新型手性费米子研究取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/7884.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！

凝聚态物理中，如果包围能带简并点的费米面具有非零的陈数，则该简并点具有手性，在该费米面上的低能准粒子激发可以被看成是手性费米子。2019初，中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心与中国人民大学物理系合作，利用角分辨光电子能谱证实了在CoSi这个手性晶体中，存在新型手性的spin-1和charge-2费米子，并在(001)表面观测到跨过整个布里渊区的螺旋结构的拓扑表面态【*Nature* 567, 496 (2019)】。类似的新型手性费米子在RhSi、PtAl等体系也被实验所确认。

近日，物理所EX7组研究员丁洪、副研究员孙煜杰、T03组研究员翁红明，南京大学教授李绍春课题组和中国人民大学物理系教授雷和畅课题组多方合作，首先在超高真空中通过氩离子刻蚀和高温退火的方法（CPB已接收），获得了原子级平整的单晶表面（见图1）；然后利用扫描隧道显微镜/扫描隧道显微谱（STM/STS）技术对CoSi单晶的多个表面进行了表面准粒子干涉的测量。研究中发现，CoSi的表面态仅存在于（001）和（011）的表面，而在（111）表面上并不存在表面态，完全符合理论预言的手性费米子的投影原则。在从-200 mV到+400 mV的大范围能量区间，均可以观测到表面态的信息。除此之外，CoSi表面态准粒子干涉还满足p相位的旋转对称性。更重要的是，随着能量的改变，表面态在动量空间中呈现独特的定向转动特征，同样显示出了螺旋性。这些都是手性费米子对应的费米弧表面态的典型特征。通过高能量分辨和高空间分辨的STM测量，作者首次观测到了费米弧表面态的自旋轨道耦合劈裂，最大处为80 mV左右，位于费米能级以上（见图2）。这些实验结果和理论的DFT计算非常吻合，有力地证明了CoSi中非常规手性费米准粒子及对应的费米弧表面态的存在。该工作首次利用扫描隧道显微镜的准粒子干涉技术系统地表征了CoSi费米弧表面态，并首次观测到准粒子散射的螺旋性。相关研究成果以*Quasiparticle Interference Evidence of the Topological Fermi Arc States in Chiral Fermionic Semimetal CoSi* 为题于2019年12月20日发表在*SCIENCE ADVANCES*上（*Sci. Adv.* 5 (12),eaaw9485(2019)）。

在理论上，这类晶体原子排列的手性相反，会导致螺旋形拓扑表面态的手性相反。最近，中国人民大学物理系教授夏天龙课题组合成了RhSn单晶样品，与CoSi、RhSi等有相同的空间群P213，但单晶XRD测量表明在不引入籽晶等初始影响条件下生长的RhSn和CoSi单晶天然具有相反的结构手性（图3a、3b）。使用角度分辨光发射光谱，中科院物理所EX7组丁洪、钱天和孙煜杰，T03组翁红明和王志俊等人组成的研究团队表明RhSn的体电子结构是一致的。通过测量和计算，观察到明显的费米弧表面和螺旋形表面谱带，证实了RhSn中存在手性费米子。值得注意的是，RhSn和CoSi的螺旋性表面带具有相反的手性，这意味着在具有相反结构手性的晶体中，手性费米子是相反的（图4）。这个发现证实了动量空间中的手性费米子与实际空间中的手性晶格之间建立了直接联系。该研究成果以*Chiral fermion reversal in chiral crystals* 为题于2020年12月3日在线发表在《自然-通讯》（*Nature*

Communications），并被编辑推荐为亮点文章（Editors ’ highlights）。

以上工作得到科技部、基金委、中科院、中央高校基础研究基金、固体微结构物理国家重点实验室、人工微结构科学与技术协同创新中心的支持，并得到南京大学双一流建设、科学挑战计划、王宽诚教育基金会、北京市自然科学基金委、北京市科委等的资助。

论文链接：123

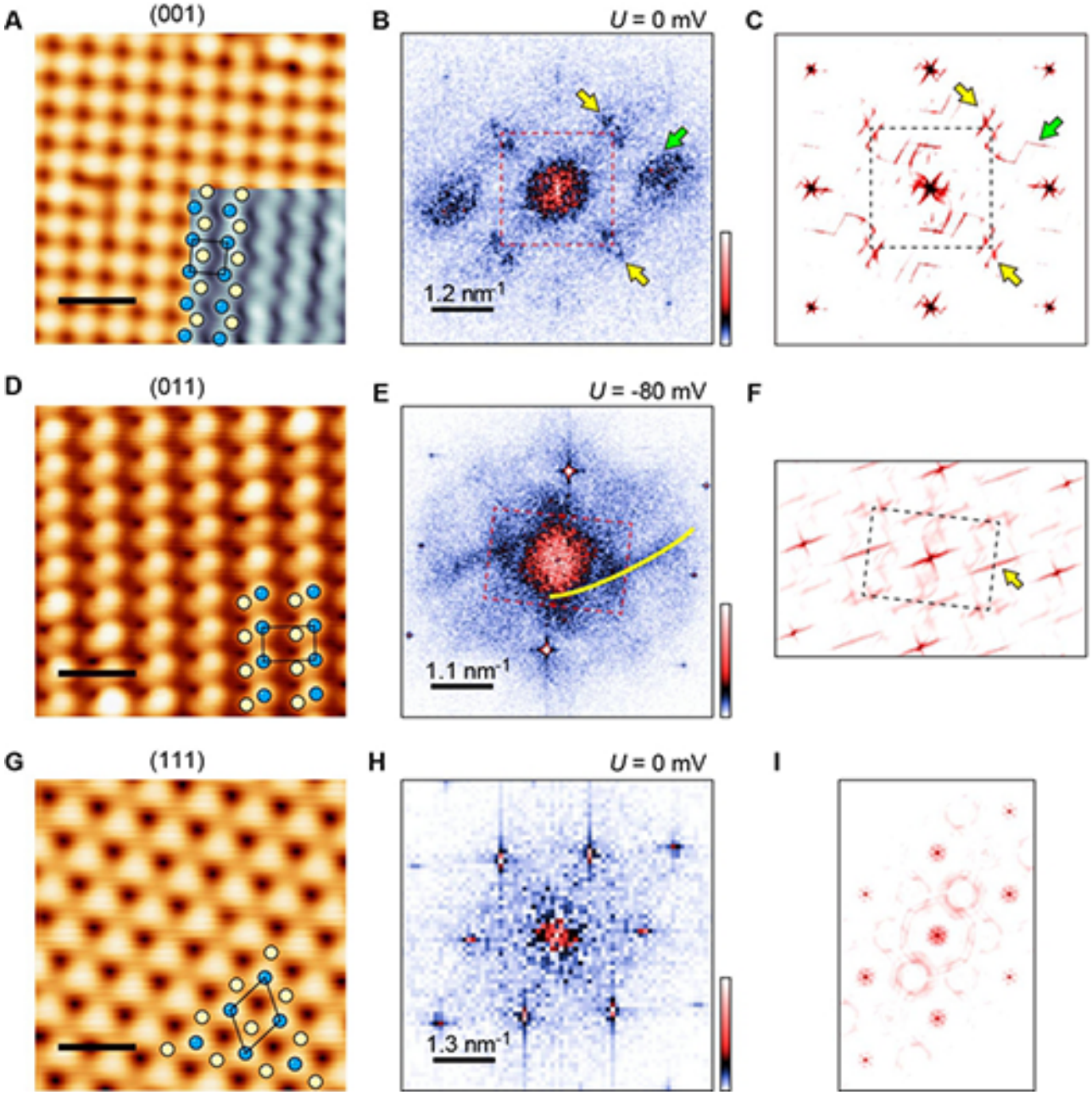


图1. 不同终止面的CoSi单晶的准粒子干涉图案。（A,D,G）CoSi单晶的(001)、(011)和(111)面的原子分辨的STM图；（B,E,H）实验获得的准粒子干涉图案；（C,F,I）DFT计算的准粒子干涉图案。

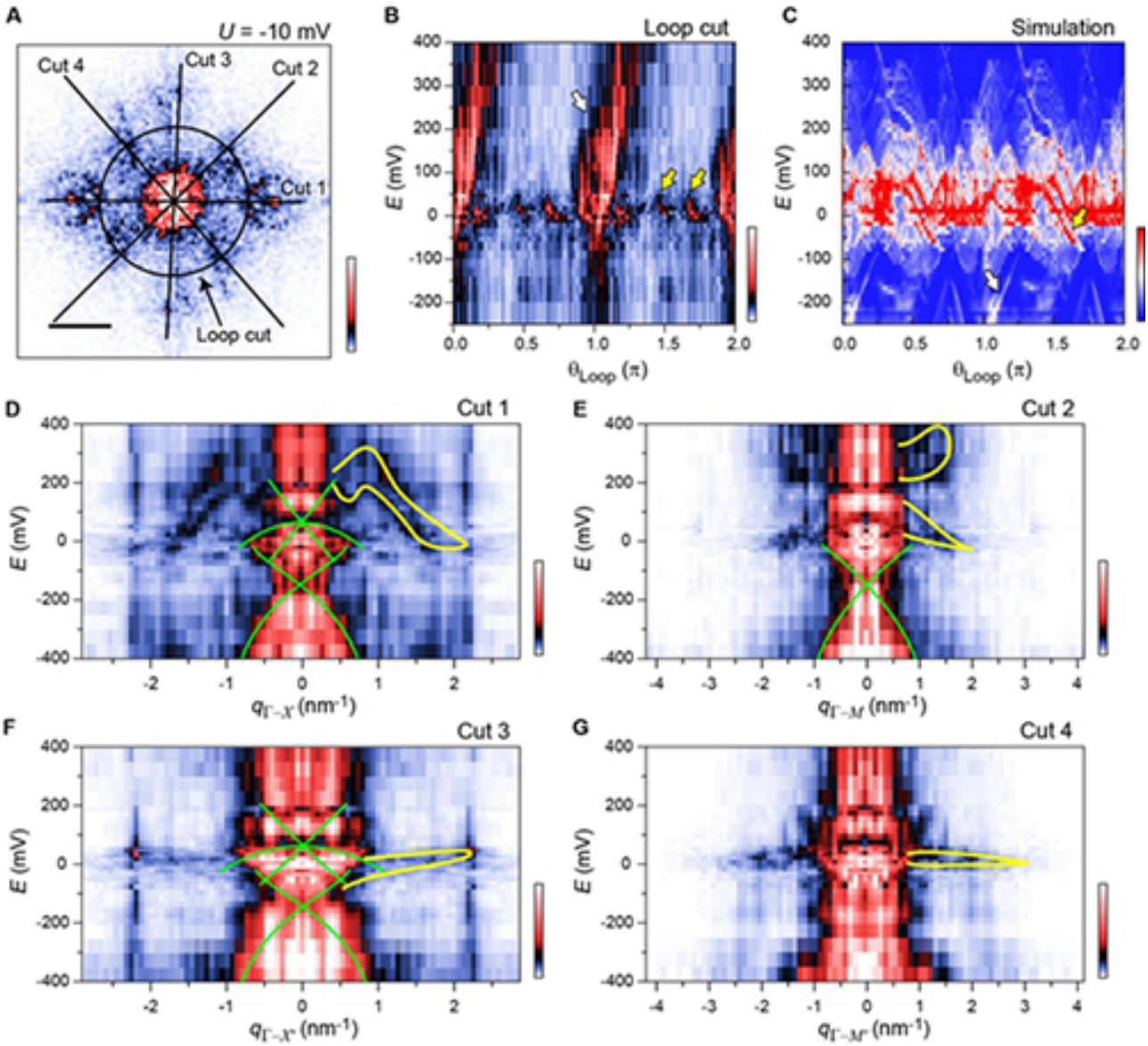


图2. 手性费米弧表面态的能量色散关系。（A）实验获得的001面的准粒子干涉图案（E = -10 meV）；（B）表面态沿着A中黑色环线所切的能量E与散射波矢q的色散关系；（C）与（B）对应的计算模拟结果；（D-G）沿着A中切线1到4所切得的E和q的色散关系

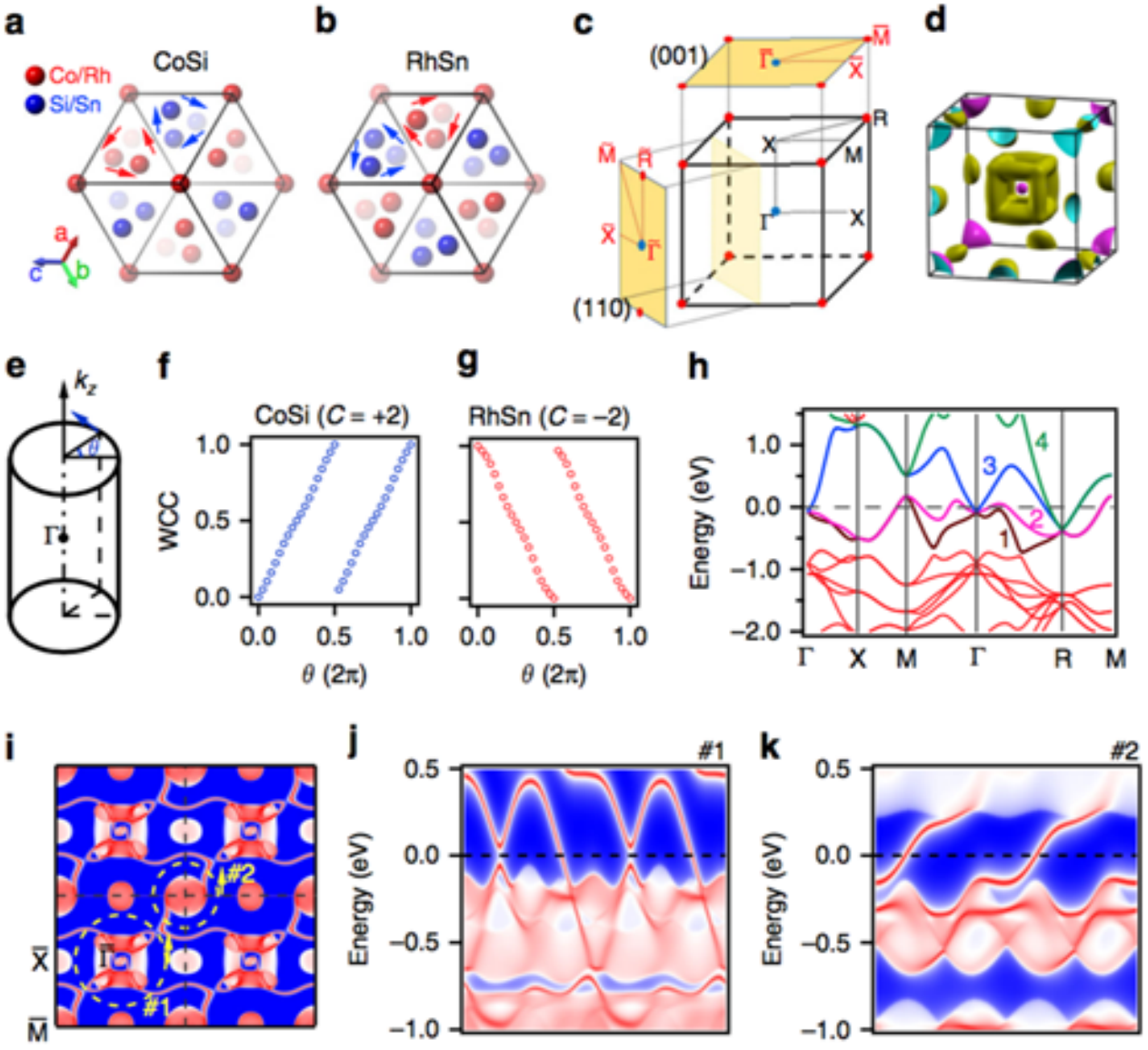


图3. 单晶XRD测量和理论计算表明CoSi和RhSn之间有相反手性的晶格和费米子

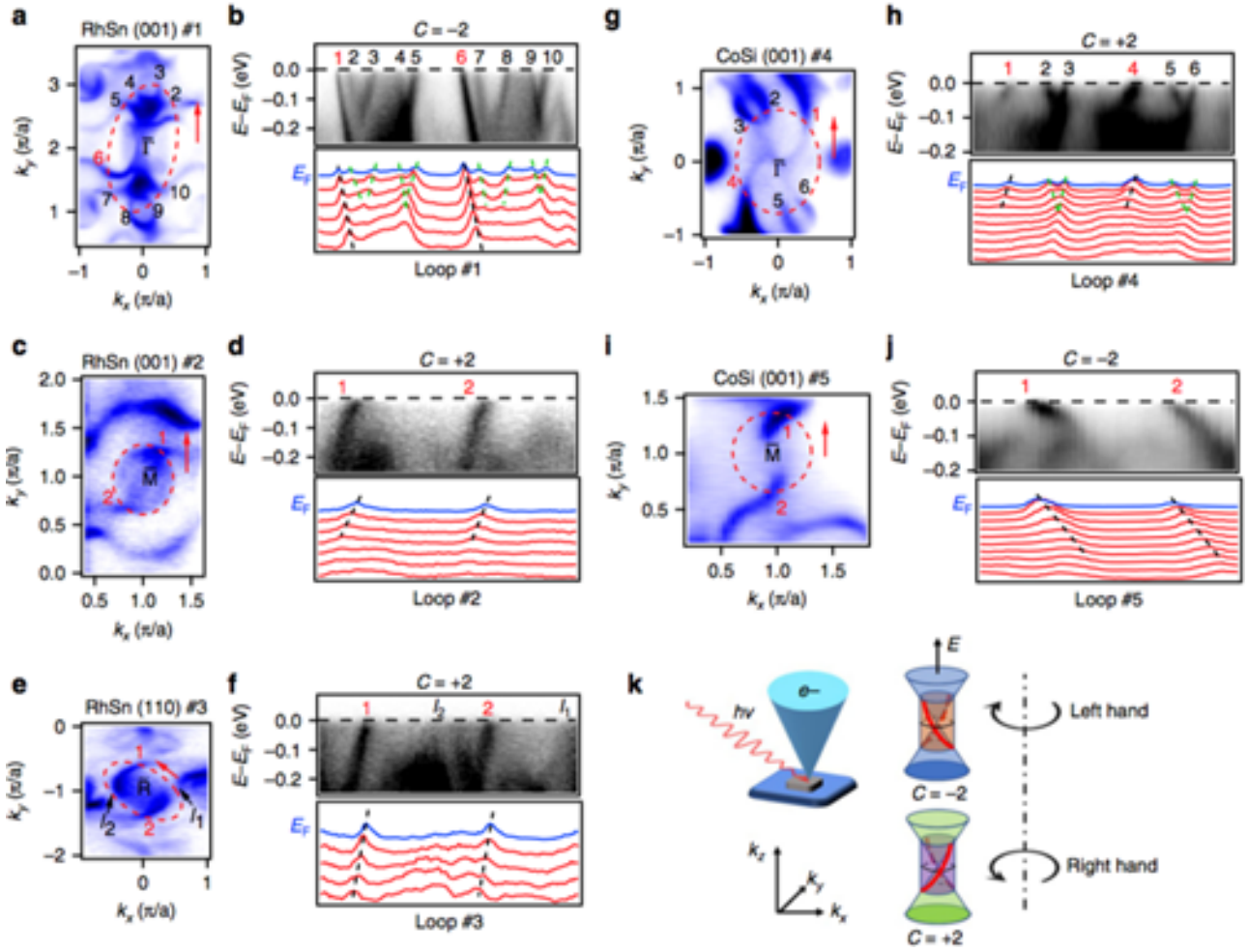


图4. ARPES测量显示CoSi和RhSn的螺旋型表面态能带具有相反的手性

研究团队单位：物理研究所

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