
新研究在真实材料中实现分数磁通涡旋

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/39954.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！

新研究在真实材料中实现分数磁通涡旋。中国科学院院士、上海交通大学李政道讲席教授丁洪带领的联合研究团队，将分数磁通涡旋从长期的理论设想和间接观测推进到原子尺度实空间与谱学表征阶段，不仅为多带超导体中分数磁通涡旋的形成和手性超导斯格明子提供了直接证据，而且发现了一种二维、破缺时间反演对称性的超导态。该超导态不仅促进了涡旋核分数化和CP2斯格明子的形成，也为在凝聚态体系中模拟分数化激发、线性束缚相互作用、拓扑缺陷形成以及类夸克禁闭现象提供了新的实验平台。5月21日，相关研究成果发表于《科学》。

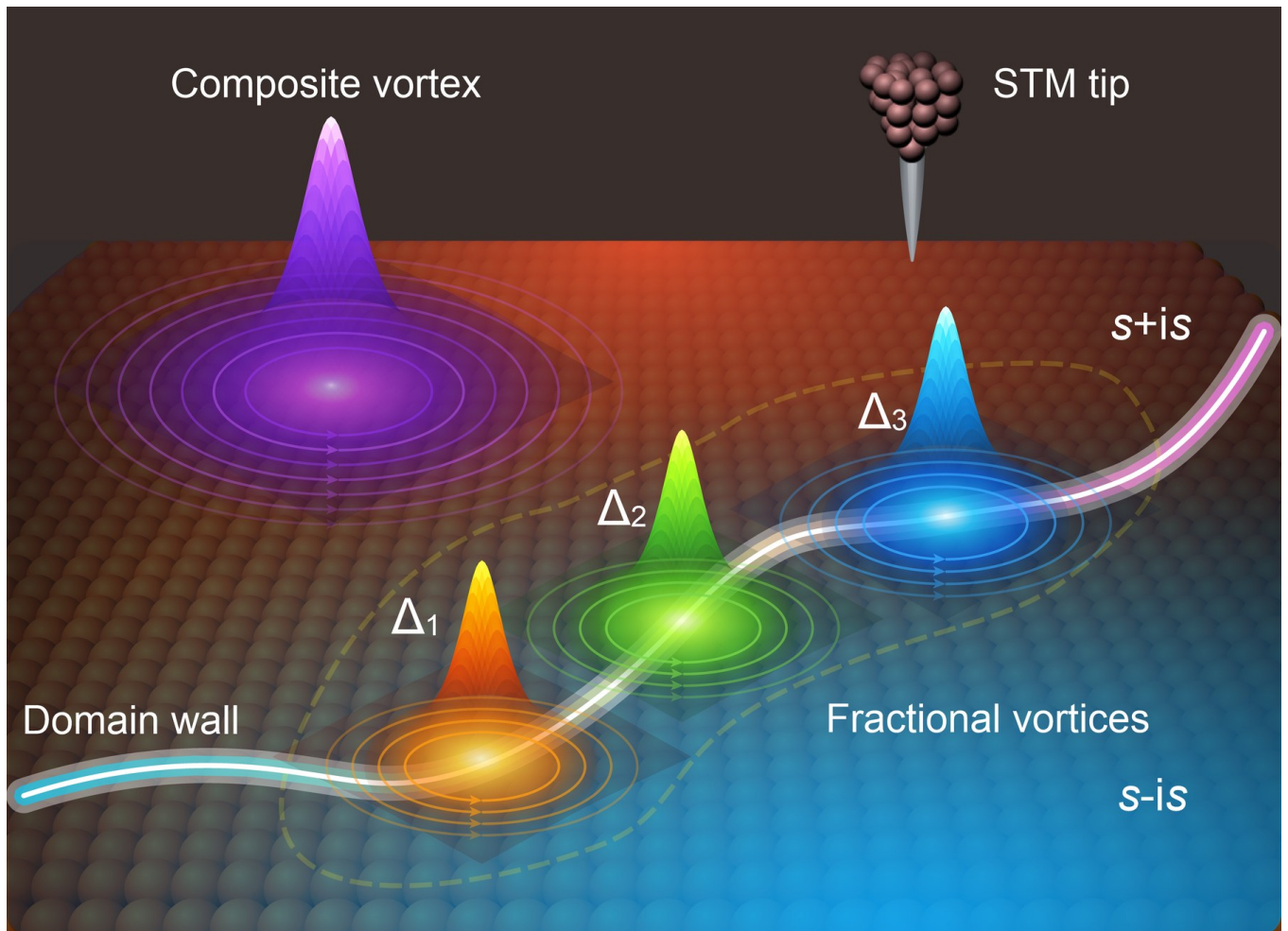
磁通涡旋是超导物理中最重要的概念之一。如何在真实材料中实现具有核心奇点、并能够移动和重组的分数磁通涡旋，长期是凝聚态物理中的重要挑战。破缺时间反演对称性的多带超导体为此提供了一种可能。然而，分数磁通涡旋如何从复合涡旋中形成和分离，以及其核心结构的演化，仍缺乏直接的实空间和谱学证据。

在前期研究基础上，研究团队受到砷（As）解理面自空穴掺杂效应的启发，开始研究整数化学计量比钾铁砷（ KFe_2As_2 ）中的 $1 \times 1\text{K}$ 解理面。该表面上额外的K原子可向最上层FeAs层提供电子掺杂，同时保持原子级平整的表面形貌，非常适合开展扫描隧道显微镜研究。

研究团队证实，该解理面的超导电性显著增强，其近表面有效掺杂水平更接近 $x = 0.75$ 的重空穴掺杂区域。这意味着，该截止面有可能像 $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ ($x=0.77$) 一样，具有更高转变温度的时间反演对称性破缺的非常规超导电性，为实现分数磁通涡旋提供了可能。

研究团队进一步对涡旋核心结构及其谱学特征开展系统研究，揭示了分数磁通涡旋的实空间形貌及其形成超导斯格明子的微观机制。 KFe_2As_2 $1 \times 1\text{K}$ 解理面上存在两类截然不同的磁通涡旋，一类涡旋在温度变化过程中始终保持孤立的整数涡旋形态，另一类涡旋在低温下表现为孤立涡旋，而随着温度升高逐渐发生劈裂。在4.2 K时，部分涡旋可劈裂为两个核心，部分则可劈裂为三个核心；当温度重新降低时，这些劈裂的涡旋又会重新合并为一个孤立涡旋。这种可逆的温度诱导劈裂—合并行为，揭示了涡旋核心内部存在可重构的多分量结构。

此外，研究团队结合大量实验和分析，将劈裂产生的涡旋核心归因于携带部分磁通的分数磁通涡旋。与普通整数涡旋相比，分数磁通涡旋中的涡旋束缚态信号明显更弱，而超导相干峰则更强。这些谱学特征与部分核心奇点的图像相一致。更重要的是，研究团队发现这些分数磁通涡旋并非随机分布，而是倾向于排列成链状结构。理论分析表明，这类由分数磁通涡旋组成的链状结构具有非平庸拓扑性质，形成了一种新的拓扑缺陷——手性超导斯格明子，其拓扑特征可由CP2拓扑不变量刻画。（来源：中国科学报 江庆龄）



复合涡旋劈裂为分数涡旋并形成超导斯格明子。研究团队供图

相关论文信息：<http://doi.org/10.1126/science.ads0189>

作者：李政道等 来源：《科学》

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](http://www.iikx.com)转发