【华东师范大学程亚教授研究团队】掺铒薄膜铌酸锂波导放大器实现＞10 dB片下净增益

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/36977.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！

【华东师范大学程亚教授研究团队】掺铒薄膜铌酸锂波导放大器实现＞10 dB片下净增益

。华东师范大学物理与电子科学学院程亚教授及其团队展示了目前公开报道的基于薄膜铌酸锂平台的最高片下净增益掺铒波导放大器（EDWA），其耦合效率提升了7倍以上，成功实现了TFLN波导与光纤的高效、稳定耦合。

随着光通信、量子计算等领域的快速发展，对高性能集成光子器件的需求日益迫切。作为下一代集成光子系统的关键组件，片上集成掺铒波导放大器近年来受到广泛关注。薄膜铌酸锂（TFLN）因其优异的电光和非线性特性，被视为光子集成芯片的理想平台，基于掺铒薄膜铌酸锂的波导放大器在近两年也被国内外多家研究单位所实现并报导。然而，由于TFLN波导端口与外接光纤或光纤透镜的折射率和模场失配较大，导致较高的端面耦合损耗使得目前已实现的掺铒薄膜铌酸锂波导放大器片下净增益（从光纤到光纤）很低甚至为负值，大大制约了其实际应用。本研究中利用基于绝热模斑转换结构的波导端面耦合器，实现了波导放大器的片下高增益与高功率放大，为高密度光子集成系统提供了关键解决方案。

华东师范大学物理与电子科学学院程亚教授及其团队展示了目前公开报道的基于薄膜铌酸锂平台的最高片下净增益掺铒波导放大器（EDWA），该工作以High fiber-to-fiber net gain in erbium-doped thin film lithium niobate waveguide amplifier as an external gain chip为题发表在Opto-Electronic Science 2025年第9期，并被选为封面文章。

针对铌酸锂波导与光纤模场失配这一问题，研究人员利用反锥形波导与氮氧化硅包层的结构，通过精确控制波导模式的绝热渐变，使光场能够平滑地从亚微米厚度的铌酸锂波导中演化到厚度3 μm的氮氧化硅波导中，进而实现薄膜铌酸锂波导端口与超高数值孔径光纤的高效模式匹配，如图1所示。实验结果表明，该模斑转换器的耦合效率超过75%，单端耦合损耗低至-1.2 dB。与传统端面抛光对接耦合方案相比，耦合效率提升了7倍以上，成功实现了TFLN波导与光纤的高效、稳定耦合。

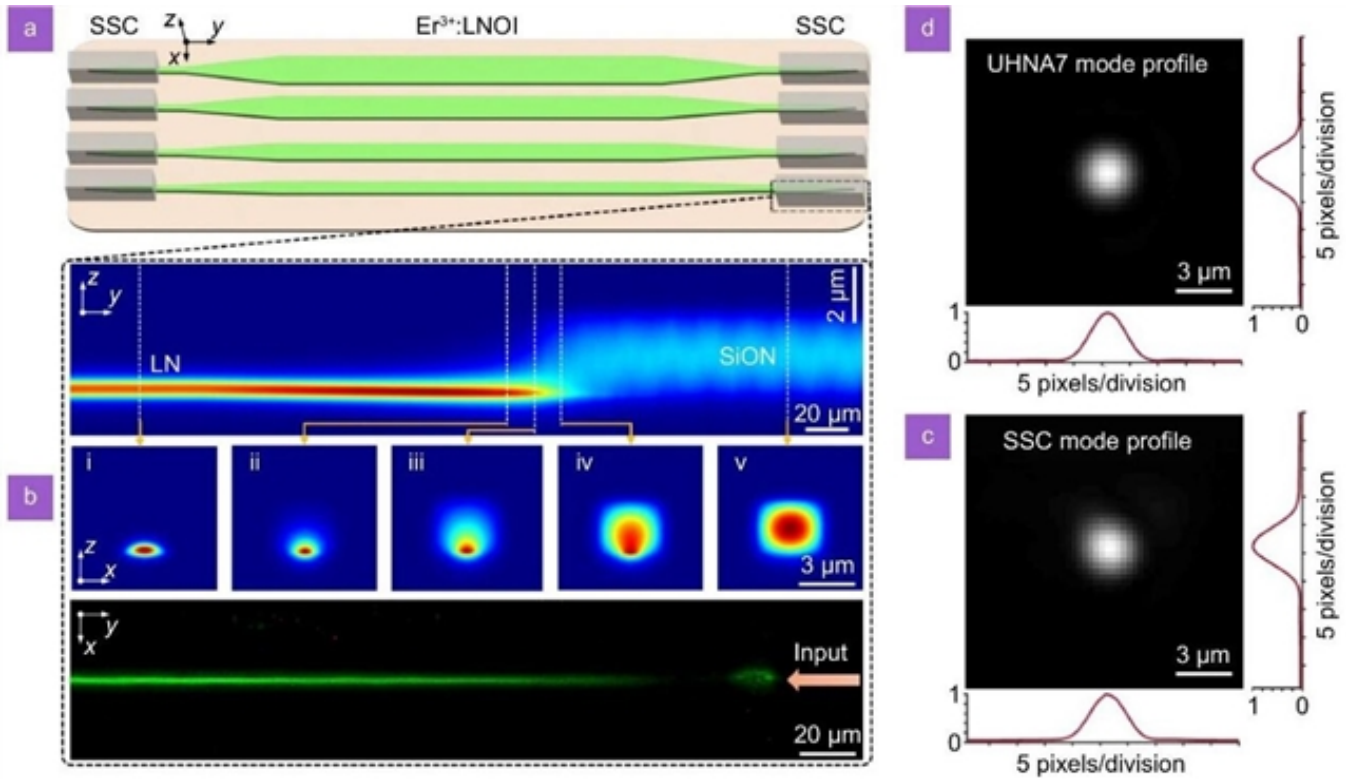


图1 (a)集成模斑转换器的掺铒波导放大器芯片示意图；(b)上图：模斑转换器区域沿传播方向的截面光场分布；插图(i-v)展示了不同位置（虚线处）的横截面模场仿真结果；下图：从模斑转换器右侧输入激光时观察到的上转换荧光图像；(c)模斑转换器的截面模场测试结果；(d)超高数值孔径光纤的截面模场测试结果

研究人员将高耦合效率的模斑转换器与掺铒波导放大器单片集成，通过对5.5 cm长的掺铒铌酸锂波导双向泵浦，在1532 nm波长附近实现了>10 dB的片下净增益（对应>15 dB片上净增益），噪声系数低至6.8 dB，在输出光纤中测量到的最高放大功率超过20 mW（对应光纤输入功率~10 mW），如图2所示。

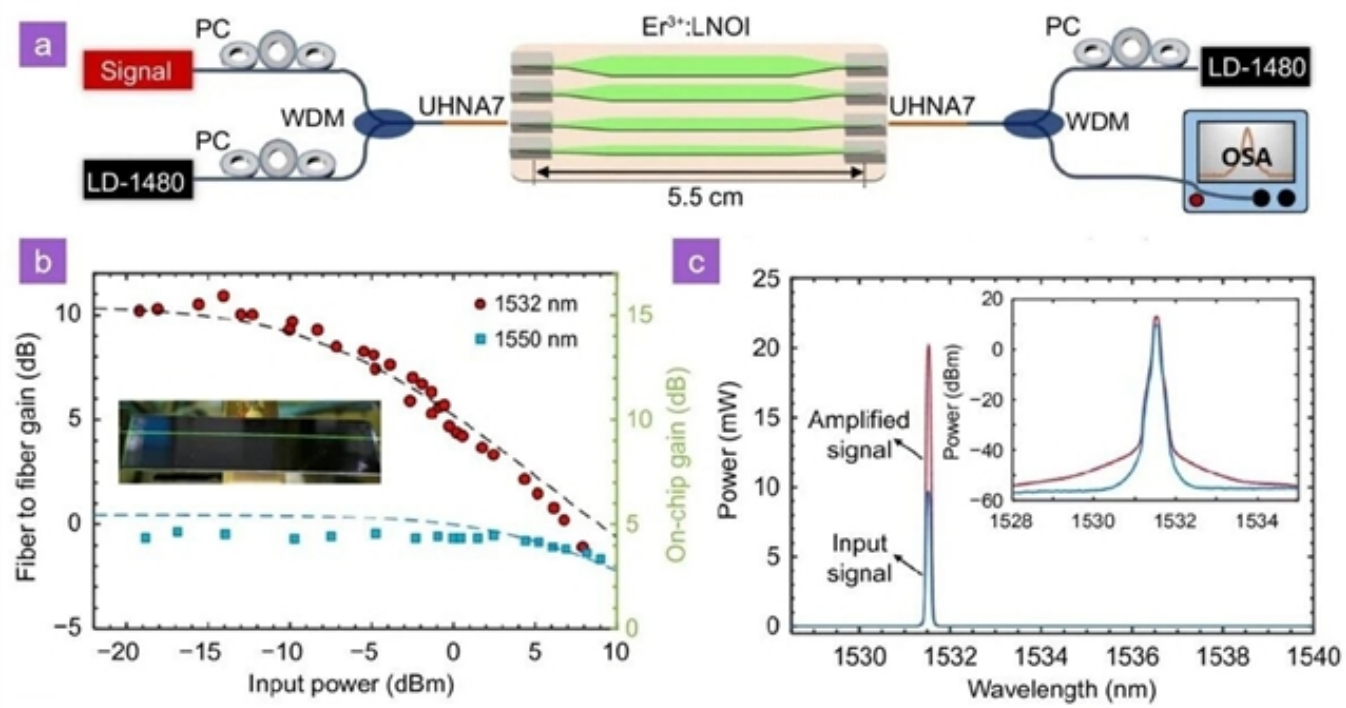


图2 (a)掺铒波导放大器芯片的增益测试示意图；(b)分别输入不同功率1532 nm和1550 nm信号光时的片下净增益曲线；插图为泵浦光输入条件下的集成芯片实物照片；(c)在输入10 dBm信号光时的输入输出光谱；插图为信号波长附近的光谱细节图

研究人员进一步展示了该集成波导放大器芯片作为高效增益芯片的重要应用，通过外接光纤布拉格光栅作为反射镜，成功构建法布里-珀罗型外腔激光器，在双向泵浦光激发下实现了最大光纤输出功率2.1 mW的窄线宽连续波激光，如图3所示。

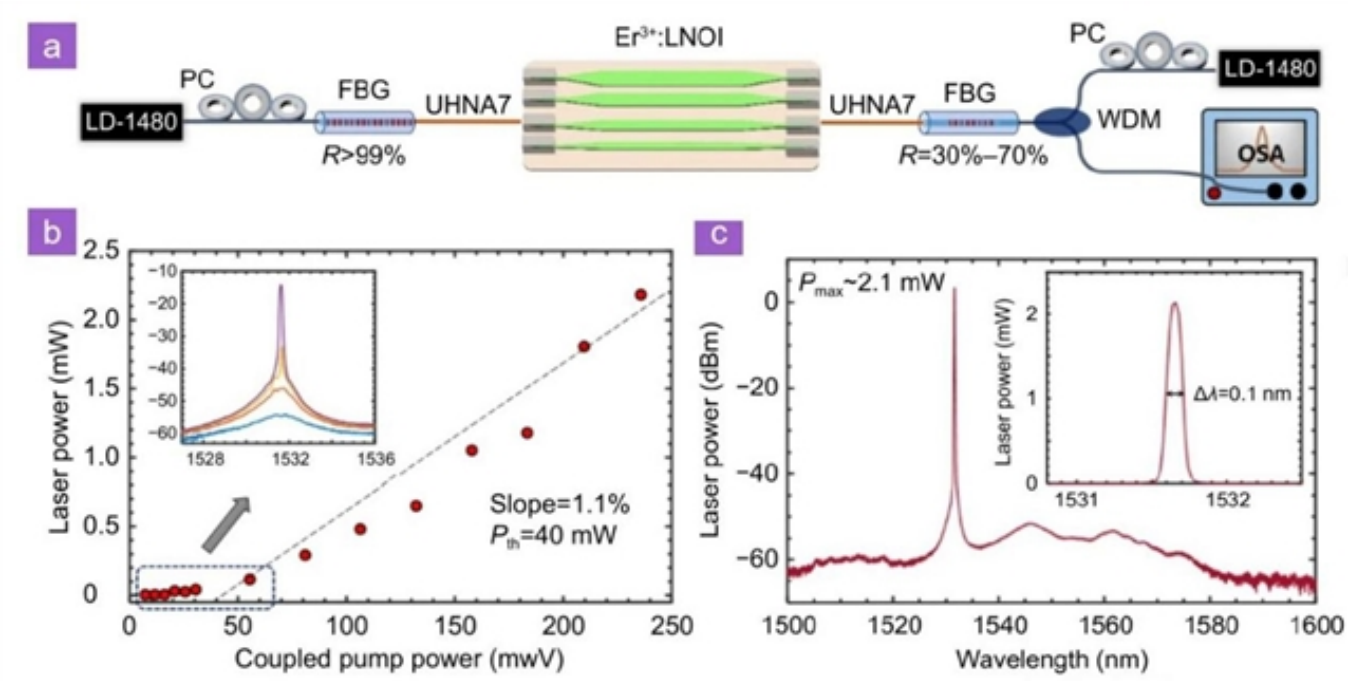


图3 (a)利用掺铒波导放大器芯片和光纤布拉格光栅构建外腔激光示意图；(b)激光功率随泵浦功率变化曲线(插图为泵浦阈值附近激光输出光谱演化)；(c)最大输出功率2.1 mW时的激光光谱(插图为光谱仪上显示的激光线宽)

研究团队简介

华东师范大学程亚教授研究团队长期致力于推动超快激光微纳技术的原理创新、科研和产业应用，发明了飞秒激光狭缝整形波导直写、三维电极制备、铌酸锂光子芯片和超高精度3D打印等系列技术。

韩金利，华东师范大学物理与电子科学学院，博士研究生。

梁友亭，华东师范大学物理与电子科学学院，博士后研究员。

张海粟，华东师范大学物理与电子科学学院副教授，研究方向为超快非线性光子学及器件。

程亚，华东师范大学教授、博士生导师；中国科学院上海光机所研究员；先后担任国家科技部重大科学研究计划项目、重点研发计划项目首席科学家；获国家自然科学基金杰出青年基金、国家万人计划领军人才、上海领军人才、上海市优秀学术带头人等荣誉。现为美国光学学会会士、英国物理学会会士等。主要从事超快激光与材料相互作用机理与微纳加工技术研究，在飞秒激光微纳加工技术的工艺创新、高性能铌酸锂光子器件的制备和应用探索等方面取得若干成果，获中国发明专利授权20余项，美国专利授权8项；发表SCI论文200余篇，被Web of Science引用万余次，H因子约60。应Pan Stanford Publishing与Springer London等国际著名出版社邀请，出版英文论著5本(独立撰著1本，合著2本，合编2本)，并应科学出版社邀请出版中文论著1本。应邀在国际光电子领域的重要国际学术会议上作邀请报告150余次。领衔获上海市自然科学一等奖、科技部颠覆性技术大赛优胜奖等。

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等事宜，请与我们接洽。
来源：科学网

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转发