科学家首次在铁基超导体中发现马约拉纳任意子

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/1478.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！

扫描探针显微系统首次在铁基超导体中观察到了马约拉纳零能模，即马约拉纳任意子。该马约拉纳零能模纯净度高，能在相对更高的温度下得以实现，且材料体系简单。该成果对构建稳定的、高容错、可拓展的未来量子计算机的应用具有极其重要意义。

1937年，意大利理论物理学家Ettore Majorana预言了自旋为1/2的中性费米子，其反粒子是它本身，并认为是一种基本粒子。之后人们把这种神奇的粒子称为马约拉纳费米子，并猜测构成物质世界的基本粒子中的中微子有可能是马约拉纳费米子，但目前尚未得到实验上的证实。马约拉纳费米子不带电荷，理论上认为马约拉纳费米子是由粒子及其反粒子构成。近年来，理论研究表明在凝聚态物质中也可能存在遵守马约拉纳性质的准粒子，被称为“固体宇宙”中的马约拉纳费米子。当一个马约拉纳费米子被束缚在一“点”上时，会变成两个马约拉纳任意子，具有奇特的非阿贝尔统计，可用来构造拓扑量子比特，应用于自容错的量子计算机。

量子计算机相较于传统计算机具有更快的运行速度与更大的计算量。然而，制约量子计算机发展的一个重要因素就是传统的量子比特特别容易受到外界环境的干扰而发生退相干，从而导致计算的失败;而基于马约拉纳的任意子的拓扑量子计算机对于环境的这种局部扰动有很强的抗干扰能力，自身带有高容错的秉性。因此，在材料中发现马约拉纳任意子对构建高度稳定的量子计算机具有重要意义。

在凝聚态物质中，人们在多种系统中尝试发现马约拉纳费米子，但具有非常大的难度和挑战性，也是国际科技界激烈竞争的战略制高点之一。理论上预言在p波超导体的激发态中可以找到马约拉纳费米子，然而至今仍缺少直接证据证明p波超导体的存在。2008年，傅亮等人指出，当把拓扑绝缘体和超导体放在一起时，这个系统就具有类似p波超导体的性质。基于该思想，2012年荷兰代尔夫特理工大学Kowenhoven研究组，2014年美国普林斯顿大学Yazdani研究组，2015年上海交通大学贾金锋研究组，2016年丹麦玻尔研究所Marcus研究组，分别宣称找到了马约拉纳任意子的证据。2017年美国加州大学王康隆、斯坦福大学张首晟等人在量子反常霍尔效应体系发现了半个量子电导，提供了马约拉纳费米子的证据。然而，这些马约拉纳任意子/费米子存在的体系都需要构造异质结构，其工艺复杂，并且需要极低温(小于1K)条件。近期，中国科学院物理研究所丁洪领导的国际合作团队，首次在铁基超导体(FeTe0.55Se0.45，Tc=15K)中发现超导拓扑表面态，其中最有力的证据发表在2018年3月的《科学》上。

这次关于马约拉纳零能模探索的重大突破，物理所、国科大高鸿钧研究组博士研究生王东飞、范朋等与丁洪研究组博士研究生孔令元等，利用高鸿钧研究组自主设计、集成研制的超高真空-极低温-强磁场-扫描隧道显微镜-分子束外延-低能电子衍射联合系统，对美国布鲁克海文国家实验室顾根大研究组提供的高质量FeTe0.55Se0.45样品展开了系列探索，并与美国麻省理工学院的傅

亮进行了理论合作。研究发现，在该样品的磁涡旋中心“点”存在不随空间位置劈裂的零能束缚态，变温以及变磁场的数据最终确定位于磁涡旋中心的束缚态即为马约拉纳任意子，并且不与其它的准粒子态混合，马约拉纳成分纯度很高。进一步实验发现该马约拉纳任意子在6T以下磁场以及4K以下温度都能稳定存在。

这是首次在单一块体超导材料中发现高纯度的马约拉纳任意子，能在相对高的温度下实现，不容易受到其他准粒子的干扰。同时，这也预示着在其它的多能带高温超导体里也可能存在马约拉纳任意子，为马约拉纳物理的研究开辟新的方向。该成果具有高纯度、高温度且结构简单，更容易实现对马约拉纳任意子的编织操纵，对构建稳定的、高容错、可拓展的未来量子计算机的应用具有极其重要意义。

王东飞、孔令元和范朋为该论文共同第一作者，高鸿钧、丁洪为共同通讯作者。该研究得到了科技部、国家自然科学基金委和中科院的支持。

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