全氮化物铁磁超导界面近邻效应研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/26756.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

超导体（S）和铁磁体（F）之间的界面是凝聚态物理研究的热点。二者界面耦合产生了较多有趣的物理现象。S/F界面的磁近邻效应是由界面两侧的电子自旋之间的交换相互作用，导致抑制磁序或出现非传统超导电性。当磁性材料靠近超导体时，磁场进入超导体内仅几纳米的区域并破坏库珀对，致使界面的超导行为发生空间变化，影响两侧材料的宏观物理特性。当前，超导自旋电子学已成为新兴领域，对实现无耗散自旋逻辑和存储技术具有重要作用。

目前，
在不同的材料体系中S/F界面磁邻近效应的基本机制存在争议。此前，有研究在金属合金构成的S/F异质结中观测到超导转变温度随着铁磁层厚度变化而振荡的现象，表明该系统因强交换场导致超导配对波可能存在特殊的传输方式。随着先进薄膜制备技术的发展，科研人员开始研究单晶氧化物S/F异质界面如高温超导体（$YBa_2Cu_3O_7$
）/自旋极化半金属铁磁体（$La_{1-x}Ca_xMnO_3$
）界面。研究发现，该界面磁矩减小且界面两侧过渡金属离子的自旋反平行，并受到磁性层的电子态、S 层厚度、非均匀的域结构等因素的影响。科研人员在S/F异质结中观察超导转变温度抑制、转变宽度增加和自旋阀特性发现，这类特殊的界面在发展超导自旋电子学器件方面有所裨益。

中国科学院物理研究所研究员郭尔佳和中国科学院院士金奎娟等，运用射频氮原子源辅助的脉冲激光沉积技术在蓝宝石衬底上制备了Fe_3
N/VN异质结，并对其结构进行表
征。X射线衍射曲线表明，Fe_3
N和VN薄膜均沿<111>晶相生长，具有较好的结晶质量。高分辨扫描透射电镜结果表明，蓝宝石衬底与异质结、异质结之间的界面具有原子级平整度、原子有序排列和低化学混杂的特点。该研究利用低温下电学和磁学表征了Fe_3
N/VN异质结的
电阻和磁矩随温度与磁场的变化
关系。研究发现，受到铁磁性Fe_3N的影响，Fe_3N/VN异质结的超导转变温度下降了约1.5
K，
Ginzbur
g-
Landau相干长度
和平均自由程均增加了约20%。
在低场和超导转变温度以下，Fe_3
N/VN异质结
的饱和磁矩、矫顽场和超

导临界场均增加，表明VN界面层可能存在Fe_3N近邻效应引入的净磁矩。

进一步，该研究利用中国散裂中子源的中
子谱仪测量Fe_3
N/VN异质结的极化中子反射谱。研究表明，在VN薄膜中临近界面的约5纳米区域存在约60.3 ± 2.4 kA/m的净磁矩。同时，该磁矩方向与铁磁薄膜中的磁矩方向排列一致。研究通过变温和变磁场的极化中子反射谱发现，只有当VN处于超导态时VN的界面才具有净磁矩。这一反常的界面磁性特征与过去在$YBa_2Cu_3O_7$/$La_{1-x}Ca_xMnO_3$
氧化物
界面和合金界
面的自旋排列反平行的规律
不同。研究通过第一性原理计算发现，Fe_3N/VN界面具有*d*
轨道重构和界面电荷转移现象，以及过渡金属离子之间的自旋满足Heisenberg直接交换耦合，且耦合常数J约为4.28 meV。该工作观测到全氮化物超导/铁磁异质界面独特的磁近邻效应，并对构建超导自旋电子学器件中的三重超电流自旋阀和“ π ”约瑟夫逊结等关键元件具有一定的推动作用。

相关研究成果以*Syntropic spin alignment at the interface between ferromagnetic and superconducting nitrides*为题，发表在《国家科学评论》（*National Science Review*）上。研究工作得到国家重点研发计划“ 量子调控与量子信息 ”专项、国家自然科学基金区域创新发展联合基金和原创探索计划项目、中国科学院稳定支持基础研究领域青年团队计划和特别研究助理资助项目、中国博士后基金等的支持。

论文链接

研究团队单位：物理研究所

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发