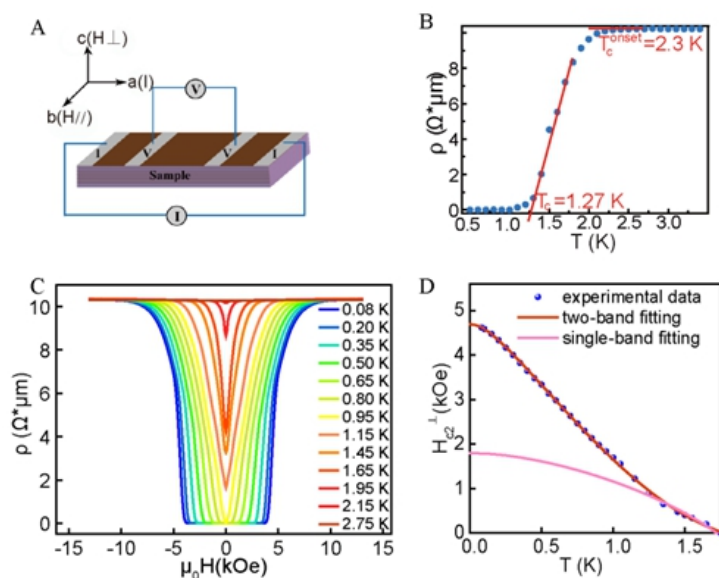


图1. 电磁输运实验观测到的 s_{\pm} 超导的证据，揭示拓扑超导的可能性。(A) 电磁输运实验的测量示意图。(B) 超导转变温度附近的电阻率-温度关系。(C) 各个温度和磁场下的电阻率。(D) 超导上临界磁场和温度的关系。红色的线是两带超导模型的拟合曲线，拟合结果发现带间耦合比较大，表明该超导行为是 s_{\pm} 超导。

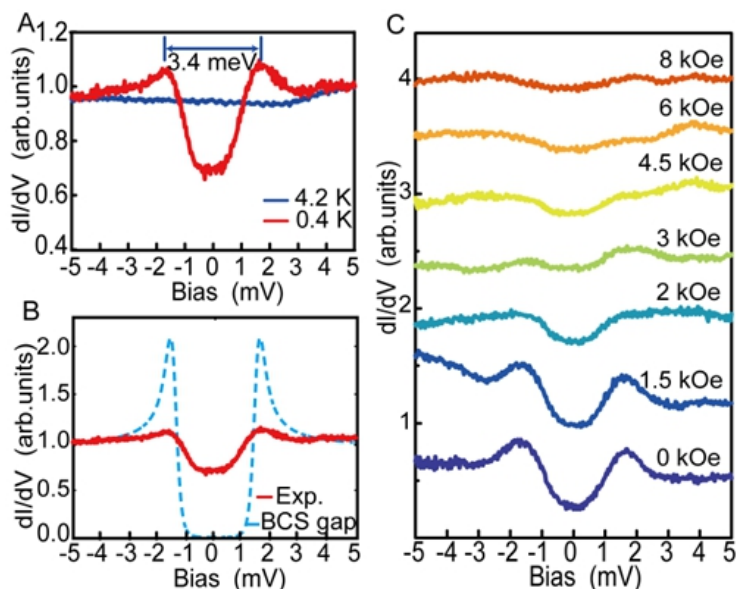


图2. 扫描隧道显微镜发现表面态的超导能隙远超过体态的超导能隙, 揭示出拓扑超导的可能性。(A) 4K和0.4K下样品表面的微分电导 dI/dV 谱。在0.4K下, 超导能隙是1.7meV, 远大于体态的超导能隙, 且能隙与临界温度的比值约为8.6, 远大于常规超导材料的能隙与临界温度的比值(1.76)。4K时样品处于非超导态。(B) 0.4K超导 dI/dV 谱和各向同性BCS超导谱的对比。(C) 0.4K时, 不同磁场下的超导 dI/dV 谱, 超导能隙被外加磁场所抑制。

近日, 北京大学王健教授和冯济教授, 复旦大学张章教授和李世燕教授, 浙江大学王勇教授, 稳态强磁场科学中心(合肥)凌浪生、田明亮研究员, 美国宾夕法尼亚州立大学Nitin Samarth教授等人展开合作, 通过电输运、扫描隧道谱、比热、抗磁性等系统的实验研究并结合第一性原理计算, 在掺硫的第二类拓扑外尔半金属二碲化钼单晶中发现了非平庸超导态的特征。实验中所使用的硫掺杂的高质量二碲化钼晶体是通过化学气相运输的方法合成的, 掺杂比例约为0.2。研究组通过准粒子干涉实验与第一性原理计算相结合, 在样品表面探测到了费米弧拓扑表面态的存在, 随后通过扫描隧道谱学和比热的测量对比, 发现样品表面态的超导能隙远大于体态的超导能隙, 而且该样品表面态的能隙与临界温度的比值($\Delta/k_B T_c$)约为8.6, 远大于常规超导材料的能隙与临界温度的比值(约为1.76), 表明了表面态具有非常规超导库珀对配对机制, 极可能是拓扑超导的普适特征。同时, 研究组通过电输运测量和比热测量, 发现这种材料为s波超导体, 且它的超导能隙的带间耦合很强, 超导对称性应为 s_{\pm} 对称性。这可能是继铁基高温超导之后, 又一种新的 s_{\pm} 超导体。而且根据理论预言, 拓扑外尔半金属中 s_{\pm} 对称性的超导态会形成拓扑超导态。掺硫的第二类拓扑外尔半金属二碲化钼单晶中拓扑超导特征的发现, 证实了外尔半金属中实现拓扑超导的可行性, 推动了拓扑超导相关领域的进一步发展, 也为拓扑量子计算机的最终实现奠定了前期的科研基础。文章于2018年8月31日在PNAS上在线发表([DOI:10.1073/pnas.1801650115](https://doi.org/10.1073/pnas.1801650115))。王健、冯济和张章是本文的共同通讯作者。北京大学李亚楠硕士、顾强强博士和复旦大学陈晨博士为共同第一作者。

这项工作得到了国家重大科学研究计划重点专项、国家自然科学基金、中国科学院战略性先导科技专项等项目的资助。

编辑: 凌薇

北京大学官方微博



北京大学新闻网



北京大学官方微信



[打印页面] [关闭页面]

转载本网文章请注明出处

友情链接

合作伙伴



投稿邮箱 E-mail: xjwcnzx@pku.edu.cn 新闻热线: 010-62756381

