

---

# 合肥研究院等在过渡金属硫族化合物研究中取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/8811.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！*

中国科学院合肥物质科学研究院强磁场科学中心与安徽大学量子材料与物理研究所等合作利用低温强

磁场扫描

隧道显微镜/谱仪

(STM/STS)对一种典型的过渡金

属硫族元素化合物 $2H-NbSe_2$

及其微量Ta掺杂单晶样品进行探测研究，研究人员通过对该体系的高分辨隧道谱测量和理论分析，证实了该体系存在非弹性电子隧穿过程，从而在原子尺度上指认出系统的电声子耦合谱函数。

相关研究于3月13日发表在《物理评论快报》(Physical Review Letters)。过渡金属硫族化合物(TMD)是二维材料的重要分支，具有可调的本征带隙、谷自由度等特性，在电学、光学、自旋电子学等器件领域具有巨大的应用前景。 $2H-$

$NbSe_2$

是一种典型的TMD材料，作为电荷密度波(CDW)与超导共存体系的代表，它也是被STM研究最为广泛的材料之一(图1a)。近30年以来，该体系隧道谱上 $\pm 35mV$ 处拐点的起因一直困扰着该领域的研究者，也成为理解电荷密度波机制的障碍(图1b)。

声子是固体材料集体元激发最典型的代表，描述的是量子化的原子集体运动的简谐振子。材料的热学性质、电学性质，甚至超导和电荷密度波都与声子尤其是电子-声子作用密切相关。当材料中存在比较强的电子-声子相互作用时，STM针尖与样品之间有可能发生非弹性电子隧穿过程(图2)，即随着隧道偏压的增大，电子具有足够的能量后可以通过激发材料中的声子而降低能量，打开新的隧穿通道，导致隧穿几率增大，表现为隧道结IV曲线上出现斜率的突然增大，相应地， $dI/dV$ 曲线上出现一个台阶，二次微分 $d^2I/dV^2$ 曲线上出现一个峰的特征(在负偏压则为谷)。

联合研究团队在生长出优质 $2H-NbSe_2$

及其微量Ta掺杂单晶样品后，通过低温强磁场STM/STS进行了高分辨的隧道谱测量，发现其隧道谱在 $\pm 35mV$ 以内存在复杂的精细结构(图1c)。

理论研究表明，二次微分曲线与电声子耦合谱函数<sup>2</sup>

$F(\omega)$ 近似成正比，因此，这种基于STM的非弹性电子隧穿谱(IETS)方法可以用于原子尺度上电声子耦合的研究。但是，由于实验上对高分辨率的要求和材料本身的特性限制，目前成功的案例局限于十分有限的固体材料，比如石墨或石墨烯、金属铜等。

随后，科研人员通过计算电声子耦合谱函数提出一个简明的理论模型（图3）。模型计算和分析证实这些精细特征（包括令人困惑的  $\pm 35\text{mV}$  拐点）来自于非弹性电子隧穿过程（图2d-f，图3b-c），排除了多年以来  $\pm 35\text{mV}$  处拐点是CDW能隙的错误解释。

[文章链接](#)

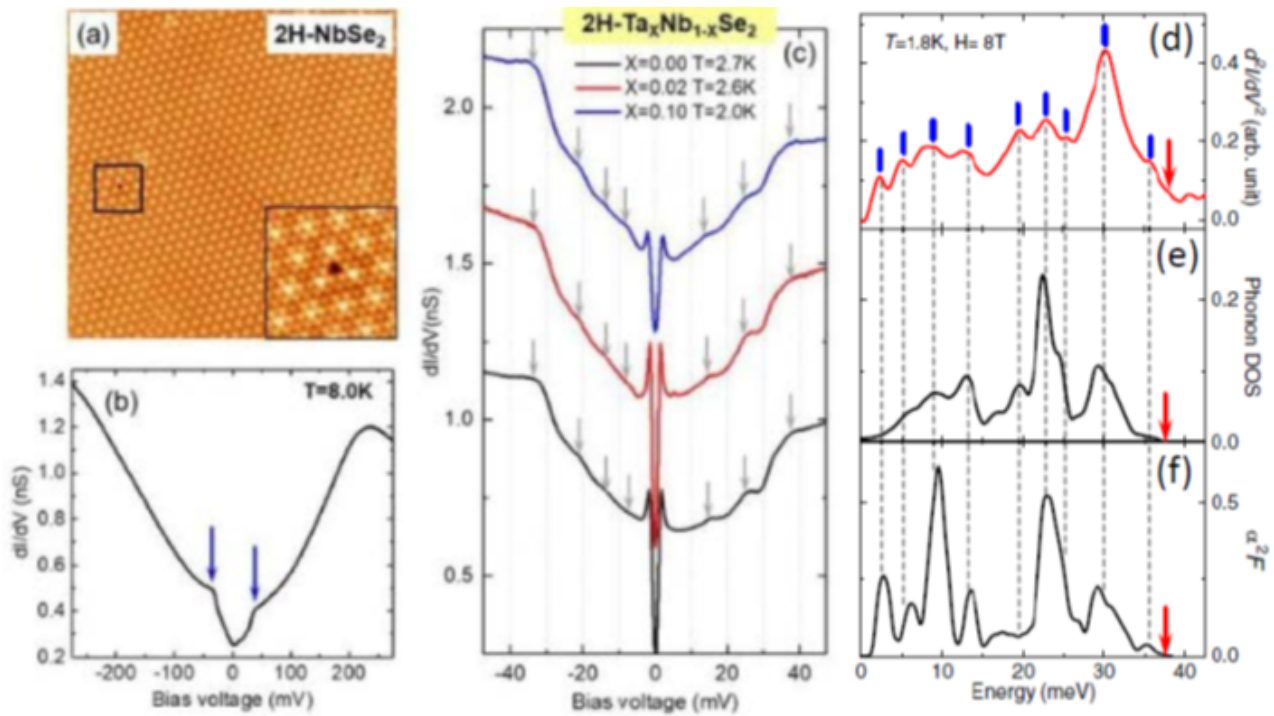


图1：(a) 2H-NbSe<sub>2</sub> 原子图像；(b) 隧道谱上  $\pm 35\text{mV}$  拐点（箭头所示）；(c) 隧道谱上精细结构（箭头所示）；(d) (f) 实验得到的二次微分谱与计算得到的声子态密度和电声子耦合谱函数的比对

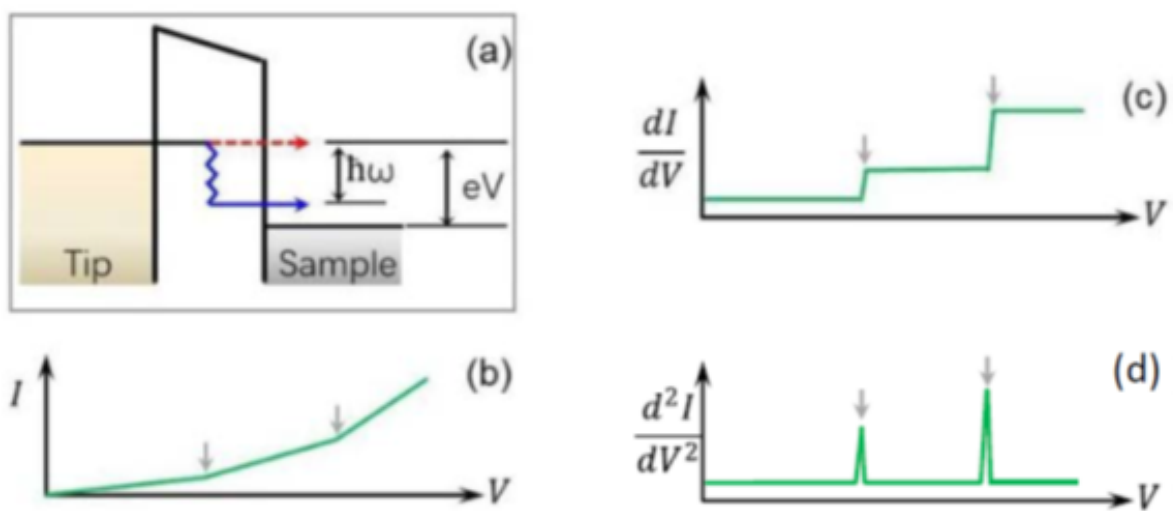


图2：(a) 非弹性电子隧穿过程示意图；(b) (d) 对应的  $I-V$ ， $dI/dV$  和  $d^2I/dV^2$  曲线示意

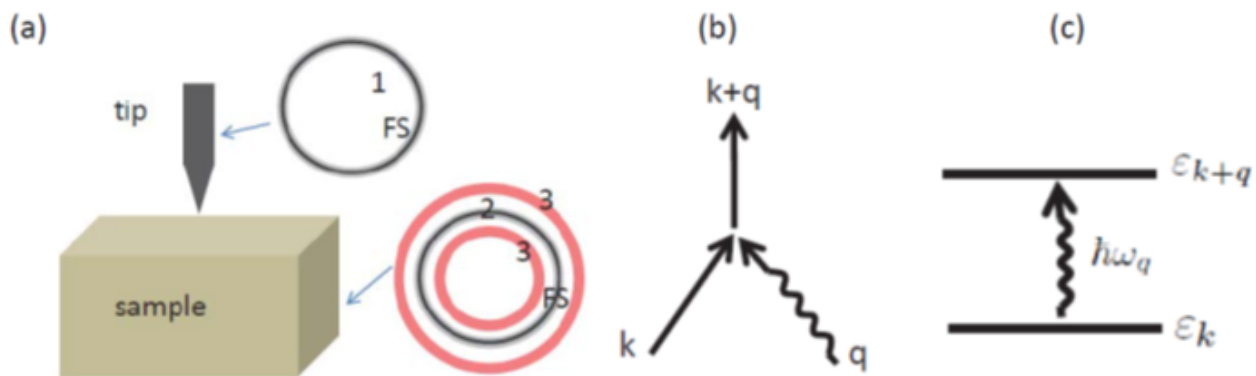


图3：(a) 测量示意图以及非弹性隧穿相关的电子态；(b) 典型的电声子耦合一阶过程；(c) 声子参与的电子态激发

研究团队单位：合肥物质科学研究院

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](http://www.iikx.com)转发