


[首页](#)
[实验室简介](#)
[学术委员会](#)
[人员队伍](#)
[实验室动态](#)
[实验室成果](#)
[课题管理](#)
[仪器设备](#)
[URP登录](#)
当前位置: [首页](#) | [实验室动态](#)

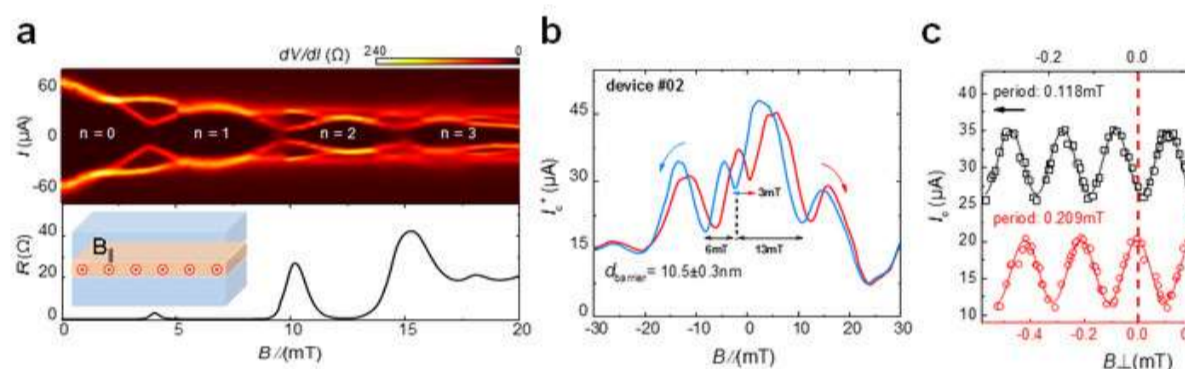
实验室动态

## 修发贤课题组与董绍明团队合作实现范德瓦尔斯铁磁约瑟夫森结

发布人: 韦佳 发布时间: 2021-11-16 浏览次数: 189

近日, 修发贤课题组与董绍明团队合作在二维材料体系中实现超导-磁性异质结构。11月12日, 我们以《范德瓦尔斯铁磁约瑟夫森结》(“Van der Waals ferromagnetic Josephson junctions”)为封面期刊《自然·通讯》[Nature Communications 12, 6580 (2021)]。论文的通讯作者为中国科学院上海所董绍明院士和复旦大学物理学系/应用表面物理国家重点实验室修发贤教授, 第一作者为博士生艾临风, 共同作者为金山研究员和张恩泽博士。

超导-铁磁界面特性的研究长期受到凝聚态材料领域的关注, 因序参量相抗衡, 在其构成的异质结如自旋三重态配对、拓扑超导态等非常规特性。当两个超导体通过磁性材料结合形成约瑟夫森结时, 的自旋取向会受到磁交换作用的调制, 同时引起超导基态相位的改变。基于此原理制备得到受磁场调制的约瑟夫森结 (switcher) 或相位可调的约瑟夫森结构等, 可作为新型无耗散器件应用于超导量子计算。二维层状解离的特征和厚度依赖的结构特性, 为研究基于范德瓦尔斯作用的界面效应, 以及更易制备出低散射器件提供了极佳的实验平台。



(a) 范德瓦尔斯铁磁约瑟夫森结中的夫琅禾费图纹与 $0-\pi$ 约瑟夫森结迹象 (b) 铬锗碲-超导量子干涉器中的非平凡基态相位

为研究超导-铁磁界面在该体系中的特性, 研究团队通过二维转移堆垛技术制备了由超导体二碲化钨和本质磁性材料铬锗碲 ( $\text{Cr}_2\text{Ge}_2\text{Te}_6$ ) 组成的铁磁约瑟夫森结, 并用六方氮化硼 (hBN) 做覆盖封装来钝化, 大大提高材料的稳定性。通过输运测量, 成功观测到超导电流随磁场振荡的夫琅禾费图纹 (Fraunhofer pattern) 和反映结区谐振腔高阶电磁模式的菲斯克台阶 (Fiske step), 证明了器件结区有很好的超导性。同时, 通过改变扫场方向, 研究团队观察到其超导电流发生与中间层磁化曲线方向一致的偏移, 由此观测到的磁滞也依赖于隧穿层的磁化过程。更有趣的是, 这一现象仅在器件处于超导态时存在, 在正常态时消失, 是超导-铁磁效应共同作用的结果。

除研究磁交换作用对超导隧穿电流的调制外, 约瑟夫森结的基态相位如何受磁性层影响也是在量子计算中被广泛关注的问题。在部分中间层更厚的器件中, 研究团队观察到超导电流反常的磁场依赖关系, 即图纹从经典的零场临界电流极大变为极小, 表明在结区内同时存在基态相位为 $0$ 和 $\pi$ 的区域, 导致反号图纹相互抵消。这可能是隧穿层中磁化方向各异的多畴结构导致的。更进一步地, 研究团队通过制备基于铬锗碲超导量子干涉器件, 观察到它具有处在 $0$ 和 $\pi$ 之间的非平凡基态相位, 并在温度依赖关系中显示出 $0-\pi$ 转变现象, 由此证明了在该约瑟夫森结中存在磁交换作用导致的 $\pi$ 相位耦合。

研究团队实现了范德瓦尔斯材料中高质量的磁性约瑟夫森结器件, 对于深入理解超导-铁磁界面的自旋态等有重要意义; 受磁性隧穿层调制的超导电流变化, 有助于精确地表征二维磁性绝缘体 (如三氯化铬  $\text{CrI}_3$ 、三氯化铬  $\text{CrCl}_3$  等) 的特性; 同时, 具有层状结构和基态相位可调的铁磁约瑟夫森结, 也为未来制备的自旋激发或任意相位的超导量子元件提供了实验基础。

该项工作也与山西大学韩拯课题组和上海科技大学寇煦丰课题组进行了合作。该工作获得基金委项目、复旦大学物理学系、应用表面物理国家重点实验室、国家重点研发计划和上海市科学技术委员会大力支持与资助。

联系我们

上海市杨浦区淞沪路2205号 复旦大学物理楼  
应用表面物理国家重点实验室  
电话：31244480

版权所有：2016年 应用表面物理国家重点实验室

Copyright: 2016 State Key Laboratory of Surface Physics