激光“纳米炸弹”实现二维材料中气泡缺陷无损消除

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/41368.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！

激光“纳米炸弹”实现二维材料中气泡缺陷无损消除。 导读

近期，清华大学精密仪器系白本锋、孙洪波教授团队在期刊Light: Advanced Manufacturing发表了题为Laser optothermal nanobomb for efficient flattening of nanobubbles in van der Waals materials的研究论文。

该研究提出了一种利用激光光热效应的二维材料中纳米气泡等缺陷高效、无损展平的新方法。该方法利用连续激光辐照诱导的光热相变机制与应力拉伸效应，首次实现了在约50毫秒时间尺度内对二维材料中纳米气泡的非接触、无损、快速修复，能够在常温常压环境下与现有光学加工平台无缝集成，极大地拓展了二维材料在下一代高性能光电器件中的应用潜力。

二维材料，如过渡金属硫族化合物，因其优异的电学、光学和力学性能，在下一代芯片级光电器件中展现出巨大潜力。然而，在其制备与转移过程中，不可避免地会形成纳米气泡等缺陷。这些纳米气泡虽小，却会显著改变材料的局域介电环境、应变状态和载流子迁移率，严重影响器件的性能与可靠性。目前，尚缺乏有效的后处理方法在器件制备后消除这些纳米气泡，成为制约二维材料器件发展的关键瓶颈。

白本锋、孙洪波教授团队在对纳米气泡形成机理深入研究的基础上，提出了一种基于激光光热效应的纳米气泡展平技术。该方法利用连续激光照射纳米气泡区域，通过光热效应引发气泡内容物的相变，并在材料表面形成微小的牺牲破裂区，使气泡内的物质在压力差作用下逸出，从而实现纳米气泡的高效平整。该方法无需引入任何外来材料或涂层，也无需接触样品，可在常温常压下实现快速、无损的缺陷修复，且处理后的材料在光致发光和拉曼光谱中表现出完好的本征光电性能。

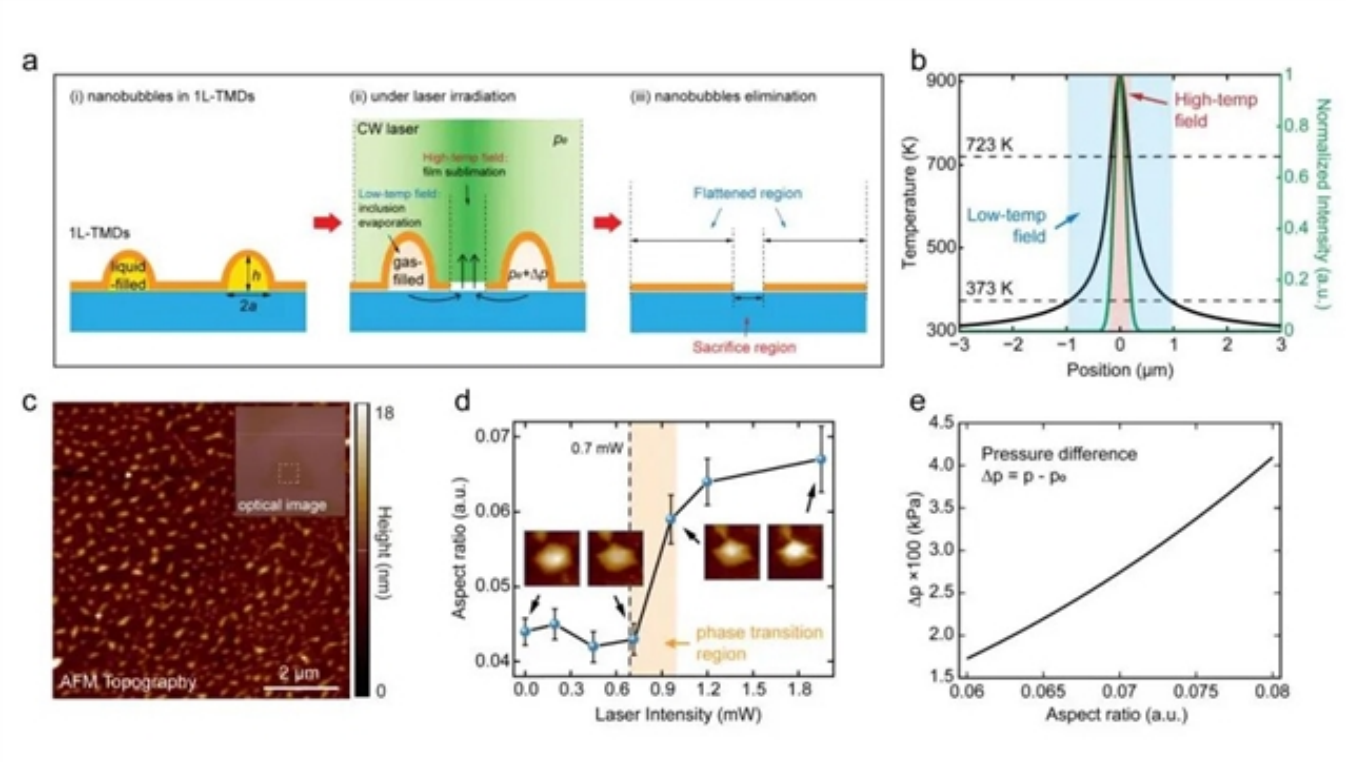


图1：LOTB原理示意图

具体而言，当聚焦的532纳米连续激光照射单层二硫化钼薄膜时，会在照射区域形成高温区和低温区。高温区使材料局部升华形成牺牲破裂区，低温区则使气泡内的液态内容物蒸发为气体，并在压力差驱动下从破裂区逸出。在此过程中，还伴随着激光诱导的应力拉伸效应，进一步促进薄膜的平整。

通过调控激光光场，团队还发展了双光束级联LOTB和多脉冲LOTB策略，有效扩大了处理区域并提升了平整效果。

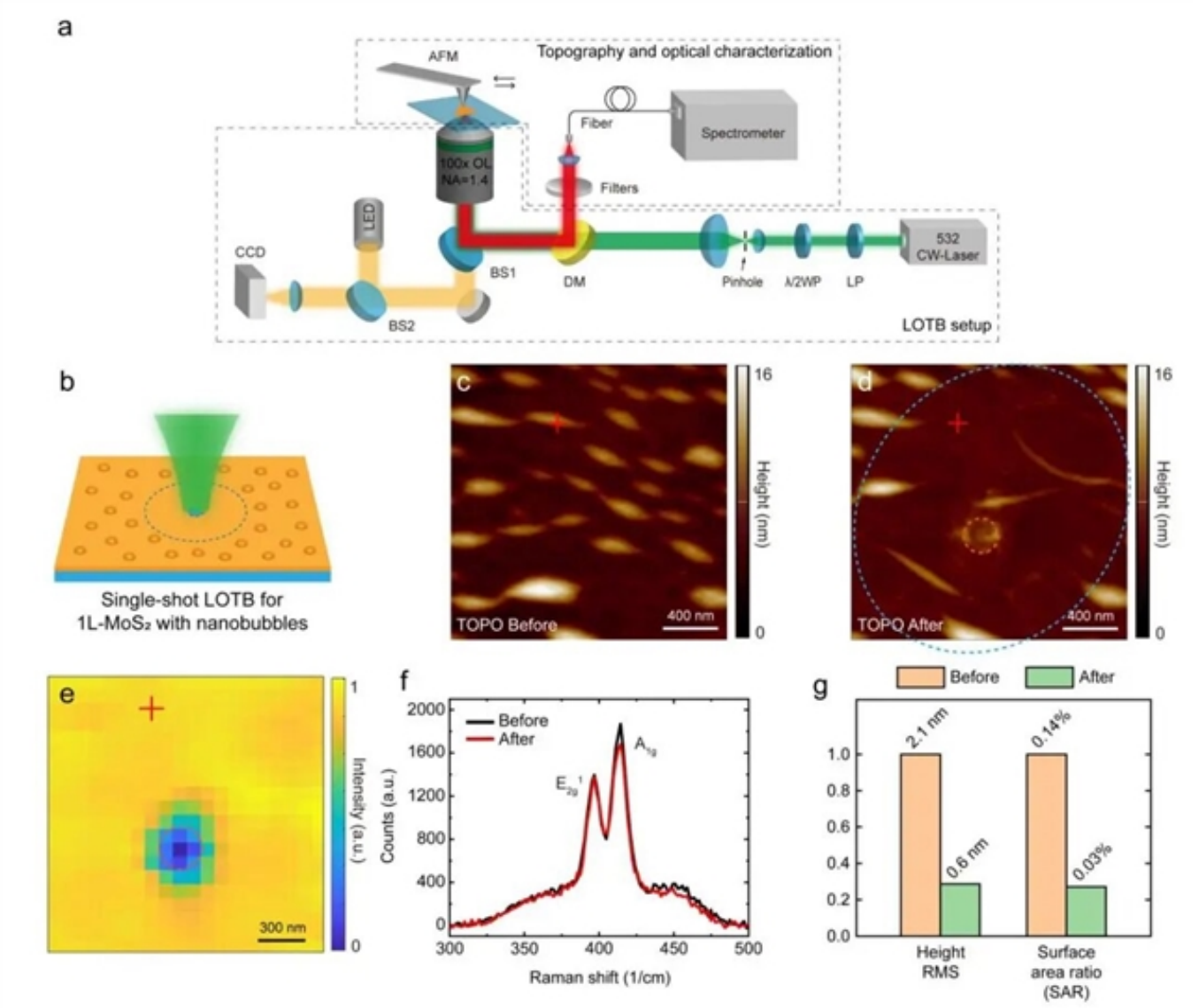


图2：1L-MoS2中纳米气泡单次LOTB消除效果

这种由清华大学团队原创的激光光热展平方法，对于二维材料缺陷修复具有里程碑意义，解决了长期制约二维材料器件性能与可靠性的纳米气泡难题。实验测试表明，该方法具有一系列先进技术性能指标：在约50毫秒的时间内可将单层二硫化钼薄膜的表面粗糙度降低70%以上；处理后的区域光电性能完好，光致发光和拉曼光谱未见明显变化；具有良好的长期稳定性，处理后的区域在13个月后仍保持平整。此外，团队进一步发展了双光束嵌套与多光束LOTB策略，实现了约6微米范围内、效率达83%的大面积可控气泡消除，展现出该方法在高通量修复方面的潜力。这些性能保证了该方法在二维材料器件的大规模制备中具有突出优势。

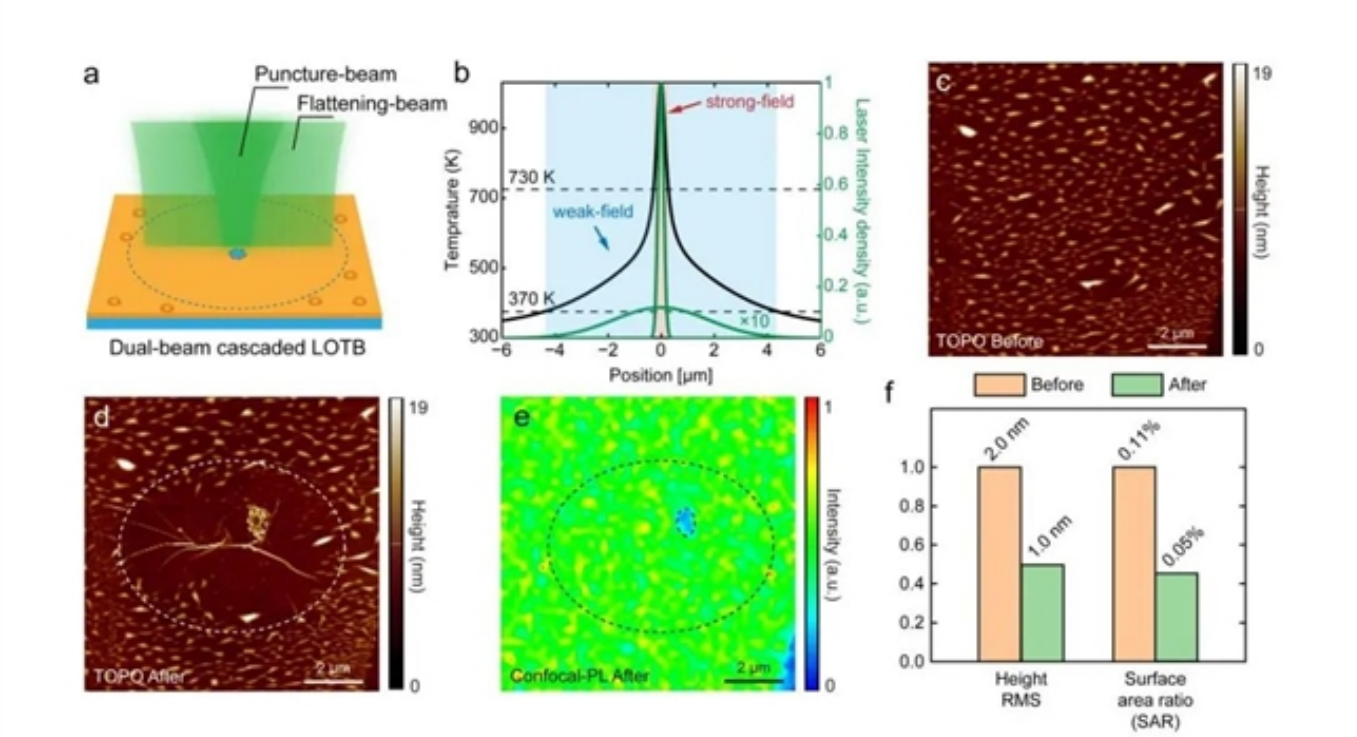


图3：双光束级联LOTB

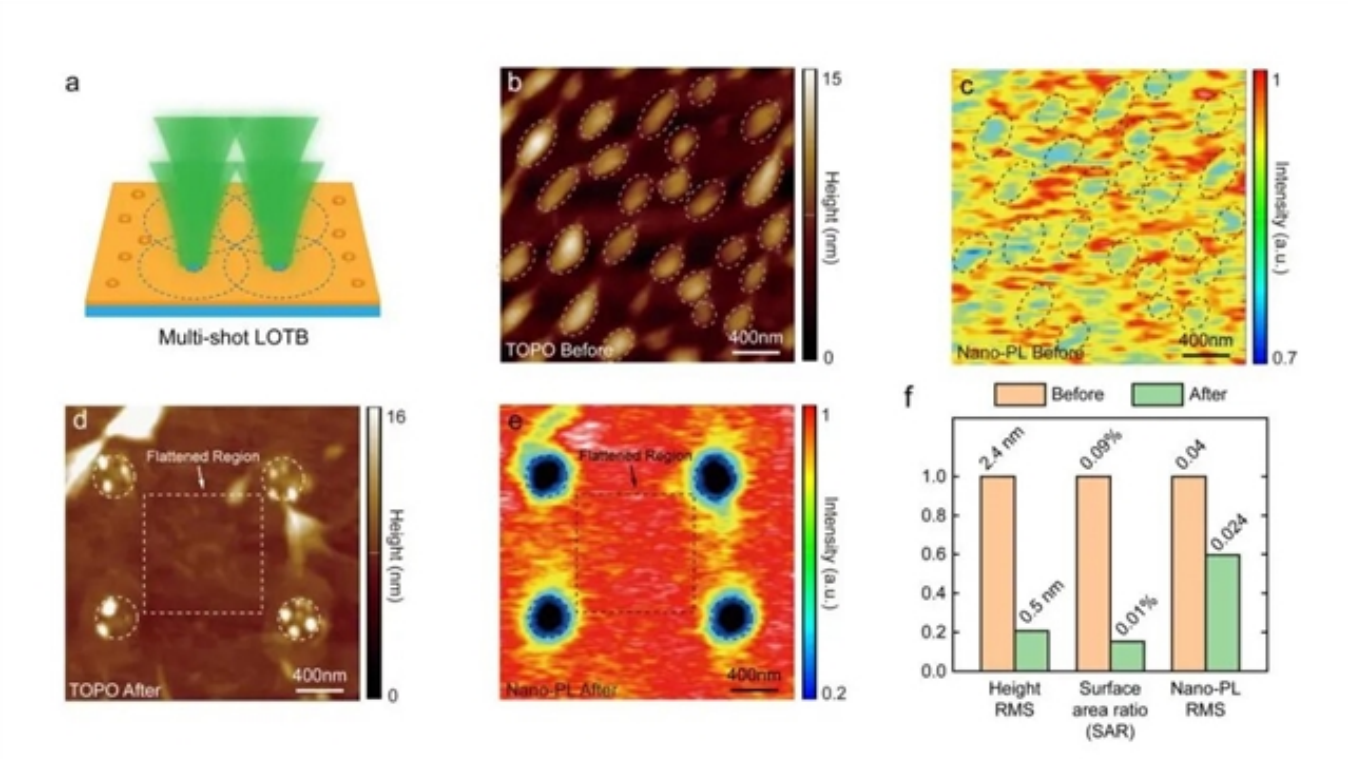


图4：多脉冲LOTB

总结与展望

该研究工作展示了一种全新的二维材料纳米缺陷修复原理和技术，能够同时实现高效率平整、无损光电性能、高精度控制和优异长期稳定性，同时具有高工艺兼容性，能够在常温常压环境下为二维材料器件提供可靠的缺陷修复方案，极大地拓展了高性能二维材料器件在下一代半导体领域的应用前景。（来源：先进制造微信公众号）

相关论文信息：https://doi.org/10.37188/lam.2026.007

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“ 来源 ”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费等事宜，请与我们接洽。
作者：白本锋等 来源：《光：先进制造》

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转发