

文章编号: 0253-2239(2005)02-212-4

15 波长输出的布里渊掺铒光纤激光器

胡 松¹ 尉仕康² 詹 黎¹ 宋跃江¹ 夏宇兴¹

(¹ 上海交通大学光学与光子学研究所区域光纤通信网与新型光通信系统国家重点实验室, 上海 200240)
(² 浣江中学, 浙江 诸暨 311800)

摘要: 多波长布里渊掺铒光纤激光器是一种新型的多波长光纤激光器,其原理是利用受激布里渊增益和掺铒光纤的线性增益,可以在常温下得到波长间隔约为 0.08 nm (~10 GHz)的多波长输出。报道的布里渊掺铒光纤激光器,在布里渊抽运功率为 1.7 mW、980 nm 抽运功率为 300 mW 的情况下得到稳定的 15 个波长(间隔~10 GHz)的输出,这种激光器用作光传感器、光谱分析仪以及密集波分复用系统的光源。实验发现,输出波长的个数随着 980 nm 抽运功率的增大而增加。另外,布里渊掺铒光纤激光器的信号功率主要来自于掺铒光纤的增益,而布里渊增益对它的影响不大。

关键词: 导波与光纤光学;多波长光纤激光器;受激布里渊散射;掺铒光纤激光器

中图分类号: TN253 文献标识码: A

15-Wavelength Brillouin Erbium-Doped Fiber Laser

Hu Song¹ Wei Shikang² Zhan Li¹ Song Yuejiang¹, Xia Yuxing¹

(¹ National Laboratory on Fiber Optic Communication Networks and Advanced Optical Communication Systems, Institute of Optics and Photonics, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240)
(² Wanjiang Middle School, Zhuji Zhejiang 311800)

Abstract: The Brillouin erbium-doped fiber laser is a novel kind of fiber laser with multi-wavelength output, which can produce a laser comb with spacing of 0.08 nm (10 GHz) using a combination of Brillouin gain and linear gain in erbium-doped fiber. The stabled 15-wavelength output are obtained with the Brillouin pump of 1.7 mW and 980 nm-pump of 300 mW. The laser can be utilized in optical sensor, spectrum analyser and deuse wavelength division multiplexer system as laser source. The experiment also demonstrates that the number of output wavelength will increase when 980 nm pump increase and the power of multi-wavelength output mainly comes from the EDFA gain with little influence from Brillouin gain.

Key words: guided wave and fiber optics; multi-wavelength fiber laser; stimulated Brillouin scattering; erbium-doped fiber laser

1 引 言

多波长布里渊掺铒光纤激光器是一种新型的多波长光纤激光器。由于多波长光纤激光器在光传感器、光谱分析仪以及光纤通信系统中的应用十分重要而一直为人们所关注,尤其是近年来随着密集波分复用(DWDM)系统的广泛应用,作为其中关键器件的多波长光纤激光器也成为研究的热点,一些结构新颖的多波长光纤激光器相继出现,多波长布里

渊掺铒光纤激光器便是其中一种。

尽管近年来实现的多波长光纤激光器的方法很多,但从其中掺铒光纤的作用来看,可以将其分为两类,一类直接利用了掺铒光纤的增益特性,这类激光器可以是线形腔^[1,2],也可以是环形腔^[3~5],用 980 nm 或 1480 nm 的激光器做抽运光,在腔内加上选模器件,就可以在 1550 nm 附近得到激光输出。另一类就是本文所论述的多波长布里渊掺铒光纤激光器,它利

作者简介: 胡 松(1982~),男,安徽人,上海交通大学光学与光子学研究所硕士研究生,从事多波长光纤激光器和波长可调谐开关光纤激光器的研究。E-mail: husong1982@sjtu.edu.cn。

收稿日期: 2003-11-10; 收到修改稿日期: 2004-06-04

用单模光纤中的非线性效应——受激布里渊散射和掺铒光纤的线性放大得到多波长输出。这类激光器的结构有环形腔^[6], 双环结构和线形腔几种^[7,8]。

本文所研究的是一种环形腔的结构, 利用掺铒光纤放大器(EDFA)的放大来补偿谐振腔的损耗, 通过两个连成倒 s 形状的耦合器实现斯托克斯信号的反馈, 在常温下得到 15 个波长的输出。

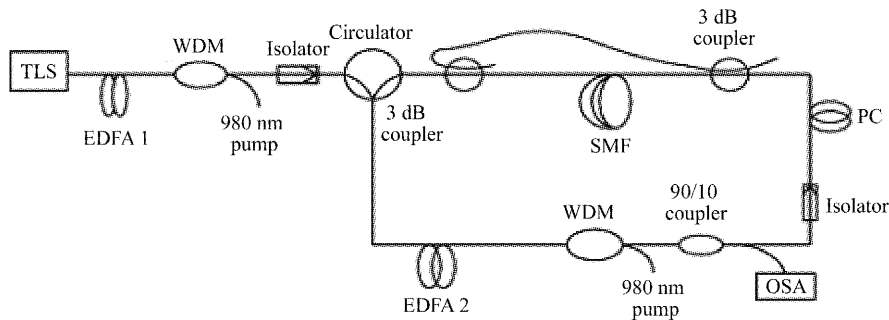


图 1 实验平台结构图

Fig. 1 Experimental configuration

从 TLS 中输出的一个窄线宽的信号经过掺铒光纤放大器 EDFA 1 放大后作为布里渊抽运光, 其功率应大于受激布里渊散射的阈值功率。布里渊抽运信号经过 Circulator 顺时针进入 SMF 中, 由于受激布里渊散射产生一个逆时针方向的斯托克斯信号, 与布里渊抽运信号相比频率下移 10 GHz。由于布里渊增益比较小, 不足以克服谐振腔的损耗, 所以加入一个 EDFA 2 来放大这个信号。斯托克斯信号经过 EDFA 2 后通过一个 90/10 的 coupler, 10% 进入光谱分析仪进行观测, 其余的经过两个连成倒 S 状的 coupler 后, 一部分为信号光, 另一部分重新顺时针进入单模光纤作布里渊抽运信号, 若此信号仍满足作布里渊抽运信号的要求(窄线宽和功率超过阈值), 由于受激布里渊散射会又产生一个逆时针的斯托克斯信号, 重复上面这个过程, 我们就可以从光谱分析仪中观测到多波长的输出。因为布里渊增益是偏振相关的, 为得到比较好的实验结果加入了偏振控制器, 调节偏振状态对实验结果有一定的影响。

3 实验结果与分析

在布里渊抽运功率为 1.7 mW, 回路中 EDFA 2 的 980 nm 抽运功率为 150 mW 的情况下, 从光谱分析仪中得到的结果如图 2 所示, 共产生了 5 个峰, 间隔为 0.08 nm, line 1 前面的一个小峰为布里渊抽运信号, 因为 EDFA 2 的增益较小, 后级的布里渊峰获得的能量渐渐减小。第五级峰因为能量比较低,

2 实验结构

系统结构如图 1 所示, EDFA 1 中掺铒光纤长 12.5 m, EDFA 2 中掺铒光纤长 8 m, 单模光纤 SMF 的长度为 4 km。TLS 为可调谐激光光源, coupler 为耦合器, Isolator 为隔离器, Circulator 为环形器, OSA 是光谱分析仪。

不能满足作为布里渊抽运信号的条件, 所以不能产生下一级的峰。最后面的峰是谐振腔的腔模。

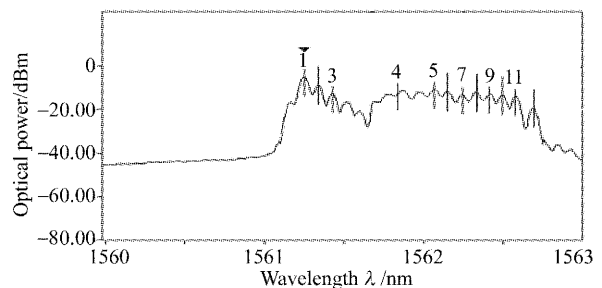


图 2 980 nm 抽运功率 150 mW 时的 5 波长输出

Fig. 2 5-wavelength output under the 980 nm pump of 150 mW

980 nm 的抽运功率增大到 300 mW, 使斯托克斯信号得到足够的放大, 从光谱分析仪中得到的结果如图 3 所示, 在图中可以观察到 15 个间隔为

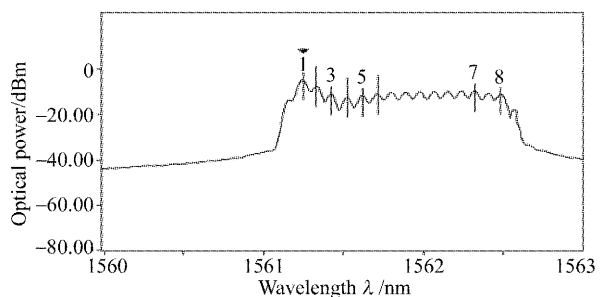


图 3 980 nm 抽运功率 300 mW 时的 15 波长输出

Fig. 3 15-wavelength output under the 980 nm pump of 300 mW

0.08 nm(10 GHz)的波长产生,而且非常稳定,多次光谱分析仪扫描得到的结果都几乎完全一致。

为考察各波长的输出功率与 980 nm 抽运功率的关系,固定布里渊抽运功率为 1.7 mW,改变 980 nm 抽运功率从 50 mW 到 350 mW,分别记录前 5 个峰的峰值功率,得到了如图 4 所示的前 5 个峰的峰值功率与 980 nm 抽运功率的关系。

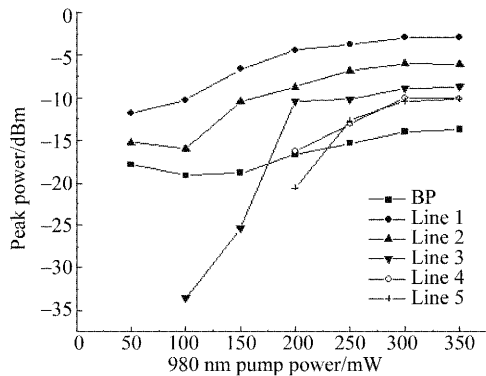


图 4 前 5 波长输出功率与 980 nm 抽运功率的关系
Fig. 4 Output powers of the first 5 wavelengths versus the pump power of 980 nm

从图 4 中可以看到 980 nm 抽运功率刚开始增加时,峰值功率会增加的较快,但是在抽运功率达到 250 mW 以后峰值功率增加的比较慢,曲线基本平坦,因为此时掺铒光纤放大器已经达到了饱和增益。在上面的这个过程中从光谱分析仪中记录产生的这些峰的积分功率即布里渊掺铒光纤激光器的总的输出功率,可以得到下面这个曲线(见图 5)。从图 5 中可以看到,随着 980 nm 抽运功率的增大,布里渊掺铒光纤激光器的输出功率逐渐变大,当抽运功率超过 250 mW 时,输出功率开始趋于饱和。

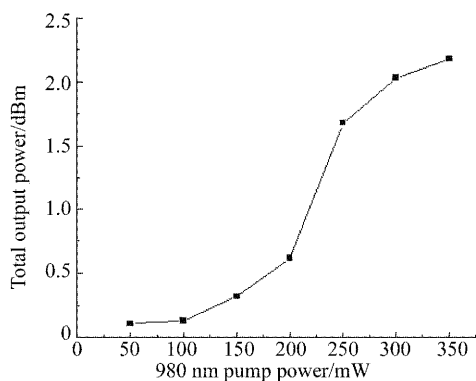


图 5 总输出功率与 980 nm 抽运功率的关系
Fig. 5 Total output powers of the first 5 wavelengths versus the pump power of 980 nm

将 980 nm 抽运功率固定在 300 mW,改变布里渊抽运功率,仍然记录布里渊抽运和前 5 个峰的功

率,可以得到图 6 的关系。从图中可以看出,增大布里渊抽运功率对各个峰的峰值影响不大,从 0.8 mW 到 2.7 mW 基本不变,也证明了前面提到的布里渊掺铒光纤激光器的输出功率主要是从 980 nm 的抽运功率转化而来的,布里渊抽运功率起的作用很小,因为布里渊增益与掺铒光纤的增益相比是非常小的,所以改变布里渊抽运对布里渊掺铒光纤激光器的输出功率影响不大。布里渊抽运更重要的是起到了确定输出波长位置的作用,因为多波长输出的第一级就是布里渊抽运波长的位置。

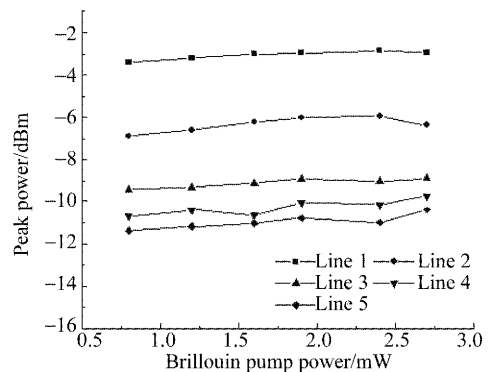


图 6 前 5 波长输出功率与布里渊抽运功率的关系
Fig. 6 Output powers of the first 5 wavelengths versus the Brillouin pump power

4 结 论

对多波长布里渊掺铒光纤激光器的实验研究表明,在 1.7 mW 的布里渊抽运功率和 300 mW 的 980 nm 抽运下,获得了间隔约为 0.08 nm(10 GHz)稳定的 15 峰激光输出。并重点研究了在不同的 980 nm 抽运和布里渊抽运情况下各个峰的输出功率,实验发现:布里渊掺铒光纤激光器的信号功率大多数来自于掺铒光纤的增益,而布里渊增益对它的影响不大。产生峰的多少与 980 nm 的抽运功率有着直接的关系,有效抽运功率大,产生的峰的数目多。

参 考 文 献

- 1 Yamashita S, Hotate K. Multiwavelength erbium-doped fibre laser using intracavity etalon and cooled by liquid nitrogen[J]. *Electron. Lett.*, 1996, **32**(14): 1298~1300
- 2 Sun Junqiang, Liu Deming, Huang Dexiu *et al.*. Multiwavelength Er-doped fiber laser with narrow linewidth[J]. *Chin. J. Lasers*, 2000, **A27**(9): 773~776(in Chinese)
孙军强,刘德明,黄德修等.窄线宽多波长掺铒光纤激光器[J].*中国激光*, 2000, **A27**(9): 773~776
- 3 Huang Dexiu, Shu Xuwen, Wen Tao *et al.*. Novel multi-wavelength erbium-doped fiber ring laser[J]. *Chin. J. Lasers*, 2001, **A28**(4): 313~316 (in Chinese)
黄德修,舒学文,文韬等.一种新颖的多波长环形腔掺铒光纤

- 激光器[J]. 中国激光, 2001, **A28**(4): 313~316
- 4 Zhang Xinliang, Zhang Ying, Sun Junqiang *et al.*. Multi-wavelength laser based on SOA and cascaded sampled fiber gratings[J]. *Acta Physica Sinica*, 2003, **52**(9): 2159~2164 (in Chinese)
张新亮, 张 颖, 孙军强等. 基于 SOA 和级联取样光纤光栅的多波长激光器[J]. 物理学报, 2003, **52**(9): 2159~216
- 5 Zhang Jingsong, Li Tangjun, Qi zanwei *et al.*. Continuously tunable multiwavelength actively mode locked fiber laser[J]. *Acta Optica Sinica*, 2001, **21**(1): 36~38 (in Chinese)
张劲松, 李唐军, 齐赞伟等. 连续调谐多波长主动缩模光纤激光器[J]. 光学学报, 2001, **21**(1): 36~38
- 6 Cowle Gregory J, Stepanov Dmitrii Yu. Multiple wavelength generation with Brillouin/Erbium fiber lasers[J]. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1996, **8**(11): 1465~1467
- 7 Kamil Abd-Rahman, Khazani M Abdullah, Ahmad Harith. Multi-wavelength, bidirectional operation of twin-cavity Brillouin/Erbium fiber laser[J]. *Opt. Commun.*, 2000, **181**(1~3): 135~139
- 8 Yang Shiquan, Ding Lei, Yuan Shuzhong *et al.*. Several new multi-wavelength fiber lasers[J]. *Opt. Commun. Technol.*, 2001, **26**(1): 42~45 (in Chinese)
杨石泉, 丁 镭, 袁世忠等. 几种新型的多波长光纤激光器[J]. 光通信技术, 2001, **26**(1): 42~45

• 广告 •

ASM 香港先进太平洋科技有限公司

本公司是专业设计、生产、销售半导体设备及物料的高科技香港上市公司, 是全球特大型半导体设备制造商, 在香港、新加坡、马来西亚及深圳设有公司。因业务发展需要, 诚聘光学精英, 共创美好明天:

誠聘

光学系统工程师

要 求:

1. 光学工程或光学相关专业学士/硕士/博士学位。
2. 扎实的《应用光学》及《物理光学》基础。
3. 懂光学设计及结构设计。
4. 熟练使用 Zemax/Code V/SOD88 及 AutoCAD/Pro E/Solid Work/Solid Edge 等光学及机械设计软件。
5. 5 年以上传统光学或光电子产品开发工作经验 (硕士/博士可适当放宽)。

职 责:

负责全自动化生产设备与精密测量仪器的光学系统开发与设计。

职位申请者录用后在本集团新加坡或香港公司 R&D 研发部门工作, 公司负责申请当地居留权。

有意者请将相关证件复印件及个人资料寄至: 深圳市盐田区沙头角梧桐路 2052 号深圳先进微电子科技有限公司 (集团属下机构) 人事部代先生收, 合格者通知面试, 邮编: 518081
电话: 0755-83963104 83963122 (谢绝非应聘电话) 传真: 0755-2552434
联系人: 代先生 蔡小姐 电邮地址: stj-adm@asmpt.com 公司网址: www.asmpacific.com