

物理所等在电子级二维半导体与柔性电子器件研究中取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/11298.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！

在半导体器件不断小型化和柔性化的趋势下，以二硫化钼（ MoS_2 ）等过渡金属硫属化合物（TMDC）为代表的二维半导体材料显示出独特优势，具有超薄厚度（单原子层或少原子层）和优异的电学、光学、机械性能及多自由度可调控性，使其在未来更轻、更薄、更快、更灵敏的电子学器件中具有优势。然而，现阶段以器件应用为背景的单层二硫化钼研究仍存在两个关键问题：材料制备，即如何获得高质量大尺度的二硫化钼晶圆；器件工艺，即如何实现高密度、高性能、大面积均一的器件加工，这是新型半导体材料从实验室走向市场要经历的共性问题，若能解决其高质量规模化制备和集成器件性能调控的关键科学障碍，将推动二维半导体材料的应用发展进程，给柔性电子产业注入新的发展动力。

中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心研究员张广宇课题组致力于高质量二维材料的外延、能带调控、复杂结构叠层、功能电子器件和光电器件的研究。近期，该组博士生王琴琴等在张广宇的指导下，利用自主设计搭建的四英寸多源化学气相沉积设备，采用立式生长方法在蓝宝石衬底上外延制备四英寸高质量连续单层二硫化钼晶圆，所外延的高质量薄膜由高定向（ 0° 和 60° ）的大晶粒（平均晶粒尺寸大于 $100\ \mu\text{m}$ ）拼接而成。在高定向的薄膜中，高分辨透射电子显微镜观测到近乎完美的4E型晶界。得益于多源设计，所制备的晶圆具有目前国际上报道中最高的电子学质量。相关研究成果于近期发表在 *Nano Letters* 2020 上。

在上述研究的基础上，该组博士李娜等在张广宇、副研究员杨蓉的指导下，优化一系列器件加工工艺，包括：采用兼容的微加工工艺，逐层制作器件，保证器件层与层间的洁净，实现器件阵列加工的大面积均一性；采用独特的物理吸附与化学反应相结合的原子层沉积方法，提高器件绝缘层质量；采用金/钛/金多层结构作为接触电极，有效降低器件的接触电阻。通过优化手段，实现大面积二硫化钼柔性晶体管及逻辑器件（如反相器、或非门、与非门、与门、静态随机存储器以及五环振荡器等）的制作，器件表现出优异的功能特性。其中，柔性场效应晶体管器件密度可达 1518 个/平方厘米，产量达 97% ，是目前已报道结果中的最高指标。此外，单个器件还表现出优异的电学性能和柔韧性，开关比达到 10^{10} ，平均迁移率达到 $55\ \text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ ，平均电流密度为 $35\ \mu\text{A}\ \mu\text{m}^{-1}$ 。相关研究结果于近期发表在 *Nature Electronics* 2020 上。

上述两项研究实现二硫化钼柔性晶体管器件及逻辑器件的高密度集成，为大面积柔性电子器件的发展提供新的思路与技术基础，预计可有效推动二维半导体材料在柔性显示屏、智能可穿戴器件方面的应用。研究工作由物理所和松山湖材料实验室联合完成，并得到国家自然科学基金、国家重点研发计划、中科院战略性先导科技专项（B类）和青年创新促进会等的资助。

论文链接：[1](#)、[2](#)

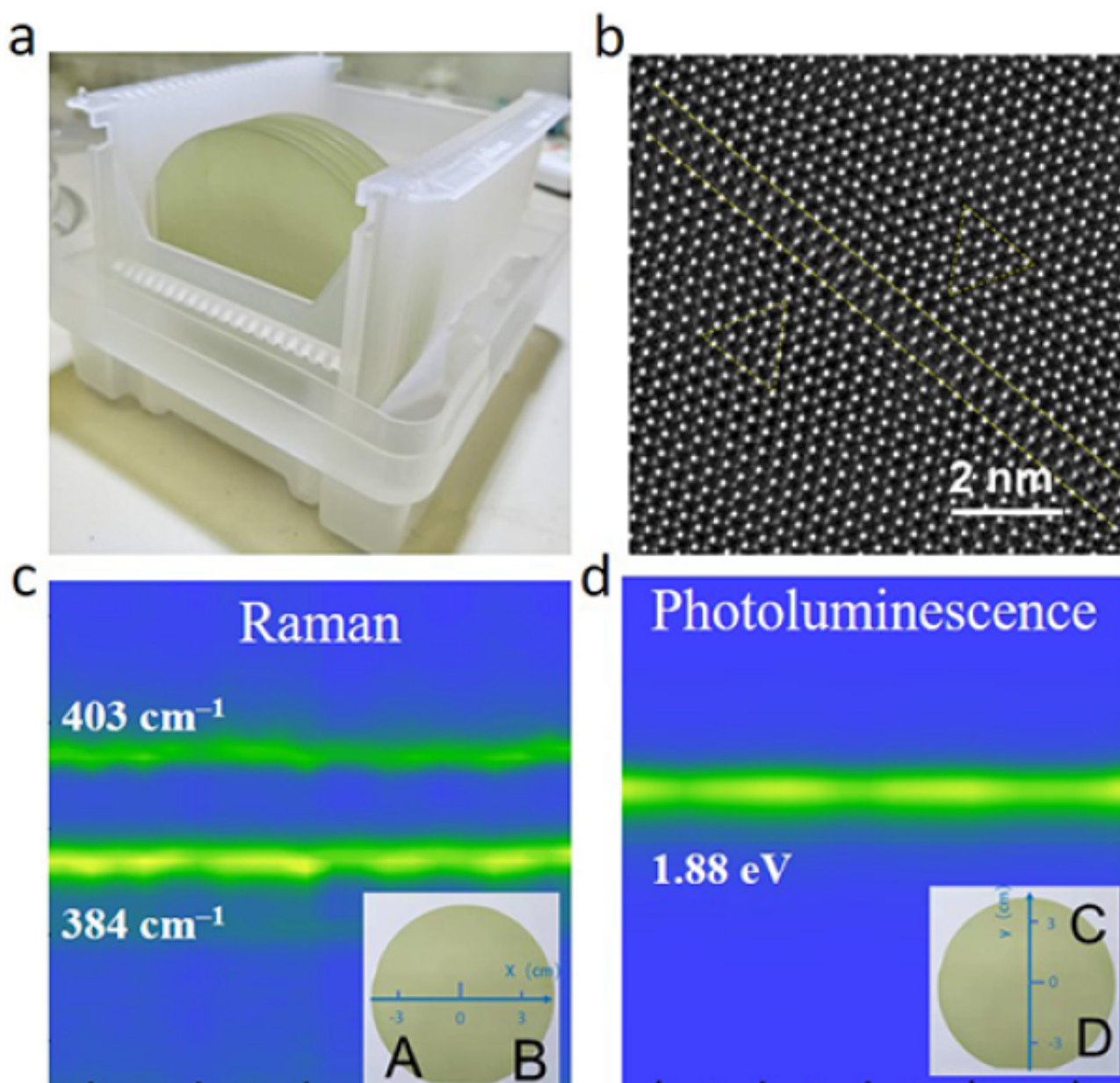


图1.四英寸高定向单层二硫化钼外延晶圆

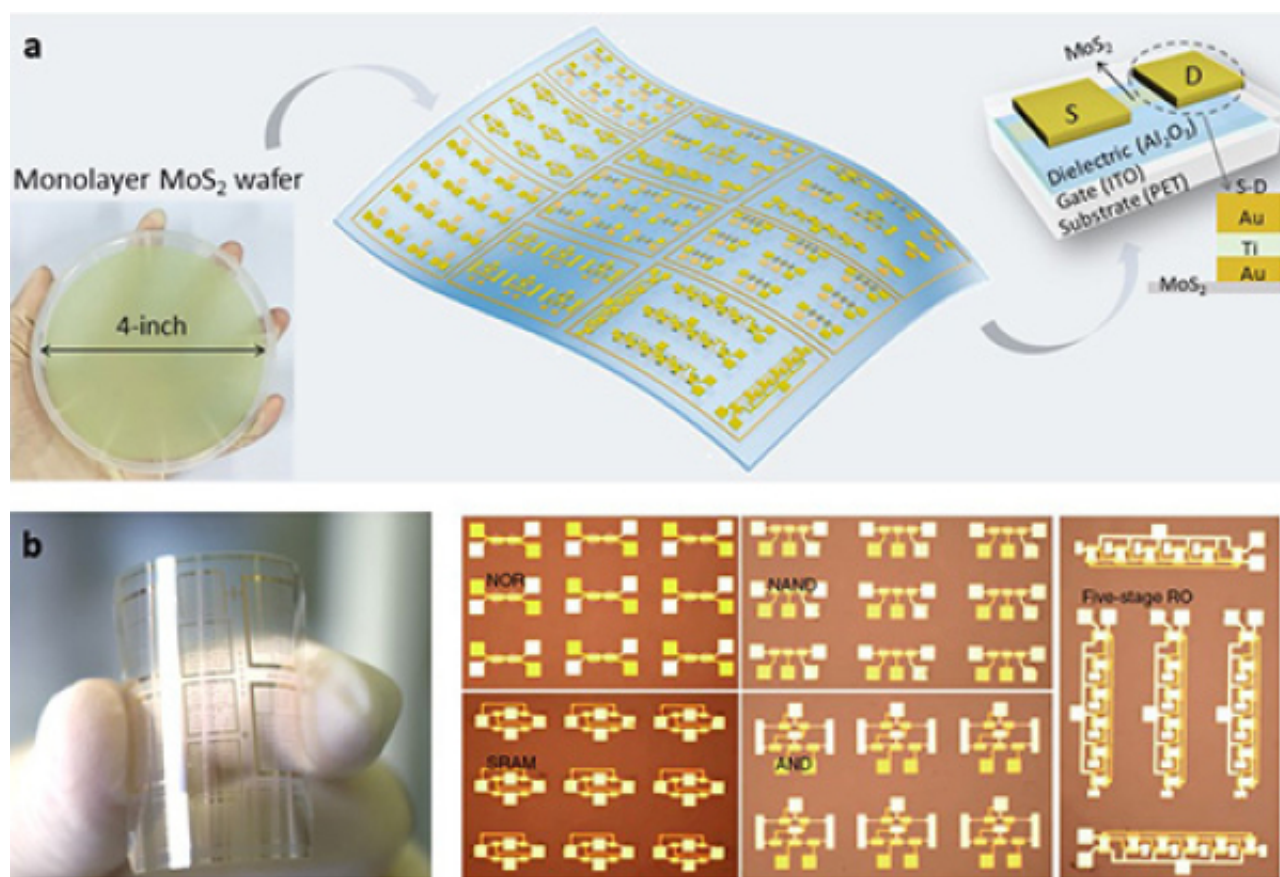


图2.大面积二硫化钼柔性晶体管与柔性逻辑器件集成

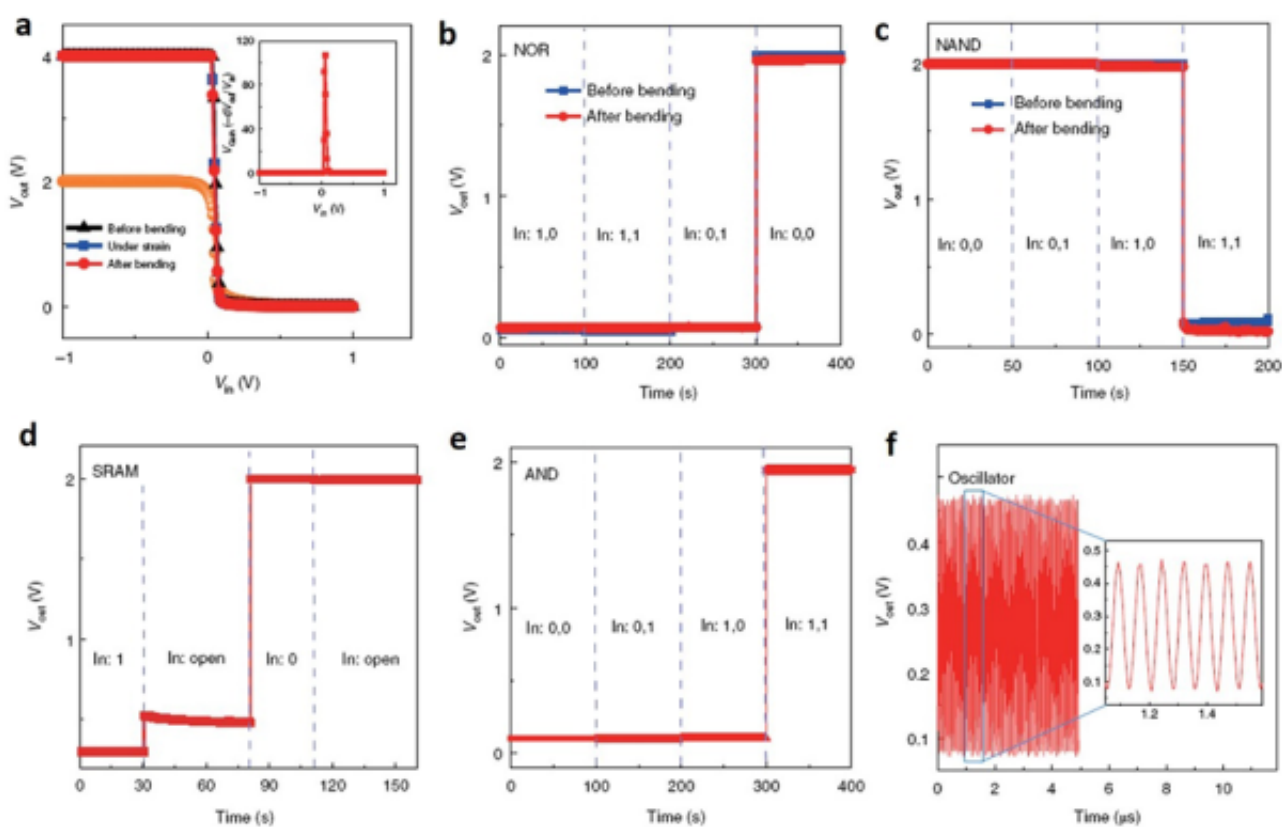


图3.二硫化钼柔性反相器、或非门、与非门、与门、静态随机存储器以及五环振荡器

研究团队单位：物理研究所

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