

1.45 μm 及 1.47 μm 半导体激光器泵浦的掺铒光纤放大器实验研究

孙军强 刘雪峰 黄德修 李再光*

(华中理工大学光电子工程系, * 激光技术国家实验室, 武汉 430074)

提要 利用 1.47 μm 及 1.45 μm 半导体激光器泵浦的掺铒光纤放大器进行了实验研究。结果表明, 用 1.45 μm 半导体激光器泵浦掺铒光纤也能对信号光放大。用 1.45 μm 和 1.47 μm 半导体激光器双向泵浦掺铒光纤, 获得了 27 dB 的增益。

关键词 半导体激光器泵浦, 掺铒光纤, 激光放大

1 引言

掺铒光纤放大器不仅拥有很宽的增益带, 而且其工作波长为 1.53 μm 左右, 恰好同光纤通信传输窗口相匹配, 受到了广泛的青睐, 并且已成为当前研究的热门。根据掺铒光纤吸收谱的峰值特征, 可用多种波长的激光对其进行泵浦^[1~3]。为了能使掺铒光纤放大器在实际的光纤通信系统中得到应用, 降低阈值以及泵浦系统的小型化是关键, 因而半导体激光器作为泵浦源是较为理想的选择。由于掺铒光纤在 0.8 μm 附近存在着强烈的激发态对泵浦光的吸收^[4], 降低了泵浦效率。而波长为 0.98 μm 的半导体激光器芯片在制造上存在着难度很高的工艺问题。因而, 波长在 1.48 μm 波段的半导体激光器成为掺铒光纤放大器的首选泵浦源。本文就国产的 1.45 μm 和 1.47 μm 的半导体激光器泵浦的掺铒光纤放大器作了实验研究。

2 掺铒光纤放大器的实验研究

实验采用国产泵浦用的半导体激光器, 实测的激光辐射波长分别为 1.474 μm 和 1.451 μm , 由于国产的半导体激光器的输出功率较低, 为了提高它与单模光纤之间的耦合效率, 我们采用在单模光纤端拉锥并点高折射率椭球透镜的办法, 实现单模光纤与激光器之间的耦合, 并使芯片与光纤头之间的距离可调, 以实现在大电流下, 即使半导体激光器的远场发生变化, 通过调节两者之间的距离, 仍能达到很好的耦合, 采取这些措施以后, 耦合效率可达 40% 左右。

掺铒光纤的芯径为 2.5 μm , 因此, 它与标准的单模光纤的接续损耗过大(3~5 dB), 为了降低接续损耗, 我们在掺铒光纤端部拉锥以扩散其模场, 改善两者间的接续损耗。为了消除熔接时光纤外径不一致而引起的熔接损耗, 又对单模光纤端部作了腐蚀处理, 使单模光纤端部与

掺铒光纤锥端相匹配,然后通过控制孤光放电时间,最终获得的接续损耗为 0.3 dB 左右。

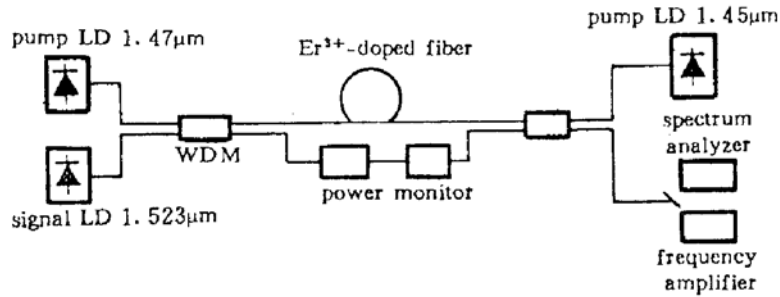


Fig. 1 Experimental configuration of an EDFA pumped by laser diodes

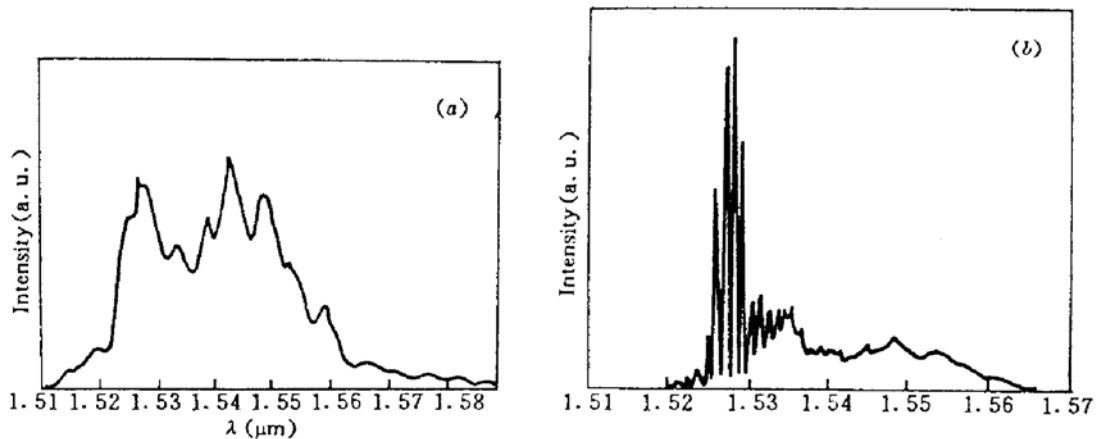


Fig. 2

- (a) fluorescence spectrum of the EDFA without signal power input;
 (b) spectrum of the EDFA pumped by laser diodes with signal power input

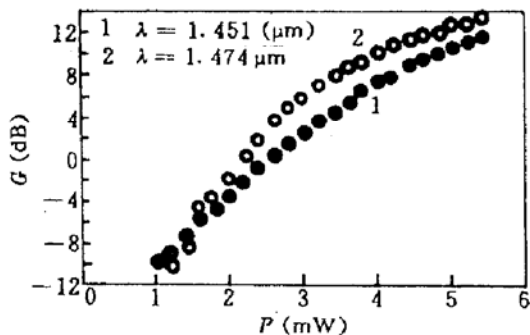


Fig. 3 The gain characteristics of the EDFA pumped at wavelengths of 1.45 μm and 1.47 μm respectively

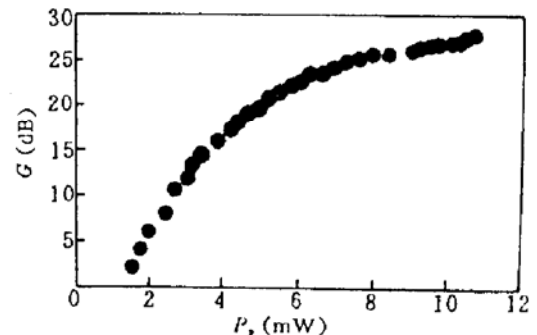


Fig. 4 The gain characteristics of the EDFA with forwards and backwards pumps at wavelengths of 1.45 μm and 1.47 μm

图 1 是半导体激光器泵浦的掺铒光纤放大器实验示意图。泵浦用的半导体激光器的阈值电流为 100 mA,在电流为 280 mA 条件下,额定输出功率为 27 mW,经光纤耦合及 WDM 耦合后,进入掺铒光纤的最大功率可达 6 mW 左右。信号光为加 1 kHz 调制的波长为 1.523 μm 的半导体激光,采用 1.47/1.53 μm 波分复用耦合器(WDM)将信号光与泵浦光合波,输出端用单色仪及选频放大器作观察,实验所用的掺铒光纤长度约 13 m。如图 2 所示为无信号光时掺铒光纤放大器输出的荧光谱及加信号光后输出的光谱。由于作为信号光源的半导体激光器输出的为多纵模,处在放大器的增益带内的各纵模获得了不同程度的放大。图 3 所示为信号光平

均功率为 4.1 μW 时,分别用 1.47 μm 和 1.45 μm 正向泵浦掺铒光纤放大器的增益特性。当注入的泵浦功率为 5.4 mW 时,增益分别为 13.5 dB 和 11.5 dB。结果表明,尽管 1.45 μm 波长已近 1.48 μm 吸收波段的边缘,但是,泵浦掺铒光纤时仍对信号光的放大有所贡献。若信号光的波长合适,获得的增益将更大。图 4 所示为 1.45 μm 和 1.47 μm 半导体激光器双向泵浦掺铒光纤放大器的增益特性,当信号光平均功率为 4.1 μW 和总的泵浦功率为 11 mW 时,增益为 27 dB。图 5 所示是相同的泵浦光功率下,小信号增益与信号光功率的关系。它表明小信号增益随信号光功率的变化几乎保持不变。

3 结 论

用国产的 1.47 μm 和 1.45 μm 半导体激光器双向泵浦掺铒光纤放大器,获得了 27 dB 的增益。然而,要进一步提高掺铒光纤放大器的增益,增加进入掺铒光纤放大器的泵浦功率是关键,在开发泵浦用的半导体激光器的同时,在提高半导体激光器与单模光纤的耦合效率、降低掺铒光纤与单模光纤之间的耦合损耗以及改善波分复用耦合器的插入损耗和隔离比等方面仍有待于更深入的研究。

致谢 感谢武汉邮电科学研究院为我们提供了性能稳定的泵浦用的半导体激光器。

参 考 文 献

- 1 E. Desurvire, J. R. Simpson, P. C. Becker. High-gain erbium-doped traveling wave fiber amplifier. *Opt. Lett.*, 1987, **12**(11): 888~890
- 2 M. C. Farries, P. R. Morkel, R. I. Laming *et al.*. Operation of erbium-doped fiber amplifiers and laser pumped with frequency-doubled Nd:YAG laser. *J. Lightwave Technol.*, 1989, **LT7**(10): 1473~1477
- 3 B. Pedersen B. A. Thompson, S. Zemon *et al.*. Power requirements for erbium-doped fiber amplifiers pumped in the 800, 980 and 1480 nm bands. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1992, **4**(1): 46~49
- 4 R. I. Laming, S. B. Poole, E. J. Tarbox. Pump excited-state absorption in erbium-doped fibers. *Opt. Lett.*, 1988, **13**(12): 1084~1088

Experimental Investigation of Er^{3+} -doped Optical Fiber Amplifiers Pumped by 1.45 μm and 1.47 μm Laser Diodes

Sun Junqiang Liu Xuefeng Huang Dexiu Li Zhaiguang*

(Department of Optoelectronic Engineering, Huazhong University of Science and Technology,

* National Laboratory of Laser Technology, Wuhan 430074)

Abstract In this paper, the Er^{3+} -doped optical fiber amplifiers (EDFA's) have been investigated experimentally, which are pumped by LDs at wavelengths of 1.45 μm and 1.47 μm . The results show that the signal light can also be amplified by the EDFA pumped at wavelength of 1.45 μm . A gain of 27 dB has been obtained for the EDFA's forwards and backwards pumped at wavelengths of 1.45 μm and 1.47 μm .

Key words laser diode pumping, Er^{3+} -doped optical fiber, laser amplification

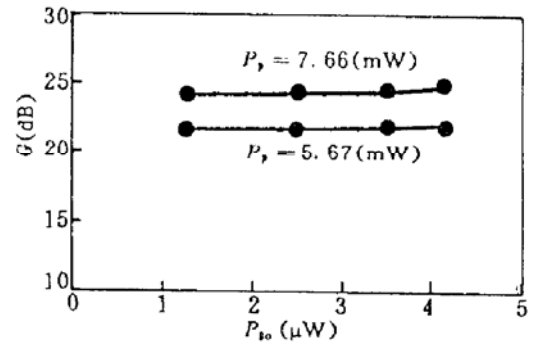


Fig. 5 The small-signal gain as a function of signal input power for different pump powers