

文章编号: 0258-7025(2008)12-1868-04

# 单偏振双波长非保偏有源掺杂光纤激光器

宁提纲 裴丽 胡旭东 阮义 祁春慧 冯素春 许鸥 鲁韶华

(北京交通大学光波技术研究所全光网络与现代通信网教育部重点实验室,北京,100044)

**摘要** 利用宽带保偏光纤光栅(PFBG)、普通有源光纤和窄带普通光纤光栅构成独立的谐振腔,且窄带普通光纤光栅的中心波长分别与保偏光纤光栅的一个反射峰波长对准,可以输出稳定的双波长/单波长的单偏振激光。利用这一思想,制成了基于非保偏有源掺杂光纤的单偏振双波长光纤激光器。实验结果表明,双波长同时激射时的激光消光比为 46.7 dB,单波长激光的消光比为 59.6 dB,滤波出单波长测量其偏振度为 98.5%。这种激光器在微波光子领域可用于在光域产生微波。

**关键词** 光纤通信;光纤激光器;单偏振双波长光纤激光器;保偏光纤光栅

**中图分类号** TN248.1 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/CJL20083512.1868

## Dual-Wavelength of Single Polarized Fiber Laser Based on Common Active Fiber

Ning Tigang Pei Li Hu Xudong Ruan Yi  
Qi Chunhui Feng Suchun Xu Ou Lu Shaohua

(Key Laboratory of All Optical Network & Advanced Telecommunication Network, Ministry of Education,  
Institute of Lightwave Technology, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract** Two independent resonators have been set up by using wide band polarization maintaining fiber Bragg grating (PFBG), common active fiber and narrowband common fiber Bragg gratings (FBG), and the central wavelength of the narrowband common FBG aims at one of the reflective peaks of PFBG, which can output stable dual/single wavelength single polarized laser. The Dual-wavelength of single polarized fiber laser based on common active fiber is fabricated and the fiber laser can output dual/single wavelength at normal temperature. The optical noise-to signal ratio(ONSR) of dual-wavelength laser is 46.7dB, and 59.6dB for one wavelength laser. The degree of polarization(DOP) of fiber laser is 98.5% by HP 8509B. This technique can be used in generation of microwave/millimeter-wave for radio-over-fiber(ROF).

**Key words** optic fiber communication; optic fiber laser; dual-wavelength single polarized fiber laser; polarization maintaining fiber grating

## 1 引言

光纤光栅(FBG)激光器是光纤通信系统中一种很有前途的光源,它的优点主要体现在:1) 半导体激光器的波长较难符合国际电信联盟(ITU-T)建议的波分复用(WDM)波长标准,且成本很高,而稀土掺杂光纤光栅激光器利用光纤光栅等能非常准

确地确定波长,且成本很低;2) 用作增益的稀土掺杂光纤制作工艺比较成熟,稀土离子掺杂过程简单,光纤损耗小;3) 采用灵巧紧凑效率高的抽运成为可能;4) 光纤光栅激光器具有波导式光纤结构,可以在光纤芯层产生较高的功率密度;光纤结构具有较高的面积一体积比,因而散热效果较好;与标

收稿日期:2008-04-22;收到修改稿日期:2008-05-27

**基金项目**:国家 863 计划(2004AA31G200)、国家自然科学基金(60771008)、北京市自然科学基金(4082024)、新世纪优秀人才支持计划(NCET-05-0091,NCET-06-0076)、北京交通大学校科技基金(2006XM003)资助项目。

**作者简介**:宁提纲(1968—),男,湖南人,博士,博士生导师,主要从事光纤通信、光纤无线通信(ROF)、光纤传感和光纤激光器的研究。E-mail:tgning@bjtu.edu.cn

准通信光纤的兼容性好，可以采用光纤光栅、耦合器等多种光纤元件，减小了对块状光学元件的需求和光路机械调整的麻烦，极大地简化了光纤光栅激光器的设计及制作；5) 宽带是光纤通信的主要发展趋势之一，而光纤光栅激光器可以通过掺杂不同的稀土离子，在 380~3900 nm 的宽带范围内实现激光输出，波长选择容易且可调谐；6) 高频调制下的频率啁啾效应小，抗电磁干扰，温度膨胀系数较半导体激光器小等<sup>[1~4]</sup>。

采用保偏光纤研制偏振的光纤激光器可以控制偏振态，但整个系统需要保偏的器件，造成结构复杂，性价比低。而实际的普通非保偏光纤，由于光纤制造工艺造成纤芯截面有一定的椭圆度，或是由于光纤组分材料的热膨胀系数不均匀性，都将造成光纤截面上各向异性的应力或外加应力，导致光纤折射率的各向异性；总之，当光纤截面的对称性遭到破坏时，由双折射形成的两个不同传输常数的正交偏

振模之间会产生相互耦合，由于两个偏振模的传输常数相差很小，因而模式耦合很强。光纤结构本身存在的双折射和外界对光纤的作用都是随机的，因而偏振模之间的耦合是随机的<sup>[5]</sup>，一般情况下，光纤激光器输出的激光为偏振混乱的，无法达到半导体激光器输出激光的偏振度。要实现光纤激光器输出严格偏振的激光，需要对激光器的腔、选频器件及其输出光纤采取严格控制偏振态<sup>[6,7]</sup>。本文采用熊猫保偏光纤(PMF)写入光栅，光纤激光器腔采用独立的腔，由保偏光纤控制激光器腔的偏振态，可以实现双波长在常温下稳定运行，输出偏振度好的激光。这在微波光子、光纤传感等方面具有很好的潜在应用。

## 2 激光器系统

如图 1 所示，实验结构采用三光栅，保偏光纤光栅(PFBG)为自己研制的光敏保偏光纤上写入的光

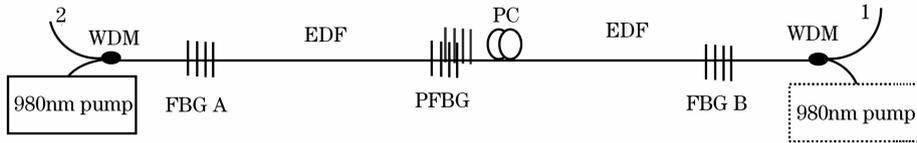


图 1 双波长激光器示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the proposed dual wavelength laser

纤光栅，如图 2(a)，带宽 0.25 nm 左右，每个峰的透过率为 3 dB，两个中心波长分别为 1544.834 nm 和 1545.191 nm；光纤光栅 A(FBG A)和光纤光栅 B(FBG B)为氢载的普通单模光纤上写入的窄带光纤光栅<sup>[8]</sup>，带宽 0.06 nm 左右，分别如图 2(b)和(c)所示；FBG A 和 FBG B 的反射率为 90%左右，带宽为 0.06 nm，由于光栅制作过程的影响，反射率并不完全相等，波长没有严格分别与保偏光栅的反射峰对齐。在实验过程中，用应力微调，使之对准波长，偏振控制器(PC)主要用于控制在两个偏振态上的能量分布，使之容易产生双波长起振。FBG A 和 FBG B 的反射峰分别对准 PFBG 的一个峰，如图 2 所示，光栅光谱测试采用 ANDO AQ6319 光谱仪，测试光栅用的光源为自己制作的掺铒光纤放大器(EDFA)的放大自发辐射(ASE)。不妨设保偏光栅的 X 偏振峰与普通光栅 FBG A 构成第一个谐振腔 A，保偏光栅的 Y 偏振峰与普通光栅 FBG B 构成第二个谐振腔 B；这种结构的每个腔只谐振在一个波长上，并且腔是独立的，消除了在一个腔内谐振多个波长

之间的模式竞争问题，使之可以稳定激励；另外，保偏光纤光栅作为选频器件，所构成的腔只有一个偏振分量的光可以起振，起到偏振选择的作用，每个腔产生的是单偏振的激光。

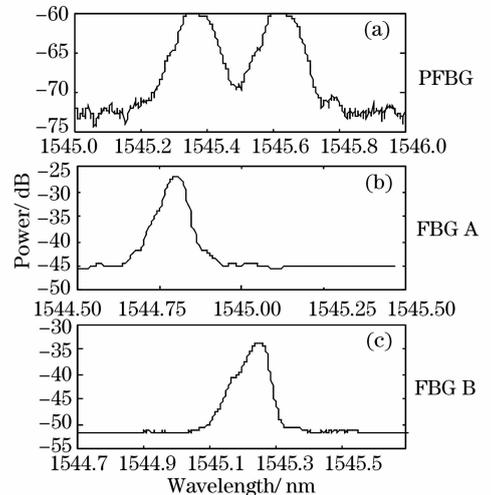


图 2 三个光栅的反射图谱

Fig. 2 Spectra of three gratings

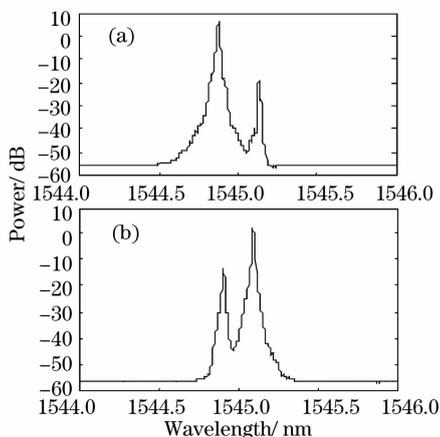


图 3 两个端口分别输出的激光谱

Fig. 3 Spectra of output laser from two ports

双波长从 1 端口或/和 2 端口输出,980 nm 的抽运光通过 WDM 从任意一端或者两端分别输入。

### 3 实验结果及讨论

掺铒光纤自己研制,在 1530 nm 处的吸收系数为 46 dB/m,谐振腔 A 和谐振腔 B 的掺铒光纤 (EDF) 的长度都是 1 m,980 nm 抽运光从左端的 WDM 输入,用 ANDO AQ6319 光谱仪检测端口 1 和端口 2 产生的激光,如图 3,图 3(a)为从 1 端口输出的激光,图 3(b)为从端口 2 输出的激光。从图 3 可以看出,从单一端口输出的两个波长的光功率是不一样的。因为对于谐振腔 A,谐振的波长是 1544.834 nm,FBG A 对这个波长的反射率为 90% 左右,保偏光栅 PFBG 对这个波长的反射率约为 50%,而 FBG B 对这个波长是不反射的,因此 1544.834 nm 的激光很容易从端口 2 输出,光强度也就大,另外激光腔 B 的 EDF 还可以放大激光腔 A 出来的激光,如图 3(a)。同理,端口 2 输出的激光与端口 1 输出情况相反,如图 3(b)。为了检测双波长的稳定性,对输出的光谱进行了长时间的检测,扫描时间间隔为 30 min,如图 4 所示,可以发现激光能稳定运行。

双波长同时激射时,用光谱仪测量其消光比为 46.7 dB,这是由于两个波长相近,波长之间的功率提高的缘故;只让单波长激射时,用光谱仪测量的消光比为 59.6 dB。在双波长同时激射时,用滤波器滤出一路,对其用 HP8509B 偏振态分析仪测得偏振度为 98.5%。

分别从端口 1 和端口 2 输出的两个激光功率是不一致的,为了得到输出平衡的激光功率,把端口 1

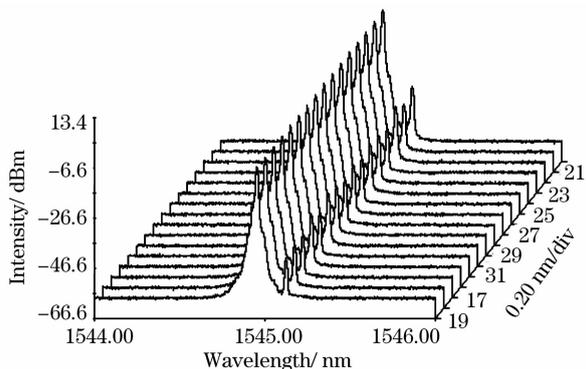


图 4 长时间检测端口 2 的输出光谱

Fig. 4 Spectra of output laser from the port 2 with long time test

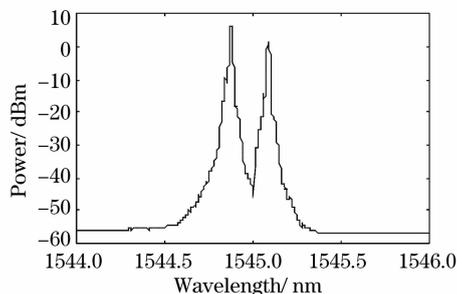


图 5 合波后的输出激光谱

Fig. 5 Dual wavelength laser spectrum after coupling 和端口 2 用 1 个 1550 nm 的耦合器耦合后一起输出,可以得到功率比较一致的双波长激光,如图 5 所示。两个波长的输出功率有点差别,主要是合波器的分光比不是严格的 1:1 造成的。

### 4 结 论

采用新型的独立腔三光栅产生双波长,不需要有源保偏光纤,只要一个保偏光栅控制偏振态,大大简化了双波长光纤激光器的偏振态控制;激光腔由窄带的普通单模光纤光栅加宽带的保偏光纤光栅构成,不需要严格调整光栅就可以谐振。在常温下长时间观测,双波长可以稳定运行,输出的波长为 1544.834 nm 和 1545.191 nm,双波长同时激射时的消光比为 46.7 dB,输出激光的偏振度为 98.5%。

### 参 考 文 献

- Zhang Xin, Chen Wei, Liu Yu *et al.*. Single longitudinal mode fiber laser with multiple ring cavities and its frequency stabilization[J]. *Chinese J. Lasers*, 2007, **34**(1): 50~54  
张欣,陈伟,刘宇等.单纵模多环形腔掺铒光纤激光器及其稳定性[J]. *中国激光*, 2007, **34**(1): 50~54
- Shu Namiki, Koji Seo, Naoki Tsukiji *et al.*. Challenges of Raman amplification[J]. *Proc. IEEE*, 2006, **94**(5): 1024~1035
- Daoping Wei, Tangjun Li, Yucheng Zhao *et al.*. Multiwavelength erbium-doped fiber ring laser with overlap-

- written fiber Bragg gratings[J]. *Opt. Lett.*, 2000, **25**(16): 1150~1152
- 4 Alexis Debut, Stéphane Randoux, Jaouad Zemouri. Experimental and theoretical study of linewidth narrowing in Brillouin fiber ring lasers [J]. *J. Opt. Soc. Am. B*, 2001, **18**(4): 556~567
- 5 Shen Minchang, Xu Wencheng, Chen Weicheng *et al.*. Experimental study of fiber ring laser with single polarization controller[J]. *Acta Optica Sinica*, 2007, **27**(11): 2003~2007  
申民常, 徐文成, 陈伟成 等. 单偏振控制器环形腔光纤激光器实验研究[J]. *光学学报*, 2007, **27**(11): 2003~2007
- 6 Chaoxiang Shi. A novel twisted Er-doped fiber ring laser: proposal, theory, and experiment[J]. *Opt. Commun.*, 1996, **125**(4~6): 349~358
- 7 Ren Guangjun, Yao Jianquan, Wang Peng *et al.*. Experimental study on polarization-maintaining fiber laser [J]. *Chinese J. Lasers*, 2007, **34**(9): 1208~1211  
任广军, 姚建铨, 王鹏 等. 保偏光纤激光器的实验研究[J]. *中国激光*, 2007, **34**(9): 1208~1211
- 8 Turan Erdogan. Fiber grating spectra [J]. *J. Lightwave Technol.*, 1997, **15**(8): 1277~1294

## 首届“大珩杯”光学期刊优秀论文评选结果隆重公布

2008年10月21日, 光学前沿——首届“大珩杯”光学期刊优秀论文评选结果在中国光学学会2008年学术年会上隆重公布。中国光学学会秘书长倪国强宣读了入选论文名单, 中国光学学会理事长周炳琨院士、副理事长徐至展院士等为上海光机所周军等入选论文的作者代表颁发了证书和奖金。

由《光学学报》、《中国激光》与 *Chinese Optics Letters* 发起的“大珩杯”光学期刊优秀论文评选活动, 得到了光学泰斗王大珩先生的大力支持。按照大珩先生的指示, 本次论文评选活动遵循科学严谨、公平、公正、公开的原则, 专家定性评审与科学计量指标定量评价相结合, 采取编委评分、核心期刊引用分、中国光学期刊网下载分、SCIE 期刊引用分、成果奖励分五项分值相结合的方式评选。



论文评审以创新性与科学性为主要依据, 论文内容反映了本学科国内外同行关注的前沿、热点、重点和难点问题, 在学术上具有创新性, 并取得突破性成果, 达到国际同类学科或国内同类学科先进水平, 具有较好的社会效益、经济效益或应用前景。

倪国强秘书长表示, 作为信息传播平台的《光学学报》、《中国激光》与 *Chinese Optics Letters* 等光学期刊充分发挥了其承载科学、传播知识的作用, 为吸引更多的优秀论文、优化我国科技成果的评价机制起到了积极作用。中国光学学会将以此为开端, 组织更多的光学期刊共同参与“大珩杯”光学期刊优秀论文评选活动。

本次活动的目的在于进一步推动我国的光学研究, 提高我国光学期刊的学术水平和论文质量, 吸引和催生优秀稿件, 鼓励和培育优秀作者, 促进我国光学、激光科技事业发展。

经过专家严格评选与网站公示, 本次活动共评出获奖论文 30 篇, 分别发表在 2006~2008 年度的《光学学报》、《中国激光》与 *Chinese Optics Letters* 上。

本次活动得到了中科院上海光机所高功率激光物理联合实验室、相干(北京)商业有限公司、江西连胜实验装备有限公司、重庆师范大学光学工程重点实验室的鼎力支持。

### 获奖名单

2008 年度“大珩杯”《光学学报》优秀论文名单转 1887 页

2008 年度“大珩杯”《中国激光》优秀论文名单转 1900 页

2008 年度“大珩杯”*Chinese Optics Letters* 优秀论文名单转 1905 页