

多个定波长抽运宽带光纤拉曼放大器的设计

金永兴, 张在宣, 金尚忠, 刘红林
(中国计量学院光电子技术研究所, 浙江 杭州 310018)

摘要:提出了一种新的光纤拉曼增益谱的测量方法,通过光纤的受激拉曼谱和自发辐射谱的解调而获得拉曼增益谱图,同时利用该方法用于3个波长为1428nm,1445nm,1467nm抽运的宽带光纤拉曼放大器的设计,得到最大开关增益13dB,1dB带宽34nm的拉曼放大,与小信号增益法测量结果一致。实际证明:该方法快速简单、实时性强,具有实际应用价值。

关键词:拉曼增益放大器;拉曼增益谱;增益平坦

中图分类号:TN253 **文献标识码:**B

Design of the Multiwavelength Pumped Broadband Raman Fiber Amplifier

JIN Yong-xing, ZHANG Zai-xuan, JIN Shang-zhong, LIU Hong-lin
(Institute of Optoelectronics Technology, China Jiliang University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: A new method was developed for measuring the fiber Raman gain spectrums, which is obtained by demodulation of the stimulated Raman spectrum and the spontaneous emission spectrum, this method is proved to have a good performance in the measurement of the fiber Raman gain spectrums, and three wavelength (1428nm, 1445nm, 1467nm) pump broadband Raman fiber amplifier with gain band over 34 nm (1dB), on-off gain of 13 dB is designed by this method, and the experimental result is agree with the measurement by the small signal gain method. The result of experiment show the way possesses simple performance, high accuracy, high good real-time characteristic and useful value.

Key words: Raman gain amplifier; Raman gain spectrums; gain flatness

1 引言

光纤拉曼放大器由于其宽带、低噪声、分布式、放大波段取决于抽运波长等独特优点,结合密集波分复用(DWDM)技术,是满足光纤通信网络传输容量增加和长距离传输要求的理想方案之一,而成为光纤通信领域的一个热点^[1-2]。光纤拉曼放大器常用多波长抽运来增加带宽,以满足通信波段扩展的需求。

实际在设计制作宽带增益平坦光纤拉曼放大器时,先用模拟软件进行计算^[3],得到最佳的多个抽运激光波长及相应功率组合,然后通过小信号增益法,进行试验获得结果,而且小信号增益测量法时间长,如果获得结果不理想,需要进行波长和功率调整,试验过程和测量时间会比较长。本文提出了利用光纤的受激拉曼谱和自发辐射谱的直接解调,能

够实时得到拉曼增益谱,具有快速、简单等特点。

2 试验装置和增益谱解调测量

设计光纤拉曼放大器时,需要已知光纤的增益系数 $g_R(\lambda)$,光纤拉曼谱的测量主要有相对截面法、脉冲扫描法、小信号拉曼放大法、自发拉曼散射法等^[4-6],但测量方法比较复杂,过程较长。如小信号拉曼放大法测量 $g_R(\lambda)$ 的分布,需要在1400~1600nm内每隔1nm间隔测量抽运光开关时输出端的信号光功率,整个测试过程较长,易受到抽运光和信号光不稳定性的影响。本文提出了一种新的测量

基金项目:国家自然科学基金项目(No. 60608009);浙江省重大科技项目(No. 20050012)资助。

作者简介:金永兴(1972-),男,硕士,副教授,主要从事光纤放大器和光纤传感器技术研究。E-mail: jinyongxing@cjlu.edu.cn

收稿日期:2008-03-14; **修订日期:**2008-05-21

$g_R(\lambda)$ 的方法,利用光纤的受激拉曼谱和自发辐射谱的解调而获得增益谱。

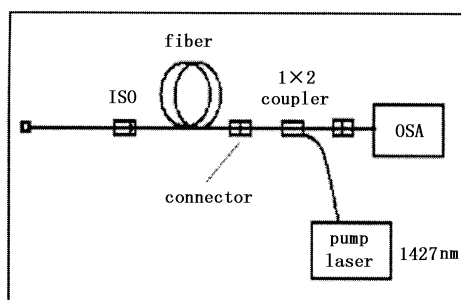


图1 背向拉曼谱测量装置图

图1为背向抽运拉曼谱测试装置图。光纤为50km G652 光纤,测试仪器为Adventest8384 OSA,所用抽运激光器波长为1427nm,输出功率范围1~1200mW。先用1mW的抽运功率送入光纤时,由于大大小于受激拉曼的阈值功率,OSA测得的谱图如图2所示。

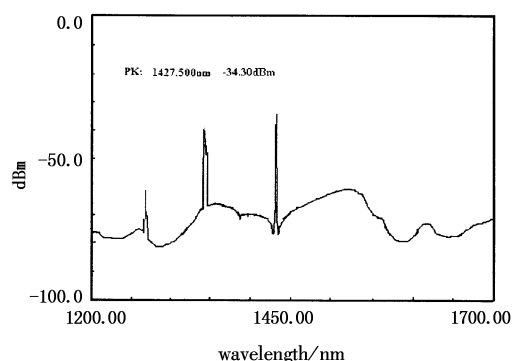


图2 1mW功率背向抽运下的谱图

当抽运功率增加到400mW时,出现受激拉曼现象,如图3所示,G652光纤的背向抽运拉曼谱中出现明显的双峰现象。较大功率抽运下的受激拉曼谱与无受激拉曼(作为背底信号)情况下的谱图相除,得到光纤的拉曼增益谱图,图4是抽运功率400mW时解调后的增益谱。

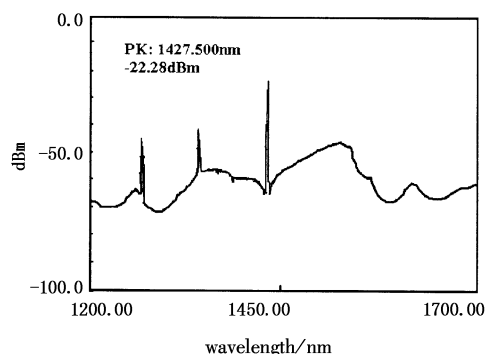


图3 400mW功率背向抽运下的谱图

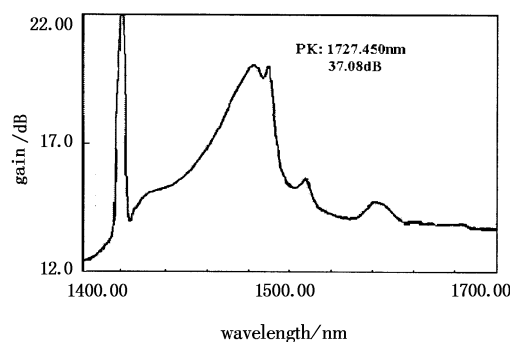


图4 400mW背向抽运功率下的增益谱图

3 宽带增益平坦放大器的设计法

根据上文拉曼增益谱与不同功率解调的原理,在设计多个定波长拉曼放大器时,也存在一个作为背底的小功率自发拉曼辐射光谱。为达到一定的增益要求,选用合适的多波长激光泵浦功率,合理调节这些多波长的功率,使综合的多波长背向拉曼谱与小功率自发辐射光谱解调,解调得到的增益光谱为最理想的宽带平衡增益时,对应也有较理想的实际增益。选定这几个多波长的功率值,然后用小信号功率输入,测得它的增益与波长的关系,来验证解调得到的增益光谱,是否符合理想的增益要求。为此,我们建立了如图5所示的实验方案,与图1测量方案相比,多了一个信号源。

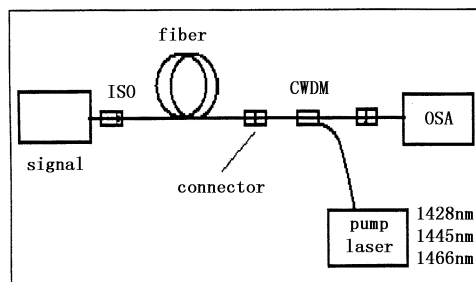


图5 宽带放大器设计法实验方案图

3.1 小功率自发辐射光谱的确定

由于我们的设计要得到一个宽带平坦的增益谱,因此,在选定初始小功率时,不必以无拉曼的自发辐射光谱为参考谱,可以选用有拉曼现象的泵浦功率。对于我们现有的三波长输出为1428nm,1445nm和1467nm的Keopsys公司的光纤激光器(最大输出功率为3000mW),设置总输出功率为100mW背向抽运的拉曼辐射光谱作为背底信号。调节100mW三波长激光器三个波长的输出功率比例,使它的背向拉曼辐射谱具有最平坦的曲线,如图6所示,将它作为设计法的参考谱图。

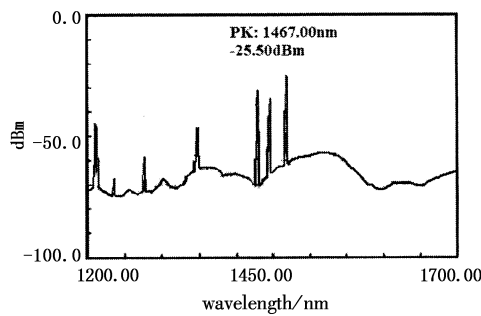


图6 设计法的参考谱图

3.2 G652 光纤增益实验

为了达到某一增益要求,首先要调整三波长激光器的总的输出功率。如要达到 9dB 左右的增益要求,三波长总的输出功率设置为 700mW。它的背向拉曼谱与上述的参考谱图实时解调,同时调节三个波长的泵浦功率比例,使解调后的增益谱最佳,如图 7 所示。这时,测得实际 1428nm, 1445nm, 1467nm 泵浦到 50km G652 的入纤功率为 19.47dBm,20.66dBm,16.83dBm。将这个功率组合按图 5 进行背向抽运的小信号拉曼增益实验,信号源由可调激光器产生,波长调节范围为 1440~1600nm。信号输入功率为 -7dBm,分别测量 11 个波长的开关增益 G,测得的小信号增益谱如图 8 所示。最大增益 9.1dB,1dB 带宽为 36nm,达到较为理想的宽带平坦增益。

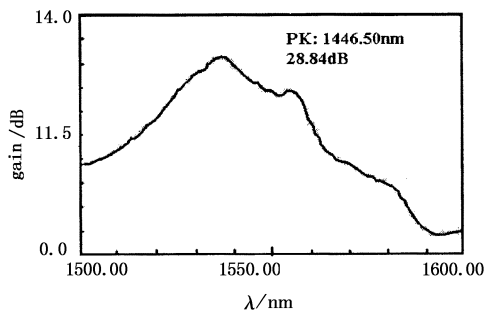


图7 总输出 700mW 的解调增益谱图

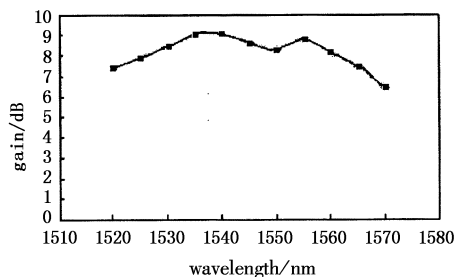


图8 总输出 700mW 三波长 G652 背向抽运的拉曼增益

同样,为了达到 13dB 左右的增益,我们将三波长激光器的总输出调到 1000mW,它的背向拉曼谱与上述的参考谱图实时解调,同时调节三个波长的比例,获得最佳的解调增益谱,如图 9 所示。实测的 1428nm,1445nm,1467nm 泵浦到 50km G652 的入纤功率为 22.66dBm,21.59dBm,20.10dBm。用小信号增益法测量拉曼开关增益,分别测量 9 个波长的开关

增益 G。图 10 是通过小信号方法得到增益谱图,与我们的测量方法得到结果一致,最大增益 13dB,1dB 带宽 34nm,得到比较理想的宽带平坦增益。

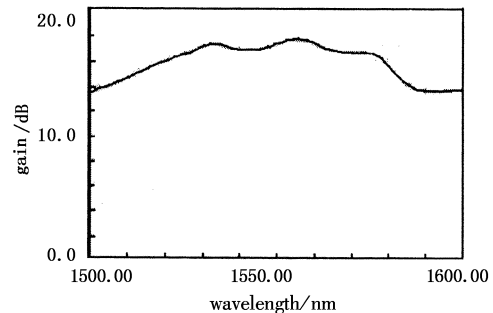


图9 总输出 1000mW 的解调增益谱图

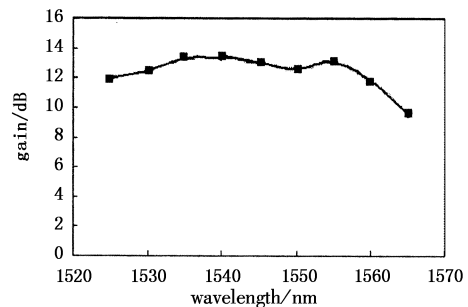


图10 总输出 1000mW 三波长 G652 背向抽运的拉曼增益

4 结论

我们提出了一种利用较大功率下的光纤背向受激拉曼谱与小功率自发辐射拉曼谱解调,来测量拉曼增益谱的方法。在多个定波长宽带增益平坦光纤拉曼放大器的设计中,如果调整其中一些参数,利用这种方法能快速获得增益谱图,得到设计结果,具有快速准确的特点。由于不需要信号光,可避免信号光功率及波长漂移的影响。获得三波长泵浦功率组合结果,与通过测量实际的小信号的增益谱图结果相符。

参考文献:

- [1] 刘红林,张在宣,金尚忠,等. 光纤拉曼放大器技术的进展[J]. 中国计量学院学报,2001,12(3):51-56.
- [2] 刘红林,张在宣,庄松林. 用打靶法求解双向泵浦的拉曼放大器传输方程[J]. 光电工程,2004,31(12):46-49.
- [3] Xiao P C, Zeng Q J, Huang J, et al. A new optimal algorithm for multipump sources of distributed fiber Raman amplifier[J]. IEEE Photon Technology Lett., 2003, 15(2):206-208.
- [4] R Stolen, E Ippen, A Tynes. Raman gain in glass optical waveguide[J]. Appl. Phys. Lett., 1973, 22(6):276-278.
- [5] D Mahgerefteh, D L Butler, J Goldhar, et al. Technique for measurement of the Raman gain coefficient in optical fiber[J]. Opt. Lett., 1996, 21:2206-2028.
- [6] M Wuilpart, R G, P, et al. Distributed measurement of Raman gain spectrum in concatenations optical fibers with OTDR[J]. Electron. Lett., 2003, 39(1):88-89.