

[首页](#)[组织机构](#)[科学研究](#)[成果转化](#)[人才教育](#)[学部与](#)[首页 > 科研进展](#)

## HgCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>的高压调控研究取得新进展

2019-08-12 来源：物理研究所

上世纪70年代人们发现尖晶石结构的ACr<sub>2</sub>X<sub>4</sub> (A = Cd, Hg, X=Se, S)具有铁磁半导体性质，s-d交换相互作用使s轨道电子主导的导带发生较大的自旋劈裂。由于这类材料中自旋和电荷自由度耦合。中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心多个课题组近期开展了系列研究。通过第一性原理计算预测HgCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>是磁性外尔半金属，并可能会实现量子反常霍尔效应[Phys. Rev. Lett. 119, 177201 (2017)]。物理所研究员石友国与合作者利用气相输运法生长了高质量的n型HgCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>单晶[J. Low. Temp. Phys. 145, 100 (2017)]。物理所研究员李永庆与合作者通过测量安德列夫(Andreev)反射谱确定了n型HgCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>单晶是自旋极化金属，居里温度TC = 10<sup>6</sup>K以下下降8个数量级并在TC附近观察到7×10<sup>6</sup>%的庞磁电阻效应[Phys. Rev. Lett. 121, 177201 (2018)]。物理所条件物理重点实验室程金光研究组 (EX6组) 在HgCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>单晶的高压调控研究方面取得新进展。

EX6组的孙建平、焦媛媛、程金光与EX1组的伊长江、石友国、纳米物理与器件重点实验室橡树岭国家实验室博士M. Matsuda和日本东京大学教授Y. Uwatoko等合作者，采用六面砧装置在综合极端环境下，对高质量的n型HgCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>单晶开展了细致的高压下电输运和磁性测量。研究发现，在低温下电阻呈现上翘行为，而通过施加磁场可以恢复铁磁金属基态，从而导致低温出现了高达3×10<sup>11</sup>%的庞磁电阻。

如图1所示，他们首先利用六面砧装置测试了n型HgCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>单晶在0-7GPa压力范围内、低温下的电阻率。研究发现，在低温下的绝缘体-金属转变随着压力的升高逐渐向低温移动，同时低温T<sub>min</sub>以下电阻呈现上翘行为，表现出全绝缘性。有意思的是，当对样品施加8T的外磁场后，在所有压力下均可以恢复出现绝缘体-金属转变。

同压力和不同磁场下的低温电阻率数据详细展示了压力和磁场对电输运性质的影响规律，即压力或者常压下HgCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>只在铁磁有序温度附近才表现出庞磁电阻效应不同，高压下的n型HgCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>应，例如，在4GPa、2K、5T时磁阻甚至高达 $3 \times 10^{11}\%$ 。为了阐明其物理机制，他们对n型HgCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>进行了理论计算和实验研究，结果表明HgCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>的铁磁基态在压力下逐渐转变为螺旋反铁磁态，与最近理论计算的结论一致。通过实验和理论计算的结果，他们建立了图4所示的n型HgCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>单晶的温度-压力相图，从中可以看出高压在抑制铁磁序，反铁磁序占主导。该相图表明n型HgCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>单晶在常压下恰好处于铁磁序与螺旋反铁磁序的边界，通过施加压力可以有效调控其电、磁基态，而且二者的调控效果恰好相反，即压力会增强反铁磁作用，逐渐抑制铁磁序，最终稳定了螺旋反铁磁绝缘态；而当施加外磁场将螺旋反铁磁序极化为铁磁序时，又使其展现出庞磁电阻效应，与钙钛矿锰氧化物的物理机制不同。因此，上述研究结果为实现压力诱导而诱导庞磁电阻效应的新机制甚至自旋电子学器件应用具有重要意义。

相关工作近期发表于《物理评论快报》(Phys. Rev. Lett. 123, 047201 (2019))，得到了国家自然科学基金项目和前沿重点项目的支持。

#### [文章链接](#)

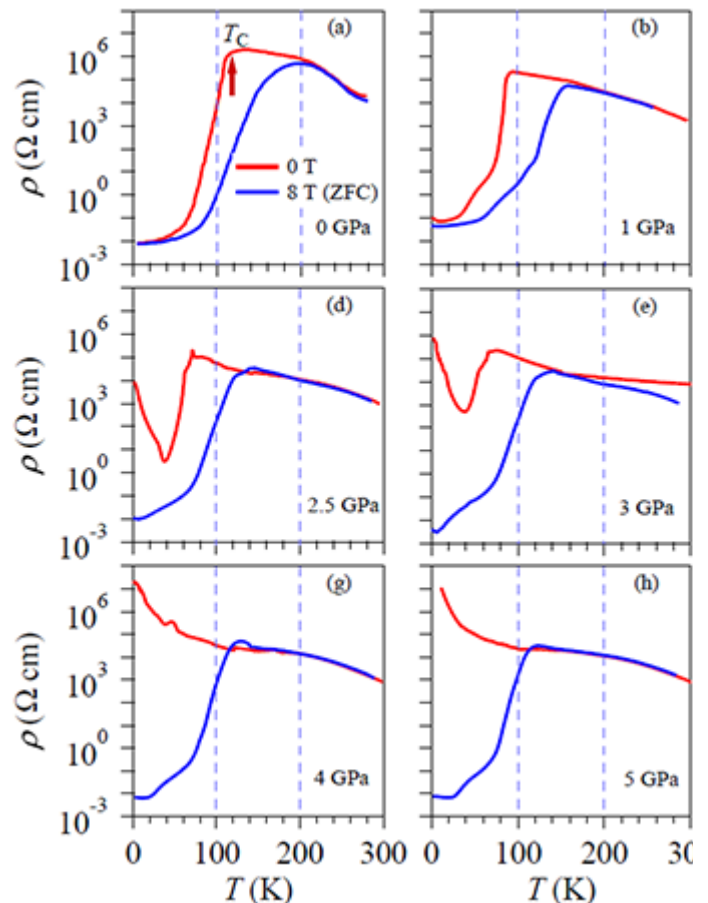
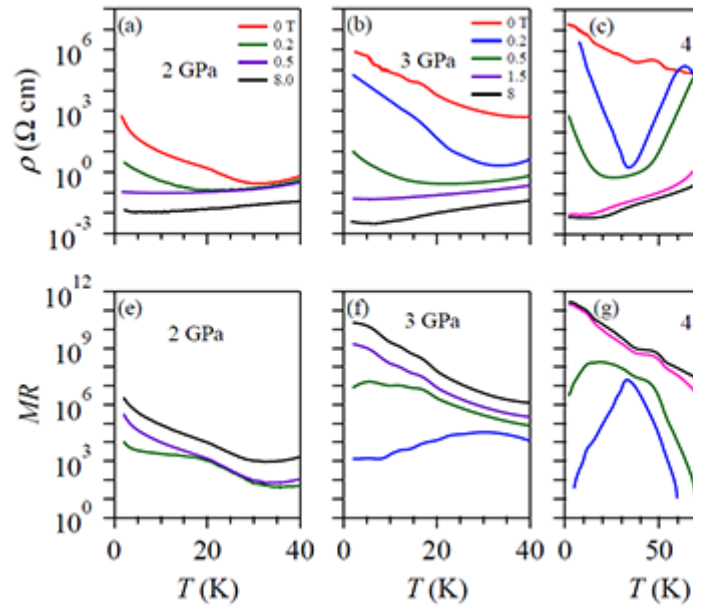
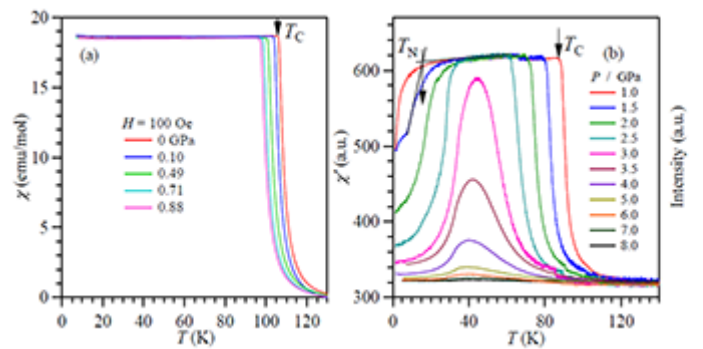


图1. 在不同压力下n型HgCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>单晶在0T与8T磁图2. 不同压力和磁场下n型HgCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>单晶的电图3. n型HgCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>单晶在不同压力下的直流磁化率、交流磁化率

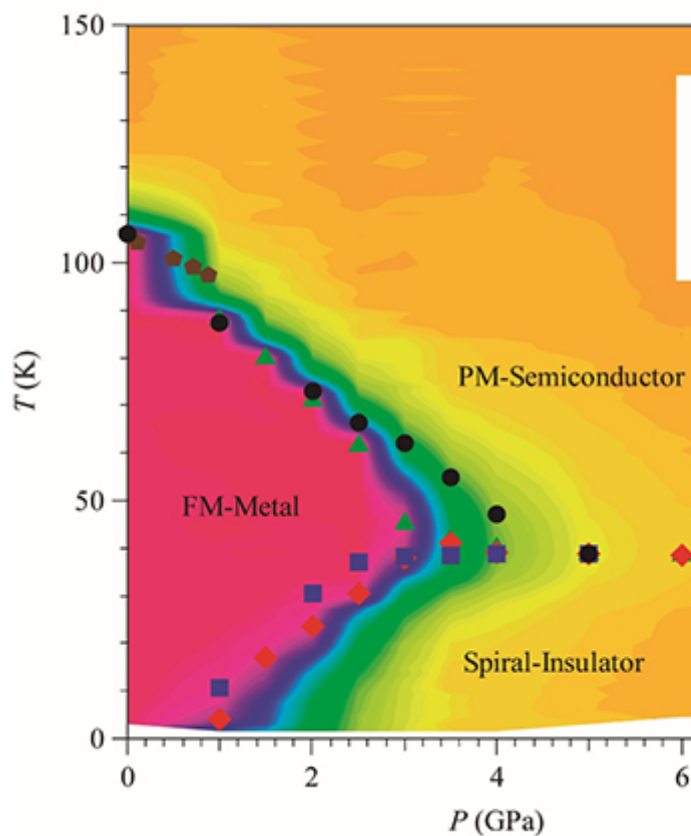


图4. n型HgCr<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>单晶的温度-压

---

上一篇：南京土壤所揭示玉米铵偏好特性对其氮肥利用率的贡献

下一篇：南京地理所湖泊营养状态的光学表征及遥感应用研究取得进展

