
适用于溶液处理材料的通用高分辨率微图案化技术

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/35112.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！

适用于溶液处理材料的通用高分辨率微图案化技术。 导读

随着增强现实（AR）、虚拟现实（VR）和智能穿戴设备的快速发展，高亮度、高分辨率、低功耗的微LED显示技术成为行业焦点。微LED（通常指尺寸小于100微米的LED）凭借其超高对比度、快速响应和长寿命等优势，被视为下一代显示技术的核心。然而，实现全彩微LED显示的关键挑战在于如何高效、精准地将量子点（QD）等光转换材料集成到微米级像素中。

目前主流量子点图案化技术（如喷墨打印、电液动力打印）面临分辨率受限（、工艺复杂、材料兼容性差等问题。传统光刻技术虽能实现高分辨率，但需使用化学溶剂或高温处理，易损伤量子点的光学性能。此外，多色量子点的逐层集成难度大，限制了全彩显示的制造效率。

近日，华盛顿大学Lih Y Lin教授团队提出了一种基于干法剥离的高分辨率光刻技术，成功在4英寸晶圆上实现了量子点薄膜的微米级图案化，该成果以A universal high-resolution micro-patterning technique for solution-processed materials为题发表于Light: Advanced Manufacturing。该技术利用聚对二甲苯作为缓冲层，结合光刻与机械剥离，无需化学溶剂即可精准移除多余量子点，分辨率达1微米，且能兼容钙钛矿量子点（PQD）、CdSe/ZnS量子点等多种材料。通过重复工艺，团队首次在同一基底上集成红绿双色量子点阵列，并验证了其蓝光LED背板的兼容性，为高分辨率全彩微LED显示提供了通用解决方案。

小百科1：什么是干法剥离技术？

干法剥离技术是一种无溶剂、纯机械的图案化工艺。其核心步骤为：在基底上沉积聚对二甲苯缓冲层，通过光刻定义图案并刻蚀缓冲层；随后沉积量子点溶液，待成膜后直接机械剥离缓冲层，仅保留目标区域的量子点。该技术避免了传统湿法剥离中化学溶剂对量子点的侵蚀，同时保留了材料的高荧光量子产率和窄发射线宽，为高性能光电器件奠定了基础。

小百科2：为什么量子点是光转换材料的明星？

量子点（Quantum Dots, QDs）是一种纳米级半导体材料，其独特的光学性能源于量子限域效应：当材料尺寸接近电子波函数尺度时，能带间隙随尺寸变化而可调。例如，钙钛矿量子点（CsPbBr₃）通过调控晶格尺寸，可精准发射从蓝光到红光的窄谱光（半高宽<20 nm），且荧光量子产率超90%。

与传统磷光体相比，量子点兼具高色纯度、溶液加工性和稳定性，是微LED显示中理想的光转换

材料。通过图案化技术将其集成于蓝光LED背板，可高效转换出红绿光，无需复杂芯片转移工艺，为全彩显示提供低功耗、高分辨率的解决方案。

设计思路与工艺流程

团队设计的关键步骤如图1所示：

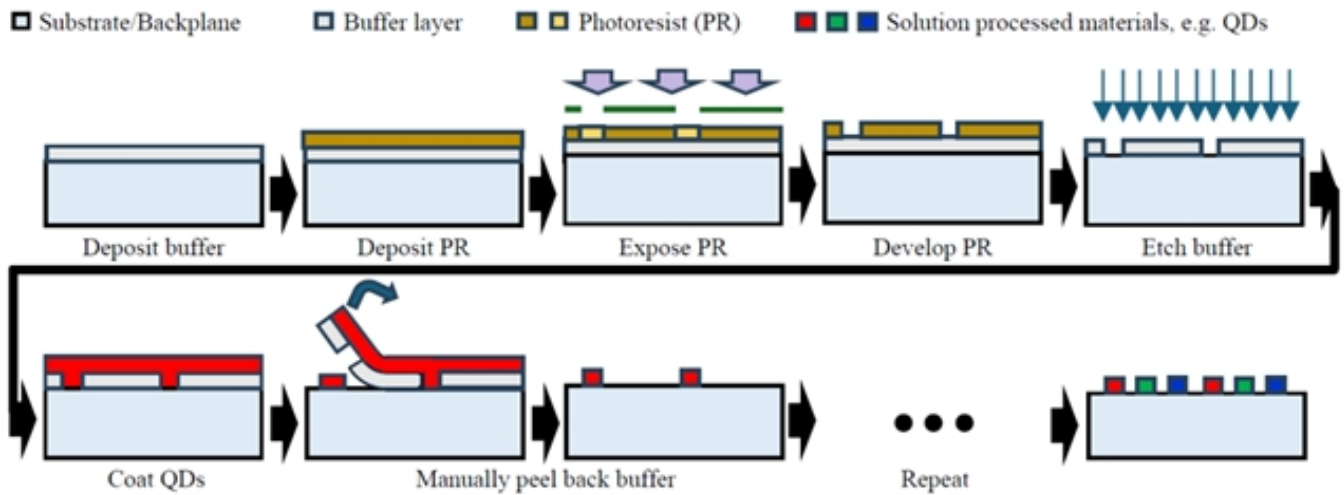


图1：干法剥离技术流程示意图

首先在清洁基底上化学气相沉积（CVD）聚对二甲苯层作为缓冲层，然后光刻定义图案，并等离子刻蚀转移至缓冲层，再滴铸量子点溶液形成均匀薄膜，最后机械剥离，撕除缓冲层，仅保留图案化量子点。该流程可循环进行，实现多色量子点的逐层集成。

高分辨率与晶圆级加工验证

团队在4英寸玻璃晶圆上制备了1-10微米不同尺寸的量子点像素阵列（图2）。荧光显微镜显示，钙钛矿量子点（CsPbBr₃）的发光峰位于517 nm，半高宽仅19.5 nm，量子产率高达93.6%，证实工艺对光学性能的完美保留。此外，通过原子力显微镜（AFM）表征，图案边缘清晰，宽度（1.2 μm）和厚度（约180 nm）均匀。

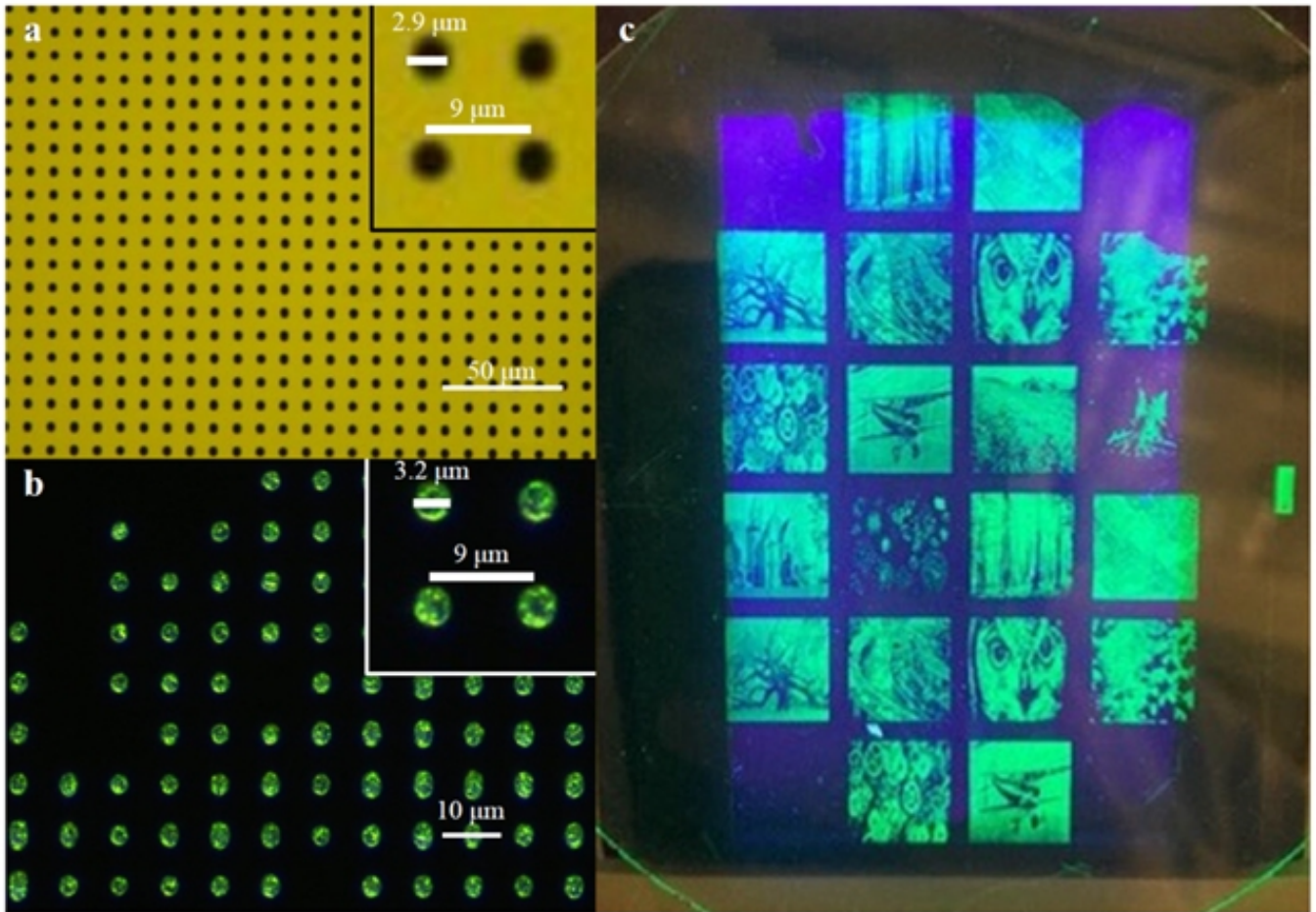


图2：（a）光刻胶显影后的晶圆显微图；（b）绿色量子点图案荧光图；（c）紫外灯下的全晶圆图案

多色集成与LED兼容性

通过重复工艺，团队在单一基底上成功集成红色CdSe/ZnS与绿色CsPbBr₃量子点。进一步将图案化量子点直接制备于蓝光GaN LED阵列上，验证了其作为色彩转换层的可行性。铝黑矩阵层有效阻挡背光泄漏，实现了高对比度的绿光发射。

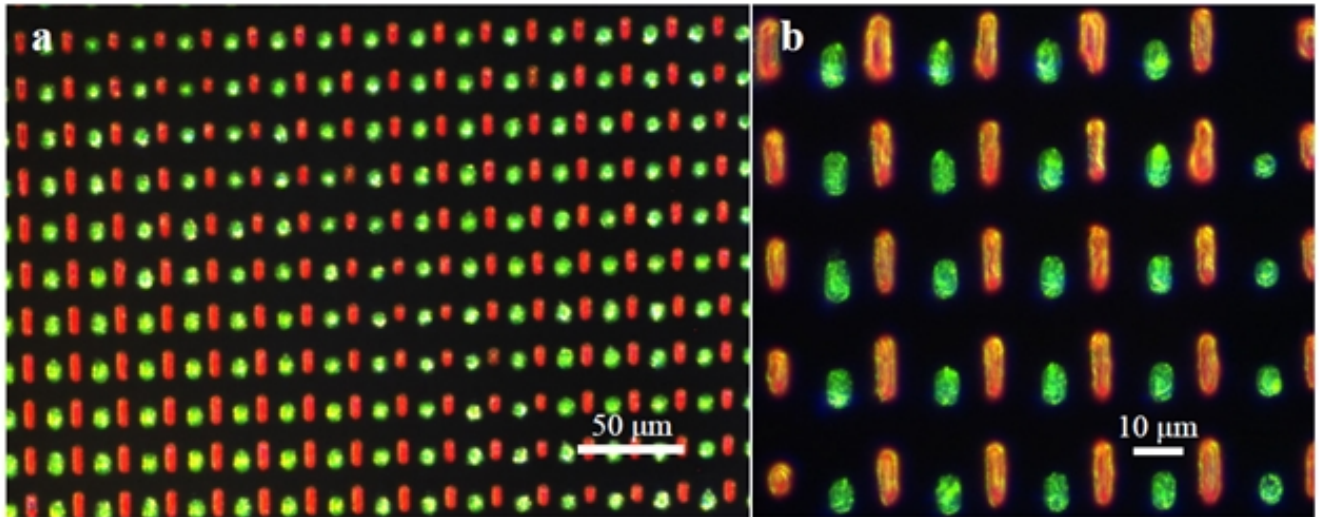


图3：红绿双色量子点集成荧光显微图

总结与展望

尽管该技术已实现1微米分辨率，但进一步突破需优化光刻设备极限；当前工艺对基底平整度要求较高，未来需开发适用于柔性器件的兼容方案。此外，拓宽量子点材料种类（如无毒的InP量子点）和提升图案化速度，将是推动产业化应用的关键。（来源：先进制造微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.37188/lam.2025.015>

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：Lih Y Lin 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](https://www.iikx.com)转发