
混合集成硫系光子学

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/25027.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！

混合集成硫系光子学。近年来，光子集成芯片的快速发展为数据中心、大容量通信、高灵敏传感器、高性能计算等领域带来了变革性突破。随着应用系统对集成芯片性能提出更高要求，研制更大容量、更多功能、更高集成度的新型异质集成光电子芯片成为当前研究前沿。

当前，众多光子集成材料不断涌现。其中，硫系玻璃材料是基于第VI主族元素与其他金属或非金属组成的非晶材料。与其他材料体系相比，它可以直接与晶体或非晶体平台异质集成，而且，具有覆盖从可见光到远红外波段超低本征损耗、高克尔非线性、高声光系数和高速相变的独特特性，在宽带非线性光子集成器件、声光调制和光声探测以及高速光子计算等方面具有重要的应用潜力。然而，硫系光子集成器件的研究起步较晚，片上微纳加工工艺不成熟导致器件损耗较高、传统硫系玻璃材料激光损伤阈值低等问题极大限制了硫系光子集成技术的发展。因此，开发超低损耗硫系光子集成器件，并基于其优异的非线性、声光特性提升异质集成芯片带宽、效率及灵敏度等特性应用是当前开展硫系集成光子学的关键问题。

鉴于此，中山大学李朝晖教授、张斌教授团队在Light: Advanced Manufacturing发表题为Hybrid-integrated chalcogenide photonics的综述文章。

文章介绍了该团队在异质集成硫系光子器件方面的最新进展，包括自主开发的新型硫系（GeSbS）光子集成材料，与硅基和铌酸锂基异质集成器件的制备工艺，实现微环腔品质因子超过 6×10^2 ，波导损耗低于0.2 dB/cm，实现产生孤子锁模光学频率梳泵浦功率低至20mW和声光调制器的半波电压长度积低至0.02 V·cm等结果。文章最后对混合集成硫系光子器件所面临的挑战和机遇进行了展望分析。

开发与硅基微纳加工工艺兼容的集成工艺

在硫系材料研发方面，他们提出利用分子剪裁调控光子材料性能新机制，开发覆盖可见到中红外的多谱段、高激光损伤阈值的硫系材料新组分，建立满足不同光子集成芯片性能需求的硫系材料基因库。相较于传统的含砷硫系玻璃材料，他们制备出无砷的Ge₂₅Sb₁₅S₆₅硫系集成材料，激光损伤阈值更高、性质稳定、与现有的硅基微纳加工工艺的兼容性更好。在器件制备方面，他们开发了与硅光器件兼容的硅基硫系异质集成制备技术，目前他们所制备的微环品质因子高达 6×10^2 ，长度30cm的片上波导的传输损耗低于0.2dB/cm（图1）。

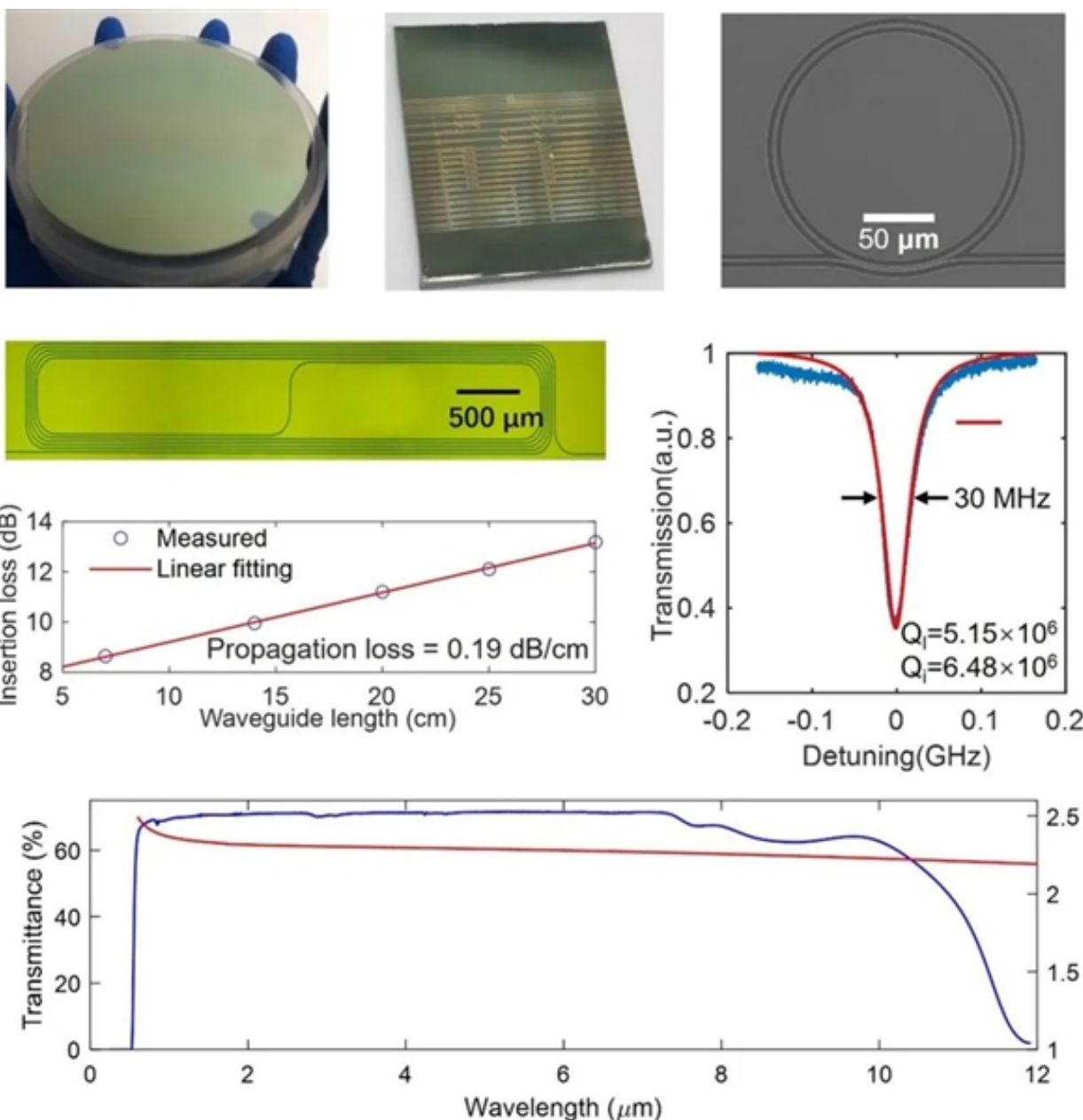


图1：低损耗硅基硫系光子集成器件

低功率集成孤子微梳

得益于器件高品质因子和高非线性系数，基于硫系微腔实现集成微梳所需的阈值功率可低至1.3 mW（如图2所示）。而且，通过色散调控，该团队实现了在同一个微环谐振腔中的两个正交的偏振态分别具有正常色散和反常色散，从而在这两个偏振态中分别实现了暗脉冲微梳和亮孤子锁模微梳，所需泵浦功率均仅需20 mW。他们还通过色散工程在硫系微腔中实现了克尔非线性和拉曼效应的相互作用的调控，分别实现了级联拉曼激光和宽带克尔-拉曼微梳的切换输出。此外，他们设计了一种耦合双环结构进一步调控色散曲线，从理论上演示了具有双色散波特性的宽带孤子微梳，增加了集成微梳的输出带宽和多功能性。

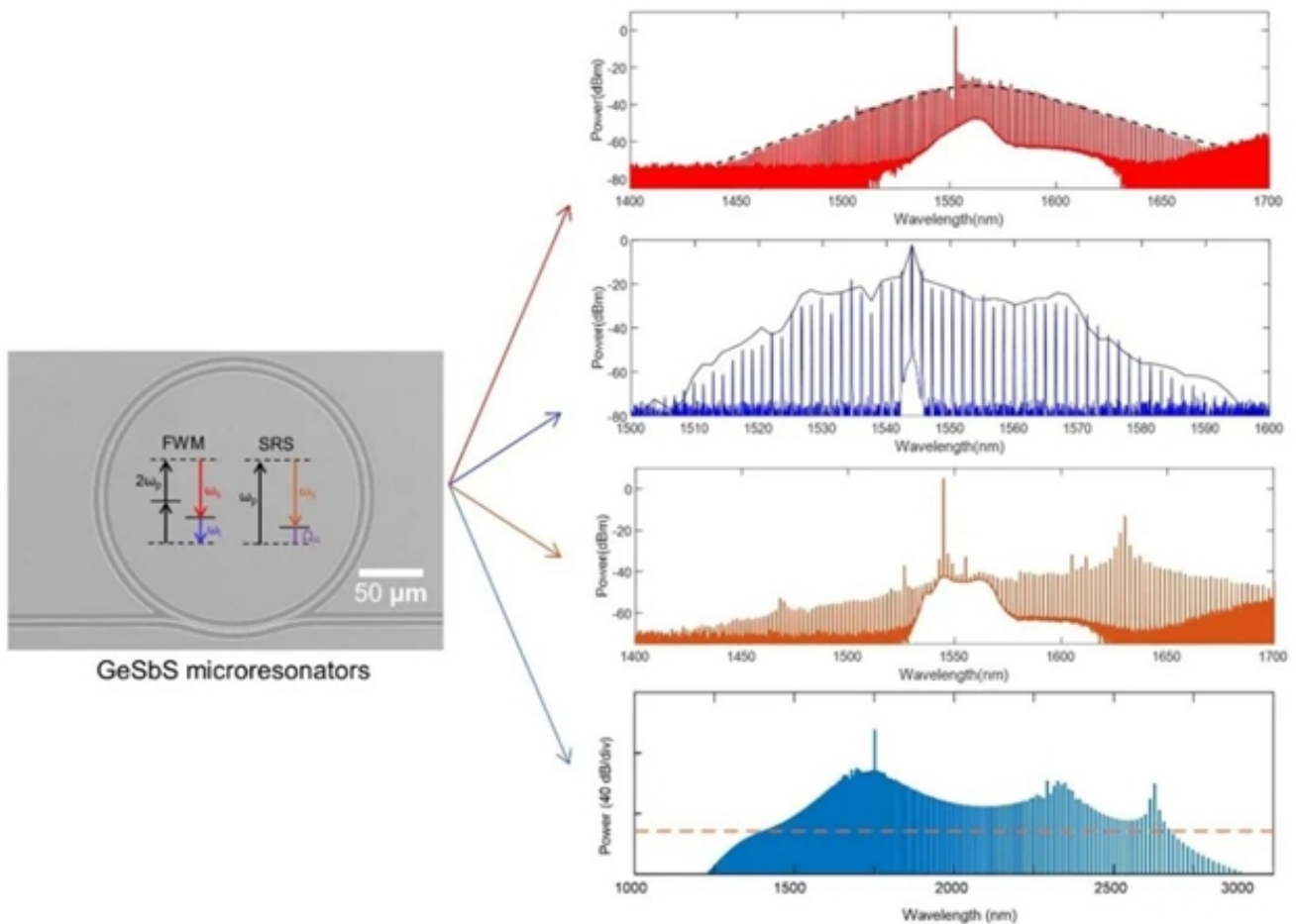


图2：硅基硫系集成微腔在光学频率梳方面的结果。包括亮孤子微梳、暗脉冲微梳、克尔拉曼微梳和具有双色散波的宽带微梳。

高效声光调制器

利用硫系玻璃的高光弹系数显著增强了声光转换的效率（图3）。同时，由于硫系材料具有高折射率和较高的声阻，与铌酸锂薄膜材料结合，可以实现较高的声光耦合系数，避免了薄膜铌酸锂的直接刻蚀和悬浮声学谐振腔的加工，显著简化了器件整体的制备工艺。得益于硫系玻璃出色的光弹性能和满足阻抗匹配的IDT激发的反对称瑞利声学模式，推挽式声光调制器的 $V_{\pi L}$ 被测量低至 $0.03 \text{ V} \cdot \text{cm}$ ，反映了该器件在双臂调制结构下的高效率特性。进一步地，通过制备高品质因子的片上微环腔，进一步增加了光声相互作用，微环式声光调制器的 $V_{\pi L}$ 被进一步降低低至 $0.02 \text{ V} \cdot \text{cm}$ 。

图3：基于薄膜铌酸锂-硫系玻璃异质集成波导平台的高效声光调制器

展望

通过对新型硫系光子集成器件的系统梳理与分析，针对下一代光子集成器件向多谱段和多功能化发展的趋势，论文对硫系光子器件的存在的挑战和机会进行讨论，包括继续优化工艺并大规模制备损耗低至材料吸收极限的光子器件，实现全硫系光子器件将光子集成的优势拓展到中红外波段，以及与有源材料异质集成实现片上窄线宽激光器、光放大、全集成光频梳产生等应用。（来源：先进制造微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.37188/lam.2023.024> 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：李朝晖等 来源：《光：先进制造》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://iikx.com)转发