

首页

概况

人员

科学研究

本科生

研究生

招聘信息

新



## 物理系徐勇、段文晖研究组理论预言一类新型强抗磁超导材料

清华大学物理系徐勇、段文晖教授课题组2019年9月16日在《物理评论快报》[Physical Review Letters 123, 126402 (2019)]杂志在《自旋轨道耦合二维材料中的第二类伊辛超导》(“Type-II Ising Superconductivity in Two-Dimensional Materials with Spin-Orbit Coupling”)一文。该理论工作预言一类新型的(无需破坏空间反演对称)、受自旋轨道耦合保护可抵抗外加强磁场的二维超导材料。强抗磁性超导材料有意义深远的基础研究价值,也对未来发展强场超导磁铁技术、超导磁悬浮列车、大型粒子加速器等有重要的潜在应用价值。

电子自旋轨道耦合是一种典型的相对论效应,即运动的电子在原子核电场下会产生电磁作用,电子自旋与该电磁作用耦合,形成自旋-轨道耦合。该相互作用的强度通常较弱,在电子材料研究中长期不受重视。近年来,研究者发现自旋轨道耦合能产生众多新奇的量子物理效应,如自旋霍尔效应、伊辛超导等。伊辛超导是指在空间反演对称性被破缺、但具有上下镜面对称的二维材料中(如 $2\text{H-MoS}_2$ ),自旋劈裂的能带具有自旋极化方向,面内的外加磁场对该体系的电子态影响很小,超导态的上临界磁场能够远超自由电子气的泡利极限。然而,在具有空间反演对称中,所有能带均自旋简并,自旋轨道耦合导致的自旋极化无法从能带上体现出来。长期以来,伊辛超导被认为只能存在于空间反演对称破缺中。

该工作提出了一种新型的、无需破坏空间反演对称的伊辛超导机制,即“第二类伊辛超导”。在具有晶格旋转对称的二维材料中,电子能带简并(如面内 $pxy$ 轨道),该轨道自由度为探索自旋轨道耦合的新物理提供了可能。由于自旋轨道耦合效应,顺时针和逆时针的面内轨道产生垂直平面的、方向相反的有效磁场。在该内禀磁场影响下,电子自旋被极化,极化方向朝面外。当空间反演对称存在时,尽管电子能带简并,但自旋相反的电子被绑定在反向运动的轨道上(即“自旋-轨道绑定”),不同轨道的电子感受到的内禀磁场方向相反[图1(a)]。值得一提的是,在二维材料中,自旋轨道耦合能产生高达上千特斯拉的内禀磁场(对重元素材料而言),它能有效地抵抗与之垂直的外加面内磁场(通常小于几特斯拉),从而将对材料的电、磁、光和超导性质产生重要影响。这类材料体系的超导态可以有效地抵抗面内强磁场。理论计算表明,它们的超导上临界场(可超越泡利极限)能显著突破泡利极限[图1(b)]。最后,该工作还选取二维材料数据库作高通量计算,理论预言了大量伊辛超导候选材料,可验证与实际应用[图1(c)]。该工作揭示了二维材料中自旋轨道耦合的普遍性质,丰富了强抗磁超导和自旋电子学相关的新物理与新材料研究。

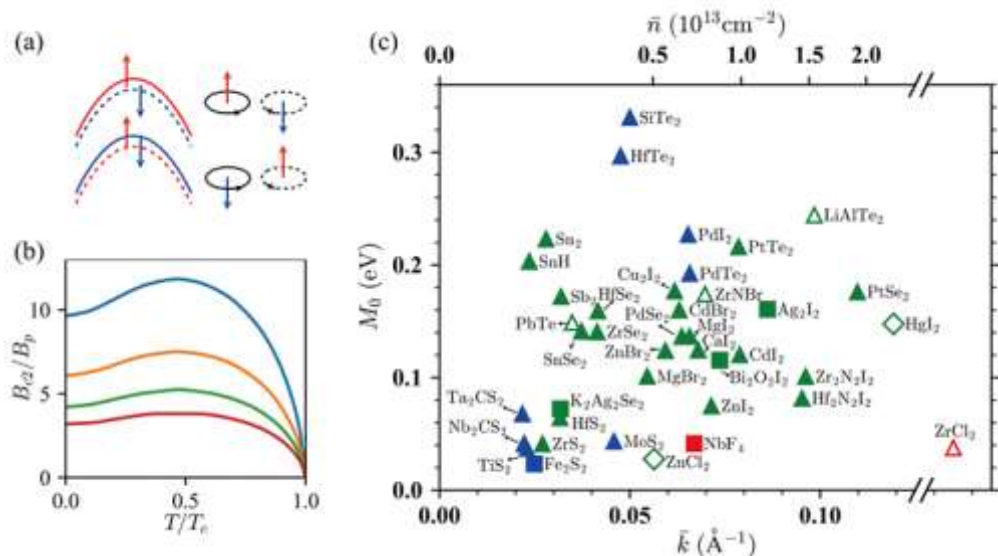


图1: 第二类伊辛超导机制与材料。(a) 第二类伊辛超导示意图。对于自旋简并的能带,相反的自旋被绑定在反向运动的轨道上,感受到自旋轨道耦合引起的有效磁场,该内禀磁场能抵抗与之垂直的外加磁场,实现伊辛超导。(b) 二维伊辛超导的上临界场( $B_{c2}$ )可超越泡利极限( $B_p$ )。

## 性原理计算预测的第二类伊辛超导候选材料。

清华大学物理系徐勇副教授为该文章的通讯作者，课题组博士生王冲和普林斯顿大学的廉翥博士为共同第一作者。合作者还包括清华段文晖教授、顾秉林教授、张定副教授，以及课题组的博士生郭晓觅、冒家豪、张泽涛。该工作得到了国家自然科学基金（基础科学研究科技部、清华大学低维量子物理国家重点实验室等项目单位的支持。

文章链接: <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.123.126402>

办公系统 物理系  
版权所有 ©