

双纵模窄线宽光纤拉曼放大器*

许将明, 冷进勇, 吴武明, 周 朴, 侯 静

(国防科学技术大学 光电科学与工程学院, 长沙 410073)

摘 要: 报道了一台实现了双纵模窄线宽激光输出的光纤拉曼放大器。利用中心波长 1 079.7 nm 的双纵模窄线宽种子激光器获得了频率间隔 1.4 GHz、功率比约 3 : 1 的双纵模输出,各纵模的线宽约为 10 MHz;再利 1 031 nm 泵浦光对双纵模种子光进行拉曼放大,实现了 1.07 W 双纵模激光输出。拉曼放大过程中,两个纵模的线宽、频率间隔及功率比保持得很好。

关键词: 光纤拉曼放大器; 双纵模; 窄线宽; 放大特性

中图分类号: TN248 **文献标志码:** A **doi:**10.3788/HPLPB20112307.1705

与传统光纤放大器中通过掺杂离子的受激辐射获得增益不同,光纤拉曼放大器(FRA)利用石英光纤中的受激拉曼散射(SRS)效应获得增益。SRS增益谱较宽、中心波长灵活,使得FRA的输出波长几乎可覆盖整个近红外区,广泛应用于通信和超连续谱产生等领域^[1-2]。Yan Feng等人通过FRA实现了较高功率的单纵模1 178 nm激光输出,倍频后得到可用于激光导星(LGS)的589 nm黄光^[3]。如果使用双纵模589 nm黄光锁定D_{2a}和D_{2b}钠双线进行LGS,可大幅提高荧光转换效率,降低对导星光源的功率要求^[4]。但直接利用电光调制(EOM)晶体获得589 nm双纵模导星光容易引入较为严重的热透镜效应,使得导星光源的输出光只在特定功率水平下具有较好光束质量^[5]。高效率双纵模导星光还可利用频率间隔1.7 GHz、功率比大于3 : 1的双纵模1 178 nm激光倍频后得到^[6]。目前,尚无双纵模窄线宽输出FRA的实验报道。

为了研究FRA的双纵模放大特性,课题组首先搭建了中心波长为1 079.7 nm的种子激光器,获得了较稳定的双纵模激光输出。利用法布里-珀罗(F-P)干涉仪对种子光的频谱特性进行扫描,得到了如图1所示的结果。经分析,两

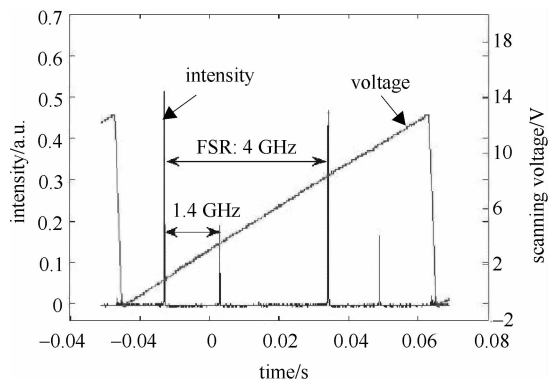


Fig. 1 Frequency spectra characteristic of seed light
图 1 种子光频谱特性

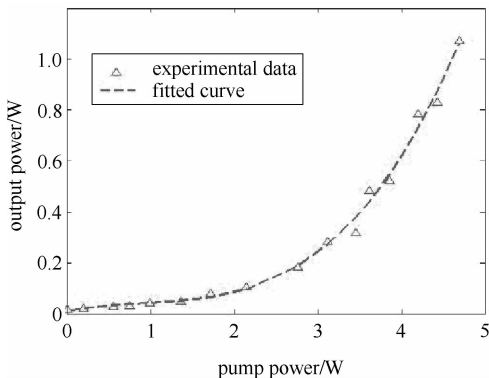


Fig. 2 Output power of dual-longitudinal-modes light vs pump power
图 2 双纵模输出功率特性曲线

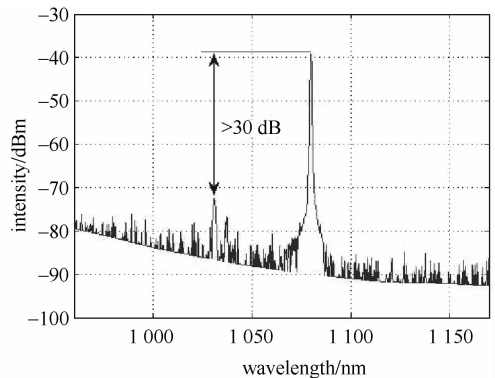


Fig. 3 Spectrum of output light at maximum output power
图 3 输出功率最大时光谱

* 收稿日期:2011-05-18; 修订日期:2011-06-07

基金项目:国家自然科学基金项目(61077076, 61007037, 10904173);教育部新世纪优秀人才支持计划项目(NCET-08-142)

作者简介:许将明(1988—),男,硕士研究生,主要从事光纤激光器与放大器等方面的研究;xu_jiang_ming@yahoo.com.cn。

通信作者:侯静(1975—),女,博士,研究员,主要从事光纤激光相干合成技术、光纤激光器及光子晶体光纤等方面的研究;houjing25@si-na.com。

纵模频率间隔 1.4 GHz、功率比约 3 : 1,各纵模的线宽约为 10 MHz。在拉曼放大级,使用 1 031 nm 宽谱光作为泵浦源对双纵模 1 080 nm 信号光进行拉曼放大,获得了最大功率 1.07 W 的双纵模放大光输出。图 2 为 FRA 的输出功率与泵浦功率的关系曲线。输出功率最大时的光谱如图 3 所示,信号光比剩余泵浦光大 30 dB 以上。拉曼放大过程中两纵模的间隔及功率比得到了较好地保持,各纵模的线宽展宽较小。实验中对拉曼放大器输出光及后向散射光进行了监测,未观察到四波混频(FWM)及受激布里渊散射(SBS)现象。

参考文献:

- [1] Kim N S, Prabhu M, Li C, et al. 1239/1484 nm cascaded phosphosilicate Raman fiber laser with CW output power of 1.36 W at 1484 nm pumped by CW Yb-doped double-clad fiber laser at 1064 nm and spectral continuum generation[J]. *Opt Commun*, 2000, **176**: 219-222.
- [2] Masuda H, Suzuki K I, Kawai S, et al. Ultra-wideband optical amplification with 3 dB bandwidth of 65 nm using a gain-equalised two-stage erbium-doped fiber amplifier and Raman amplification[J]. *Electron Lett*, 1997, **33**(9): 753-754.
- [3] Feng Y, Taylor L R, Calia D B. 50 W CW visible laser source at 589 nm obtained via frequency doubling of three coherently combined narrow-band Raman fibre amplifiers[J]. *Opt Express*, 2010, **18**(8): 8540-8555.
- [4] Holzlöhner R, Rochester S M, Calia D B, et al. Optimization of CW sodium laser guide star efficiency[J]. *Astron and Astrophys*, 2010, **510**: A20.
- [5] Calia D B, Friedenaure A, Protopopov V, et al. PM fiber lasers at 589 nm: a 20 W transportable laser system for LGS return flux studies [C]//Proc of SPIE. 2010: **77361U**.
- [6] Vergien C, Dajani I, Zeringue C. Theoretical analysis of single-frequency Raman fiber amplifier system operating at 1 178 nm[J]. *Opt Express*, 2010, **18**(25): 26214-26228.

Dual-longitudinal-modes narrow-linewidth fiber Raman amplifier

Xu Jiangming, Leng Jinyong, Wu Wuming, Zhou Pu, Hou Jing
(College of Opto-Electronic Science and Engineering, National University
of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: A fiber Raman amplifier(FRA) with dual-longitudinal-modes narrow-linewidth output is reported. Firstly, the dual-longitudinal-modes seed light with 1.4 GHz frequency spacing and a power proportion of 3 : 1 is obtained by a home-made dual-longitudinal-modes narrow-linewidth fiber laser operating at 1 079.7 nm. The linewidth of each longitudinal mode is about 10 MHz. Then, the dual-longitudinal-modes seed light is amplified to a maximal power of 1.07 W with 1 031 nm pump source. The linewidth, frequency spacing and power proportion of the two longitudinal modes of the seed light have been maintained during the amplification.

Key words: fiber Raman amplifier; dual-longitudinal-modes; narrow line-width; amplification characteristic