

一种高功率掺铒光纤超荧光光源*

郭小东 乔学光 贾振安 傅海威 王小凤

(西安石油大学光纤传感实验室,西安 710065)

摘要 通过优化掺铒光纤各种参量,用一个980 nm激光二极管作抽运源,采用单程结构,在一根光纤后向获得功率高达31.74 mW(15.02 dBm)的C-波段 ASE输出的同时,其前向得到了功率为10.14 mW(10.06 dBm)的L-波段 ASE输出.通过简单连接组合可得到输出覆盖C+L波段(1525~1620 nm)功率>36 mW的掺铒光纤宽带光源.

关键词 C-波段;L-波段;掺铒光纤(EDF);超荧光光纤光源(SFS);宽带光源;放大的自发辐射(ASE)

中图分类号 TN25;TP722;TQ342

文献标识码 A

0 引言

在众多光纤传感器和光纤探测器中,一般都需要时间相干性低的宽带光源^[1].目前商用的宽带光源中,掺铒超荧光光纤光源(Erbium-doped Superfluorescent Fiber Source EDSFS)具有温度稳定性强、荧光谱线宽、输出功率高,使用寿命长等特点,在光纤传感、光纤陀螺、EDFA测量、光纤探测器、光谱测试以及低成本接入网等很多领域得到了广泛的应用.

随着C-波段(1520~1570 nm)光源及相关器件^[2,3]的研究越来越趋向成熟并迈向市场化,且由于迅速增长的光通信对带宽的要求,为满足将来人们对通信容量的更大需求,DWDM系统正在不断开拓L-波段(1570~1620 nm)的资源,L-波段光源及相关器件的研究便显得越来越迫切^[4-9].同时也更多地来考虑在两个波段同时工作的高功率宽带超荧光光源^[6-9].本文通过选择合适参量的光纤并优化掺铒光纤长度,利用一段光纤的后向得到了C-波段高功率光谱输出,同时在其前向得到了L-波段的高功率光谱输出,运用简单的连接,即可实现覆盖C+L波段的高功率光源.

1 基本原理

从铒离子能级图(见图1)中分析可得,C-波段与L-波段的ASE的形成都是由能级 $^4I_{13/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ 的跃迁产生的.与C-波段ASE不同的是,L-波段的ASE是由 $^4I_{13/2}$ 和 $^4I_{15/2}$ 主能级的斯塔克分裂能级的低能级之

间的跃迁产生的.图2是L-波段ASE形成的原理示意图,铒离子吸收980 nm或1480 nm等波长抽运光后首先在铒光纤的前端产生C-波段的ASE,产生的C-波段的ASE作为二次抽运源被后端铒光纤再次吸收,从而形成L-波段的ASE谱.由于L-波段放大自发辐射用到的是铒离子增益带的尾部,其发射和吸收系数都比C-波段小3~4倍.因此,通常的掺铒光纤(铒离子浓度典型值为300~500 ppm),为了获得较大功率的L-波段ASE,需要较长的掺铒光纤,带来了如降低抽运光转换效率等很多不利的影响,同时出现各种非线性现象.因此,用于L-波段的掺铒光纤通常是选用高掺杂、低损耗的铒光纤^[10].

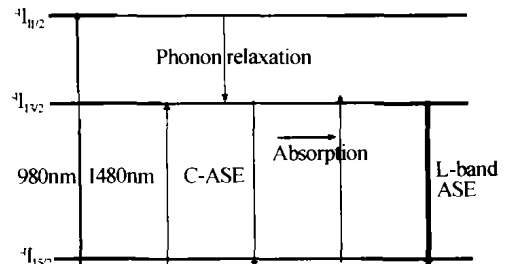


图1 铒离子能级图

Fig. 1 Energy level diagram of Er^{3+} ion

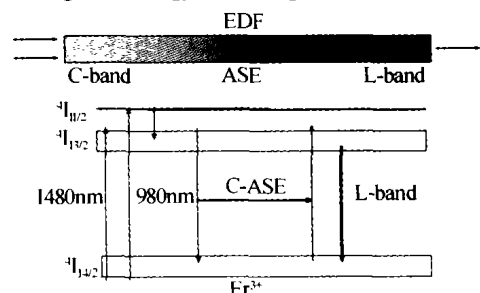


图2 C-波段与L-波段形成原理图

Fig. 2 Sketch for C-band and L-band

2 实验装置

实验装置如图3所示,用980 nm抽运激光二极管作后向抽运光源,尾纤最大输出功率为200 mW,中心波长为979.04 nm,阈值电流为27.8 mA,允许

*国家高技术研究发展计划(863计划)项目(2002AA313150)、国家自然科学基金项目(69877025)、国家教育部科学技术重点项目(02190)和陕西省科技攻关项目(2003K015J-28)资助
Tel:029-88382746 Email:g8299643@163.com
收稿日期:2004-04-07

最大抽运电流为 450 mA, 激光二极管尾纤输出光功率随驱动电流(从阈值电流点起)基本上呈线性变化. 所用的掺铒光纤模场直径为 0.20 μm , 截止波长为 960 nm, 980 nm 峰值吸收为 8.6 dB/m, 1530 nm 附近峰值吸收为 14.2 dB/m, 经过优化所选用的光纤长度为 31.5 m.

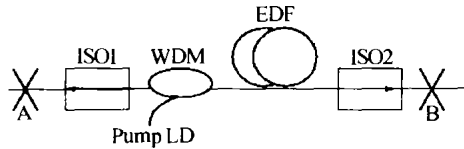


图3 SFS 实验结构示意图

Fig. 3 Sketch for super-fluorescent fiber source

实验结果均为采用 Anritsu MS9710C 多功能光谱仪与 PMS-12 型光功率计测得. 光谱仪最小分辨率为 0.05 nm, 测量范围为 600 ~ 1750 nm, 光功率计的测量范围为 0.1 μW ~ 100 mW, 测量精度为 0.01 dBm.

3 结果与分析

利用光纤后向端(A点)产生的后向 C-波段 ASE 光作为 C-波段输出, 同时在前向端(B点)得到 L-波段 ASE 输出光, 分别测得 A 点(C-波段)的光功率可达 31.74 mW(15.02 dBm), 其光谱见图 4. 其中以 1550 nm 为中心的 3 dB 带宽为 32.2 nm, 集中在 1525 ~ 1575 nm 之间的光功率高达 31.41 mW; 测得 B 点(L-波段)光功率高达 10.14 mW(10.06 dBm), 其光谱见图 5, 在 1575 ~ 1620 nm 之间的光功率高达 5.09 mW.

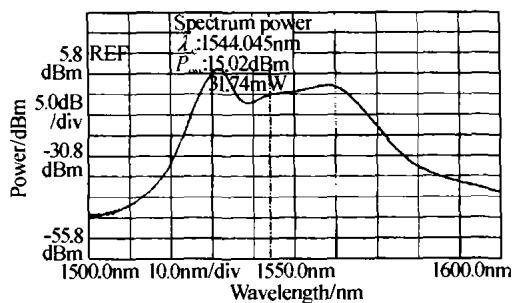


图4 A点测得的C-波段光谱

Fig. 4 Measured spectrum of C-band at point A

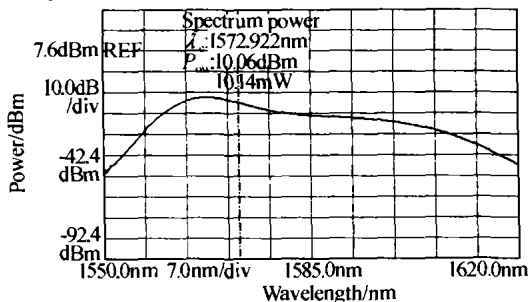


图5 B点测得的L-波段光谱

Fig. 5 Measured spectrum of L-band at point B

通过试验分析可得, 当光纤减短时, L-波段的光功率有一定程度的增加, 但主要的增加偏向于短的

波长方向, 长的波长方向上的光功率增加速度较慢, 使得输出光谱更加不平坦; 当光纤增长时, L-波段的输出光谱平坦度虽然增加, 但功率减小比较迅速, 显得比较微弱.

由此可分别将其作为 C-波段光源和 L-波段光源以充分利用 C-波段的高功率特性, 在对平坦度要求不高的情况下, 在 A 点先接一个光衰减器, 再可通过一个 C/L 波分复用器将其与 B 处的光合到一根光纤简单组合及调整即可得到从 C + L 波段(1525 ~ 1620 nm)功率大于 36 mW 以上的宽带超荧光输出.

4 结论

通过一根高浓度掺铒光纤实现了后向输出 C-波段高功率(31.74 mW) ASE, 前向输出 L-波段高功率(10.14 mW) ASE, 既可作为两个分立输出, 同时提出了将其组合可实现 C + L 波段近 95 nm 宽的高功率(>36 mW)掺铒光纤超荧光输出. 此种宽带光源可满足较大范围应用, 尤其在光纤光栅传感等采用波长信号, 且对光谱平坦度要求不高的应用场合.

参考文献

- Wysocki P F, Digonnet M J F, Kim B Y, et al. Characteristics of erbium-doped super-fluorescent fiber sources for interferometric sensor applications. *Lightwave Technol*, 1994, **12**(3): 550 ~ 567
- 朱涛, 饶云江, 冉曾令, 等. 一种基于新型长周期光纤光栅的动态增益均衡器. *光子学报*, 2003, **32**(3): 283 ~ 285
Zhu T, Rao Y J, Ran Z L, et al. *Acta Photonica Sinica*, 2003, **32**(3): 283 ~ 285
- 陈胜平, 吕可诚, 李乙钢, 等. 大功率高效率掺铒超荧光光纤光源及其应用. *光子学报*, 2004, **33**(1): 17 ~ 20
Chen S P, Lü K C, Li Y G, et al. *Acta Photonica Sinica*, 2004, **33**(1): 17 ~ 20
- Lee J H, Ryu U C, Park N. Passive Erbium-doped fiber seed photon generator for high-power Er^{3+} -doped fluorescent sources with an 80 nm bandwidth. *Optics Letters*, 1999, **24**(5): 279 ~ 281
- Tsai S C, Tsai T C, Law P C, et al. High-power flat L-band erbium-doped ASE source using dual forward-pumping scheme. *Optical and Quantum Electronics*, 2003, **35**(2): 161 ~ 167
- Espindola R P, Ales G, Park J, et al. 80 nm spectrally flattened, high power erbium amplified spontaneous emission fibre source. *Electronics Letters*, 2000, **36**(15): 1263 ~ 1265
- Chen H, Leblanc M, Schinn G W. Gain enhanced L-band optical fiber lasers with erbium-doped fibers. *Optics Communications*, 2003, **216**: 119 ~ 125
- Harun S W, Tamchek N, Poopalan P, et al. Effect of injection of C-band amplified spontaneous emission on two-stage L-band erbium-doped fiber amplifier. *Acta Physica Slovaca*, **53**(2): 173 ~ 176

- 9 Huang W C, Ming H, Xie J P, *et al.* High efficiency broad bandwidth erbium-doped super-fluorescent fiber source. *Chinese Optics Letters*, 2003, **1**(6): 311 ~ 313
- 10 黄文财, 明海, 谢建平. L-波段掺铒光纤超荧光光源和

放大器研究. *光电工程*, 2002, **29**(6): 50 ~ 52

Huang W C, Ming H, Xie J P. Study on L-band erbium-doped optic fiber super-fluorescent light source and amplifier. *Opto-Electronic Engineering*, 2002, **29**(6): 50 ~ 52

A High-power Erbium-doped Fiber Super-fluorescent Source

Guo Xiaodong, Qiao Xueguang, Jia Zhen'an, Fu Haiwei, Wang Xiaofeng

Optical Fiber Sensing Laboratory, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065

Received date: 2004-04-07

Abstract A ASE source with high-power up to 31.74 mW (15.02 dBm) about C-band was developed and achieved by optimizing parameter of EDF, meanwhile its forward output power of L-band ASE is higher than 10.14 mW (10.06 dBm). In the configuration of single-pass, only single stage fiber and a pump LD of 980 nm was used. Also, a super-fluorescent fiber source of C + L band (1525 ~ 1620 nm) with output power higher than 36 mW could be realized through simple connection.

Keywords C-band; L-band; Erbium-doped fiber (EDF); Super-fluorescent fiber source (SFS); Broadband light source; Amplified spontaneous emission (ASE)



Guo Xiaodong was born in 1979, in Suizhou, Hubei Province, P. R. China. He received the B. S. degree in 2002 from Electronic Engineering School, Xi'an Shiyou University. Now he is pursuing the M. S. degree in the same school. His major research fields include theory and experiment and application of optical fiber communication and optical fiber sensing.