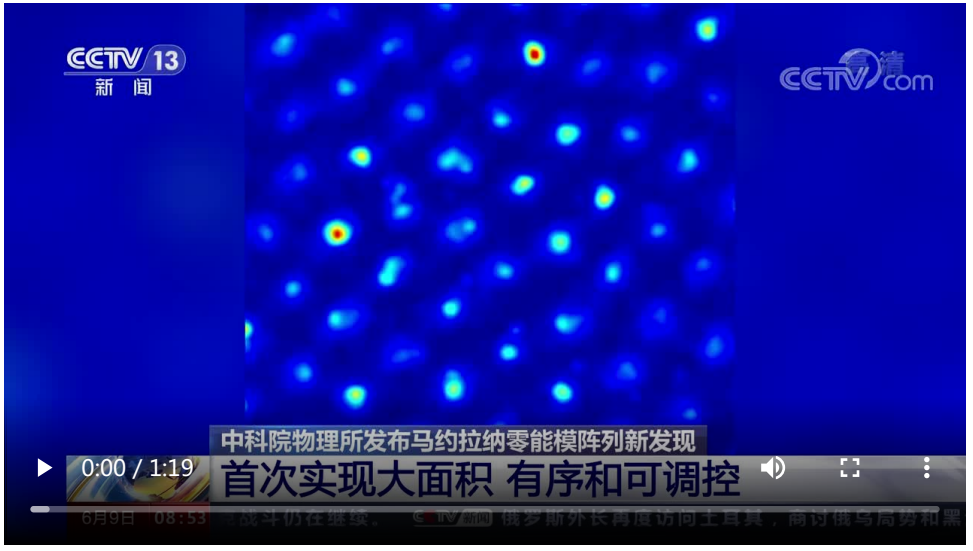
科学家实现大面积、高度有序和可调控的“马约拉纳零能模‘格点阵列’”

2022-06-08 来源： 前沿科学与教育局 物理研究所



马约拉纳零能模是凝聚态物理中的一类拓扑非平庸准粒子激发，因其服从非阿贝尔统计规律，被认为是构筑拓扑量子比特的基本单元。在晶体材料体系中寻找并调控马约拉纳零能模是实现拓扑量子计算的关键步骤，也是凝聚态物理前沿研究方向之一。近年来，在拓扑非平庸的铁基超导体中寻找马约拉纳零能模

已经取得了长足的进展。与其他体系（如超导-半导体纳米线、磁性原子链、拓扑绝缘体/超导异质结等）相比，铁基超导体具有单一组分、高温超导、本征拓扑等性质，避免了复杂的材料结构设计和极低温的观测条件等问题，是研究马约拉纳零能模的理想载体。

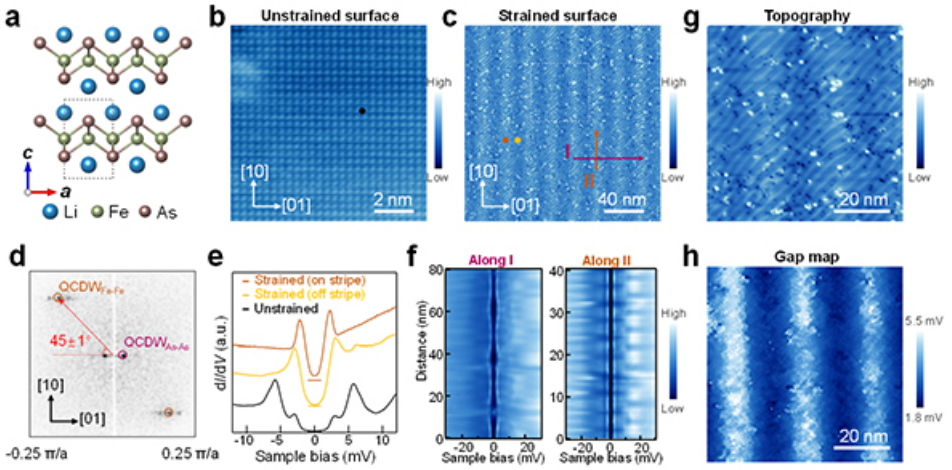
自从铁基超导体拓扑能带的发现以来，人们在$Fe(Te_{0.55}Se_{0.45})$、$(Li_{0.84}Fe_{0.16})$OHFeSe、$CaKFe_4As_4$以及杂质辅助的LiFeAs中均发现了马约拉纳零能模。然而，这些材料体系存在着由于自掺杂带来的体态不均一、涡旋阵列无序且不可控以及拓扑涡旋占比低等问题，阻碍了其进一步的研究和应用。如何突破当前研究瓶颈，获得大面积、高度有序且可调控的马约拉纳零能模阵列，向拓扑量子计算更进一步，是当前铁基超导马约拉纳领域亟待解决的问题之一。

最近，中国科学院院士、中国科学院物理研究所研究员高鸿钧团队对铁基超导体LiFeAs进行了更加细致而深入的研究。他们在实验上发现，应力可以诱导出的大面积、高度有序和可调控的马约拉纳零能模格点阵列。其主要发现有以下几点。1）晶体中的自然应力可诱导产生双轴电荷密度波（Biaxial CDW）条纹，沿着Fe-Fe和As-As晶格方向，其波长分别为λ_1~2.7 nm和λ_2~24.3 nm（图一）。2）波长为λ_2的CDW对超导能隙具有明显的调制作用，当施加垂直于样品表面的磁场后，形成的磁通涡旋全部被钉扎在超导序较弱的As-As方向电荷密度波条纹上，形成有序的涡旋阵列（图二）。3）双轴电荷密度波的存在使得晶体对称性降低，从而改变了费米能级附近的拓扑能带结构，使得超过90%的磁通涡旋中心具有马约拉纳零能模，形成高度有序的马约拉纳零能模阵列（图三、图四）。4）这种有序的马约拉纳零能模阵列可被外磁场调控，随着磁场增加，涡旋间距减小，马约拉纳零能模间的相互作用开始凸显（图四）。

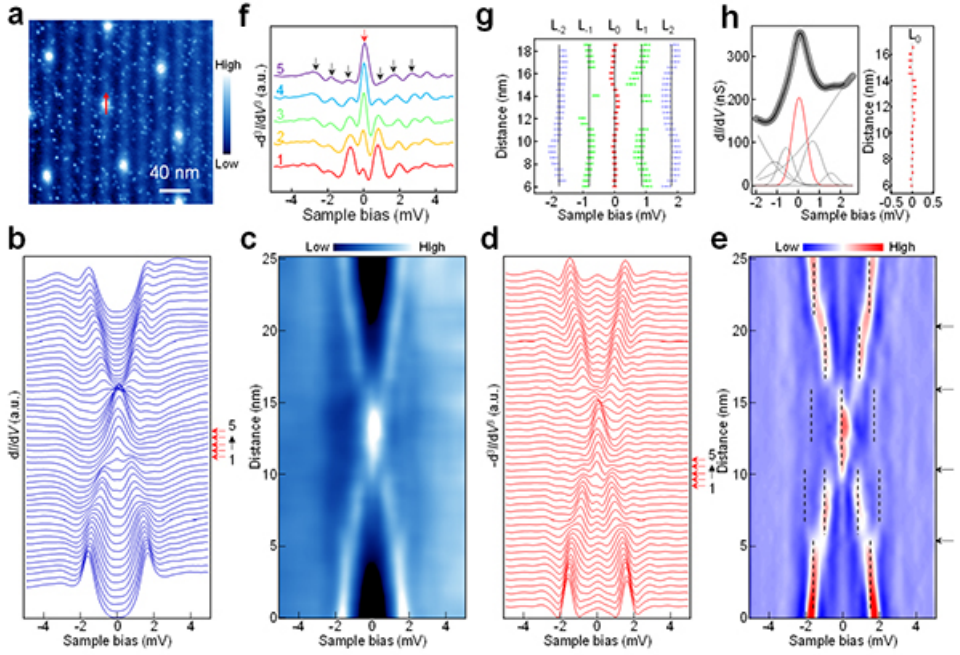
这些研究结果表明，大面积有序可调的马约拉纳零能模阵列可以在LiFeAs中稳定存在，为实现拓扑量子计算提供了重要的高质量研究平台。相关成果以Ordered and tunable Majorana-zero-mode lattice in naturally-strained LiFeAs为题，在2022年6月8日于《自然》（Nature）发表。该工作与美国波士顿学院教授Ziqiang Wang和中科院物理所研究员靳常青等进行了合作。物理所靳常青和望贤成提供了LiFeAs单晶。博士研究生李萌、副研究员李更和博士曹路为论文共同第一作者，高鸿钧和Ziqiang Wang为共同通讯作者。

该工作得到科技部、国家自然科学基金和中科院的支持。

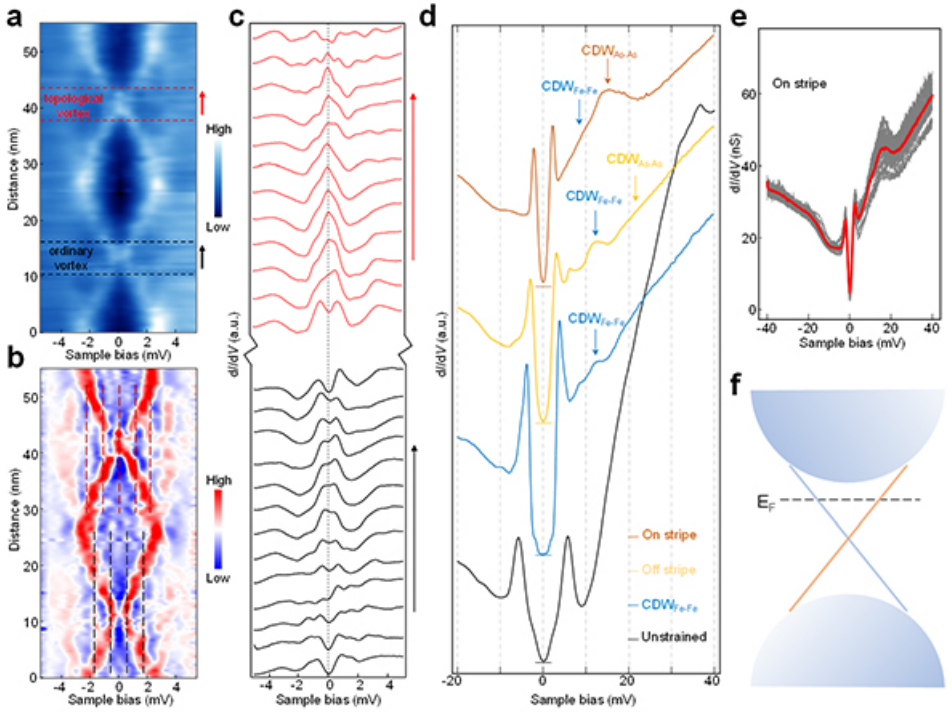
论文链接



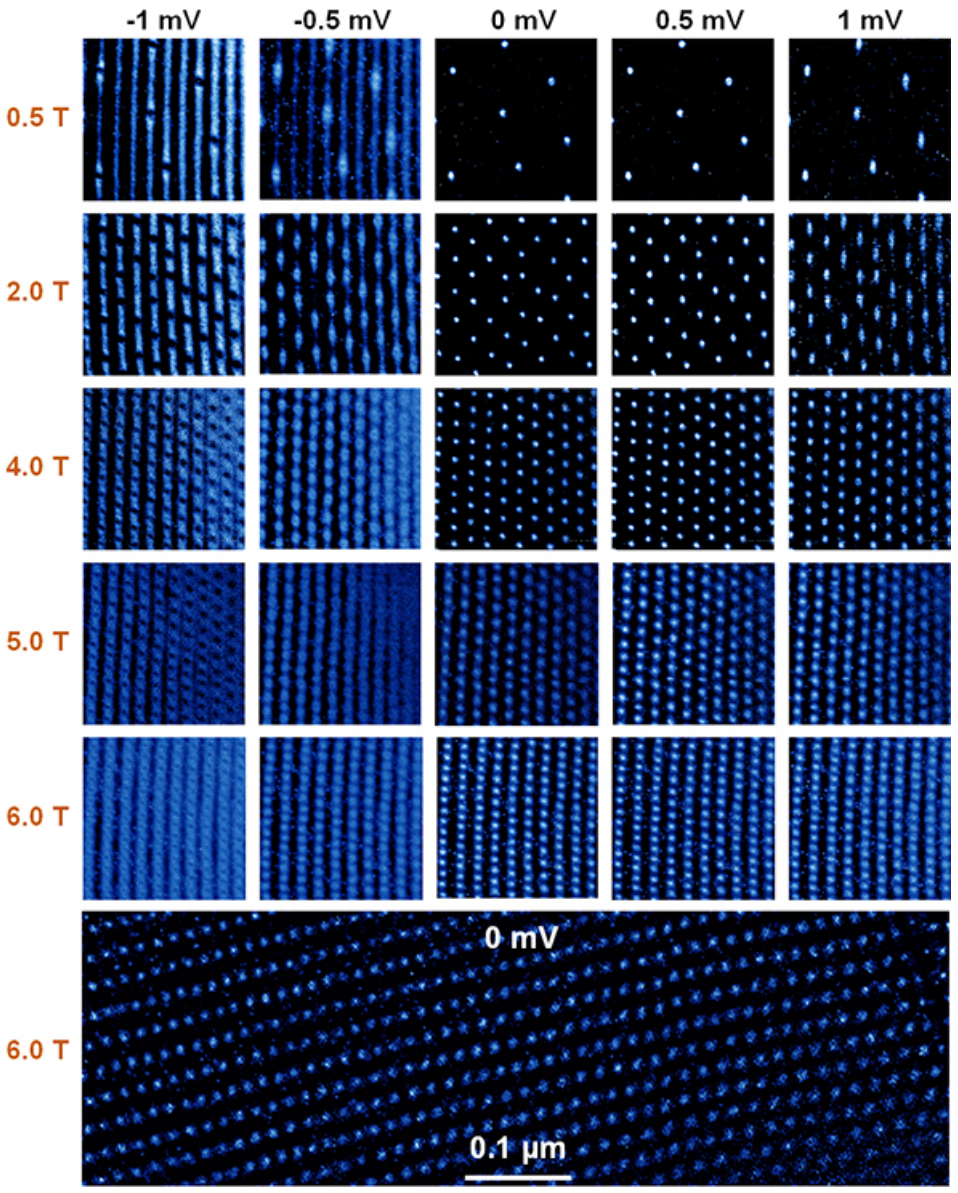
图一：LiFeAs双轴CDW区域的表征



图二：磁通涡旋中的马约拉纳零能模



图三：马约拉纳零能模产生机理



图四：用磁场调控大面积有序的马约拉纳零能模格点阵列

责任编辑：任霄鹏 打印 更多分享

» 上一篇： 中国天眼FAST发现首例持续活跃快速射电暴
» 下一篇： 中科院第十八届公众科学日成功举办

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bm48000002
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