

文章编号: 0258-2239(2001)01-0015-04

σ 形腔 4 波长和 8 波长光纤激光器

张劲松 李唐军 谢增华 宁提纲 简水生

(北方交通大学光波技术研究所 北京 100044)

摘要 利用多反射峰光纤光栅,在 σ 形腔光纤激光器实验中,实现了 4 波长和 8 波长激光,输出波长间隔 1.6 nm 或 0.8 nm,单波长线宽 0.01 nm。

关键词 波分复用,光纤激光器,光纤 Bragg 光栅

中图分类号: TN 248 文献标识码: A

4-Wavelength, 8-Wavelength σ -figure Cavity Fiber Laser

ZHANG Jing-song LI Tang-jun XIE Zeng-hua NING Ti-gang JIAN Shui-sheng
(Institute of Lightwave Technology, Northern Jiaotong University, Beijing 100044)

Abstract By means of multi-reflectivity-peak fiber gratings, 4-wavelength, 8-wavelength lasing with wavelength spacing of 1.6 nm or 0.8 nm and linewidth of 0.01 nm have been obtained in the experiment of σ -figure cavity fiber lasers.

Key words WDM, fiber laser, fiber Bragg grating

1 引 言

能同时产生多个波长、超短脉冲输出的单一光源在波分复用(WDM)通信系统等领域中无疑有着重要的应用。WDM 光纤通信系统要求多波长光源的激光输出具备波长密集(通道波长间隔小)、带宽大、功率谱平坦等特性。由于增益谱较宽,稀土掺杂离子寿命比较长(可以降低不同波长间的串扰),及与光纤的兼容性好等性质,掺铒光纤(EDF)比较适合制作用于 WDM 通信系统的多波长光纤激光器。

依据实现机制,目前多波长光纤激光器主要有两类:1)在谐振腔端面利用光纤光栅等作反射镜来提供光反馈并选择激光波长。J. M. Battiato 等采用线形 DBR 结构,利用一段 Er-Nd 共掺杂光纤作增益介质,两对光栅作反射镜,810 nm 与 980 nm 双抽运方式,实现了 1069 nm(Nd),1550 nm(Er)双波长激光输出^[1]。S. K. Liaw 等采用 σ 形腔结构,得到等功率的双波长激光输出^[2]。O. Graydon 等采用 σ 形腔结构,使用 8 m 长双芯掺铒光纤,通过宏观上(mm 量级)的空间烧孔效应实现了稳定的 3 个波长同时振荡^[3]。2)利用滤波机理实现多波

长。J. Chow 等用一透射型宽带光栅 F-P 标准具作为梳状滤波器,将掺铒光纤放入液氮中,得到了 1535 nm 波段 11 个(间隔 0.65 nm,线宽 0.1 nm)波长的激光输出^[4]。A. J. Poustie 等将一段多模光纤接入一单模光纤的环形腔中,由单模-多模-单模光纤的组合构成了有效的空间模式拍频滤波器,得到了 4 个波长的同时激励^[5]。还有在腔内放置光栅波导路由器(WGR)、波分复用器,利用保偏光纤中双折射导致的 Lyot 滤波特性^[6]等的研究报道。

此外,还有利用色散补偿光纤(DCF)增加腔内色散^[7]、受激布里渊散射(SBS)^[8]和受激拉曼散射(SRS)^[9]等其他技术来实现多波长光纤激光器。

本文的光纤激光器采用 σ 形腔结构,利用自制的多反射峰光纤光栅,获得了 4 波长和 8 波长激光的激光输出,输出波长间隔满足 ITU 所建议的 WDM 光纤通信系统波长标准,单波长线宽 0.01 nm(受光谱仪分辨率的限制)。

2 实 验

实验装置如图 1 所示。利用环形器、光栅、偏振控制器(PC)和 EDF 等构成 σ 形谐振腔。980 nm 抽运光通过 980 nm/1550 nm 波分复用器有效地耦合到 15 m 长掺铒光纤中。抽运源为 NORTEL

LC91E-20型激光二极管。铟光纤为国产武邮 Er-Al-P 共掺杂光纤,长度约 15 m,小信号增益大于 30 dB,功率波长带宽大于 35 nm,数值孔径 0.22 ± 0.02 。多反射峰光纤光栅一方面提供光反馈,一方面起着输出耦合器的作用。输出光送到 ANDO AQ6317 光谱仪(O SA,最高分辨率 0.01 nm)观察。

与 S. K. Liaw 等工作^[2]相比,我们采用一个多反射峰光纤光栅代替多个单反射峰光栅的级联,使不同波长的谐振腔腔长一样并避免了多个单反射峰光栅间的熔接损耗,简化了激光器的制作,但对各个波长难以实现单独调谐。

由于掺铟光纤的均匀展宽特性,各波长之间的竞争比较严重,在室温下很难观察到多个波长的同时激射。为减小均匀展宽线宽以得到更多波长的同时激射,将掺铟光纤浸入液氮中(温度 77 K)。

我们首先使用一个 4 反射峰光纤光栅,抽运功率较小时,观察到 1 个波长的激射,随着抽运功率的增大,激射波长数目增加,分别观察到 1 个到 4 个波长的激光输出,光谱分别如图 2(a) & (d) 所示。两相邻波长间隔约 1.6 nm,单波长线宽 0.01 nm(受光谱仪分辨率的限制)。

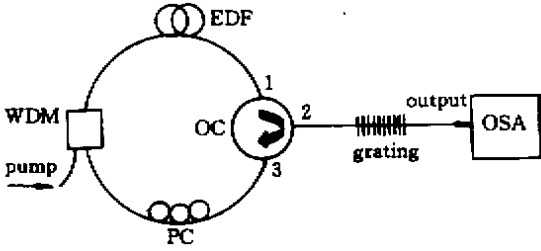


图 1 σ 形腔光纤激光器实验装置图

Fig.1 Experimental configuration of σ -figure cavity fiber laser

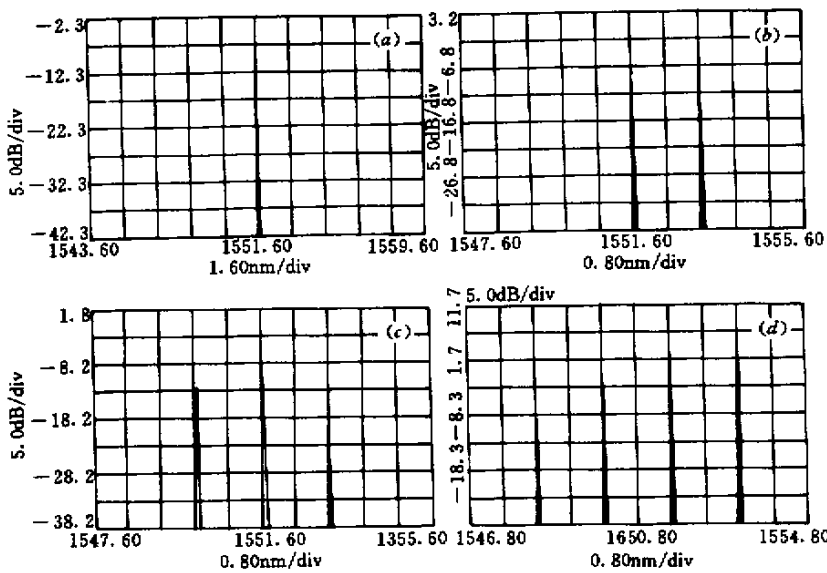


图 2 14 个波长激光输出光谱

Fig.2 Optical spectrum of the output laser with 14 wavelength

换用一个 8 反射峰光纤光栅(1543.50-1551.50 nm 波段,相邻反射峰间隔约 0.8 nm),抽运还未达到形成激光振荡所需的阈值功率时,在光谱仪上观察如图 3(a)所示的光栅透射谱。抽运功率约 10 mW 左右时,开始观察到激光输出。随着抽运功率的增大,激射波长数目增加。抽运功率约 20 mW 左右时,观察到如图 4(a)所示的 8 个波长激射,两相邻波长间隔约 0.8 nm,波长位置与图 3(a)所示的透射谱基本相符。

换用另一波段(1550-1558 nm)相邻反射峰间隔约 0.8 nm 的 8 反射峰光纤光栅,也观察到了如图 4(b)所示的 8 个波长激射。相邻波长间隔约 0.8 nm。图 4(c)是光谱仪波长尺度为 0.1 nm/div 时,相对于图 4(b)放大后的第 5 个波长的激光光谱,单波长线宽 0.01 nm(受光谱仪分辨率的限制)。

换用相邻反射峰间隔约 1.6 nm 的 8 反射峰光纤光栅,观察到了如图 4(d)所示的 8 个波长同时激射。相邻波长间隔约 1.6 nm,单波长线宽 0.01

nm(受光谱仪分辨率的限制)。抽运功率还未达到形成激光振荡所需的阈值功率时的光栅透射谱如

图 3(b) 所示。图 4(d) 所示的 8 个波长位置与图 3(b) 所示的透射谱基本相符。

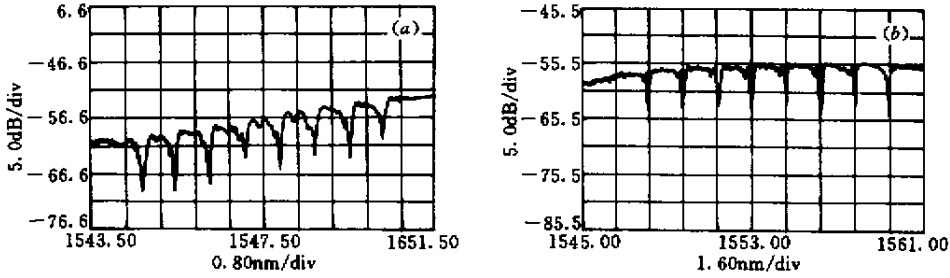


图 3 光纤光栅的透射谱

(a)间隔 0.8 nm ; (b)间隔 1.6 nm

Fig.3 Transmission spectrum of fiber grating

(a)spacing of 0.8 nm ; (b)spacing of 1.6 nm

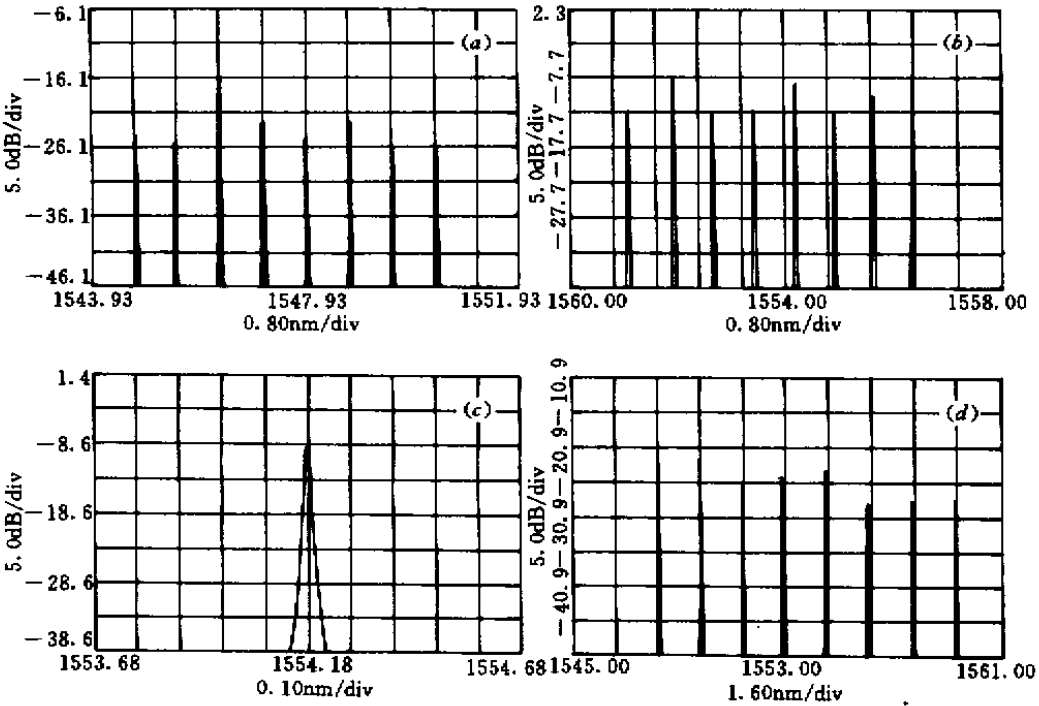


图 4 8 个波长激射及单波长光谱图

(a)1543.501551.50 nm ,间隔约 0.8 nm ;(b)15501558 nm ,间隔约 0.8 nm ;(c)单波长 ;(d)间隔约 1.6 nm

Fig.4 Optical spectrum of 8-wavelength lasing and single wavelength

(a)1543.501551.50 nm , spacing of 0.8 nm ;(b)15501558 nm , spacing of 0.8 nm ;(c)single wavelength ;(d)spacing of 1.6 nm

3 结 论

由上面的实验结果可见 ,通过适当设计制作光纤光栅 , σ 形腔光纤激光器比较容易实现 ,并满足 ITU 所建议的 WDM 光纤通信系统波长标准 ,多波长同时激射 ,说明基于多反射峰光纤光栅的 σ 形腔光纤激光器的研制是一项很有意义的工作。

参 考 文 献

- 1 J. M. Battiato , T. F. Morse , R. K. Kostuk. Dual-wavelength common-cavity codoped fiber laser. *IEEE Photon. Technol. Lett.* , 1997 , 9(7) 913915
- 2 S. K. Liaw , C. C. Lee , K. P. Ho *et al.* . Power equalized wavelength-selective fiber lasers using fiber Bragg gratings. *Opt. Commun.* , 1998 , 155(4/6) 255259

- 3 O. Graydon , W. H. Loh , R. I. Laming *et al.*. Triple-frequency operation of an Er-doped twincore fiber loop laser. *IEEE Photon. Technol. Lett.* , 1996 , **8** (1) :6365
- 4 J. Chow , G. Town , B. Eggleton *et al.*. Multiwavelength generation in an erbium-doped fiber laser using in-fiber comb filters. *IEEE Photon. Technol. Lett.* , 1996 , **8** (1) :6062
- 5 A. J. Poustie , N. Finlayson , P. Harper. Multiwavelength fiber laser using a spatial mode beating filter. *Opt. Lett.* , 1994 , **19** (10) :716718
- 6 N. Park , P. F. Wysocki. 24-line multiwavelength operation of erbium-doped fibre-ring laser. *IEEE Photon. Technol. Lett.* , 1996 , **8** (11) :14591461
- 7 S. Li , K. T. Chan. Electrical wavelength tunable and multiwavelength actively mode-locked fiber ring laser. *Appl. Phys. Lett.* , 1998 , **72** (16) :19541956
- 8 Shinji Yamashita , G. J. Cowle. Bidirectional 10-GHz optical comb generation with an intracavity fiber DFB pumped Brillouin/erbium fiber laser. *IEEE Photon. Technol. Lett.* , 1998 , **10** (6) :796798
- 9 E. M. Dianov , M. V. Grekov , I. A. Bufetov *et al.*. CW high power 1.24 μm and 1.48 μm Raman lasers based on low loss phosphosilicate fibre. *Electron. Lett.* , 1997 , **33** (18) : 15421544