

## 物理所二维原子晶体锑烯研究取得进展

未来信息技术需要低功耗、高性能的晶体管，国际半导体技术路线图描绘的未来晶体管通道长度小于10纳米。近年来的研究热点之一二维（2D）原子晶体材料与传统半导体材料相比，具有散射小、迁移率高、便于制备叠层异质结构、电学性质易于调控等特性，成为制作未来晶体管的优秀候选材料之一。在已发现的二维原子晶体材料中，由元素周期表中IV族元素构成的单层材料（例如石墨烯，硅烯，锗烯和锡烯等）具有高载流子迁移率，但由于其带隙为零或趋近于零，限制了它们在场效应晶体管等电子学器件中的应用前景。

相比之下，由元素周期表中V族元素构成的层状材料，例如黑磷，具有较大的带隙以及高的载流子迁移率等特性。然而，黑磷在大气条件下不稳定，由它制备的器件的适用性受到限制。最近，V族元素锑构成的单层锑烯（antimonene）引起了研究者的极大兴趣。已有理论预测锑烯的带隙随层厚的改变而变化，特别对于单层锑烯，理论预言其带隙为2.28eV。同时，与石墨烯相比，锑烯具有更高的载流子迁移率。基于这些特性，锑烯在相关电子器件和光电子器件领域有着潜在的应用前景。因此，如何获得这种材料，特别是高质量的单层锑烯生长备受关注。

中国科学院院士、中科院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心研究员高鸿钧领导的研究团队，多年来致力于新型二维晶体材料的制备、物性与应用基础研究，取得了一系列研究成果。近日，该研究组博士生武旭、邵岩和研究员王业亮等，制备了单层锑烯，并对其结构和特性进行了研究。在光电子能谱分析方面，该研究团队与北京同步辐射中心的副研究员王嘉鸥等合作；在理论计算方面，他们与物理所副研究员孙家涛等合作；所使用的二碲化钨（PdTe<sub>2</sub>）单晶衬底由物理所研究员石友国等提供。

在具体的实验方案设计过程中，科研人员考虑到层状的过渡金属二硫属族化合物（简称TMD）PdTe<sub>2</sub>表面化学性质稳定，同时具有六方对称性，晶格周期（4.10 Å）与锑单晶层内的周期（4.12 Å）晶格匹配，与理论预言的单层锑烯（周期4.01 Å）的晶格失配度也只有2.3%。因此，他们选用PdTe<sub>2</sub>作为衬底，利用分子束外延生长方法，获得了高质量单层锑烯。借助低能电子衍射（LEED）和扫描隧道显微技术（STM）等手段，对所生长的单层锑烯的精细原子排布结构进行研究，从STM图可以清晰地分辨出锑原子形成了六角蜂窝状结构，为锑烯；LEED实验证明，他们获得了大面积、高质量的锑烯单晶（图1）。结合X射线光电子能谱实验和电子局域函数理论计算结果，揭示了单层锑烯和基底之间局域电子态很少，只有弱的范德瓦尔斯相互作用（图2、图3）。进一步的STM和XPS实验观测结果表明（图4），单层锑烯在空气中具有高的化学稳定性，暴露空气后没有被氧化，这一特性对于锑烯进一步走向实际应用至关重要。

该工作提供了一种制备高品质单层锑烯的方法，也提供了一种制备具有原子级平整界面的二维材料异质结构的新思路，即直接利用TMD材料作为衬底外延生长单层二维原子晶体材料，为二维材料异质结器件的研究提供了有价值的参考。同时，锑烯作为类石墨烯结构的新型二维原子晶体材料，拓展了非碳基二维蜂窝状晶体材料的研究领域，而且它具有宽带隙、高迁移率的特点，在大气环境下稳定，在未来电子器件方面具有潜在的应用前景。

相关结果发表在Advanced Materials上。该项研究获得了国家自然科学基金委、科技部和中科院的支持。

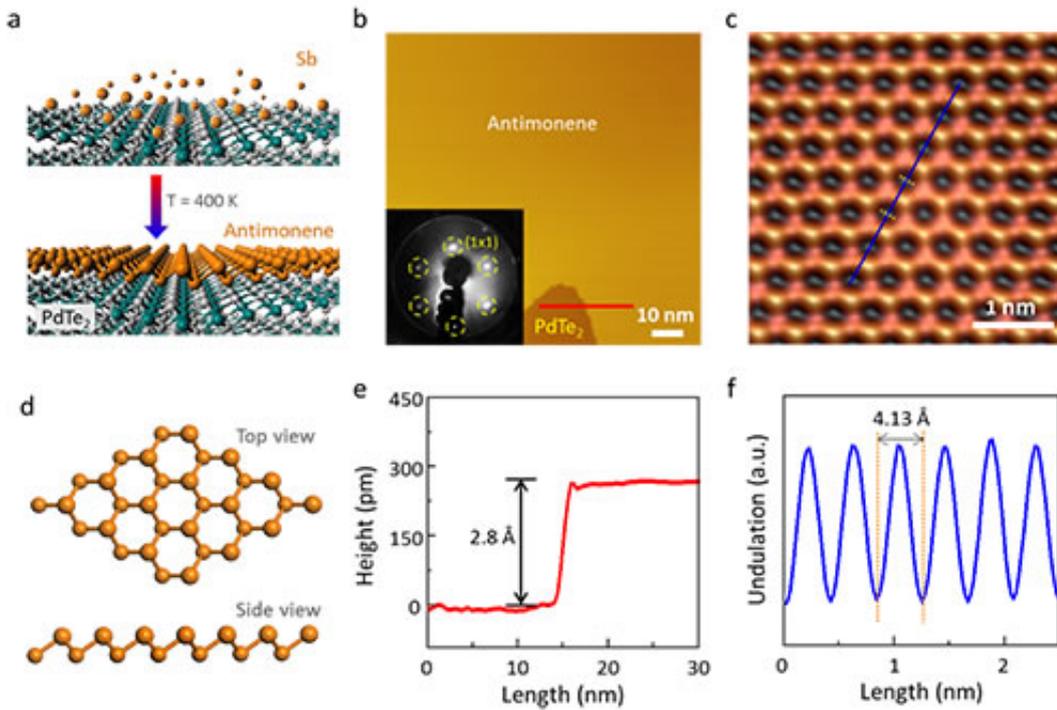


图1.外延生长的单原子层锑烯。PdTe<sub>2</sub>表面生长单层锑烯示意图 (a)，大范围STM图像和LEED衍射斑点 (b)，原子分辨STM图 (c) 及对应的侧向切面图 (e, f)，和原子结构顶视图和侧视图 (d)。

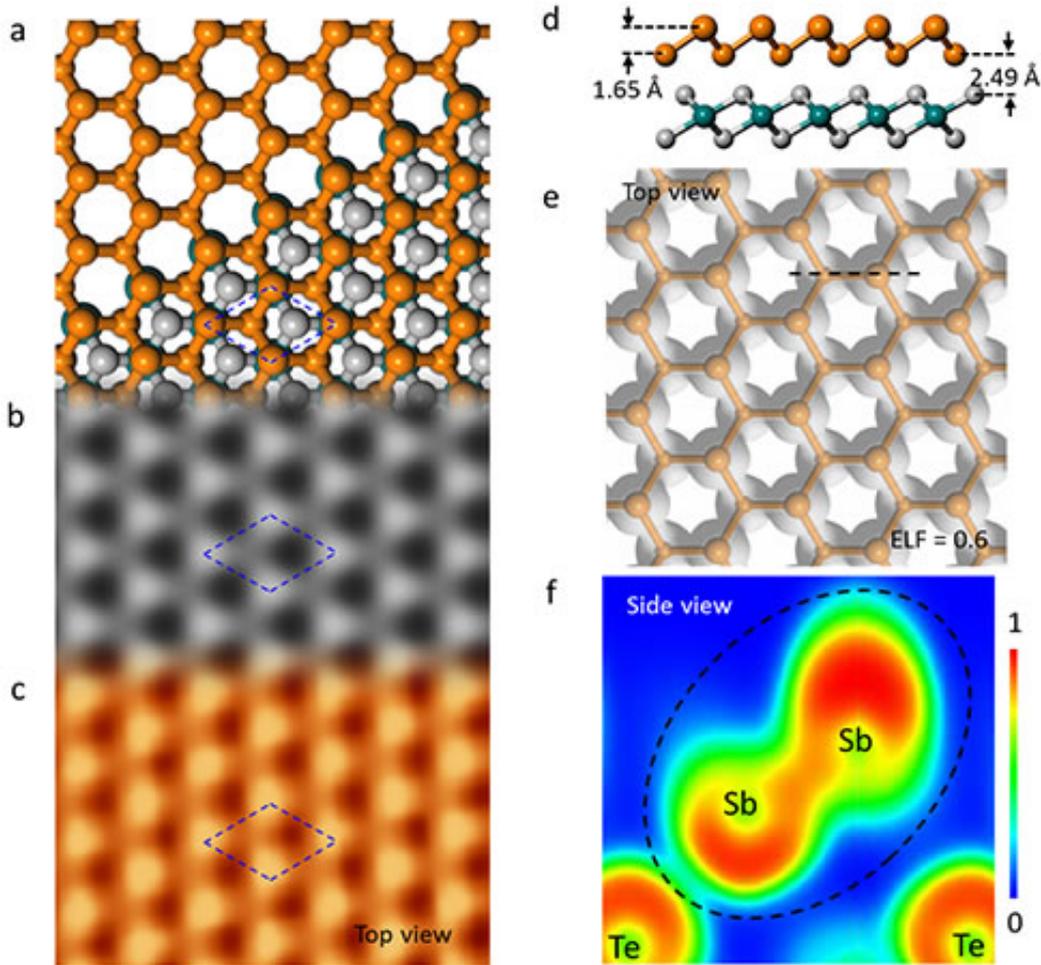


图2. PdTe<sub>2</sub>表面单层锑烯的原子结构模型 (a, d)，相应STM模拟图像 (b)，实验图像 (c)，电子局域函数顶视图和切面图 (e, f)。

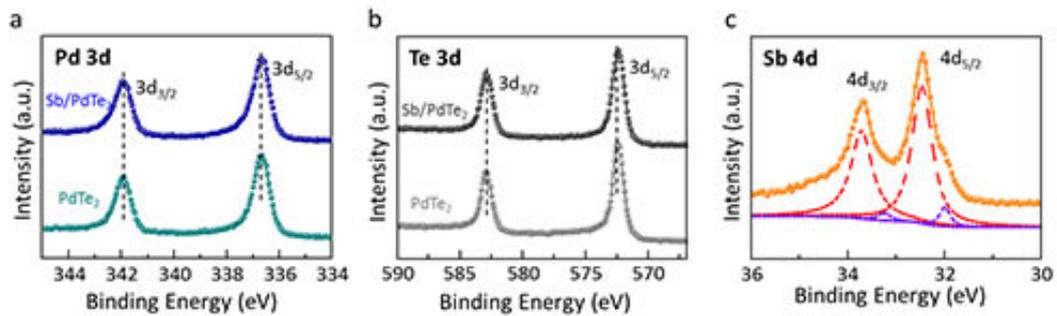


图3. PdTe<sub>2</sub>衬底表面生长单层锑烯前后Pd和Te元素的XPS测量结果 (a, b)，单层锑烯中Sb元素的XPS测量结果 (c)，表明衬底与单层锑烯之间几乎没有电荷转移。

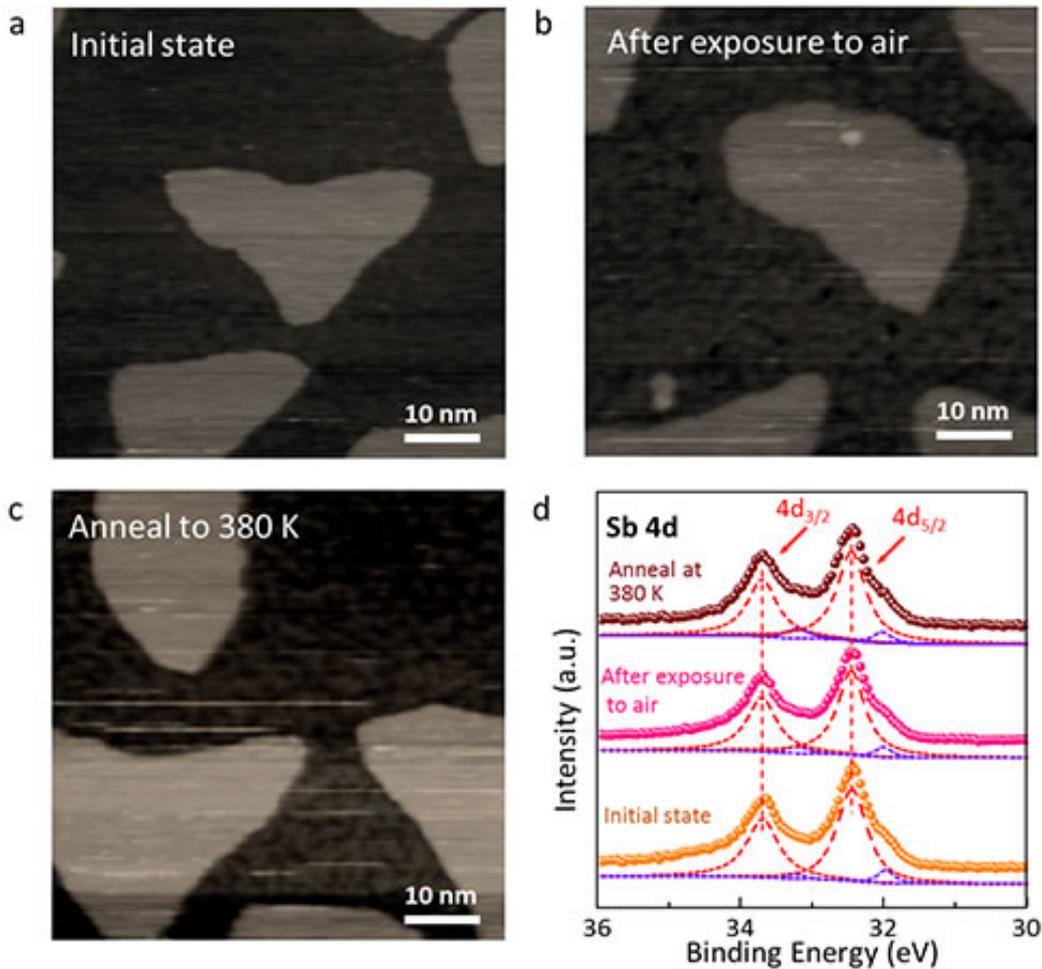


图4.单层锑烯化学稳定性测试。STM (a, b, c) 与XPS (d) 综合实验表明，单层锑烯在暴露空气后没有变化，表现出优良的化学稳定性。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/118873.html>