

2019年理论物理所重要科研进展系列六：Majorana束缚态检测和处理理论研究取得进展

原创：理论物理所 中国科学院理论物理研究所 10月15日

Majorana束缚态的检测在量子拓扑计算中非常重要。中国科学院理论物理研究所副研究员Panagiotis Kotetes和合作者通过理论设计基于Majorana束缚态的复合结构，为Majorana束缚态的检测和高维手性异常的实现提出了新的途径。相关研究成果发表在Phys. Rev. Lett. **123**, 126802 (2019)。



当两个耦合的常规超导体之间存在相位差时，会有电流流过连接它们的链路。当这个链路是一个量子点或一个量子点接触时，电流可以看作是Andreev束缚态的结果。Andreev束缚态是链路附近的费米子准粒子，它的能量 ϵ 是相位差 $\Delta\varphi$ 的 2π 周期函数。对于完全透明的结， $\epsilon(\Delta\varphi)$ 在 $\Delta\varphi=\pi$ 处有一个零能交叉。但这个零能交叉不被保护。当结不完全透明时，该零能交叉就会被打开并产生能隙，如图1(a)所示。非常规超体会导致更为奇特的现象和更加复杂的Andreev束缚态色散。一个特别有趣的例子是拓扑超导体，它含有电荷中性的准粒子，即Majorana费米子。在凝聚态物理中，Majorana费米子是由于相互作用而出现的准粒子。当它们是零能局域态时，被称为Majorana束缚态，服从non-Abelian交换统计。

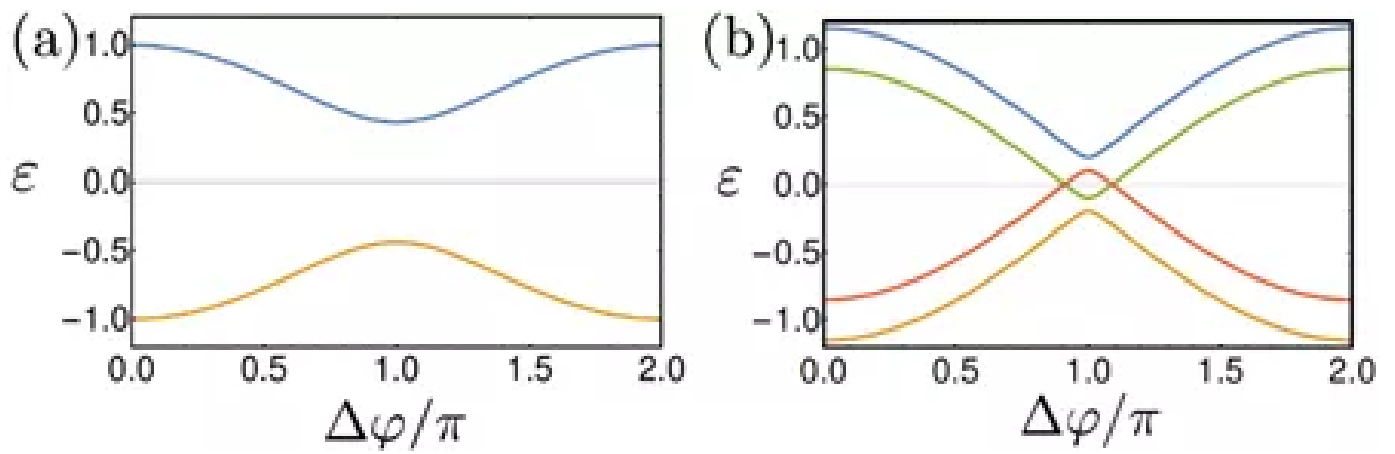


图1. (a) 耦合常规超导体得到的Andreev束缚态的典型色散关系。(b) 耦合拓扑超导体得到的具有多个拓扑保护的线性交叉点的Andreev束缚态色散。

在这项工作中，Panagiotis Kotetes和合作者讨论了如何利用两个耦合拓扑超导体界面上的多个Majorana束缚态来设计Andreev束缚态的色散关系。作者展示了如何获得完全能隙，以及具有多个线性交叉点或quadratic band touching的非标准类型Andreev束缚态色散，如图1 (b) 所示。与非拓扑超导体相比，这些交叉点是受保护的，具有非平庸拓扑性质。

Panagiotis Kotetes和合作者进一步表明全能隙Andreev束缚态色散在参数空间中包含Weyl点，从而允许在绝热改变 $\Delta\varphi$ 和另一个周期变量 θ 时实现 $2e$ 电荷泵浦。有意思的是，由于Majorana束缚态的存在，可以通过有选择性地改变参数来实现 $1e$ 电荷泵浦。作者指出，在某些情况下， $1e$ 电荷泵浦是二维手性异常的表现。Panagiotis Kotetes和合作者提出了可观测上述现象的具体实验平台，如图2所示。这项工作为Majorana束缚态的检测和高维手性异常的实现开辟新的途径。

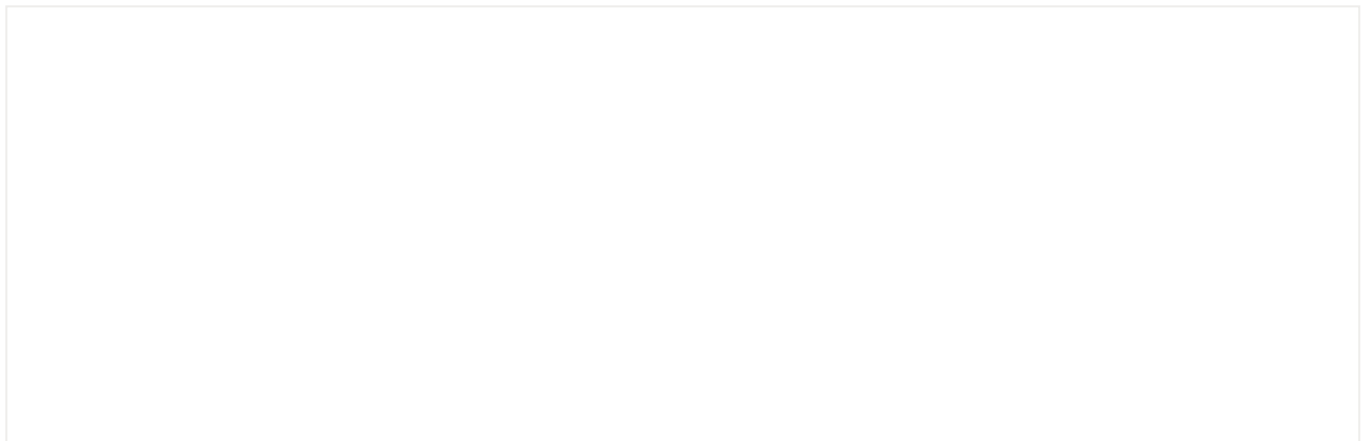
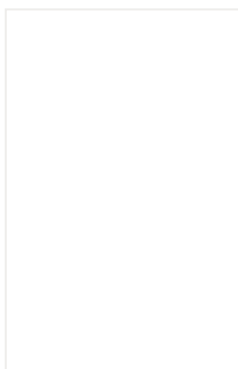


图2. 实验平台示意图。该实验平台包含耦合的常规超导体和半导体纳米线，同时需要磁场、磁通和自旋轨道耦合。

作者简介：



Panagiotis Kotetes 副研究员，2011年在雅典国家技术大学取得博士学位。后在德国卡尔斯鲁厄理工学院，和丹麦哥本哈根大学尼尔斯-玻尔理论物理研究所从事博士后研究。2019年起在理论物理所担任副研究员，主要研究方向是：拓扑物相，非常规超导和磁性，量子混合器件以及拓扑量子计算。

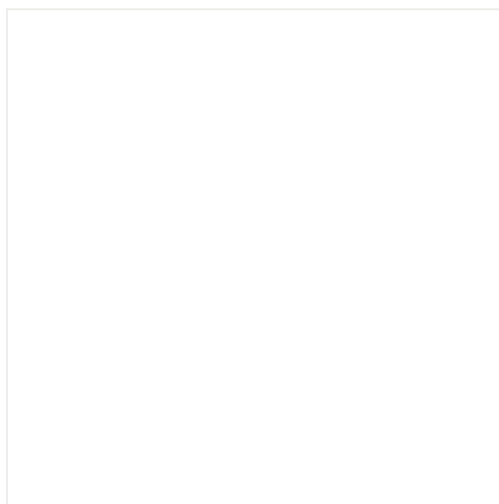
原文链接：

<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.123.126802>

中国科学院理论物理研究所

微信号：*ITP-CAS*

开放 交融 求真 创新



长按二维码关注