

# 分布反馈光纤激光器的研制

张劲松 李唐军 赵玉成 魏道平 简水生  
(北方交通大学光波所, 北京 100044)

**摘 要** 利用相位掩模板, 直接在掺铒光纤上紫外写入  $\pi/2$  相移光栅, 研制出 10 cm 长相移分布反馈 (DFB) 光纤激光器, 并对其调制特性进行了研究。

**关键词** 单频光纤激光器, 分布反馈, 分布布拉格反射, 模式跳跃。

## 1 引 言

窄带、单频激光光源在光通信、传感、光谱学等领域有着广泛的应用。虽然早在 1961 年 Snitzer 等就发现了铒掺杂玻璃包层波导中的激光现象, 但人们主要使用半导体激光器。80 年代中期, 由于英国南安普顿大学对掺铒光纤 (EDF) 的研究取得突破性进展<sup>[1]</sup>, 加之光纤通信系统对直接光放大的迫切需求, 以及 90 年代紫外写入光纤光栅等技术的日益成熟, 光纤光栅激光器愈受重视, 得到大量研究并取得长足的发展。

光纤光栅激光器具有与光纤的兼容性好、结构简单、波长选择容易且可精确确定、线宽窄、高频调制下的频率啁啾效应极小、抗电磁干扰、稳定性高等优点。与外调制器相结合, 光纤激光器有可能取代现有的分布布拉格反射 (DBR) 和分布反馈半导体激光器而在光纤通信系统中得到广泛应用。

为了克服增益介质的空间烧孔效应而实现光纤激光器的单模运转, 一种方案是用环形光纤激光器<sup>[2-3]</sup>。其不足之处是因为所用掺铒光纤较长(几米或几十米), 模式间隔小, 常发生模式跳跃(较分布布拉格反射、分布反馈光纤激光器严重), 且需要一些价格昂贵的元件。另一种就是用线形分布反馈、分布布拉格反射光纤光栅激光器<sup>[4-7]</sup>, 利用光纤光栅作选频元件。分布反馈光纤激光器优于分布布拉格反射光纤激光器之处主要是只用一个光栅来实现光反馈和波长选择, 因而频率稳定性更好, 还避免了分布布拉格反射激光器谐振腔中掺铒光纤与光栅的熔接损耗。但是掺铒光纤纤芯所含 Ge 很少或没有, 光敏性差, 所以分布反馈光纤激光器实际制作并不容易, 而分布布拉格反射光纤激光器则可以将普通光纤光栅熔接在掺铒光纤的两端构成谐振腔, 制作更为简便。

## 2 实验设置、结果及讨论

实验所用掺铒光纤对 980 nm 抽运的吸收为  $(5.0 \pm 0.5)$  dB/m, 转换效率高于 55%, 数值孔径  $0.22 \pm 0.02$ , 经过常温高压氢载增敏处理, 利用相位掩模板, 直接在铒光纤上紫外写入  $\pi/2$  相移光栅。所用紫外光源是 248 nm KrF 准分子激光器, 光栅长度大约 10 cm, 光栅透

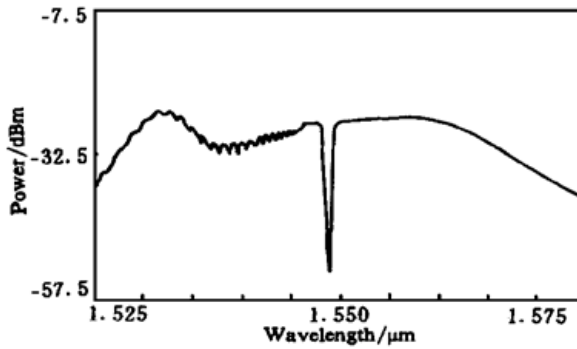


Fig. 1 Transmission spectrum of the  $\text{Er}^{3+}$ -doped fibre grating

匹配液, 光纤端面磨成  $10^\circ$ 角等。

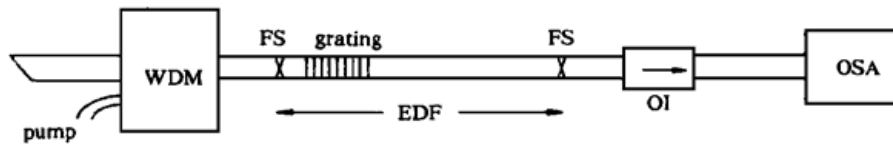


Fig. 2 Experimental setup for the DFB fibre laser

经过 40 cm 掺铒光纤放大后的 10 cm 长分布反馈光纤激光器输出光谱如图 3 (a) ~ 图 3 (c) 所示。所用光谱仪为 ANDO AQ6330 光谱仪。图 3 (a)、图 3 (b)、图 3 (c) 抽运功率分别为 20.74 mW、40.69 mW、80.47 mW, 输出峰值波长分别为 1549.390 nm、1549.380 nm、1549.380 nm, 输出峰值功率分别为 -48.07 dBm、-43.95 dBm、-38.94 dBm。随着抽运功率的增大, 输出激光峰值功率上升, 信噪比提高。抽运功率较大时, 激光峰值波长基本稳定在 1549.380 nm, 与光栅的布拉格波长一致, 线宽为 0.05 nm (受光谱仪分辨率的限制)。抽运功率为 80.47 mW 时, 激光器连续工作 4 小时 (由于条件限制), 光谱仍十分稳定。受抽运最大输出功率的限制, 没有进行更高抽运功率的实验观察。

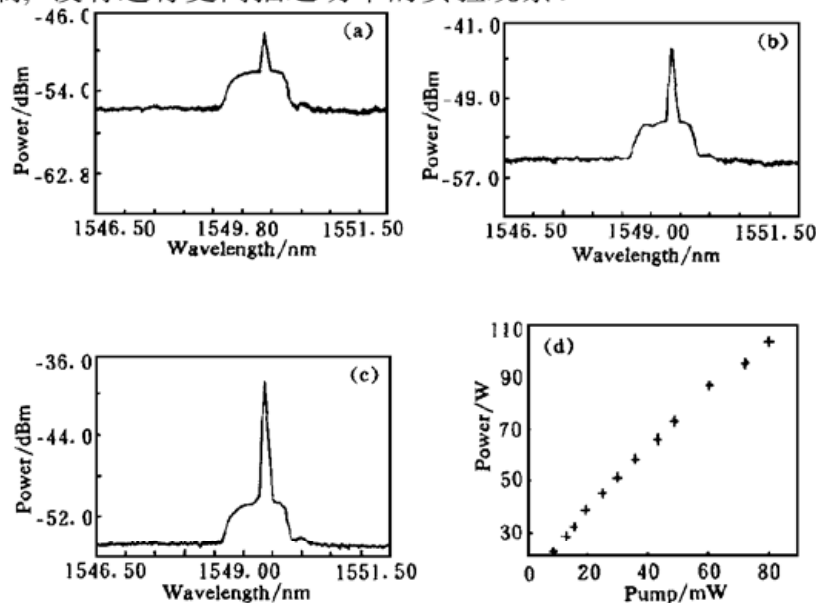


Fig. 3 Laser output characteristics of DFB fibre laser

输出激光功率随抽运功率变化关系如图 3 (d) 所示, 阈值抽运功率约为 9.18 mW, 斜率效率约为 0.15%, 抽运功率为 80.47 mW 时得到了 100  $\mu$ W 激光输出。实验中观察到抽运功率较大时, 输出光在 980 nm 处仍有较高的功率。说明了因为掺铒光纤较短 (共约 50 cm) 且对 980 nm 抽运的吸收系数较小而未能充分吸收抽运光, 这是阈值抽运功率较高、斜率效率较低的主要原因。如采用  $\text{Er}^{3+}-\text{Yb}^{3+}$  共掺杂高增益光纤<sup>[8]</sup> (目前国内不易买到) 将会显著提高斜率效率和输出功率。

为进一步考察输出激光的特性, 对其进行外调制, 实验装置如图 4 所示。所用调制器为 UTP 光幅度调制器, 仔细调节直流偏置电压使调制器在线性区域工作。利用 HP83711B 型频率合成器提供 2.5 GHz、6 dBm 交流信号, 经过放大后作为幅度调制器的射频 (RF) 输入。

用 CSA803A 通信信号分析仪观察到如图 5 所示的重复频率为 2.5 GHz、宽度为 232 ps 的光脉冲输出, 实验过程中输出脉冲系列相当稳定。

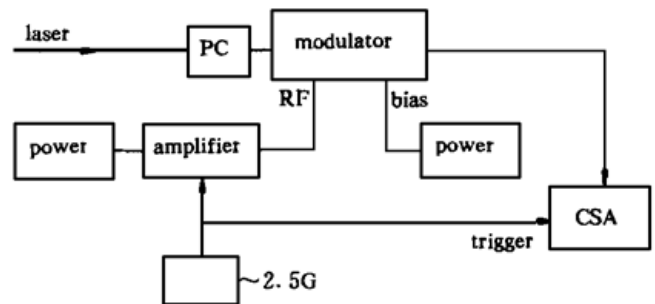


Fig. 4 Experimental setup for the external modulated DFB fibre laser

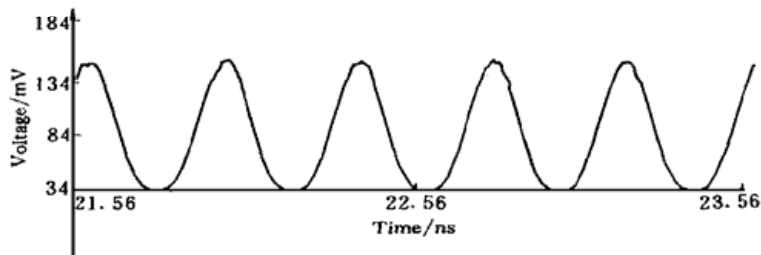


Fig. 5 Waveform of the output laser pulses

**结 论** 利用相位掩模版, 直接在掺铒光纤上紫外写入  $\pi/2$  相移光栅, 研制出 10 cm 长分布反馈光纤激光器。经过 40 cm 掺铒光纤放大后, 得到线宽为 0.05 nm (受光谱仪分辨率的限制)、输出功率为 100  $\mu$ W、斜率效率约为 0.15% 的激光输出。与外调制器相结合, 观察到了重复频率为 2.5 GHz, 宽度为 232 ps 的稳定光脉冲输出。展示出光纤激光器是可以取代现有分布布拉格反射和分布反馈半导体激光器的一种很有前景的光纤通信光源。

### 参 考 文 献

- [1] Poole S B, Payne D N, Fermann M E. Fabrication of low-loss optical fibres containing rare-earth ions. *Electron. Lett.*, 1985, **2** (17) : 737~ 738
- [2] Iwatsuki K, Okamura H, Saruwatari M. Wavelength-tunable single-frequency and single-polarisation Er-doped fibre ring laser with 1.4 kHz linewidth. *Electron. Lett.*, 1990, **26** (21) : 2033~ 2035
- [3] Gloag A, Langford N, McCallion K *et al.*. Continuously tunable single-frequency erbium ring fiber laser. *J. Opt. Soc. Am. (B)*, 1996, **13** (5) : 921~ 925
- [4] Ball G A, Morey W W, Glenn W H. Standing-wave monomode erbium fiber laser. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1991, **3** (7) : 613~ 615
- [5] Ball G A, Glenn W H. Design of a single-mode linear-cavity erbium fiber laser utilising Bragg

reflectors. *J. Lightwave Technol.*, 1992, **10** (10) : 1338~ 1343

- [6] Sejka M, Varming P, Hubner J *et al.*. Distributed feedback  $\text{Er}^{3+}$ -doped fibre laser. *Electron. Lett.*, 1995, **31** (17) : 1445~ 1446
- [7] Loh W H, Laming R I. 1.55  $\mu\text{m}$  phase-shifted distributed feedback fibre laser. *Electron. Lett.*, 1995, **31** (17) : 1440~ 1442
- [8] Kringlebotn J T, Morkel P R, Reekie L *et al.*. Efficient diode-pumped single-frequency erbium:ytterbium fibre laser. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1993, **5** (10) : 1162~ 1164

## Study on DFB Fibre Laser

Zhang Jingsong    Li Tangjun    Zhao Yucheng  
Wei Daoping    Jian Shuisheng

(*Institute of Lightwave Technology, Northern Jiaotong University, Beijing 100044*)

(Received 4 May 1999; revised 5 July 1999)

**Abstract** By means of the phase mask,  $\pi/2$  phase-shifted fiber grating was UV written directly on erbium-doped fibre. A 10 cm long phase-shifted distributed feedback Bragg (DFB) fiber laser was fabricated. Its modulating characteristics of this fibre laser have been studied.

**Key words** single-frequency fibre lasers, distributed feedback, distributed Bragg reflector, mode hops.

## 第七届全国蒙特卡罗方法学术会议在合肥举行

由中国计算物理学会主办、安徽大学物理系承办的第七届全国蒙特卡罗方法学术会议于 2000 年 9 月 22 ~ 27 日在合肥市安徽大学举行。

本次大会参会代表 60 余人, 收到论文 50 篇, 宣读了 43 篇报告, 收入文集 (《安徽大学学报》) 的为 39 篇。开幕式上, 由东道主安徽大学副校长韦穗教授致贺词, 中国计算物理学会副秘书长、蒙特卡罗方法专业委员会副主任邓力博士致开幕词, 接着便开始精彩的学术报告。其中, 著名蒙特卡罗方法专家裴鹿成教授作了 5 个不同研究内容的学术报告, 展示了他的最新研究成果; 中国原子能研究院的沈雷生研究员用蒙特卡罗方法计算秦山核电站系统的  $K_{\text{eff}}$ , 进一步提高了安全系数; 北京应用物理与计算数学研究所的邓力博士作了  $\gamma$  能谱探测蒙特卡罗方法及其应用的报告, 获得了大会的好评; 西北核技术研究所的 MCNP、EGS4 程序的应用与发展方面作了大量的工作, 其他国防研究所报告了他们为研制出具有中国特色的蒙特卡罗方法程序、赶超国际先进水平所作出的努力, 他们的报告引起了与会代表的极大兴趣。会上代表们还就下列专题开展了广泛的交流: 1) 核禁试后数值模拟中蒙特卡罗方法的作用; 2) 三维蒙特卡罗方法在微扰理论中的应用; 3) 反应堆的临界计算; 4) 光学、核测井、生物医学、分子动力学、材料、物理学中蒙特卡罗方法的应用; 5) 深穿透、小概率问题中用蒙特卡罗方法降低方差的技巧。

会议期间还召开了专业委员会, 初步确定下届会议将于 2003 年 9 月在兰州大学举行, 由西北核技术研究所承办。

(傅 歆)