

文章编号: 0258-7025(2001)01-0071-03

一种高功率宽带光源的研制*

余有龙** 谭华耀 钟永康

(香港理工大学电机工程系 香港)

摘要 报道一种新型的高功率宽带光源,它利用 1480 nm 激光器对掺铒光纤进行抽运,经啁啾光纤光栅反射后二次放大输出,其功率高达 1.41 mW,线宽为 10 nm。该光源工作的线性区间对应的电流为 375 ~ 645 mA。

关键词 宽带光源,高功率,啁啾光栅

中图分类号: TN 248; TN 929.11 文献标识码: A

Study on a Novel Broadband High Power Source

YU You-long TAM Hwa-yaw CHUNG Weng-hong

(Department of Electrical Engineering, Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong)

Abstract A newly designed high power broadband source is reported in this paper. A 1480 nm laser is employed to pump the erbium-doped fiber. The light is reflected by a linearly chirped fiber Bragg grating, thus amplified two times. The output power achieved is 1.41 mW with a 10 nm bandwidth. The working current corresponding to the linearly output is from 375 mA to 645 mA.

Key words broadband source, high power, chirped fiber grating

1 引言

随着光通信和光传感技术的发展,对光源提出了新的要求,尤其是波分复用网络,它需要宽带宽、高功率的光源,而现有的 LD 虽然有较高的功率,但线宽太窄,LED 虽然有较宽的光谱,其能量又太低^[1],一般不超过 150 μ W。虽然 SLED 输出功率可以达到几个毫瓦,但其价格昂贵,因此有必要研制价格便宜的宽带宽、高功率光源。

本文用 1480 nm 激光器对掺铒光纤(EDF)进行长距离抽运,其自发辐射经啁啾光栅(CFBG)反射后二次放大输出,得到功率高达 1.41 mW,线宽为 10 nm 的光波输出。

2 原理与实验结果

EDF 是 1550 nm 窗口的光波在光纤波导中传输时能量得以放大的理想介质,并已被广泛地用作

光纤放大器^[2~4]。利用光栅的带阻滤波特性,光纤光栅(FBG)曾被应用于反射抽运残余^[5],而啁啾光栅(CFBG)由于宽带较宽,曾被用来改善 EDFA 性能^[6]。

用 1480 nm 激光器作抽运源,波分复用器(WDM)将抽运光射入铒光纤中用于长程抽运(如图 1 所示),由于介质中的 Er^{3+} 离子被激发,使得电子从能量较低的基态跃向较高的激发态,从而出现粒子数反转,并产生自发辐射^[2]。随着光波在 EDF 介质中传播距离的增加,该自发辐射得以放大,称之为被放大的自发辐射(Amplified spontaneous emission(ASE))。辐射谱的中心波长接近 1550 nm,谱宽达 40~50 nm。若 EDF 末端接入线性啁啾光纤光栅(LCFBG),其工作波长与 EDF 工作波长有重叠的部分,则重叠波长部分的光波由于布喇格反射而沿原光路返回,并被二次放大后经隔离器(Isolator)输出。如果抽运源有足够的功率,且反射回来光波的谱比较宽,则该装置便可用作宽带光源。

实验中所用的 LCFBG 是采用掩模法用啁啾模板在载氢光纤上写成的,其长度为 4 mm,透射谱见图 2 所示,带宽(HWFM)为 10 nm,反射率接近 50%。1480 nm 激光器工作电流的范围是 0 ~ 645

* 香港研究资助局(RGC)资助项目(Polyu 5123/97E)。

** 黑龙江大学物理系,哈尔滨 150080。

收稿日期:1999-09-29;收到修改稿日期:1999-12-01

mA,最大电流对应的激光功率为 81 mW。WDM 几乎将抽运源输出的全部能量耦合进入 EDF 所在的支路,其插入损耗约为 0.5 dB。从增益和吸收两方面综合考虑,所用 EDF 的长度选择为 25 m。所用隔离器的插入损耗为 0.39 dB,返回损耗(Return

loss)为 -50 dB,隔离度(Isolation)为 -44 dB,它用来阻止光反向传播,以免构成共振回路并形成激光输出,从而避免该装置出现输出能量在不同波长上的悬殊分布。输出光功率由功率计测定,光谱则用光谱仪观测。

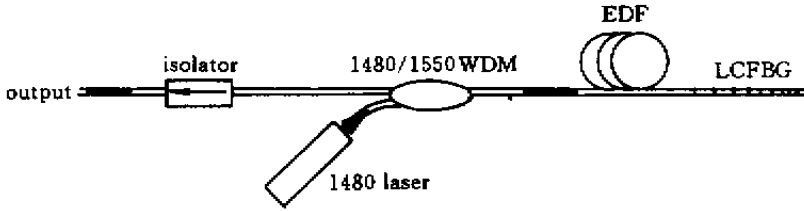


图1 实验装置图

Fig.1 Experimental set-up

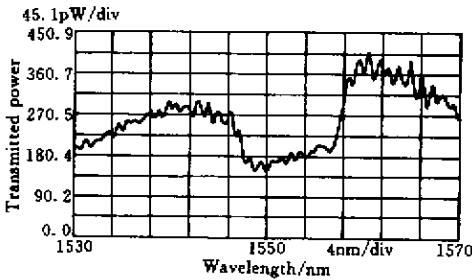


图2 CFBG的透射谱

Fig.2 Transmission spectrum of CFBG

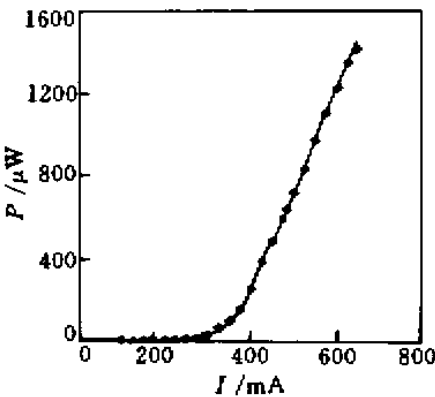


图3 输出功率与工作电流间的实验关系

Fig.3 Experimental plot of the output power vs the laser current

调节激光器的工作电流 I ,上述装置的输出功率 P 随电流的增加呈增大的趋势,图3是两者变化关系的实验曲线, $I = 645$ mA 时 $P = 1.41$ mW。从曲线可以看出, $I \in [375, 645]$ mA 时, P 与 I 间呈较严格的线性关系,因此它是该装置的线性工作区间。输出谱不平坦主要是 LCFBG 反射不均匀以及

EDF 增益不平坦造成的,还与铒光纤中光波能量的损耗随波长变化而剧烈变化有关^[7]。

在线性工作区间内,随着电流的增加,该装置输出光波谱的幅度整体呈线性比例变化,谱宽为 10 nm,低于 375 mA 时,谱的形状多少有些变化(见图4所示)。在激光器工作电流范围内,输出端没有观察到激光输出。如果图1光路隔离器左侧有强烈的反射,且隔离器的隔离度较小,或者 EDF 至隔离器间由于某种原因造成部分光反向传播(如端面反射),则有可能形成激光输出,图5所示的谱为隔离器与 WDM 间用连接器连接时,端面反射造成的激光输出。这显然不是宽带光源希望出现的现象,为此,要求 EDF 与隔离器间器件连接时必须采用焊接,且选用高隔离度的隔离器。

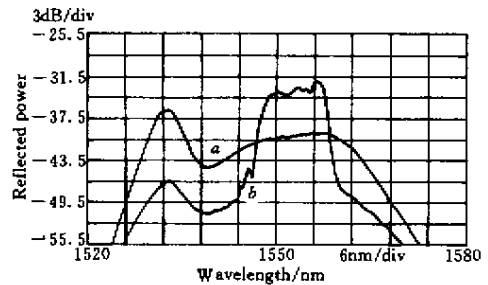


图4 不同工作电流对应的输出谱

Fig.4 Output spectra for different current

是否接入 LCFBG,EDF 的增益谱是不同的(见图6所示), a 是光栅接入可观察到的增益谱,而 b 则是焊接光栅后的增益谱,显然能量比较集中分布在光栅对应的波长区域。

要提高整个装置的输出功率有以下几种途径:

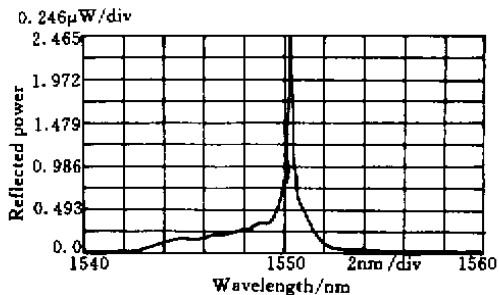


图5 形成激光输出

Fig.5 Laser output

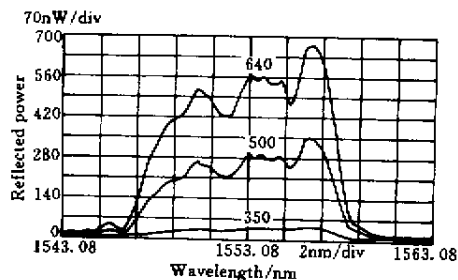


图6 EDF增益谱

a. 掺铒光纤, b. 连接CFBG后的增益谱

Fig.6 Spectra of the gain

a. EDF; b. EDF connected with a CFBG

(1) 增加抽运源的输出功率 (2) 提高啁啾光栅的反射率 (3) 减小光路的连接损耗 (4) 优化 EDF 的长度。

结合无啁啾调谐技术^[8], 对上述装置的输出波长可以整体调节, 若结合啁啾调谐技术^[9], 则还可以拓宽输出波长的范围。

3 结论

利用啁啾光栅对 EDF 荧光进行反射并经二次放大后得到谱宽为 10 nm, 功率为 1.41 mW 的宽带

输出, 其电流的线性工作区间为 375 ~ 645 mA。提高 CFBG 的反射率有利于提高输出功率, 选择宽带宽的光栅会增加输出带宽, 而选用反射谱较平坦的 CFBG 改善铒光纤的吸收分布并结合增益平坦技术将有利于输出功率在不同波长上分布均匀化。该技术在光纤光通信和光纤传感网络领域将有非常重要的实际使用价值。

参 考 文 献

- 1 Li Ling. Optical Fiber Communications, 1st Edition. Beijing: People's Post Press, 1995. 130 (in Chinese)
- 2 B. Pedersen, A. Bjarklev, J. H. Povlsen *et al.*. The design of erbium-doped fiber amplifiers. *J. Lightwave Technol.*, 1991, (9): 1105 ~ 1112
- 3 K. Inoue, H. Toba, K. Nosu. Multichannel amplification utilizing an Er^{3+} -doped fiber amplifier. *J. Lightwave Technol.*, 1991, (3): 368 ~ 374
- 4 M. J. F. Digonnet. Rare Earth Doped Fiber Lasers and Amplifiers. New York: Marcel Dekker, Inc., 1993. 497 ~ 646
- 5 M. C. Farries, C. M. Ragdale, D. C. J. Reid. Fiber Bragg filters for pump rejection and recycling in erbium doped fibers. Conf. on Optical Amplifiers and Their Applications, Snowmass, 1991. 144 ~ 147
- 6 M. C. Farries, C. M. Ragdale, D. C. J. Reid. Broadband chirped fiber Bragg filters for pump rejection and recycling in erbium doped fiber amplifiers. *Electron. Lett.*, 1992, (28) 487 ~ 489
- 7 M. J. F. Digonnet. Rare Earth Doped Fiber Lasers and Amplifiers. 1st Edition. New York: Marcel Dekker, Inc., 1993. 73
- 8 Yu Youlong, Liu Zhiguo, Dong Xiaoyi *et al.*. No-chirped linearly tuning technique for fiber Bragg grating with a cantilever beam. *Acta Optica Sinica* (光学学报), 1999, (19) 873 ~ 876 (in Chinese)
- 9 Yu Youlong, Liu Zhiguo, Guan Baiou *et al.*. Transforming a uniform fiber grating into a chirped one using a cantilever beam. *Chinese J. Lasers* (中国激光), 1999, (26) 10: 912916 (in Chinese)