
硅基超高亮度Micro-LED微显示芯片制造

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/31900.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！

硅基超高亮度Micro-LED微显示芯片制造。 导读

随着显示科技创新的加速推进及虚拟现实（VR）和增强现实（AR）等微型显示应用的兴起，微型化和高度集成化成为显示技术发展的新趋势。在此背景下，基于微型发光二极管（Micro-LED）的显示技术应运而生，填补了传统微显示技术在分辨率和亮度等关键指标上的短板，被公认为下一代微显示技术的重要发展方向。

作为最重要的直接带隙光电半导体，氮化镓（GaN）具有高热导率、高击穿场强和高饱和电子漂移速率等优良特性，是Micro-LED微显示技术开发的关键材料平台。目前，基于GaN的Micro-LED微显示技术已经成为全球学术研究和产业开发的热点，但由于材料晶体质量限制以及芯片微缩化后侧壁损伤所带来的性能急剧衰减，现有的Micro-LED微显示屏在亮度和均匀性方面难以达到实际应用的要求。同时，Micro-LED微显示的规模应用要求对制程良率、器件可靠性、和生产成本严格控制，这使得大尺寸硅衬底GaN晶圆制程技术成为Micro-LED的最佳产业化路线。GaN基Micro-LED晶圆制程难度很大，面临一系列的技术和工艺挑战，目前成功的案例尚鲜有报道。

针对以上难题，湖南大学潘安练教授和李东教授团队联合诺视科技、晶能光电等合作者，成功开发了包括大尺寸高质量硅基Micro-LED外延片制备工艺、非对准键合集成技术和原子级侧壁钝化技术的IC级GaN基Micro-LED晶圆制造技术，在硅衬底GaN外延片上实现了目前公开报道最高亮度的绿光Micro-LED微显模组。

相关结果以Ultra-high brightness Micro-LEDs with wafer-scale uniform GaN-on-silicon epilayers为题在Light: Science Applications上发表。

高质量硅基绿光Micro-LED外延材料

硅衬底GaN基Micro-LED外延片具有大尺寸、衬底易剥离、与CMOS工艺兼容等核心优势，被公认为Micro-LED微显示技术的最佳产业化路线。图1a展示了4英寸硅衬底GaN基Micro-LED外延片的实物照片和结构示意图，研究团队开发了一种Ga原子表面活性剂辅助生长方法，在1100 中等温度条件下生长高质量AlN缓冲层，并制备出具有低位错密度（ $\sim 5.25 \times 10^8 \text{cm}^{-2}$ ）、低翘曲（16.7 μm ）和优良波长均匀性（标准差0.939 nm）的绿光Micro-LED外延结构（如图1b-1d）。该技术已成功拓展至6、8及12英寸硅衬底GaN晶圆。

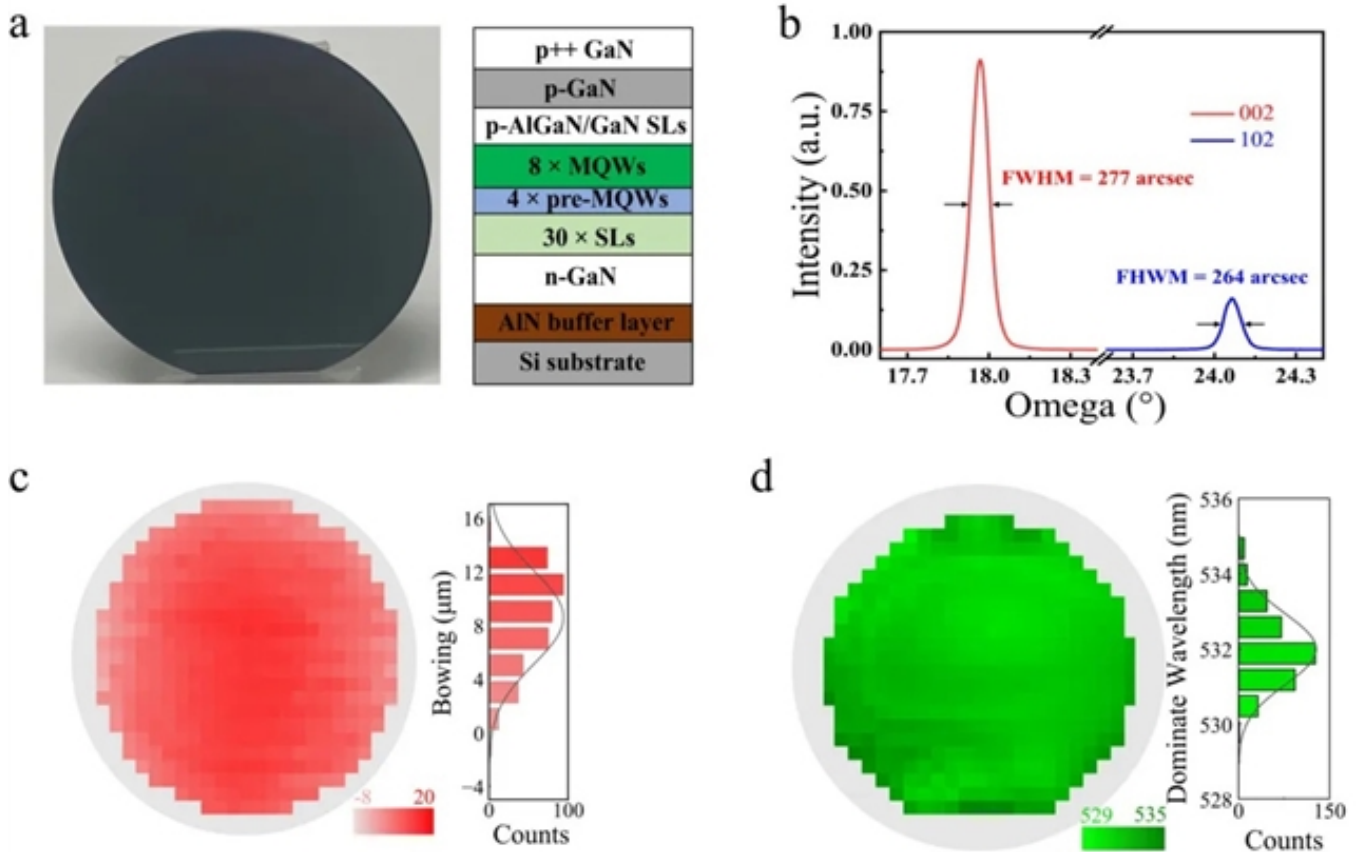


图1：(a) 4英寸外延片实物图及外延结构示意图；(b) GaN (002) / (102) 双晶的HRXRD摇摆曲线；(c) 和 (d) 分别为外延片翘曲度和光致发光主波长mapping图

超高亮度Micro-LED器件

基于高质量硅衬底GaN基绿光外延材料，研究团队开发了一种Micro-LED侧壁的湿法修复和粗化技术，利用碱性溶液对GaN材料极性面和非极性面的腐蚀速率存在各向异性的特点，成功去除了Micro-LED侧壁刻蚀损伤，并结合原子级侧壁钝化，有效降低了侧壁非辐射复合速率。该技术同时实现了出光面的深亚微米级粗化，有效提升了Micro-LED的光提取效率。如图2所示结果表明，湿法修复和粗化技术实现了Micro-LED亮度的大幅提升。像素尺寸为5 μm的Micro-LED微显示阵列最高发光亮度可达1000万尼特。

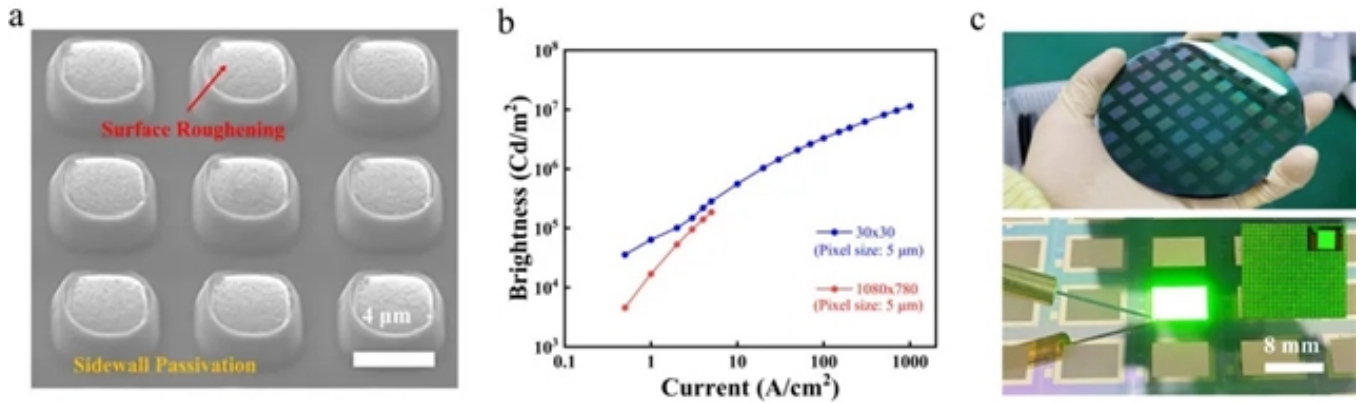


图2：（a）侧壁钝化处理后的发光像素SEM图；（b）Micro-LED器件亮度曲线图；（c）晶圆级光刻像素后的实物图（上），Micro-LED显示屏点亮照片（下），插图为30 × 30发光像素矩阵

高分辨率、高均匀性Micro-LED微显示屏

研究团队进一步开发了垂直非对准键合集成技术，成功构建了与硅基CMOS紧密集成的可独立寻址的Micro-LED显示芯片，0.39英寸显示屏具有优异的亮度均匀性，标准差仅为720 Cd/m²(2.2%)，像素密度高达3400 PPI，实现了图片和视频的高清显示。

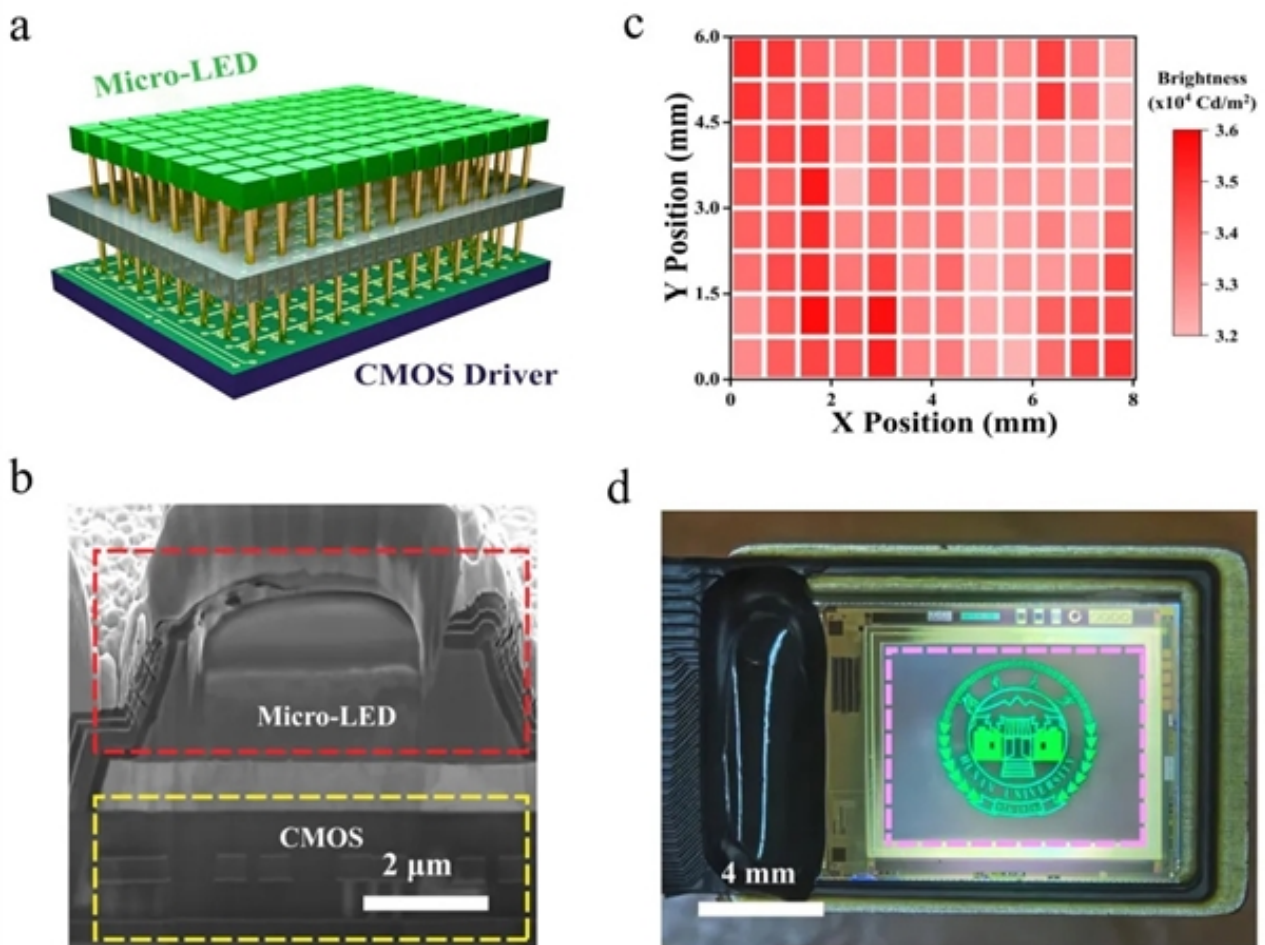


图3：(a) Micro-LED与CMOS驱动集成示意图；(b) 芯片像素单元FIB测试剖面图；(c) 0.39英寸显示屏亮度均匀性mapping图；(d) 湖南大学logo照片高清显示效果图。

总结与展望

本工作基于高质量的硅衬底GaN基Micro-LED外延材料，开发了包括湿法处理技术、原子级钝化技术和垂直非对准键合技术的IC级Micro-LED晶圆制程，成功制备出超高亮度的Micro-LED微显矩阵和与硅基CMOS集成的Micro-LED微显示屏，为高亮度GaN基Micro-LED微显示的规模化制造和应用提供了重要支撑。（来源：中国光学微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-024-01639-3>

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事宜，请与我们联系。

作者：潘安练等 来源：《光：科学与应用》

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