
黑磷及其合金单晶薄膜生长研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/22543.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！

黑磷及其合金单晶薄膜生长研究获进展

。近期，中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所研究员张凯等在高质量黑磷薄膜的生长制备研究中取得重要进展，首次实现了在介质衬底上黑磷及其合金的高质量单晶薄膜制备。相关研究成果以Growth of single-crystal black phosphorus and its alloy films through sustained feedstock release为题，在线发表在《自然-材料》（Nature Materials）上。

黑磷以高载流子迁移率、宽广可调的直接带隙、原子层范德华集成等独特性质，成为继硅等半导体材料之后，面向下一代电子、光电子应用的重要备选材料之一。与硅基芯片依赖于高质量单晶硅的制备类似，大面积高质量黑磷二维原子晶体薄膜的制备是其走向规模化集成应用的基础。由于黑磷晶相苛刻的形成条件，薄膜生长过程中成核与成核密度难以控制，故现有方法制备的黑磷薄膜普遍为多晶结构，其晶体质量难以满足高性能器件的应用需求。近年来，尽管已有一些阶段性进展，例如，张凯团队对黑磷薄膜生长展开了持续探索，通过相变诱导成核的设计实现了介质衬底上黑磷薄膜的成核与异质外延生长（Nature Communications 2020, 11, 1330），但因生长可控性制约，薄膜的晶畴尺寸限于百纳米级。高质量黑磷薄膜尤其是单晶薄膜的生长仍是亟待攻克的难题。

本研究设计开发了一种新的缓释控源的生长策略，利用“分子筛”多孔供源通道控制磷源缓释供给，维持稳定的低压生长环境，避免传统的磷源对流供给模式而获得可控的扩散供给模式，有效降低成核密度及晶体缺陷。论计算表明，缓释供源策略营造的准平衡低压生长条件，显著提高了成核势垒而有效降低了成核速率，使薄膜生长保持层-层生长模式，最终得到均匀的高质量单晶薄膜。研究利用这种技术率先突破了大面积黑磷单晶薄膜材料的生长，黑磷薄膜单晶晶畴尺寸达到亚厘米级，薄膜的厚度可以通过磷源供应量在几纳米到几百纳米范围调节，在充足磷源供应和生长时间下薄膜可以生长至覆盖整个衬底。所生长的黑磷单晶薄膜的XRD (004)衍射峰的半峰宽仅为 0.08° ，显示出优异的单晶性，低温下载流子迁移率达 $6500\text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 、开关比 10^6 ，并首次在直接生长的黑磷薄膜中观测到Shubnikov-de Haas量子振荡。该生长技术可推广到黑磷合金的单晶薄膜生长，并实现合金组分连续调控的能带工程，使黑磷薄膜的室温红外发光拓宽到可覆盖 $3.7\text{-}6.9\ \mu\text{m}$ 的光谱范围。

该工作突破性解决了黑磷及其合金的单晶薄膜制备问题，有望推动黑磷材料体系在后摩尔时代高密度异质集成电子及新型光电子器件等方面的广泛应用。研究工作得到国家重点研发计划、国家自然科学基金、江苏省重点研发计划等的资助，并获得苏州纳米所纳米真空互联实验站（Nano-X）在材料表征上的支持。该研究由苏州纳米所、华东师范大学、中科院物理研究所、湖南大学和武汉大学合作完成。

[论文链接](#)

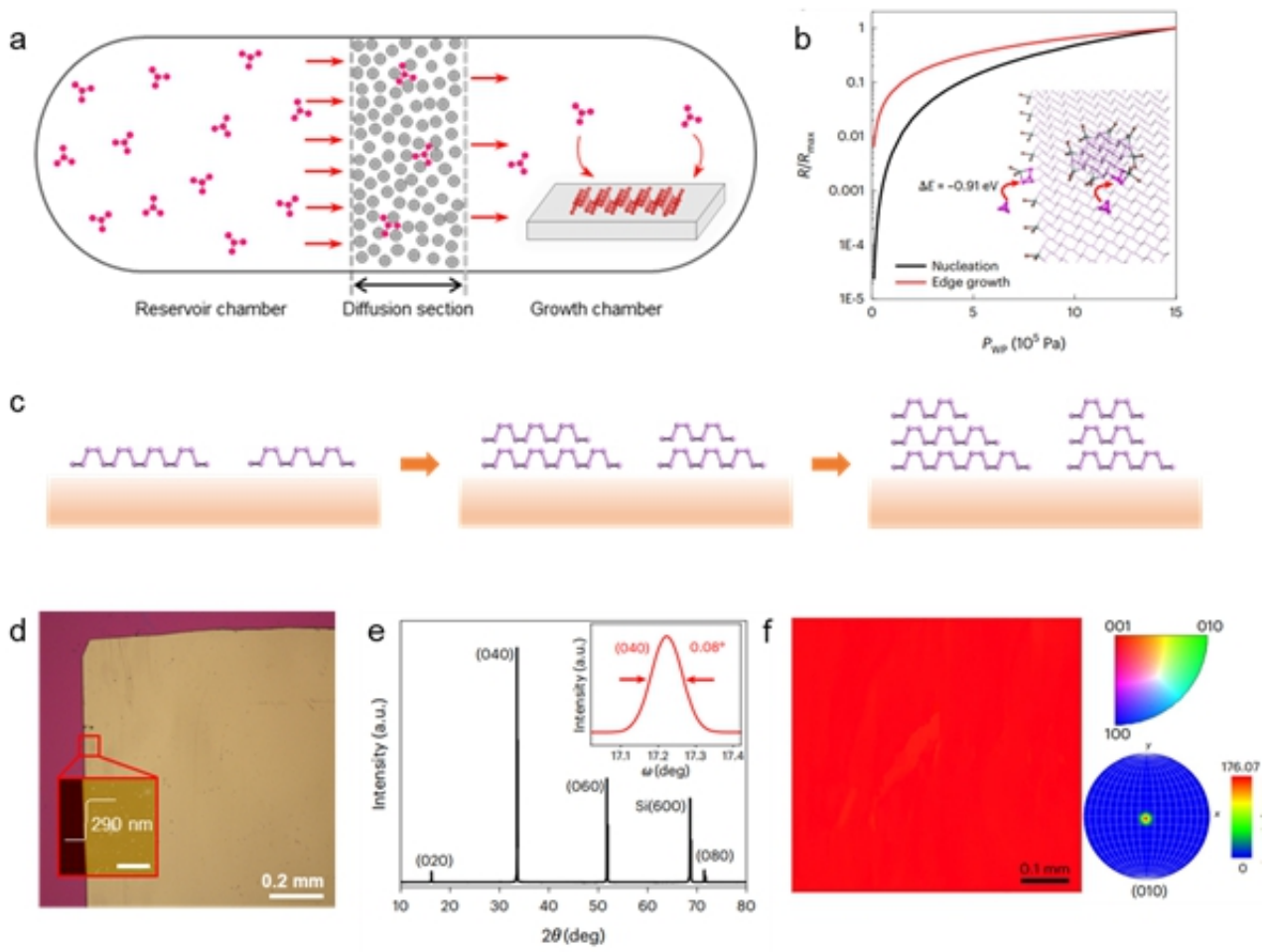


图1.黑磷单晶薄膜的生长以及单晶质量表征

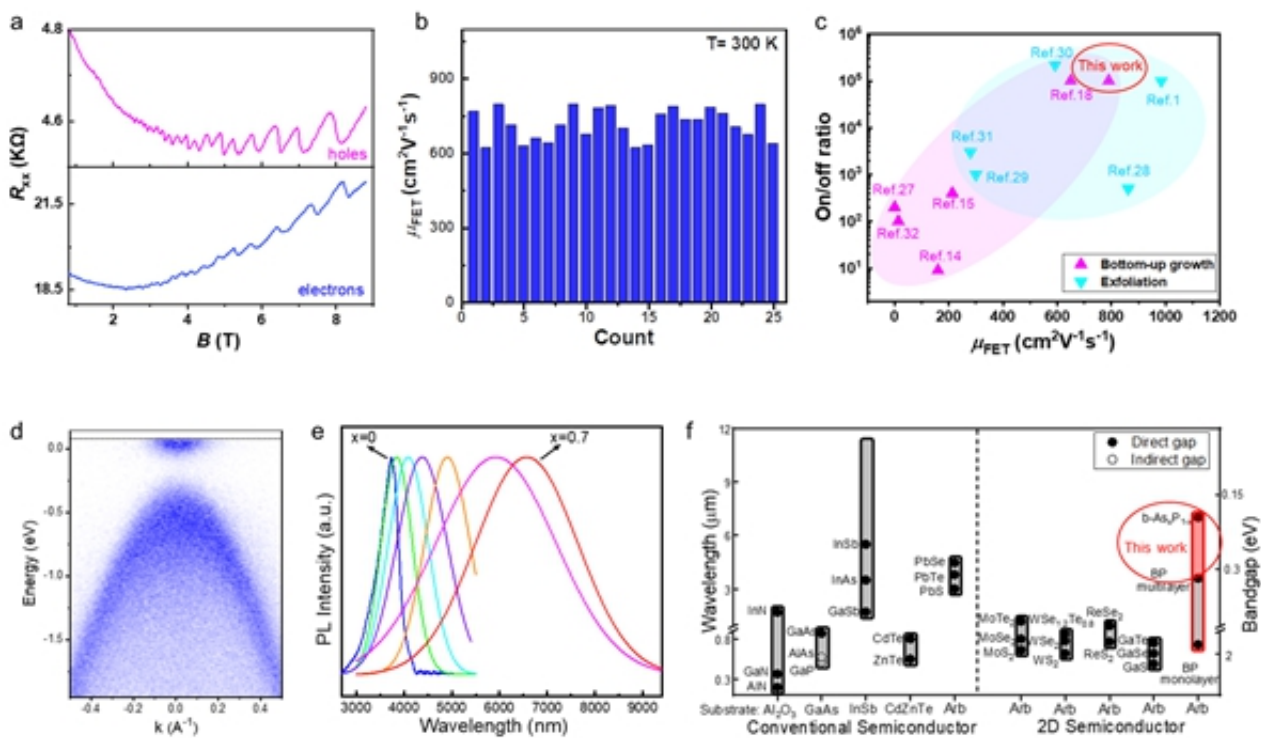


图2.黑磷单晶薄膜的电学性能及其合金薄膜的直接带隙覆盖范围

研究团队单位：苏州纳米技术与纳米仿生研究所

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](https://www.iikx.com)转发