



新型二维材料与器件应用专题简介

王欣然^{1*}, 周鹏²

1. 南京大学, 南京 210093

2. 复旦大学, 上海 200433

* 通信作者. E-mail: xrwang@nju.edu.cn

二维层状材料具有原子层厚度和丰富的能带结构, 过去的十余年里在学术界和工业界掀起了探索的浪潮. 石墨烯在二维材料的研究中起着开拓性的作用, 但其零带隙的能带结构限制了其进一步的应用. 随着石墨烯的巨大成功, 越来越多的二维材料被发现和研究, 其中包括过渡金属硫化物 (TMD)、六方氮化硼 (h-BN)、黑磷 (BP)、硅烯、二维钙钛矿等等. 迄今为止, 对过渡金属硫化物的研究仍然没有丝毫放缓的迹象. 针对不同种类的二维材料, 越来越多的研究主题被系统性地研究, 比如量子传输、自旋电子学、拓扑相、二维磁性和铁电特性.

尽管二维材料研究取得了令人激动的持续进展, 但挑战依然存在. 如何大规模均匀地合成高质量和可控结构的二维材料, 是阻碍其迈向实际应用的主要瓶颈. 另外到目前为止, 绝大多数二维材料都处于基础研究阶段. 至于二维材料的实际应用, 很难在短时间内利用它们替代某些传统材料, 比如硅基电子. 但毫无疑问的是, 二维材料可以在某些合适的应用中找到自己的定位, 比如由于仅有“原子层厚度”, 它们很适合用于制备柔性电子和低功耗器件. 另外随着新兴跨学科研究领域的不懈努力, 我们相信在不久的将来, 二维材料的独特性能必将激发出新颖的应用. 针对上述目标, *SCIENCE CHINA Information Sciences* 在 2019 年 62 卷第 12 期组织出版了“Special Focus on Two-Dimensional Materials and Device Applications”(新型二维材料与器件应用专题), 致力于介绍二维材料的最新进展, 涵盖了该领域广泛的主题. 专题共收录了 7 篇文章, 包括 3 篇综述和 4 篇论文.

过渡金属二硫化物具有合适的能带结构, 可以用来制备逻辑器件和光电器件. Tang 等人的文章“Recent progress in devices and circuits based on wafer-scale transition metal dichalcogenides”回顾了晶圆级 TMDs 薄膜从材料合成到器件、电路制备的最新进展. 对于大面积连续 TMDs 薄膜的合成, 文章主要讨论了化学气相沉积方法, 为高质量薄膜的生长提供了可扩展和可控的途径. 对于晶体管器件, 文章总结了从基本逻辑单元到大规模电路的制备. 此外, 在晶圆级 TMDs 薄膜上制造的存储器, 光电和模拟射频器件也包括在综述之中.

Zhang 等人的文章“The emerging ferroic orderings in two dimensions”从实验和理论的角度回顾了二维铁素体有序问题的最新进展. 这篇综述主要集中在两个部分: 二维磁性和二维铁电特性. 本文介绍并总结了二维材料异质结构中铁素体有序问题的发展. 文章还讨论了它们在基础物理研究和信息工业应用中的潜在机遇.

Qin 等人的文章“All-carbon hybrids for high-performance electronics, optoelectronics and energy storage”综述了关于碳纳米管、石墨烯及其混合结构材料合成的最新进展, 以及基于全碳混合结构的

引用格式: 王欣然, 周鹏. 新型二维材料与器件应用专题简介. 中国科学: 信息科学, 2019, 49: 1660-1661, doi: 10.1360/SSI-2019-0252

晶体管, 光电器件和超级电容器. 全碳混合结构可以成为实现高性能器件最有希望的战略之一. 文章讨论了基于全碳混合结构体的电子、光电和能量存储器件, 例如反相器、光电存储器、电致发光器件、光电探测器和超级电容器. 最后, 他们讨论了扩展应用所面临的挑战, 并展望了未来的发展方向.

Yang 等人的文章 “Nonvolatile memristor based on heterostructure of 2D room-temperature ferroelectric α - In_2Se_3 and WSe_2 ” 报告了一种基于硒化铟 - 硒化钨 (In_2Se_3 - WSe_2) 铁电异质结构的非易失性存储器. 作者通过化学气相沉积方法, 合成出了单结晶度的高质量 In_2Se_3 薄膜, 并在室温下表现出稳定的面外铁电性. 在 $\text{In}_2\text{Se}_3/\text{WSe}_2$ 垂直异质结构中, 作者观察到可切换二极管效应和非易失性存储现象. 这种器件为探索二维铁电材料在信息存储中的应用提供了一种新的途径.

Wu 等人的文章 “A study on ionic gated MoS_2 phototransistors” 研究了基于电解质栅控的二硫化钼 (MoS_2) 晶体管光电性能. 实验结果表明, 电解质材料作为栅介质为 MoS_2 晶体管提供了强大的栅控能力, MoS_2 沟道材料和接触电极之间的肖特基势垒高度可以有效地从 11 meV 调制为 179 meV. 仿真结果表明光电流主要产生于肖特基结区中. 该器件具有 2.68×10^4 A/W 的高响应度和 9.6×10^{10} Jones 的灵敏度, 结果证明电解质门控能够显著提高 MoS_2 晶体管的光电灵敏度.

Wang 等人的文章 “Nonlinear photoresponse of metallic graphene-like VSe_2 ultrathin nanosheets for pulse laser generation” 展示了基于二硒化钒 (VSe_2) 的被动式 Q 开关激光器的脉冲输出. 作者通过液相剥离方法获得了高质量的 VSe_2 薄膜, 其具有为 533.8 J/cm^2 的饱和强度和 9.9% 的调制深度. 将 VSe_2 薄膜集成于镜掺杂的光纤激光器腔内, 可以得到稳定的被动式 Q 开关激光器. 研究结果表明, VSe_2 具有出色的非线性光学特性和光电响应, 并且有潜力应用于脉冲激光器.

二维过渡金属氯化物 (MOCl , $M = \text{Fe}, \text{Cr}, \text{V}, \text{Ti}, \text{Sc}$) 有着夹在两层氯离子之间的金属 - 氧平面三明治结构, 具备许多奇特的材料性能. Yan 等人的文章 “Chemical vapor deposition synthesis of two-dimensional freestanding transition metal oxychloride for electronic applications” 通过化学气相沉积的方法合成了具有不同厚度的 VOCl 薄膜, 并展示了它们在半导体器件中的应用前景. 所制备的 VOCl 忆阻器件表现出低功耗和优异的器件可靠性, 并且可用于模拟突触可塑性的抑制和增强行为.