亮点

探索拓扑超导新思路——界面超导

罗会仟*

中国科学院物理研究所, 北京 100190

*联系人, E-mail: hqluo@iphy.ac.cn

收稿日期: 2020-05-26; 接受日期: 2020-06-05; 网络出版日期: 2020-07-23

国家重点研发计划(编号: 2018YFA0704200)、国家自然科学基金(编号: 11822411, 11961160699)和中国科学院青年创新促进会(编号: 2016004)资助项目

摘要 拓扑超导体是实现拓扑量子计算的最佳候选材料之一, 其合成制备往往比较复杂困难. 最近, 研究人员在金属/拓扑材料界面发现了标志超导电性的安德列夫反射谱, 而且不限于磁性或非磁性金属. 如果该界面结构被证实是超导, 那么该方法让拓扑超导更加简易, 有望进一步实现拓扑量子器件新的突破.

关键词 拓扑, 超导, 隧道谱

PACS: 68.65.-k, 74.78.Fk, 74.70.Ad, 73.40.Gk

寻找本征拓扑超导电性一直以来都是凝聚态物理领域前沿研究目标之一. 结合材料本征电子态的拓扑保护以及无损耗超导电流传输, 拓扑超导体将有可能实现马约拉纳零能模——一种相当于半个量子比特的零能状态, 进而可构造拓扑量子器件, 并实现低能耗且抗干扰的拓扑量子计算^[1].

探索拓扑超导体主要有两条途径: 在拓扑中实现超导和在超导中发现拓扑. 前者在拓扑材料中通过化学掺杂或外界压力等方式来诱导超导电性^[2], 后者在超导材料中寻找特殊的拓扑能带结构和标志性的表面态等^[3], 也可以直接在拓扑材料上面镀一层超导薄膜, 然后在异质结中寻找拓扑物态^[4]. 这些方法各有优劣, 但共同的特点是实现起来有不少困难, 而且需要精细调控, 才可能保证拓扑和超导都来自于同一类准粒子.

最近, 中国科学院物理研究所陈根富研究组和安

徽大学的单磊研究组^[5]发现借助金属/拓扑材料界面也可以实现超导电性. 他们基于具有三重简并拓扑态的碳化钨(WC)单晶材料, 使用多种金属针尖直接探测或金属镀膜后再探测点接触隧道谱, 均发现了标志超导电性的安德列夫反射谱(图1). 无论金属材料是否具

图 1 (网络版彩图)三重简并拓扑半金属WC与金属界面超导示意图

Figure 1 (Color online) Interfacial superconductivity on the topological semimetal tungsten carbide induced by metal deposition.

引用格式: 罗会仟. 探索拓扑超导新思路——界面超导. 中国科学: 物理学 力学 天文学, 2020, 50: 107411

Luo H-Q. New route toward topological superconductivity: Interface between metals (in Chinese). Sci Sin-Phys Mech Astron, 2020, 50: 107411, doi: 10.1360/SSPMA-2020-0186

有磁性, 都能在 WC 上实现具有超导特征的谱型, 临界温度在 3–12 K 不等, 零温处的上临界场能达到 10 T 以上. 此外, 科研人员也成功利用点接触的方法在 Cd_3As_2 和 TaAs 等拓扑材料上诱导出了可能的超导信号^[6].

如今, 新的方法和材料组合将拓扑超导的实现可能大大简化, 而且完全排除了针尖局部压力和尺寸限制效应等因素. 该研究为拓扑量子器件的实现提供了新的思路, 未来实现拓扑量子计算或许有了更为快捷方便的途径.

参考文献

- 1 Sato M, Ando Y. Topological superconductors: A review. *Rep Prog Phys*, 2017, 80: 076501, arXiv: [1608.03395](#)
- 2 Hor Y S, Williams A J, Checkelsky J G, et al. Superconductivity in $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ and its implications for pairing in the undoped topological insulator. *Phys Rev Lett*, 2010, 104: 057001, arXiv: [0909.2890](#); Li Y, Xu Z. Exploring topological superconductivity in topological materials. *Adv Quantum Tech*, 2019, 2: 1800112
- 3 Zhang P, Yaji K, Hashimoto T, et al. Observation of topological superconductivity on the surface of an iron-based superconductor. *Science*, 2018, 360: 182–186, arXiv: [1706.05163](#)
- 4 Xue H Y, Yang H, Wu Y F, et al. Molecular beam epitaxy of superconducting PdTe_2 films on topological insulator Bi_2Te_3 . *Sci China-Phys Mech Astron*, 2019, 62: 076801
- 5 Hou X, Wang Z, Gu Y, et al. Superconductivity induced at a point contact on the topological semimetal tungsten carbide. *Phys Rev B*, 2019, 100: 235109, arXiv: [1811.12213](#); Zhu W, Hou X, Li J, et al. Interfacial superconductivity on the topological semimetal tungsten carbide induced by metal deposition. *Adv Mater*, 2020, 32: 1907970
- 6 Wang H, He Y, Liu Y, et al. Ferromagnetic tip induced unconventional superconductivity in Weyl semimetal. *Sci Bull*, 2020, 65: 21–26; Aggarwal L, Gaurav A, Thakur G S, et al. Unconventional superconductivity at mesoscopic point contacts on the 3D Dirac semimetal Cd_3As_2 . *Nat Mater*, 2016, 15: 32–37

New route toward topological superconductivity: Interface between metals

LUO Hui-Qian^{*}

Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

Topological superconductor is one of the best candidate materials for topological quantum computation, but the realization is always very challenging. Very recently, scientists have found superconductivity-like spectrum in the interface between normal metals (Au, Pt, W, Ta, Fe, Co, Ni) and a topological semimetal (WC), no matter the metal is magnetic or nonmagnetic. This new route gives an easy and feasible way to explore topological superconductivity in the interface. New breakthroughs based on such quantum devices are very promising.

topological materials, superconductivity, point-contact spectroscopy

PACS: 68.65.-k, 74.78.Fk, 74.70.Ad, 73.40.Gk

doi: [10.1360/SSPMA-2020-0186](#)