

[关于中心](#)

[科学研究](#)

[人员队伍](#)

[崔琦实验室](#)

[设施设备](#)

[招生录取](#)

[人才招聘](#)

[新闻动态](#)

[中心新闻](#)

[存档新闻](#)

[学生活动](#)

[事件活动](#)

[精彩回放](#)

[访客信息](#)

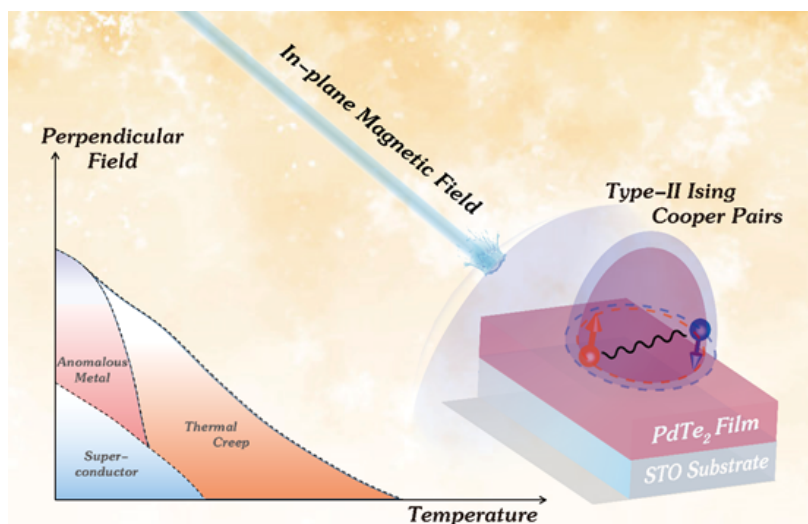
[毕业生](#)

[内部链接](#)

搜索

[首页](#) >> [新闻动态](#) >> [中心新闻](#)

王健及合作者在二维晶态超导体系中发现第二类伊辛超导和反常金属态



新闻封面图: 二维晶态超导体系中发现第二类伊辛超导和反常金属态

二维晶态超导体是凝聚态物理和材料科学的新兴前沿研究方向。2016年液态栅极技术发明人日本东京大学的Iwasa教授在Nature Review Materials文章中指出,量子格里菲斯奇异性,反常金属态和在强平行磁场下存在的超导电性(如伊辛超导)是二维晶态超导体领域最重要的研究主题(Nat. Rev. Mater. **2**, 16094 (2016))。伊辛超导体是一种强自旋轨道耦合超导体系。有报道指出,在液态栅极调制的MoS₂和单层NbSe₂薄片等过渡族金属硫化物体系,面内中心反演对称性的破缺产生了塞曼类型的自旋轨道耦合,使得电子发生垂直于二维平面的自旋极化,这种特殊的超导电性被称为伊辛超导电性。由于自旋轨道耦合和自旋极化的存在,伊辛超导电性具有非常大的平行临界场,常常可达到数倍的泡利极限,往往对应于几十特斯拉甚至更高的强磁场。所谓泡利极限,是指在常规超导体中通过自旋效应破坏超导库珀对所需的磁场。北京大学王健研究组和合作者在前期工作中,首次报道了超高真空分子束外延生长的宏观面积的单层NbSe₂薄膜中的伊辛超导电性(Nano Lett. **17**, 6802 (2017))以及超薄晶态铅膜中界面诱导的伊辛超导电性(Phys. Rev. X **8**, 021002 (2018))。

此外,二维反常金属态是否存在一直是凝聚态物理领域的核心问题。在过去的三十年里,实验上在各种二维超导体系中发现了反常金属态的可能迹象(Rev. Mod. Phys. **91**, 11002 (2019))。然而,由于外界高频噪声对实验的干扰,二维反常金属态存在的实验结果受到广泛质疑,一直无法得到真正的证实(Sci. Adv. **5**, 3826 (2019))。王健研究组与合作者在前期工作中通过高频滤波器极低温电输运实验在周期性孔洞阵列调制的高温超导YBCO薄膜中证实了二维反常金属态的存在(Science **366**, 1505(2019))。然而,在分子束外延生长的高质量晶态薄膜中,至今仍缺乏反常金属态存在的可靠实验证据。

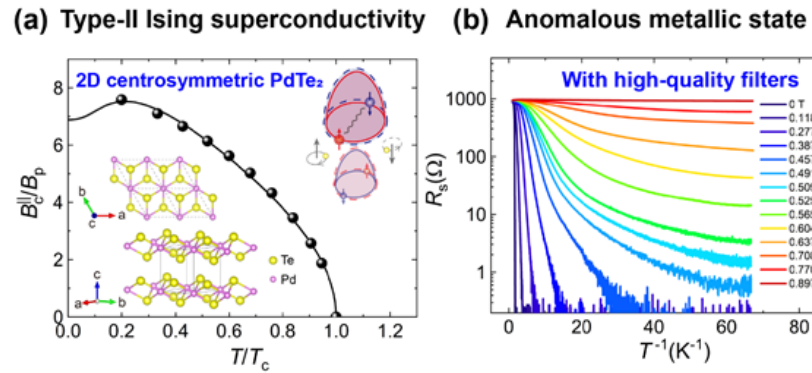
近来,北京大学物理学院量子材料科学中心的王健教授与林熙研究员,清华大学薛其坤院士、王立莉副研究员、徐勇副教授、姚宏教授,北京师范大学刘海文研究员等合作,在超高真空分子束外延制备的二维晶态超导体PdTe₂薄膜中发现了新一类伊辛超导电性,并证实了反常金属态的存在。系统的极低温实验表明,6个原胞层厚(约3nm)的PdTe₂薄膜具有非常大的平行临界场,超过7倍的泡利极限,是伊辛超导的典型特征。与之前报道的伊辛超导不同,PdTe₂薄膜具有面内中心反演对称性,表明该体系中存在一种新的伊辛超导配对机制,经王健、徐勇等讨论,命名为第二类伊辛超导。能带计算和理论分析表明,PdTe₂薄膜的三重旋转对称性使体系自旋轨道耦合的等效磁场始终保持在垂直于面的方向上,使电子发生垂直于面的自旋极化,所形成的超导库珀对很难被平行于表面的磁场破坏,因此产生具有极高面内超导临界场的第二类伊辛超导电性。计算表明,对于面内中心反演对称的二维超导体,不仅是三重旋转对称性,六重旋转对称性与四重旋转对称性也能使二维体系的自旋轨道耦合等效磁场保持在垂直于面的方向上,进而表现出第二类伊辛超导特性。因此,第二类伊辛超导的发现,有望发展出一个新的研究方向。

更有趣的是,在垂直磁场下,研究团队用滤波器过滤了测量线路中的高频噪声,发现PdTe₂薄膜的电阻随着温度降低先下降,然后趋于一个与温度无关的常数。这是实验上首次在分子束外延生长的高质量二维晶体样品中观测到反常金属态存在的证据。进一步表明,反常金属态是二维超导或玻色子系统除超导态与绝缘态外的另一种量子基态。此外,大多数的二维超导体对空气十分敏感,很容易因为氧化而失去超导电性。研究团队发现PdTe₂薄膜的超导特性在无任何保护层的情况下可保持20个月以上。这种具有宏观面积,性质稳定的强自旋轨道耦合超导体系在超导电子器件和自旋电子器件等方面具有潜在的应用价值。

该工作于 2020 年 6 月 25 日在线发表于学术期刊《Nano Letters》上。(DOI: 10.1021/acs.nanolett.0c01356); <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.nanolett.0c01356>

北京大学王健教授、清华大学王立莉副研究员和北京大学林熙研究员是本文的共同通讯作者，北京大学博雅博士后刘易，清华大学徐勇副教授，北京大学博士生孙健，清华大学博士生刘充（已毕业）是本文的共同第一作者。这一工作的主要合作者还包括清华大学的薛其坤院士，姚宏教授，北京师范大学的刘海文研究员等。

该工作得到了国家重点研发计划、国家自然科学基金、中科院卓越创新中心、北京市自然科学基金、北京未来芯片技术高精尖创新中心、博士后科学基金的支持。



图(a) PdTe₂薄膜的平行临界场随温度的变化关系符合伊辛超导的理论曲线。左下插图：PdTe₂的晶格结构示意图，表明这是一种中心对称体系，不同于之前报道的伊辛超导体体系。右上插图：第二类伊辛超导配对机制示意图。图(b) PdTe₂薄膜不同磁场下方块电阻的对数 ($\lg R_s$)随温度的倒数 ($1/T$) 的变化关系。随着温度降低，电阻先下降，然后逐渐趋于饱和，这是反常金属的典型特征。实验中使用了高质量滤波器排除了外界噪声对测量的影响。

5th & 6th Floor, Physics Building, Peking University No. 209 Chengfu Road, Haidian District Beijing, 100871, China 地址：北京市海淀区成府路209号北京大学物理学院西楼五、六层 邮编：100871

links ▼

Copyright International Center for Quantum Materials, Peking University. Designed by Feeldesign | Admin Login