

中国激光

U 波段放大用国产高增益掺铋高锗硅基光纤

掺铋石英光纤在 1100~1800 nm 波段具有超宽带发光特性,在全波段光通信领域展现出重大的应用潜力。铋离子在近红外波段的光谱特性与玻璃成分密切相关,在含不同共掺元素的硅基玻璃中可形成以下铋活性中心(BAC):BAC-Al、BAC-P、BAC-Si、BAC-Ge。自 2004 年以来,国外研究机构在多波段宽带放大用掺铋光纤方面取得重大突破,如俄罗斯科学院光纤光学研究中心(FORC)和英国南安普敦大学。2021 年,中国科学院上海光学精密机械研究所率先在自研掺铋石英光纤中实现 O+E 波段的净增益放大。随后,上海大学和华中科技大学分别基于 BAC-P 和 BAC-Si 发光中心实现了 O、E 波段的宽带放大。但国内对 U 波段(传统掺 Er 光纤无法覆盖)放大用掺铋光

纤的研究尚处于空白状态,且该光纤制备技术仅掌握在 FORC 手中。

最近,中国科学院上海光学精密机械研究所在二氧化硅玻璃中通过高掺 GeO_2 来调控铋离子的配位环境,成功制备出两款掺铋高锗硅基光纤(HiBGDF-1#和 HiBGDF-2#),并基于 BAC-Ge 发光中心实现了 U 波段的高增益放大。该 HiBGDF 由改进的化学气相沉积法结合溶液浸泡技术制备,光纤尺寸为 $6\ \mu\text{m}/125\ \mu\text{m}$,纤芯数值孔径为 0.37, GeO_2 的摩尔分数为 36%。图 1 为掺铋高锗硅基光纤放大性能的评估装置。采用 1550 nm 激光二极管(LD)双向泵浦方式评估二款 HiBGDF 的增益性能,泵浦功率为 936 mW,1#位置的信号光功率为 -30 dBm。

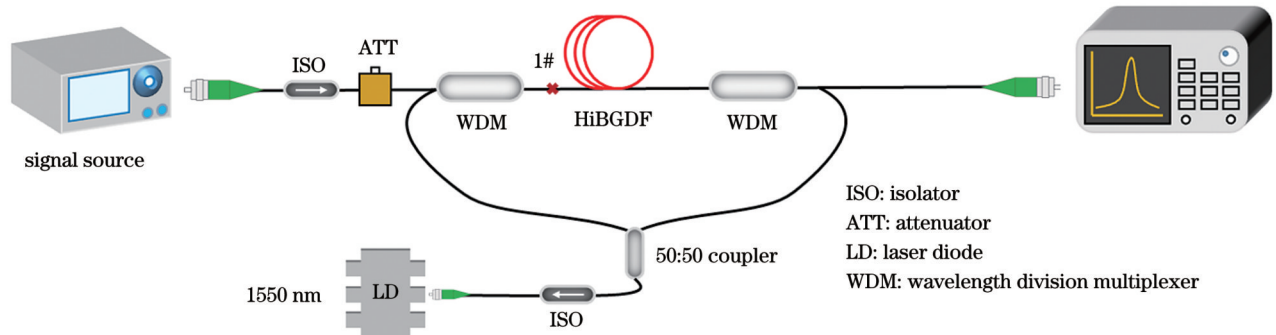


图 1 掺铋高锗硅基光纤放大器装置图

Fig. 1 Setup diagram of Bi-doped high germanium silica-based fiber amplifier

图 2(a)为高增益系数型 HiBGDF-1# 的放大性能。在 1550 nm LD 泵浦下,HiBGDF-1# 在 1680~1750 nm 范围内实现了净增益放大,噪声系数(NF)为 4.3 dB~

5.8 dB,可实现的最高增益达 23.8 dB@1750 nm,相应光纤长度为 50 m。该掺铋高锗硅基光纤在 U 波段的增益系数为 0.48 dB/m@1750 nm,高于 FORC 在售

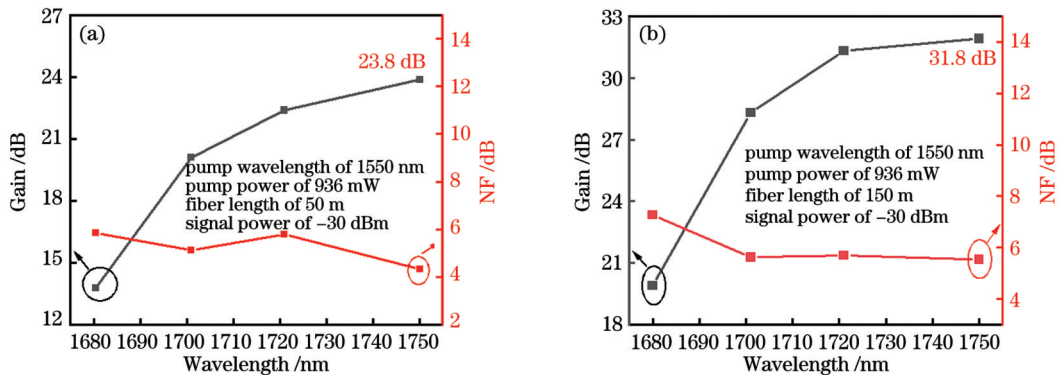


图 2 光纤在 1680~1750 nm 波段的增益。(a) HiBGDF-1#; (b) HiBGDF-2#

Fig. 2 Gains of fibers in range of 1680-1750 nm. (a) HiBGDF-1#; (b) HiBGDF-2#

光纤的增益系数 ($0.3 \text{ dB/m}@1700 \text{ nm}$, 泵浦条件为 $200 \text{ mW}@1470 \text{ nm}$)。图 2 (b) 为高增益输出型 HiBGDF-2# 的增益谱。HiBGDF-2# 可实现的最高增益达 $31.8 \text{ dB}@1750 \text{ nm}$, NF 为 $5.5 \text{ dB}@1750 \text{ nm}$, 相应光纤长度为 150 m , 增益系数为 $0.21 \text{ dB/m}@1750 \text{ nm}$ 。

与高增益系数型 HiBGDF-1# 相比, 相同放大器系统中 HiBGDF-2# 可实现的增益更高, 光纤关键指标增益系数高达 0.48 dB/m 。后续研究团队将以增加 BAC-Ge 发光中心数量为目标, 进一步提升掺铋光纤在 U 波段的增益系数和增益极限。

郭梦婷¹, 田晋敏^{1,4}, 王璠¹, 李昕^{1,2}, 邵冲云¹, 王孟¹, 张磊¹, 周秦岭¹, 徐永春¹, 于春雷^{1,2,3*}, 胡丽丽^{1,2,3**}

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中国科学院大学材料与光电研究中心, 北京 100049;

³中国科学院大学杭州高等研究院, 浙江 杭州 310024;

⁴中国科学技术大学物理与光电工程学院, 安徽 合肥 230026

通信作者: *sdycellcy@163.com; **hulili@siom.ac.cn

收稿日期: 2023-10-20; 修回日期: 2023-11-08; 录用日期: 2023-11-09; 网络首发日期: 2023-11-16

基金项目: 国家重点研发计划(2020YFB1805902)