# 外尔半金属WP2电阻率各向异性及其光谱研究取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/7722.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！*

探索第二类外尔半金属材料并研究其中奇异物性是目前拓扑量子物理研究中受到广泛关注的领域之一。理论预言二磷化钨$WP_2$是第二类外尔半金属。因为$WP_2$
中磷原子和过渡族金属钨原子之间较大的电荷密度分布差异导致其晶体结构的对称性难以通过X射线衍射来直接确定，所以作为$WP_2$
第二类外尔半金属态出现的前提条件之一的空间反演对称性破缺有待实验进一步证实。此外，W$P_2$的晶体*ac*
面内电阻率的各向异性随温度
的变化还未被实验研究，并且其晶体*ac*面内电阻率的各向异性能否被磁场调控尚不清楚。

中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心极端条件物理重点实验室EX1组特聘研究员谌志国指导博士生苏博、联培硕
士生侯延辉与合作者开展了$WP_2$的空间反演对称性和其*ac*
面内电阻率各向异性的研究
。他们利用转角线偏振拉曼光谱测得$WP_2$
中拉曼活性声子的能量（请见图
1a和图1b）以及声子峰强与晶体*a*
轴和入射光电场方向之间夹角的关系（请见图1c和图1d）均与第一性原理计算其空间反演对称性破缺的晶体结构（空间群$Cmc2_1$
）得到的结果一致。拉曼
光谱实验与理论计算结果之间的一致表明$WP_2$
晶体结构的空间反演对称性破缺，支持$WP_2$
中存在外尔半金属态。一般而言，晶体结构的特征与其电子性质密切相关，故他们进一步研究了$WP_2$在不同温度和不同磁场下的*ac*面内电阻率各向异性。低温电输运测量结果表明当温度在100 K – 200
K之间，$WP_2$
的面内电阻率各向异性表现出
较弱的温度依赖，电流分别沿其晶体*c*轴和*a*轴的电阻率$R_c/R_a$的比值约为1.6；但当温度低于100 K时，面内电阻率各向异性陡然增大，在温度为10 K时$R_c/R_a \approx$
8.0（请见图2b）。进一步的电输运测量表明
，对$WP_2$施加垂直于其*ac*面的磁场，可以调控其面内电阻率各向异性的大小，当磁场达到9 T时，其面内电阻率比值$R_c/R_a$可增大至约10.6（请见图2c）。因此，在载流子浓度为$10^{21}$ $cm^{-3}$的已知第二类外尔半金属（如$MoTe_2$和$TaIrTe_4$）中，$WP_2$

呈现出最大的面内电阻率各向异性。为探究$WP_2$
面内电阻率各向异性在低温陡增的原因，他们测量了其在低温下的线偏振红外反射光谱（即入射光电场方向分别平行于$WP_2$的*a*轴和*c*
轴，请见线
偏振反射光谱于图3a）
。红外光谱测量结果表明，随着温度的降低，
$WP_2$
的载流子浓度和有效质量均表现出较弱的温度依赖（请见图3d），但其ac面内散射率各向异性在温度100 K以下突然增强，且与面内电阻率各向异性随温度变化的情况一致（请见图2b和图3f）。因金属的电阻率R一般由其载流子浓度*n*，载流子有效质量$m^*$和散射率 τ 决定：$R = m^*/(e^2 n \tau)$，
故$WP_2$
的低温线偏振光谱结果说明其面内电阻率各向异性在低温的陡然增大来源于其面内散射率各向异性的突然增强。以上研究工作为将来利用第二类外尔半金属的电阻率各向异性发展新型电子元器件打下了基础。

该工作得到科技部国家重点研发计划（2017YFA0304700，2016YFA0300600）、中科院“率先行动”百人计划和国家自然科学基金项目（51772322）等的支持。参与该工作的研究人员还包括：物理所研究员雒建林、特聘研究员郭建刚、副主任工程师杨洋、天津理工大学副教授马永昌、西南科技大学博士赵建洲、物理所博士生宋艳鹏和陈旭。相关成果发表在《先进材料》（*Adv. Mater.* 31, 1903498 (2019)）。

文章链接

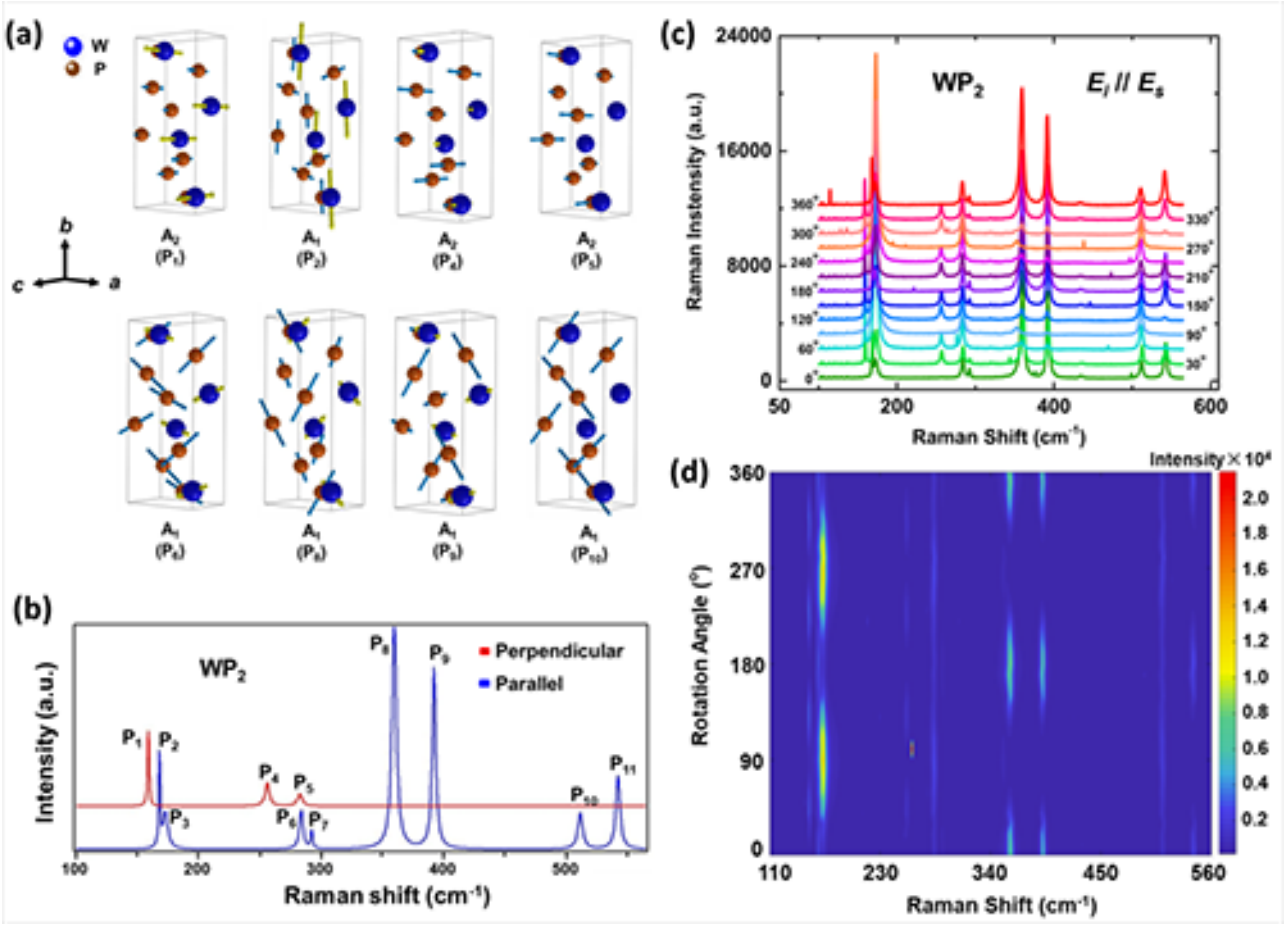


图1: $WP_2$的转角线偏振拉曼光谱研究。(a)
计
算得
到的拉曼
活性声子的原子振
动示意图。(b)分别在垂直位型（即入
射线偏振光电场方向$E_i$与散射线偏振光电场方向$E_s$
垂直）和平行位型（即入射线偏振光电场方向$E_i$
与散射线偏振光电场方向$E_s$平行）下拉曼光谱测得的拉曼活性声子。(c)
在平行位型下，$WP_2$的拉曼光谱随其*a*轴与入射光电场方向$E_i$之间夹角的变化。(d)
在平行位型下，$WP_2$的拉曼活性声子峰强随*a*轴与$E_i$之间夹角的变化。

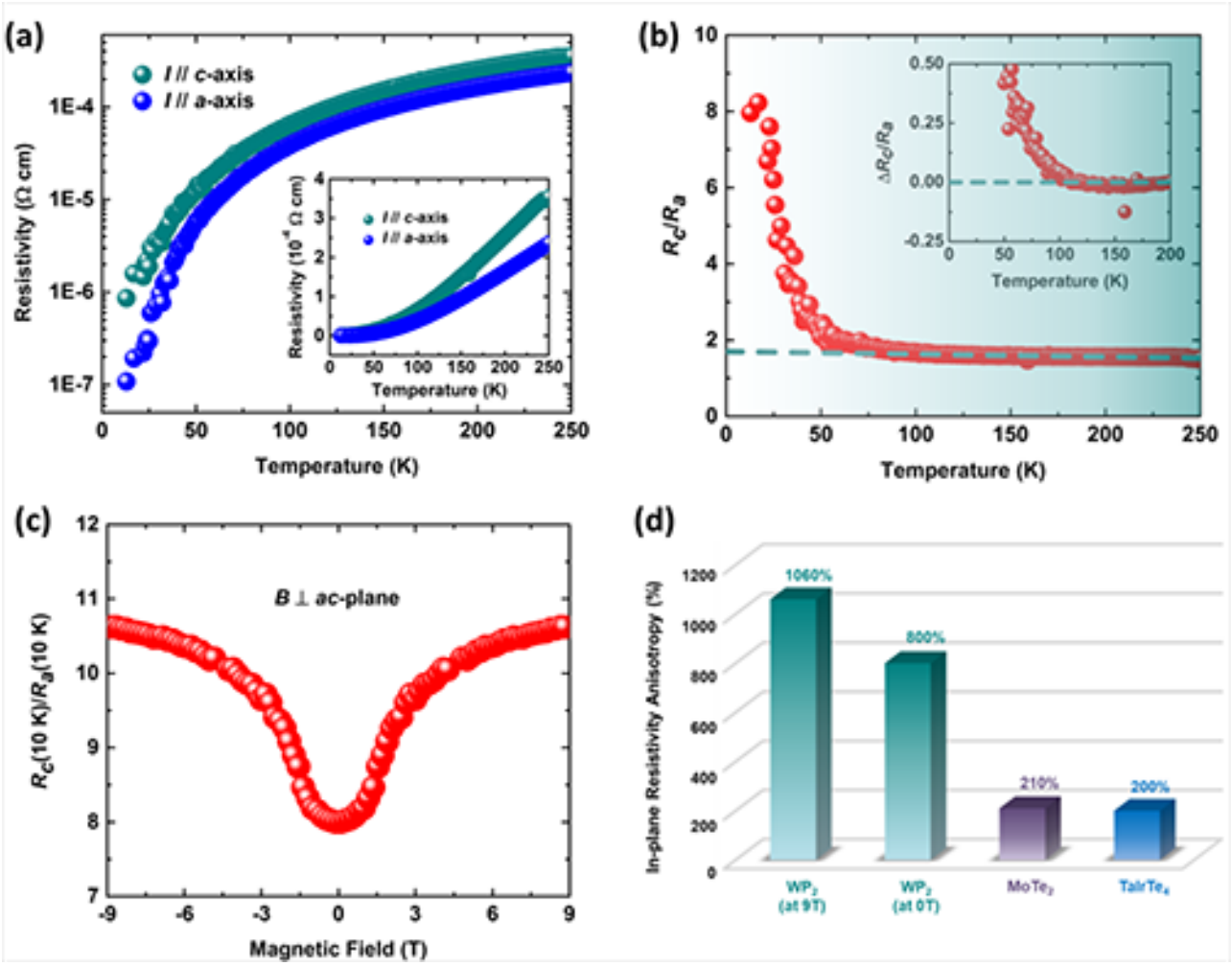



图2: $WP_2$的晶体ac面内电阻率各向异性的研究。(a)
电流分别沿晶体*c*和*a*轴的电阻率$R_c$和$R_a$随温度的变化。(b)
电流分别沿晶体*c*和*a*轴的电阻率之间比值$R_c/R_a$与温度的关系。(c) 在温度为10
K时，面内电阻率之间比值$R_c/R_a$随垂直其*ac*面的磁场的变化。(d) 在载流子浓度为$10^{21}$
$cm^{-3}$的已知第二类外尔半金属的面内电阻率各向异性。

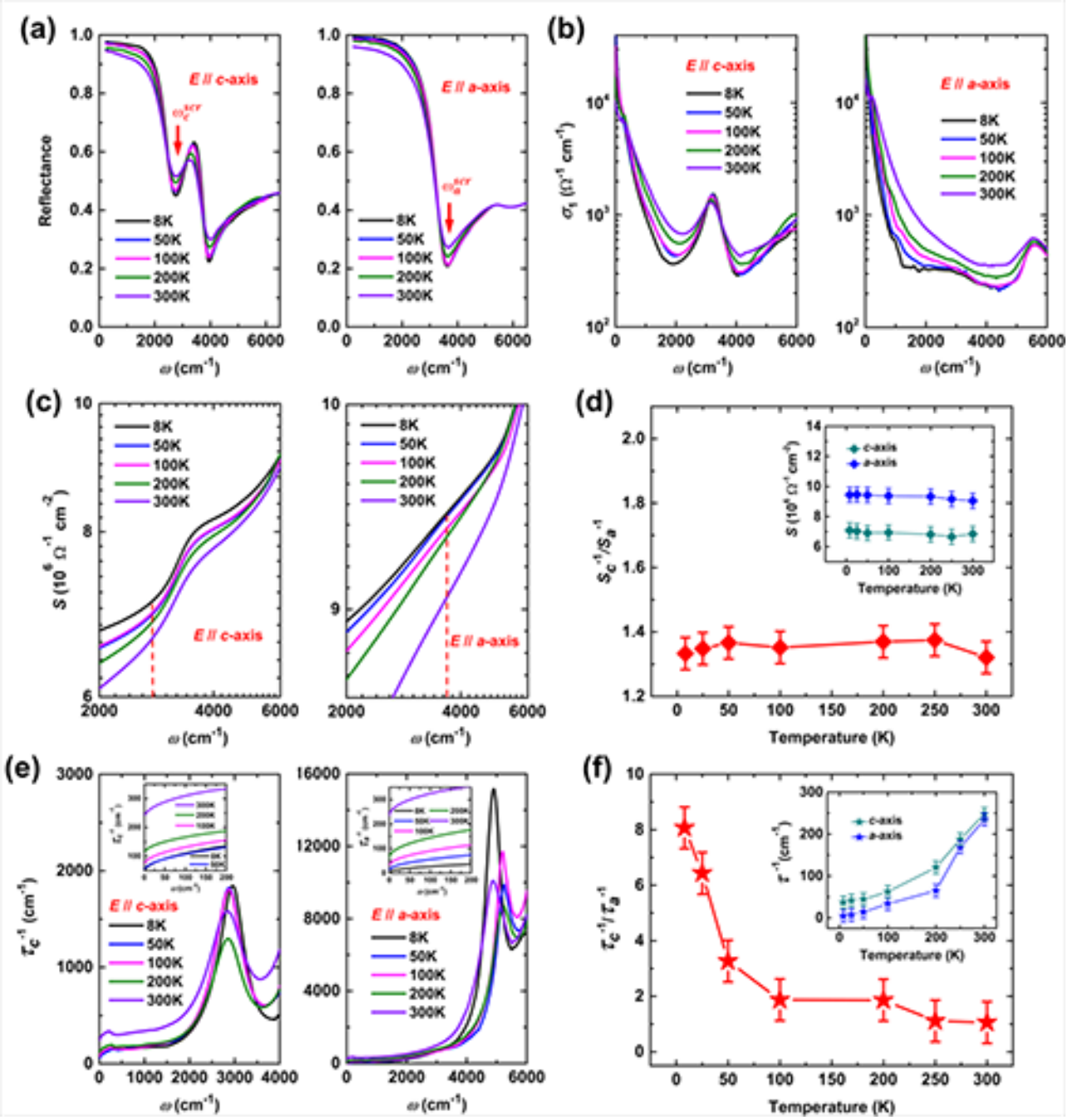



图3: $WP_2$的低温线偏振红外光谱研究。(a) 入射光电场方向分别平行于晶体*c*和*a*轴的红外反射光谱。图中两个箭头所指的能量位置分别为两个偏振方向的屏蔽等离子频率(omega_{c}^{s c r})和(omega_{a}^{s c r})。(b) 入射光电场方向分别平行于晶体*c*和*a*轴的光电导实部。(c) 两个偏振方向光电导实部对光子能量的积分$S$。两条虚线的能量位置分别对应两个偏振方向的屏蔽等离子频率。(d) 屏蔽等离子频率处的光电导实部积分$S$随温度的变化。因光电导实部的积分正比于$n/m^*$，该图中所示的两个偏振方向的光电导实部积分倒数之间的比值$S_c^{-1}/S_a^{-1}$说明载流子浓度n和载流子有效质量$m^*$的各向异性具有较弱的温度依赖。(e) 从拓展的Drude模型得到的沿两个偏振方向的散射率之间的比值 $\tau_c^{-1}/\tau_a^{-1}$。(f)

外推至零光子能量的 $\tau_c^{-1}/\tau_a^{-1}$随温度的变化。 $\tau_c^{-1}/\tau_a^{-1}$在温度100 K以下突然增强，与$R_c/R_a$随温度变化的情况一致。

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