

基于自研掺 Er 磷酸盐光纤的 L-band 扩展放大输出

全球工业互联网、云计算以及光通信产业的快速发展对通信光纤数据传输的容量和带宽提出了更高要求。如何拓展密集波分复用系统中掺 Er 光纤放大器 (EDFA) 单纤的传输带宽是目前亟需解决的关键问题。L 波段 (L-band) EDFA 与成熟商用 C 波段 (C-band) EDFA 的波长相邻,且位于通信光纤的最低损耗窗口,因而成为最有可能实现商用的新型扩展波段光纤放大器。限制 L-band EDFA 增益带宽的主要因素是 Er^{3+} 离子在 L-band 存在发射截面低以及激发态吸收 (ESA) 严重等问题。近年来,研究人员针对该问题展开了 L-band 扩展掺 Er 光纤的研究。2020 年,加拿大 Laval 大学采用 C-band 光源进行同带泵浦,将掺 Er 石英光纤的 20 dB 增益带宽波长扩展至 1620 nm,有效提升了泵浦效率。2021 年,华中科技大学在 Er/Yb 共掺石英光纤纤芯中引入质量分数为 21% 的 P_2O_5 ,将 20 dB 增益带宽波长扩展至 1623 nm。这一方法从优化纤芯材料的角度拓展了 Er/Yb 共掺石英光纤的 L-band 增益带宽。

最近,中国科学院上海光学精密机械研究所从纤芯材料出发,采用可实现高 Er^{3+} 离子掺杂浓度的磷酸盐玻璃作为光纤基质,通过稀土离子局域环境调控以及光谱整形,在自研掺 Er 磷酸盐光纤中实现了 10 dB 以上的 L-band 扩展单级放大增益。放大器采用掺 Er 磷酸盐光纤与无源匹配石英光纤异质熔接的全光纤方案(每个熔接点的损耗为 0.3 dB),结构如图 1 所示。其中,掺 Er 磷酸盐光纤由管棒法制备的预制棒拉制而成,光纤的纤芯直径为 6 μm ,包层直径为 125 μm ,数值孔径为 0.17,纤芯中 Er_2O_3 的质量分数为 3.5%,背景损耗为 0.5 dB/m@1300 nm,长度为 1.3 m;采用 976 nm LD 双向泵浦,泵浦功率均为 400 mW。获得

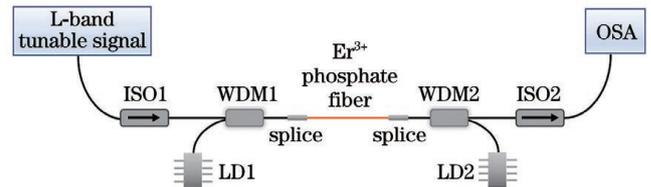


图 1 掺 Er 光纤放大器结构图 (ISO: 隔离器; WDM: 波分复用器; LD: 激光二极管; OSA: 光谱分析仪)

Fig. 1 Structural diagrams of EDFA (ISO: isolator; WDM: wavelength division multiplexer; LD: laser diode; OSA: optical spectrum analyzer)

的 L-band 扩展增益光谱如图 2 所示。增益光谱中位于 1581 nm 和 1620 nm 处的最低增益均为 11 dB,增益光谱平坦,体现出了磷酸盐光纤成分在 L-band 扩展放大上的优势。虽然增益尚待优化,但这是国内首次基于掺 Er 磷酸盐光纤实现 L-band 扩展放大 10 dB 以上的增益。本文为 L-band EDFA 研发所需的新型增益光纤材料提供了解决方案。后续本研究团队将进一步优化 Er^{3+} 离子浓度和纤芯成分,以提高光纤的增益性能。

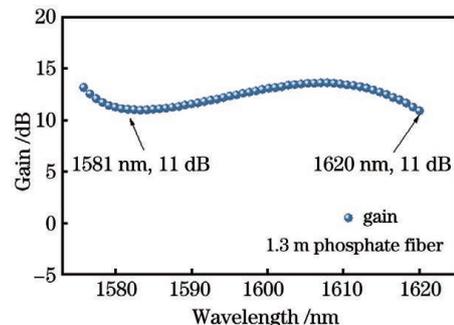


图 2 单级 EDFA 增益随波长的变化

Fig. 2 Gain of one-stage EDFA versus wavelength

孙焰¹, 王璠¹, 王亚飞¹, 阳求柏¹, 王欣^{1*}, 陈树彬¹, 于春雷^{1,2}, 胡丽丽^{1,2**}

¹中国科学院上海光学精密机械研究所高功率激光单元技术实验室, 上海 201800;

²国科大杭州高等研究院, 浙江 杭州 310024

通信作者: *xinwang@siom.ac.cn; **hulili@siom.ac.cn

基金项目: 国家重点研发计划(2020YFB1805900)

收稿日期: 2022-09-15; 修回日期: 2022-09-20; 录用日期: 2022-10-11