

科技动态

[本篇访问: 7202]

最近更新

物理学院李绍春课题组与李建新、于顺利课题组合作在1T-TaS₂的Mott绝缘体-金属转变研究中取得重要进展

发布时间: [2019-11-18] 作者: [物理学院] 来源: [科学技术处] 字体大小: [小 中 大]

近日, 南京大学物理学院、固体微结构物理国家重点实验室、南京微结构科学与技术协同创新中心的李绍春教授与李建新教授、于顺利副教授合作, 首次在1T-TaS₂表面实现了伴随着长程有序电荷密度波 (charge density wave, CDW) 的金属态, 相关成果以“Realization of a Metallic State in 1T-TaS₂ with Persisting Long-range Order of Charge Density Wave”为题, 于 2019年11月13日发表在《Physical Review Letters》(Phys. Rev. Lett. 123, 206405)。南京大学物理学院博士研究生朱心阳和汪士为论文的共同第一作者, 李绍春教授、李建新教授和于顺利副教授为论文的共同通讯作者。南京大学温锦生教授提供了1T-TaS₂单晶样品。

作为铜氧化物高温超导体的母体电子结构, Mott绝缘体物理一直被凝聚态物理领域广泛关注和研究。在Mott绝缘体中, 库仑排斥能U、单电子带宽W和能带填充数n的共同作用导致了Mott绝缘体-金属相变。1T-TaS₂ 是一类独特的过渡金属硫族化合物, 在低温下发生电荷密度波相变而形成公度的大卫星 (David star) 结构, 从而在费米能附近形成一条窄能带。发生CDW相变后, 中等的库仑排斥能U就可以使1T-TaS₂打开一个Mott能隙, 形成Mott绝缘体。因此, 1T-TaS₂具有电荷密度波和Mott绝缘体相交在一起的基态。最近的理论工作还表明在该体系中可能存在量子自旋液体态。掺杂可以使Mott绝缘体的Mott能隙坍塌, 实现金属化, 甚至还会发生超导相变。然而, 在1T-TaS₂中Mott绝缘体-金属转变的本质非常难以捉摸, 主要原因是由于Mott绝缘体与CDW态之间存在着复杂的关联, 甚至对于金属化过程中Mott能隙的坍塌过程还不清楚。长期以来, 人们普遍认为1T-TaS₂的金属化总是伴随着CDW长程序的破坏发生的, 也就是金属相应该出现在CDW态的畴界处。

研究人员通过表面蒸镀碱金属的方法对1T-TaS₂的表面进行了电子掺杂, 并利用高分辨扫描显微镜的谱学技术直接表征了从Mott绝缘体到金属转变过程中电子态的演化。出乎意料的是, 在金属化过程中, 长程有序的CDW始终保持不变, 没有被破坏。这种Mott绝缘体的金属化与以往报道的需要破坏CDW长程序的金属化过程不同。研究中还发现, 表面碱金属掺杂造成了上下Hubbard能带的谱权重转移, 同时在Mott能隙中出现附加的激发态。随着掺杂量的增加, 附加激发态的填充最终导致系统的金属化转变。特别需要强调的是, Mott能隙内的附加激发态位于下Hubbard带附近, 这与电子掺杂的常规Mott绝缘体行为 (附加激发态应该位于上Hubbard带附近) 完全相反。研究人员认为, 由于吸附在大卫星中心的K⁺离子带有正电荷, 它会减小吸附了K⁺离子的大卫星上的有效库仑排斥能U。考虑到这个效应, 他们在理论上提出了位置相关的Hubbard模型, 基于该模型的数值计算所得到的局域态密度与实验结果吻合, 从而对附加激发态出现在下Hubbard带附近给出了理论解释。而且, 这种理论模型并未调节任何与CDW有关的参数, 没有破坏表面CDW的长程有序。

- 费高云副省长一行赴我校检查肺炎疫情防控工作
- 南大开设心理支持网络直播课 助学子共克时艰
- 减少外出, 学习充电! 北大、北外、南大等多所高校...
- 金银花、绿茶能抑制新型冠状病毒? 南大研究团队...
- 我校心理支持网络直播课助力疫区学子共克时艰
- 我校网络教育学院向社会免费开放部分网络课程
- 曹德旺先生捐赠1亿元人民币抗击新型冠状病毒疫情
- 金陵学院召开疫情防控工作会议
- 北大、人大、南大等多所高校2020硕博研究生复试...
- 我校再次召开专题会议部署新型冠状病毒疫情防控...

一周十大

- 我校网络教育学院向社会免费开放部... [访问: 2844]
- 疫情防控重要通知 (更新中) [访问: 1756]
- 不负韶华过寒假·导师如是说 (更新... [访问: 1675]
- 关于寒假期间做好新型肺炎疫情相关... [访问: 1189]
- 关于居住在校园内的教职工寒假期间... [访问: 1119]
- 关于学生寒假期间做好新型肺炎疫情... [访问: 1092]
- 【情系疫区 南大人在行动】环规院向... [访问: 910]
- 聚力内涵式发展 着力高质量提升 为... [访问: 909]
- 【情系疫区 南大人在行动】政府管理... [访问: 890]
- 南大环保校企: 我们口罩是卖完了, ... [访问: 817]

这项工作为实现1T-TaS₂中Mott绝缘体-金属转变提供了一个新的途径，并且不需要破坏CDW的长程序。从根本上说，CDW的长程序和Mott绝缘体金属化之间可能并不存在竞争关系，修正了过去对二者之间关联性的认识。

该研究获得了固体微结构物理国家重点实验室、南京微结构科学与技术协同创新中心、国家自然科学基金，科技部重点研发计划的经费资助。

论文链接: <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.123.206405>

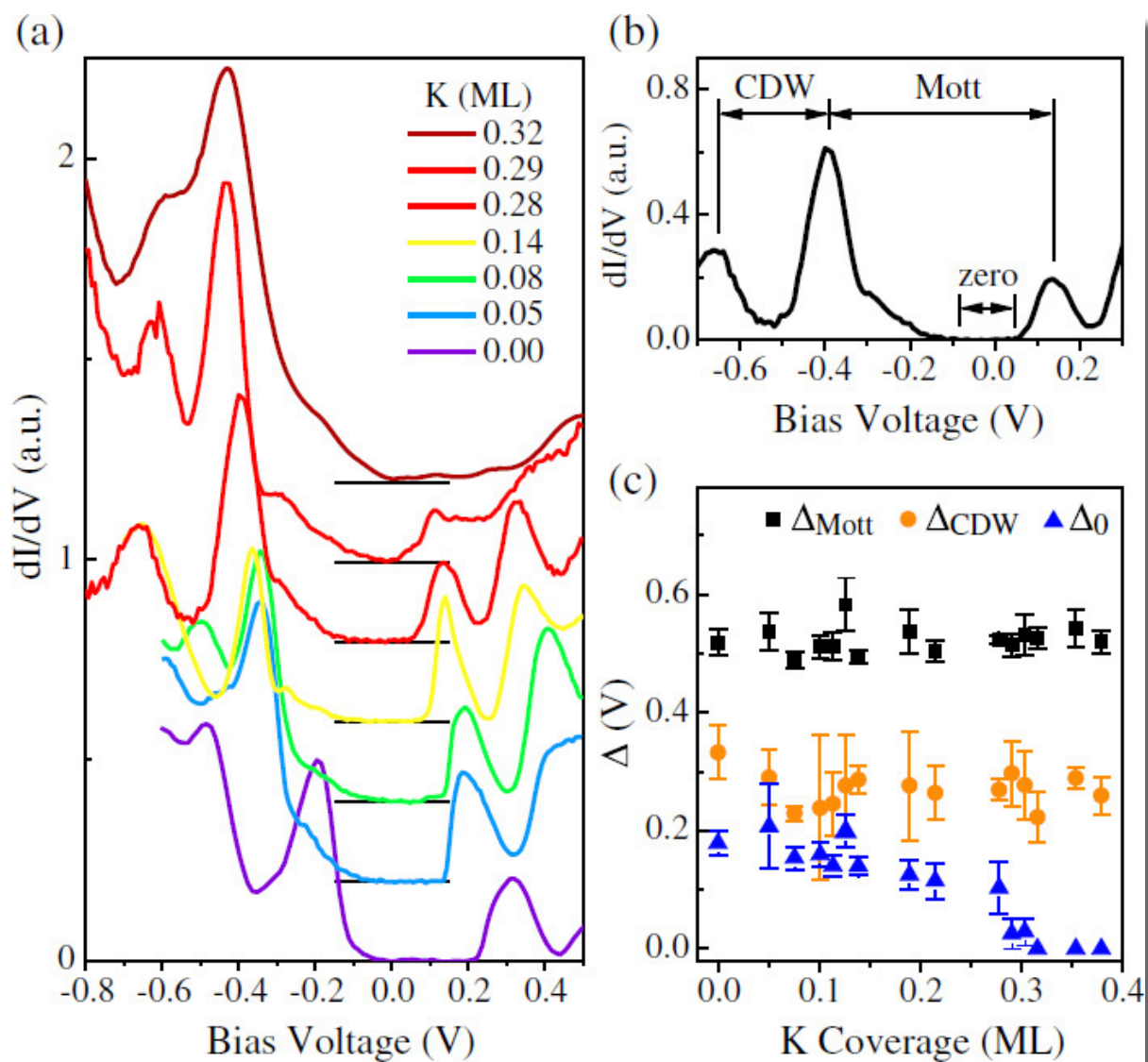


图 1: (a) 在不同K原子覆盖度的1T-TaS₂表面获得的 dI/dV 谱; (b) 1T-TaS₂谱中的三种能隙; (c) 三种能隙的大小随K原子覆盖度增加的演化过程

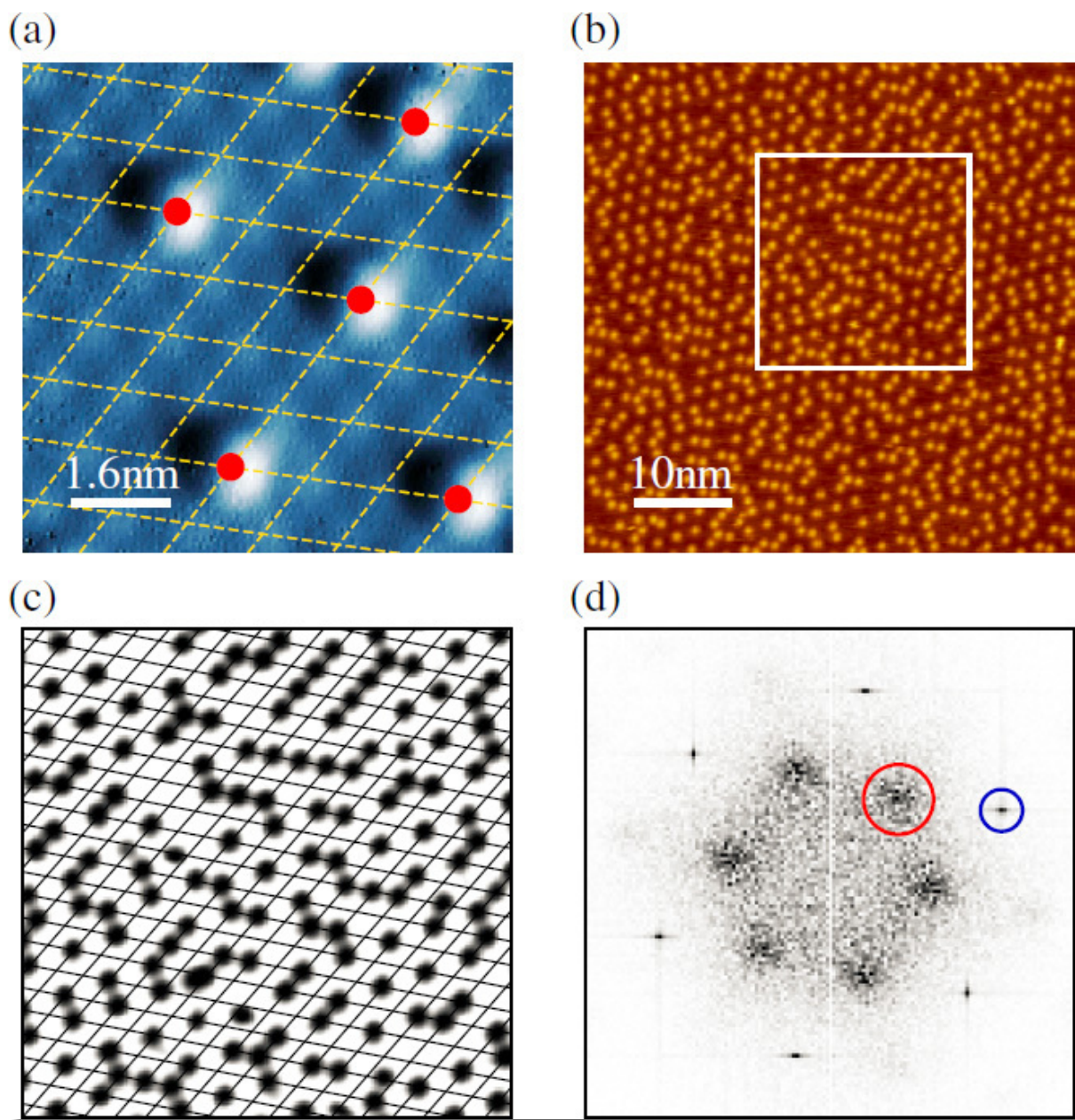


图 2: (a) 低覆盖度下1T-TaS₂表面K原子的吸附位置；(b) 高覆盖度下（金属化表面）K原子的吸附位置；(c) 从(b)中的白色正方形区域提取的K原子吸附位置；(d) STM图像(b)的傅立叶变换。

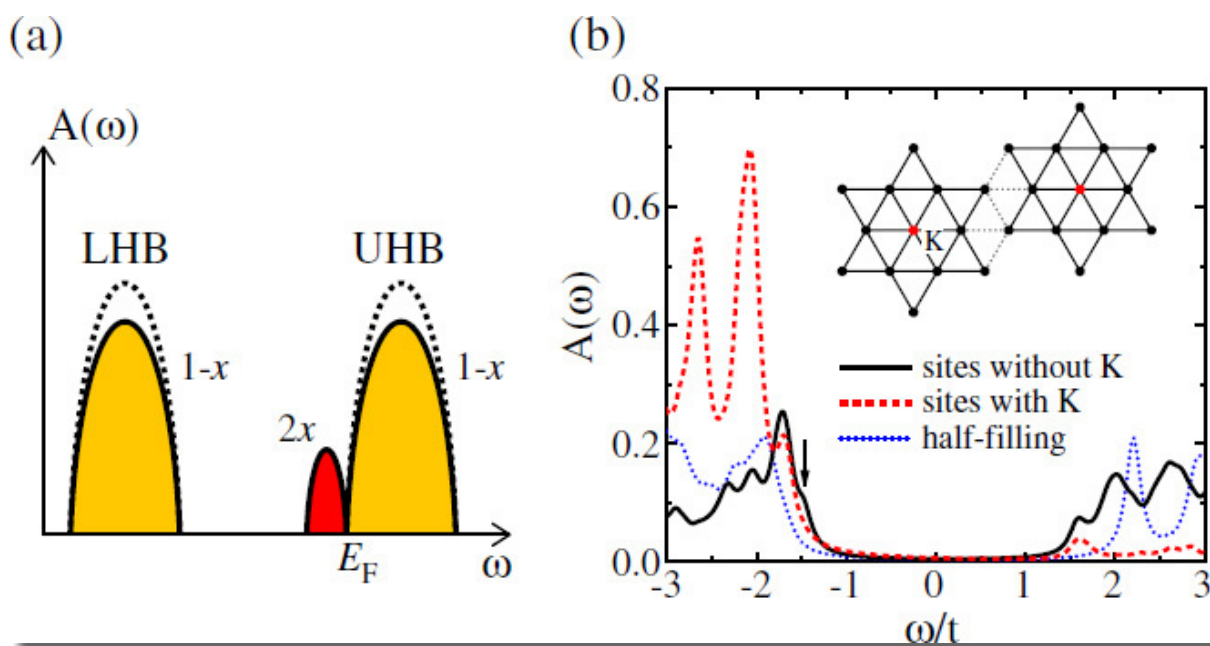


图 3: (a) 常规的电子掺杂Mott绝缘体的Hubbard模型；(b) 集团微扰理论计算的局域态密度，蓝色虚线表示半填充未掺杂的系统，掺杂以后覆盖K⁺离子和未覆盖K⁺离子的谱线分别用红色虚线和黑色实线表示，箭头标注了附加激发态的位置

(物理学院 科学技术处)



