大磁阻化合物二碲化钨中压力诱导的超导电性研究获进展

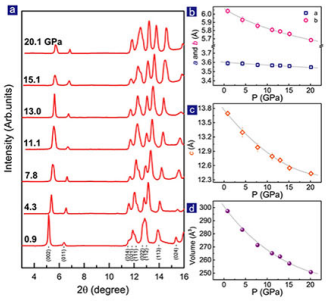

图1. WTe_2样品高压同步辐射XRD实验结果，(a)不同压力下X射线衍射谱，在所研究的压力范围内，没有发现压致结构相变，(b)-(c) 压力与样品晶格常数的关系，(d) 压力与样品体积的关系。

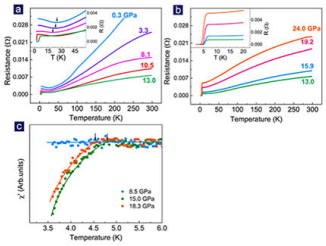

图2. 不同压力下WTe_2样品的电阻和交流磁化率测量结果，(a) 0.3 GPa-13 GPa压力范围内零磁场下的电阻-温度曲线，插图为低温电阻的放大图，其中，电阻最小处的温度(如箭头所示)定义为特征温度（T^*_{ZF}），在此温度以下，样品表现出大的正磁阻效应。(b) 压力为15 GPa-24 GPa范围内的电阻对温度的依赖关系，插图为高压下样品显示的零电阻行为。(c)不同压力下样品的交流磁化率对温度的依赖关系，表明在15 GPa和18.3 GPa压力下样品的抗磁性，其超导转变温度如箭头所示。

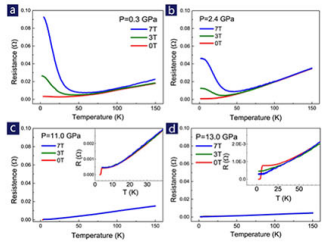

图3. 不同磁场条件下的电阻 (R)与温度(T)的关系，(a)-(b) 0.3 GPa和2.4 GPa压力下测得的R-T曲线，表明WTe_2的正磁阻效应被压力明显地抑制，(c) 11 GPa压力下测得的R-T曲线，插图表明大的正磁阻效应已被彻底抑制，同时，呈现出超导转变，超导临界转变温度（零电阻）为5.2 K，(d) 13 GPa压力下测得的R-T曲线，插图为低温部分的放大电阻对温度的依赖关系，表明在此压力下磁场的增加对超导电性的破坏。

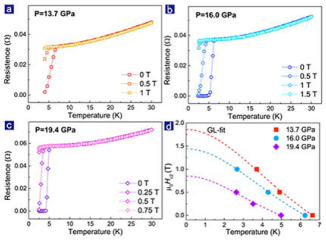

图4. WTe_2压致超导相上临界场的确定，(a)-(c) 固定压力和不同磁场条件下样品的 R-T曲线，(d)上临界磁场对温度的依赖关系，点划线为Ginzburg-Landau拟合。

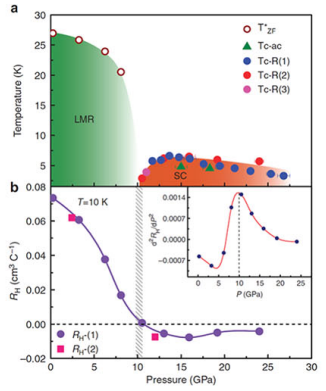

图5. WTe_2样品的压力-温度相图和其霍尔系数对压力的依赖关系，(a) 大磁阻效应起始温度T^*_{ZF} 和超导转变起始温度Tc对压力的依赖关系，红色、粉色和蓝色的圆点分别表示由不同轮电阻测量实验中获得的Tc，绿色三角表示为由交流磁化率测量得到的Tc， LMR和SC分别表示大磁阻态和超导态，(b)在10 K和1特斯拉磁场条件下霍尔系数对压力的依赖关系，表明样品在10.5 GPa的临界压力下霍尔系数从正值转变为负值。图中紫色圆点和粉色方块为不同轮实验得到的数据。插图为对霍尔系数对压力的二次导数，可见在临界压力处霍尔系数的二次导数为最大。

二碲化钨（WTe_2）是具有层状结构的过渡族金属硫族化合物，在其正交晶胞中钨链沿着碲层的a轴方向呈一维分布，是一种非磁性的半金属材料。WTe2以其良好的热电性能早已为人们所认知，普林斯顿大学教授Cava研究组在2014年意外地发现WTe2在常压下具有不饱和的大磁阻（LMR）特性【Nature,514(2014)205】，即在磁场下这种材料表现出异常大的正电阻效应，而且在非常高的磁场下也不饱和。这种特性不仅为其在电子器件方面的应用提供了潜在的可能，同时也为大磁阻材料的研究开辟了新的方向。在半金属中，非常高的磁阻是由于空穴-电子间的“共振”所产生的，而WTe_2是第一种人们发现的具有这种完美共振的材料。

最近，中国科学院物理研究所／北京凝聚态物理国家实验室(筹)超导国家重点实验室SC4组研究员孙力玲和博士生康德芬、周亚洲等与物理所副研究员石有国、清华大学教授张广明合作，对WTe_2的高压行为进行了系统、深入的研究，发现在压力的作用下LMR现象得到了连续的抑制，最终在约10.5GPa压力下消失，同时呈现出超导电性。在13GPa压力下出现最高超导转变温度（Tc=6.5K），在更高的压力下Tc连续下降，在24GPa时，Tc=2.6K。高压原位霍尔测量表明，在LMR完全被抑制和出现超导电性的临界压力下，霍尔系数由正值变为负值，揭示出在该临界压力下发生了具有费米面重构的量子相变，这类相变通常可以用Lifshitz相变来描述。高压同步辐射XRD实验结果证实WTe_2在20.1GPa压力以下没有出现结构相变，但在临界压力下c轴被压缩了6.5%，其压缩比例是a轴压缩率的10倍，是b轴压缩率的两倍，说明在该临界压力点处费米面的重构伴有强烈各向异性的晶格缩减。

超导电性常常与电子有序态密切相关，其关联性一直是超导领域的重点研究课题之一。该研究首次在近邻LMR态中发现了压致超导现象，丰富了人们对超导态与其它量子态关联性的研究内容，该研究结果发表在Nature Communications,6(2015)7804上。

该研究得到了国家自然科学基金委、“973”和中科院B类先导项目的支持。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/81676.html