

文章编号 : 0258-7025(2002)10-0905-03

基于后向 ASE 抽运的 L -波段掺铒光纤放大器

蒙红云, 杨石泉, 袁树忠, 高伟清, 宁 鼎, 董孝义
(南开大学现代光学所, 天津 300071)

提要 利用后向 ASE 抽运一段未抽运光纤和一段不完全抽运光纤两种结构, 实现了 EDFA 自发辐射谱向长波方向移动, 分别得到了 3 dB 带宽为 56.3 nm 和 47.6 nm 的 L -波段自发辐射谱, 对 1575 nm 输入信号(强度为 -30 dBm)的增益分别为 3.5 dB 和 9.2 dB。

关键词 掺铒光纤放大器, 光纤通信, 波分复用

中图分类号 TN 248.1 ; TN 929.11 **文献标识码** A

L -band Er^{3+} -doped Fiber Amplifier Based on Backward ASE

MENG Hong-yun, YANG Shi-quan, YUAN Shu-zhong,
GAO Wei-qing, NING Ding, DONG Xiao-yi
(Institute of Modern Optics, Nankai University, Tianjin 300071)

Abstract 3 dB bandwidths of 56.3 nm and 47.6 nm of ASE spectra have been respectively obtained by using backward ASE pumping an unpumped EDF and a weak pumped EDF. The gain is 3.5 dB and 9.2 dB for a small input signal of 1575 nm, respectively.

Key words erbium-doped fiber amplifier, optical fiber communication, wavelength division multiplexed systems

1 引 言

随着对通信需求的日益提高, 如何利用现有的光纤传输系统, 扩大通信容量, 满足日益膨胀的需求, 成为当前光纤通信的研究热点之一。通过开发新型超宽带光纤放大器, 拓宽光纤丰富的通信带宽资源是提高光通信容量的有效方法之一。目前, 32 路波分复用(WDM)系统基本占满了传统的 C -波段(1530 ~ 1560 nm), 进一步发展波分复用/密集波分复用(DWDM)系统要求由 C -波段向 L -波段(1570 ~ 1610 nm)拓展。拓宽 C -波段至 L -波段的方法主要有: 1) 开发不同基质的掺铒光纤(EDF)^[1, 2]; 2) 采用不同结构的硅基掺铒光纤放大器^[3, 4]; 3) 传统 EDFA 跟拉曼放大器联合使用^[5]。

本文利用后向 ASE 抽运一段未抽运光纤(结构(a))和一段弱抽运光纤(结构(b))两种结构, 实现了

掺铒光纤自发辐射谱向长波方向移动。利用适当长度的光纤, 结构(a)和结构(b)分别得到了 3 dB 带宽为 56.3 nm(中心波长为 1594 nm)和 47.6 nm(中心波长为 1586 nm)的自发辐射谱。对输入强度为 -30 dBm 的 1575 nm 信号光进行放大, 分别得到了 3.5 dB 和 9.2 dB 的增益。

2 实验装置与原理

L -波段放大器的实验装置如图 1(a)和(b)所示, 它包括一个传统的 C -波段掺铒光纤放大器 EDF1(980 nm LD 后向抽运), 后接一段未抽运的掺铒光纤 EDF2(结构(a))和一段未完全抽运 EDF2(980 nm LD 前向抽运)的掺铒光纤(结构(b)), 中间接隔离器以减小噪声, 用光谱分析仪(OSA)在 EDF2 的输出端测量 EDFA 的自发辐射谱。

收稿日期: 2001-09-17; 收到修改稿日期: 2001-11-05

基金项目: 天津市自然科学基金(编号: 013800411)资助项目。

作者简介: 蒙红云(1973—), 男, 江西人, 现为南开大学现代光学研究所博士生, 主要从事光纤放大器和全光纤通信方面的研究。E-mail: hymeng@eyou.com

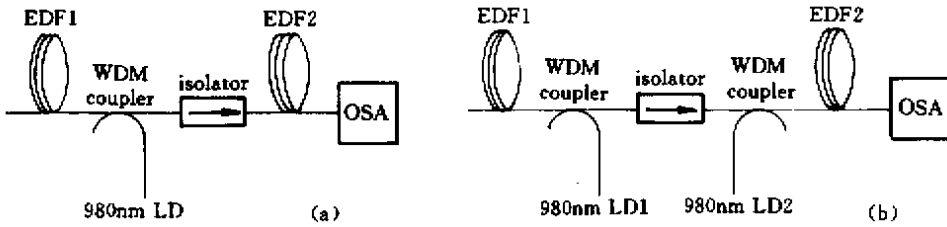


图 1 L-EDFA 实验装置图
Fig.1 Configuration of L-EDFA

在 980 nm 或 1480 nm 抽运光的作用下,掺铒光纤在 1550 nm 左右产生 ASE,基态铒离子吸收(${}^4I_{15/2} \rightarrow {}^4I_{13/2}$)1550 nm 的光被激发到激发态(${}^4I_{13/2}$)的不同能级分裂态(由 Stark 能级分裂形成),当处于激发态(${}^4I_{13/2}$)不同能级分裂态的铒离子向基态(${}^4I_{15/2}$)的不同能级分裂态跃迁时,将产生 1580 nm 带的自发辐射,因此可以实现 L-波段的信号放大^[6],本文正是利用此方法实现 L-波段放大的。由于 1580 nm 带的增益系数比 1550 nm 带的增益系数小得多,因此要得到同样高的增益,L-波段放大器需要比 C-波段光纤放大器更长的掺铒光纤和更大的抽运功率。

为了说明在 ASE 抽运作用下,EDF 能产生长波方向的自发辐射,测量了在后向 ASE 抽运作用下,不同 EDF2 长度时,EDFA 的自发辐射谱,如图 2 和图 3 所示。实验所用抽运源 LD1 为 60 mW,LD2 为 60 mW,所用光纤为康宁公司光纤,掺杂浓度使得在 1532 nm 的吸收为 5 dB/m。EDF1 的长度为 4 m,(EDF2 为 0 m 时,为典型的 C-波段自发辐射谱,未给出),图 2 为结构(a)中 EDF2 为 20 m,23 m,28 m 和 34 m(分别对应于曲线 1~4)时,EDFA 的自发辐射谱,图 3 是结构(b)中 EDF2 为 27 m,30 m,32 m 和 43 m(分别对应于曲线 1~4)时的自发辐射谱。从

图 2 和图 3 可以看出,EDFA 的自发辐射谱随 EDF2 长度增大,向长波方向移动。

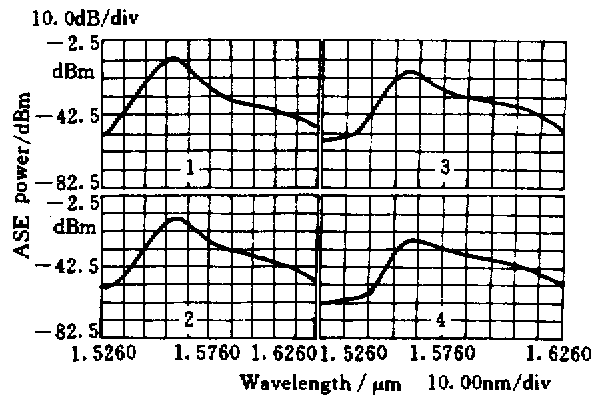


图 3 EDFA 自发辐射谱(结构(b))
Fig.3 ASE spectrum of EDFA (configuration (b))

3 结果与讨论

图 4 中(a)和(b)是结构(a)和(b)的 L-波段自发辐射谱,实验中 EDF1 的长度不变,EDF2 掺铒光纤的掺杂浓度使得在 1532 nm 的吸收为 20 dB/m,光纤长度分别为 14 m 和 20 m。从图中可以看出,对于结构(a),自发辐射谱的中心波长为 1594 nm,3 dB 带宽为 56.3 nm;而结构(b),自发辐射谱的中心波长为 1586 nm,3 dB 带宽为 47.6 nm。

图 5 中(a)和(b)是放大器结构(a)和(b)的增益光谱。信号输入功率为 -30 dBm,波长为 1575 nm。抽运功率分别为 60 mW(LD1)和 120 mW(LD1 + LD2)。可以看出,结构(a)和(b)的增益分别为 3.5 dB 和 9.2 dB。由于该光纤的光-光转换效率比较低,尤其是吸收 1550 nm 带 ASE 引起在 L-波段自发辐射的转换效率很小,所以 EDFA 的自发辐射谱比较弱,小信号增益也比较小。如果有质量更好的掺铒光纤,更高功率的抽运源,通过优化 EDF1 和 EDF2 的长度,能得到比较强的自发辐射和更大的增益。

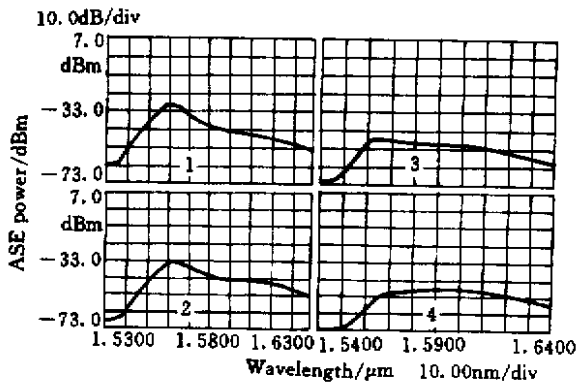


图 2 EDFA 自发辐射谱(结构(a))
Fig.2 ASE spectrum of EDFA (configuration (a))

另外 , 由于条件有限 , 本实验是多段光纤逐段连接而成 , 焊点较多 , 引起的损耗较大。

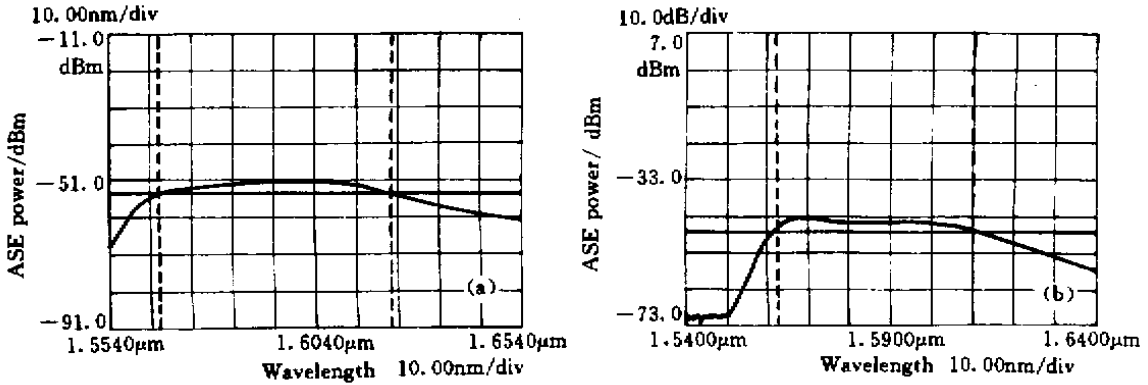


图 4 L-波段 EDFA 自发辐射谱

Fig.4 ASE spectrum of L-band EDFA

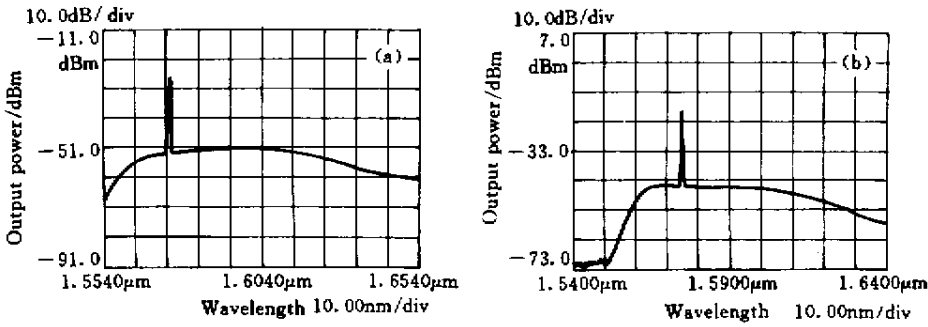


图 5 L-波段掺铒光纤放大器增益光谱

Fig.5 Gain spectrum of the L-band EDFA

参 考 文 献

- 1 M. Yamada , T. Kanamori , Y. Terunuma *et al.* . Fluoride-based erbium-doped fiber amplifier with inherently flat gain spectrum [J] . *IEEE Photon. Technol. Lett.* , 1996 , **8** (7) : 882 ~ 884
- 2 A. Mori , T. Sakamoto , K. Shikano *et al.* . Gain flattened Er^{3+} -doped tellurite fibre amplifier for WDM signals in the 1581 ~ 1616 nm wavelength region [J] . *Electron. Lett.* , 2000 , **36** (7) 621 ~ 622
- 3 Y. Sun , J. W. Sulhoff , A. K. Srivastava *et al.* . 80 nm ultra-wideband erbium-doped silica fibre amplifier [J] . *Electron.*

- Lett.* , 1997 , **33** (23) : 1965 ~ 1967
- 4 H. Masuda , S. Kawai , K. Aida. Wideband erbium-doped fibre amplifiers with three-stage amplification [J] . *Electron. Lett.* , 1998 , **34** (6) 567 ~ 568
- 5 H. Masuda , S. Kawai , K. Aida. Ultra-wideband hybrid amplifier comprising distributed Raman amplifier and erbium-doped fibre amplifier [J] . *Electron. Lett.* , 1998 , **34** (13) : 1342 ~ 1344
- 6 Hiroataka Ono , Makoto Yamada , Terutoshi Kanamori *et al.* . 1.58- μ m band gain-flattened erbium-doped fiber amplifiers for WDM transmission systems [J] . *J. Lightwave Technol.* , 1999 , **17** (3) 490 ~ 496