

水平侧向外延破局硅基单片集成光子晶体激光器

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/41091.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！

水平侧向外延破局硅基单片集成光子晶体激光器。 导读

III-V族化合物半导体光子晶体激光器凭借小尺寸和低功耗的特点，在未来片上光互连系统中拥有巨大应用潜力。以传统垂直外延方式生长制备的光子晶体激光器虽实现了优异性能，但光子晶体薄膜的制备需要复杂的衬底掏空或者薄膜转移工艺，器件结构稳定性差。同时，水平的量子阱光增益层通常布满整个腔体，被刻蚀气孔穿透后载流子非辐射复合显著增加，泵浦效率难以提高。

中山大学韩羽、余思远团队将整个过程空间旋转90度，利用水平侧向选区外延直接生长包含掩埋式竖直量子阱的磷化铟薄膜、并将量子阱精准放置在激光器微腔的模场最强点而不被与其平行的气孔穿透，完美避免了传统垂直外延方案的两个重大缺点，实现了SOI晶圆上与硅波导层同一平面单片集成的通信波段光子晶体激光器。该工作建立了一整套制备硅基单片集成半导体激光器的创新方法，为未来高密度片上光互连系统提供了单片集成高效率光子晶体激光器的解决方案。

相关研究成果以Monolithic III-V Membrane Photonic Crystal Lasers on SOI using Selective Lateral Heteroepitaxy为题，发表于Light: Science Applications。

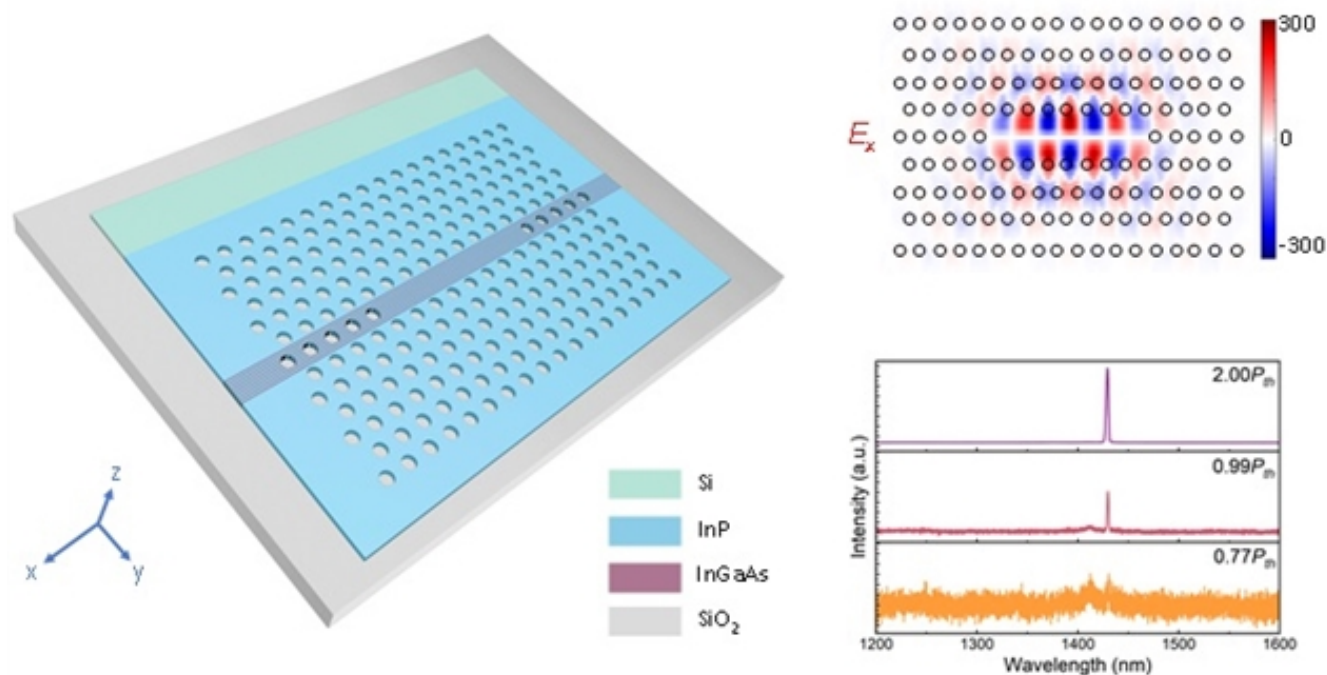


图1：基于侧向选区外延的单片集成III-V族光子晶体激光器

小尺寸、低功耗的III-V族化合物半导体光子晶体激光器是未来片上光互连的理想光源。目前光子晶体激光器都是通过传统的垂直外延方式生长制备，这一传统生长方式会带来两个问题：一是垂直外延方式难以形成高折射率差结构，使得光子晶体薄膜的制备需要依赖衬底掏空或者薄膜转移工艺，极大增加了工艺复杂度。二是垂直外延方式得到的量子阱有源层会布满整个腔体平面，因此所有的气孔都会刻蚀穿透有源层，造成大量的无效泵浦区域以及额外的表面非辐射复合，严重制约泵浦效率。尽管可通过键合、二次生长等方案解决这些问题，但基于垂直外延的解决方案总体来说需要复杂且往往不兼容的制备流程，成本高昂且不利于量产。传统光子晶体激光器制备方法均采用III-V族衬底外延或硅基异质键合的方法制备，鲜有通过硅基直接外延实现单片集成的方案。

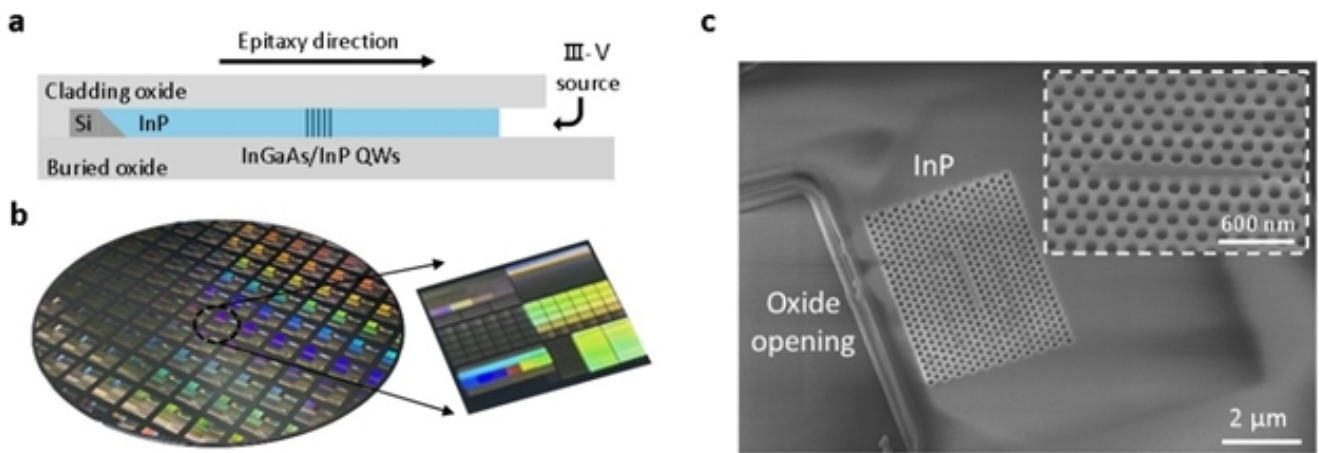


图2：侧向选区外延示意图及晶圆器件实物图

中山大学韩羽、余思远团队利用创新的水平侧向选区外延方法，在SOI硅光晶圆上制备的单片集成III-V族光子晶体激光器实现了通信波段低阈值单模激射。该项研究的主要亮点包括：

硅基单片集成：在金属有机物化学气相沉积系统（MOCVD）中对商业流片得到的SOI外延模板进行与硅波导层共平面的水平侧向选区外延，实现硅基高质量磷化铟（InP）薄膜大批量生长。生长得到的磷化铟薄膜上下由氧化硅包裹，无需悬空结构即可实现强光场限制，大幅提高了器件的结构稳定性。化合物半导体与硅层共平面等厚度，易于实现二者间高效光耦合。

有源区精准控制：在磷化铟薄膜的水平生长过程中，基于铟镓砷（InGaAs）/磷化铟的竖直量子阱有源区可生长于薄膜的任意水平位置，实现了有源区位置的精准可控，保证了激光器微腔光场峰值的高度耦合。同时，侧向外延所形成的竖直的量子阱仅占薄膜平面面积的一小部分，可以避免气孔对有源区的刻蚀穿透，从而显著降低有源区表面的非辐射复合、提高泵浦效率。

简单制备工艺：基于水平侧向选区外延方法制备光子晶体激光器只需单步外延，无需悬空结构制备、薄膜转移和掺杂等工艺步骤，工艺复杂度低，有利于全晶圆规模高效低成本制备。

总结与展望

该项研究采用创新的水平侧向选区外延技术，提高了光子晶体激光器的结构稳定性和泵浦效率，

并实现了与硅光波导层共平面的单片集成。该结构展现出实现电泵浦和与硅波导高效光耦合的潜力，为光子晶体激光器的制备提供了新的解决方案。该技术也适用于以水平边发射以及垂直面发射的多种工作模式工作的多种微腔激光器结构，迈出了未来硅基单片集成电泵浦微腔激光器发展及应用的关键一步。（来源：中国光学微信公众号）

论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-025-02074-8>

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：韩羽等 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