
谐振器增强型分布式布拉格反射激光

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/41253.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！

谐振器增强型分布式布拉格反射激光。 导读

集成可调谐激光器是光通信、相干传感、精密测量中的核心器件。分布式布拉格反射（DBR）激光器利用周期性布拉格光栅作为波长选择性反射镜，为实现单频激光输出提供了成熟路径。然而，传统DBR激光器仍面临难以兼顾窄线宽和宽范围不跳模调谐能力的挑战，限制了其在实际高性能光子系统中的进一步应用。近日，香港大学向超教授团队提出了一种谐振器增强型分布式布拉格反射（RE-DBR）激光器架构，将周期性布拉格光栅引入环形谐振器中，使光在多次循环传播过程中等效增强光栅作用长度，从而在紧凑尺寸下提升波长选择性反馈和滤波性能。基于这一谐振器增强布拉格反馈机制，该激光器实现了高相干单频输出、宽范围连续波长调谐以及无需复杂控制的低噪声即开即用运行，为片上稳定可调谐光源提供了一种可扩展、易集成的新方案。相关研究成果以Resonator-enhanced distributed Bragg reflector lasers 为题发表在国际顶尖学术期刊 Light: Science Applications。

研究背景

集成激光器凭借其紧凑性、可扩展性和与片上光子系统的兼容性，已成为光通信、相干传感、精密测量和新一代光子集成技术中的关键器件。特别地，分布式布拉格反射（DBR）激光器利用周期性布拉格光栅提供波长选择性反馈，可实现单频激光输出，是构建片上稳定光源的重要技术路径。在实际应用中，激光器不仅需要具备低噪声和窄线宽，还需要支持宽范围、不跳模的连续波长调谐，并能够以简单可靠的方式运行。然而，传统DBR激光器通常受限于外腔有效长度、调谐效率和器件尺寸之间的权衡，难以同时实现窄线宽、高效调谐和结构紧凑性。与此同时，自注入锁定等方案虽然能够以较紧凑的器件来降低激光噪声，但往往依赖精细的电流控制，增加了控制复杂度并限制了其应用场景。因此，如何在紧凑片上平台中同时实现低噪声、宽范围连续调谐和简单可靠运行，仍然是集成可调谐激光器发展中亟待解决的关键问题。

研究亮点

研究团队提出了一种谐振器增强型分布式布拉格反射（RE-DBR）激光器架构，其核心是在环形谐振器中引入周期性布拉格光栅，形成兼具波长选择性反射与谐振增强效应的片上外腔结构（图1a）。该架构利用光在环形谐振器中的多次循环传播，等效延长布拉格光栅的作用长度，从而在紧凑尺寸下实现超窄带单频反馈的滤波能力。理论分析表明，RE-DBR激光器能够突破传统DBR激光器在线宽和调谐效率之间的固有权衡，在实现更窄线宽的同时保持更高的调谐效率（图1b）。此外，该架构可在较宽的增益电流范围内维持窄线宽输出，无需精细偏置控制即可实现低噪声即开即用运行（图1c）。为验证该设计，研究团队将宽带增益芯片与覆盖布拉格光栅的氮化硅环

形谐振器混合集成，并通过微型加热器实现热光调谐（图1d）。实验结果证实，该RE-DBR激光器具有明确的主反射峰，展现出良好的单波长滤波特性，与理论预期一致（图2c-d），并实现了稳定的单频激光输出、高边模抑制比和低频率噪声（图2f-g）。更重要的是，研究团队进一步展示了该激光器的宽带不跳模调谐能力。通过同步调控环形谐振器和总线波导上的微加热器，激光输出波长能够在保持单模工作的同时连续平滑移动（图3b c-d 左）；作为对比，仅调控单个加热器会导致光谱不连续和多模输出（图3c-d 右）。这一结果说明RE-DBR激光器不仅具有低噪声和紧凑集成优势，还能实现稳定、连续的宽带波长调谐，为相干通信、精密测量等可调谐光源应用提供了关键支撑。

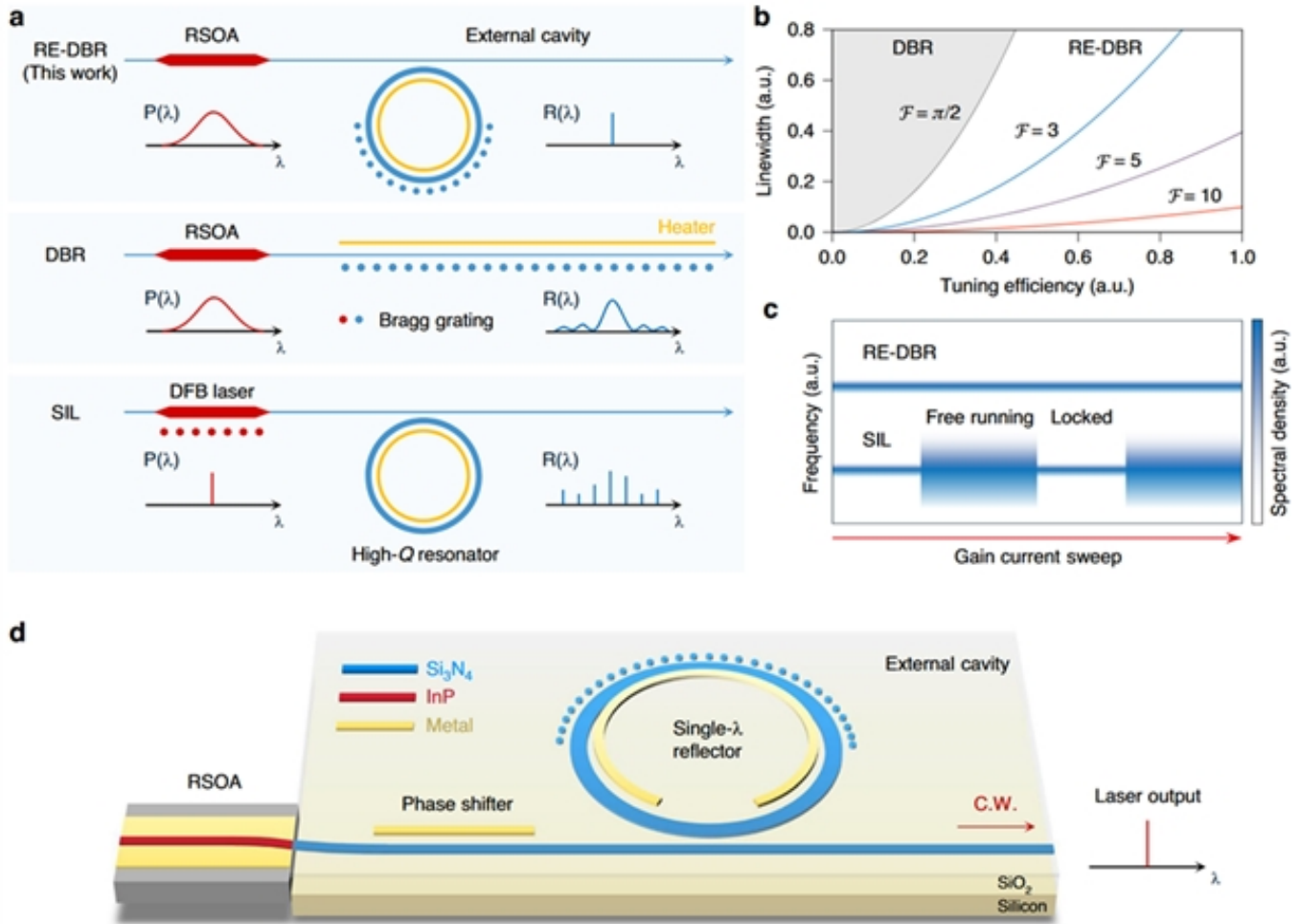


图1：传统的集成激光器结构，RE-DBR激光器结构，和性能权衡示意图

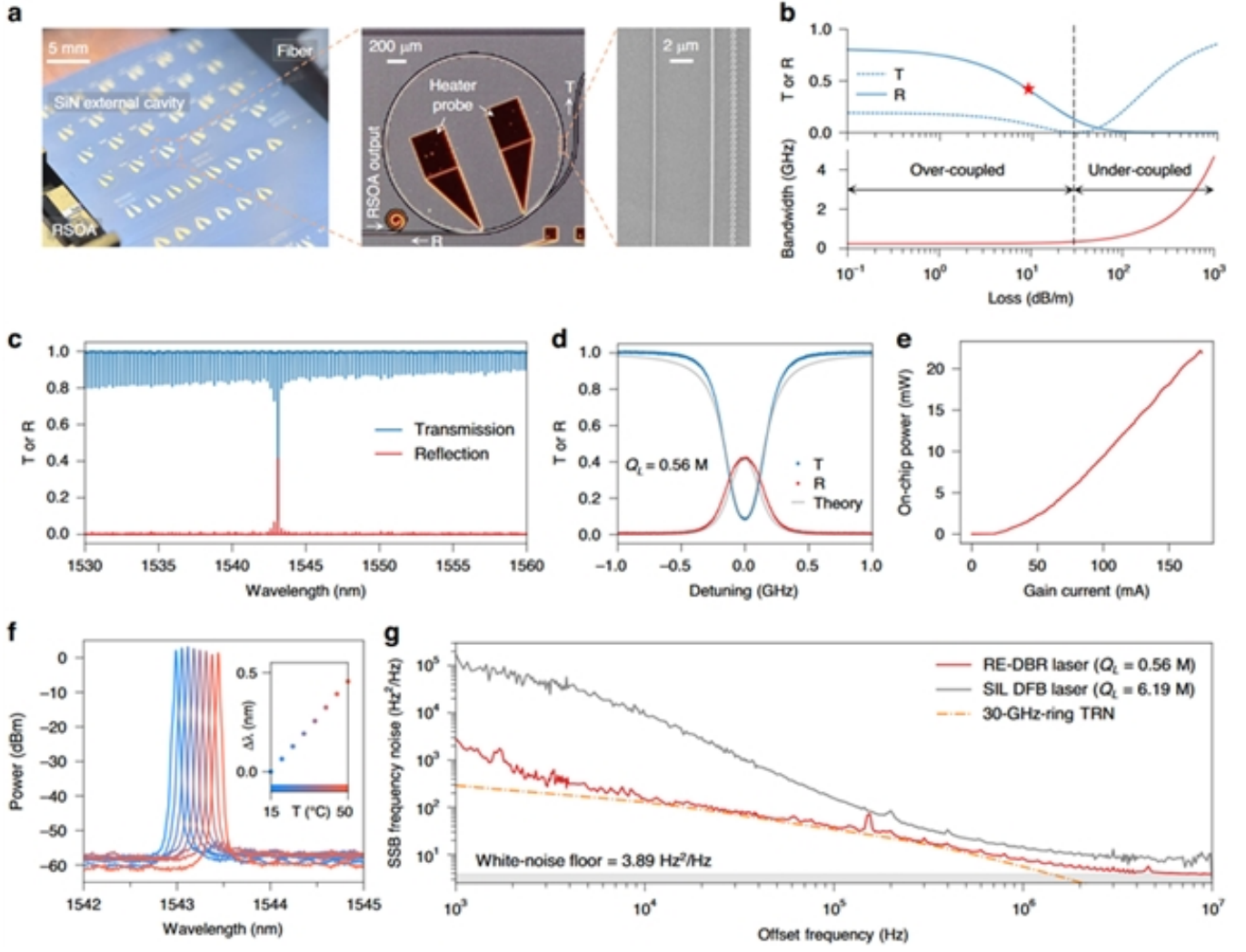


图2：RE-DBR激光器的实验实现和性能表征

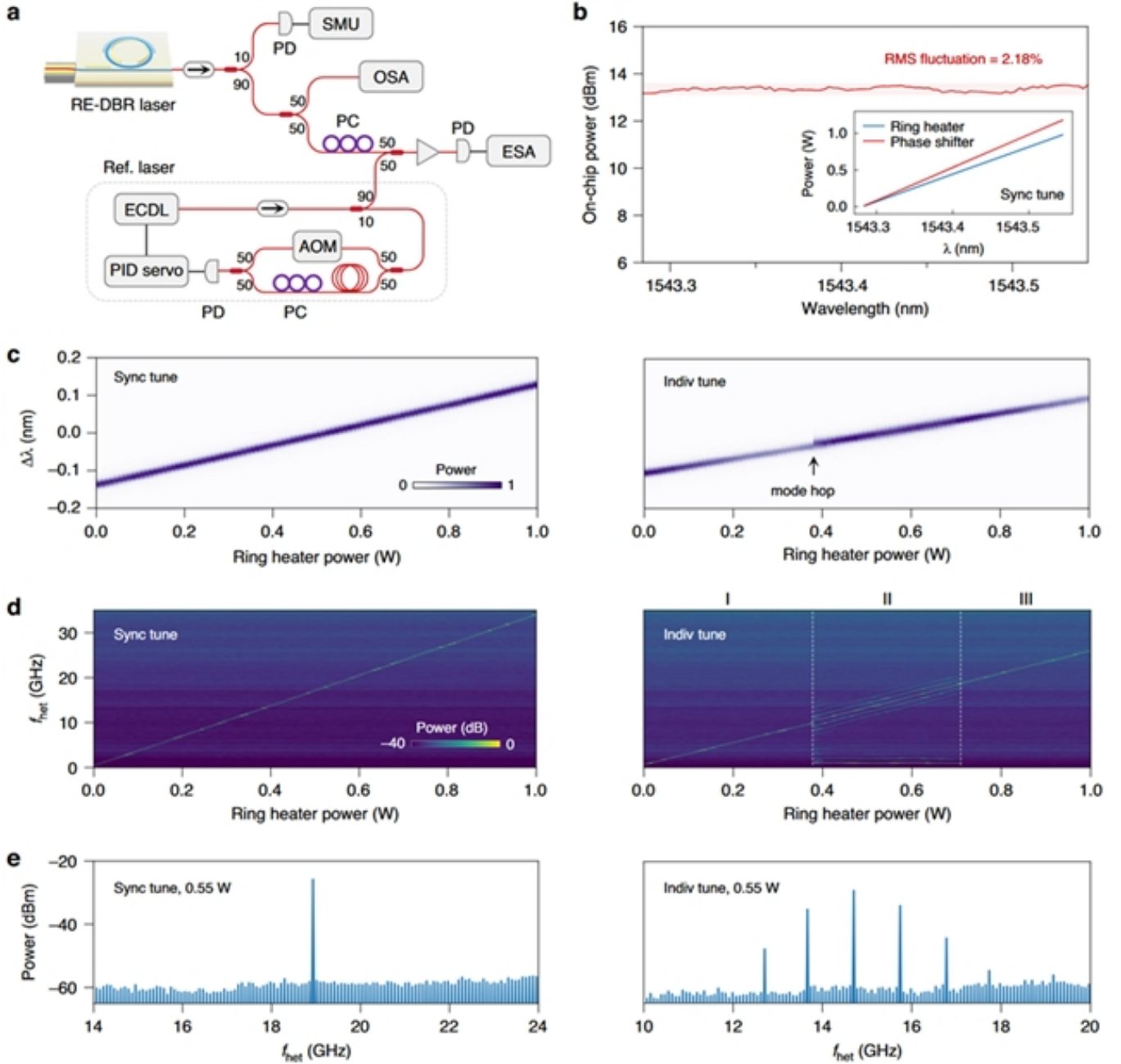


图3：RE-DBR激光器的连续波长调谐能力

总结与展望

本研究提出并展示了一种谐振器增强型分布式布拉格反射（RE-DBR）激光器架构，用于实现低噪声、宽范围连续可调谐的片上单频激光输出。该架构将周期性布拉格光栅引入环形谐振器中，通过光在谐振器内的多次循环传播等效增强光栅反馈长度，在保持器件紧凑的同时提升波长选择性反馈和光谱滤波能力。相比传统DBR激光器，RE-DBR激光器突破了线宽与调谐效率之间的固有权衡，实现了窄线宽、高调谐效率和功率高效的波长调控；相比自注入锁定激光器，该方案无需精细偏置控制即可保持低噪声运行，展现出良好的即开即用特性。此外，通过同步调控环形谐振器与总线波导上的微加热器，该激光器实现了宽带、连续且无跳模的波长调谐，克服了传统片上窄线宽光源难以实现连续波长调谐的局限性。这些进展为高性能集成可调谐激光器提供了一条

紧凑、可扩展且易于使用的新路径，并有望推动其在相干光通信、精密测量、光学传感、微波光子学等系统中的广泛应用。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-026-02249-x>

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：向超等 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