

# 光纤光栅增益平坦化器件的研究\*

陈根祥 李唐军 刘春宁 谢增华 简水生  
(北方交通大学光波技术研究所, 北京 100044)

**摘 要** 采用幅度掩模和程控扫描曝光技术在经过氢载敏化处理的普通单模光纤上研制出了可用于实现掺铒光纤放大器增益谱平坦化的长周期光纤光栅器件。该器件使掺铒光纤放大器在 30 nm 带宽上的增益谱波动从  $\pm 3$  dB 减小为  $\pm 0.3$  dB, 器件的附加损耗小于 0.3 dB。

**关键词** 长周期光纤光栅, 掺铒光纤放大器, 光纤通信。

## 1 引 言

掺铒光纤放大器(EDFA)已经成为高速长距离光纤通信系统中不可分割的重要组成部分<sup>[1]</sup>。在整个放大器带宽内采用密集波分复用(DWDM)技术大幅度提高光纤系统的传输容量是目前光纤通信领域的最主要的研究方向之一。掺铒光纤放大器增益谱的不平坦性是影响其在密集波分复用系统中应用的主要制约因素。近年来,掺铒光纤放大器增益谱平坦化技术的研究受到了广泛的重视并提出了多种实现掺铒光纤放大器增益平坦化的技术方案<sup>[2]</sup>。由于长周期光纤光栅(LPG, 周期为数百微米)具有极低的背向反射和附加损耗,其光谱特性可以通过控制光栅的制作参数加以调节,人们对各种基于长周期光纤光栅的掺铒光纤放大器增益平坦化技术的研究给予了极大的关注<sup>[3~4]</sup>。

本文针对掺铒光纤放大器增益谱的不平坦性,采用幅度掩模和程控扫描曝光技术在经过氢载敏化处理的普通单模光纤上研制出了具有所需光谱特性的长周期光纤光栅,并通过长周期光纤光栅的适当组合研制出了在 30 nm 的放大器带宽上使掺铒光纤放大器的增益谱波动从  $\pm 3$  dB 降低至  $\pm 0.3$  dB 的增益平坦化光纤器件。器件的额外附加损耗小于 0.3 dB。

## 2 实 验

图 1 为用幅度掩模和程控扫描曝光技术在经过氢载敏化处理的普通单模光纤上制作长周期光纤光栅的实验装置。紫外光源为 Lambda Physik 公司生产的 248 nm KrF 准分子激光器。光栅的长度、折射率调制强度等制作参数通过调节准分子激光的单脉冲能量密度、扫描速度和电子快门等加以控制。在整个光栅写入过程中,光栅的光谱特性用发光二极管光源和光谱仪进行监测。

\* 国家自然科学基金(批准号: 69777010)、国家 863 高技术发展计划和北方交通大学论文基金资助项目。  
收稿日期: 1998-12-22; 收到修改稿日期: 1999-03-22

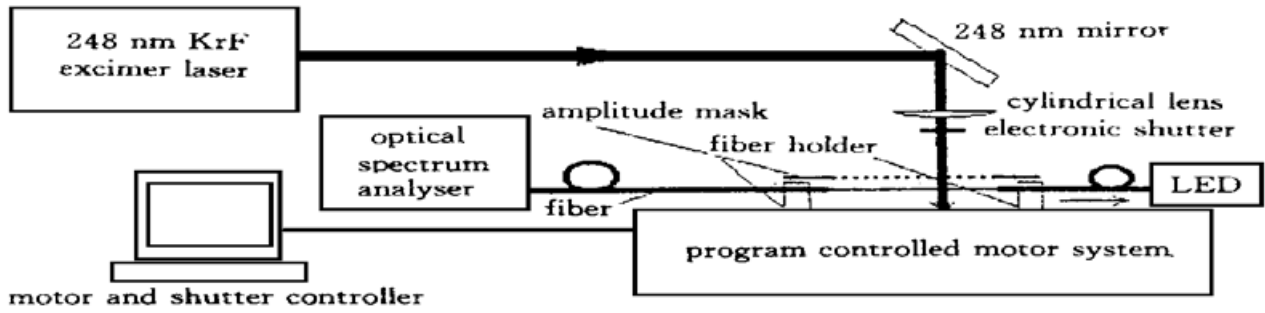


Fig. 1 Experimental setup for long period fiber grating fabrication using amplitude masks

理论分析和实验结果均表明，在写入过程完成以后，长周期光纤光栅的峰值波长存在极大的不稳定性。这种不稳定性经 150°C 退火 6h 后基本消失，同时其谐振峰位置向短波长方向约移动 70 nm。因此，用于构成掺铒光纤放大器增益平坦化器件的长周期光纤光栅在其制作过程完成以后均进行了退火处理。

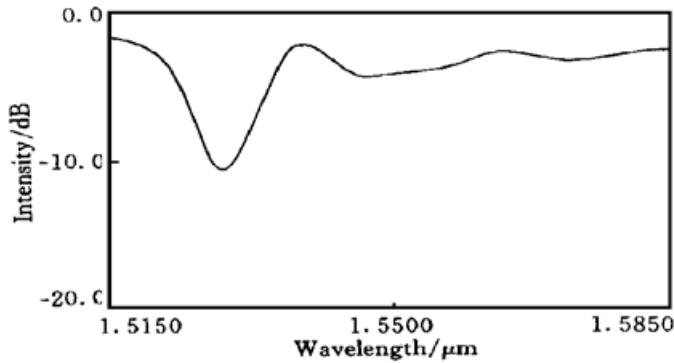


Fig. 2 The transmission spectrum shape of the fabricated EDFA gain flattening filter assembled from three long period fiber gratings

图 2 为由三只长周期光纤光栅构成的一个掺铒光纤放大器增益平坦化器件的光谱特性。图 3 和图 4 分别为使用该增益平坦化器件前后该掺铒光纤放大器的增益谱。图 5 为测试系统示意图。由图 4 可以看出，在 30 nm 的放大器带宽上掺铒光纤放大器的增益谱波动被抑制到 ±0.3 dB。对器件附加插入损耗的测量表明，器件在掺铒光纤放大器增益谱最低点的附加损耗小于 0.3 dB。

图 3 和图 4 分别为使用该增益平坦化器件前后该掺铒光纤放大器的增益谱。图 5 为测试系统示意图。由图 4 可以看出，在 30 nm 的放大器带宽上掺铒光纤放大器的增益谱波动被抑制到 ±0.3 dB。对器件附加插入损耗的测量表明，器件在掺铒光纤放大器增益谱最低点的附加损耗小于 0.3 dB。

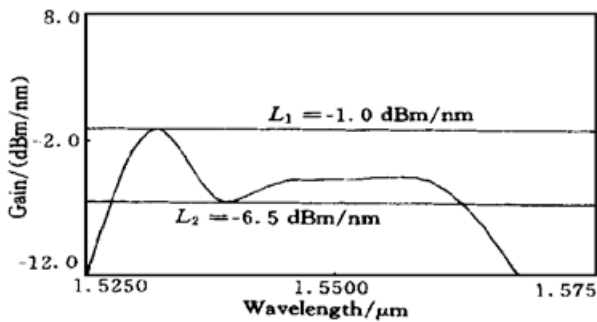


Fig. 3 The gain spectrum of an EDFA without the gain flattening filter

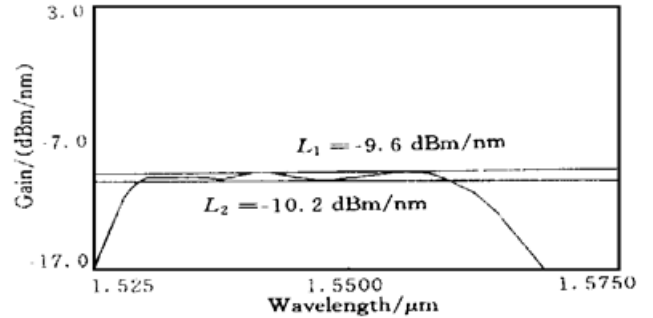


Fig. 4 The gain spectrum of an EDFA with the gain flattening filter

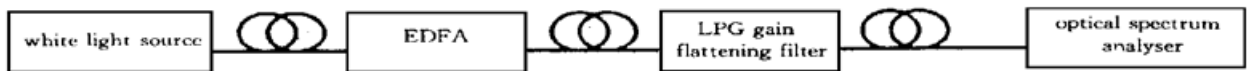


Fig. 5 Experimental setup of the measurement system

虽然构成掺铒光纤放大器增益平坦滤波器的长周期光纤光栅均进行了退火处理，但由于长周期光纤光栅本身具有 0.05 nm/°C 的温度敏感性，器件的增益平坦特性随环境温度的不同仍然有所变化。实验表明，在 21 ± 0.5°C 的温度范围内器件的增益平坦性基本无变化，但进一步的温度变化将使器件特性发生明显的劣化。因此该器件在实际使用时需进行温度控制。

根据上述结果，由幅度掩模和程控扫描曝光技术在氢载光纤上获得的长周期光纤光栅经

过退火后所构成的掺铒光纤放大器增益平坦化器件具有良好的性能。该器件对于掺铒光纤放大器在密集波分复用系统中的应用具有十分重要的意义。

### 参 考 文 献

- [1] Forrester D S, Hill A M, Lobbett R A *et al.*. 39.81 Gbit/s, 43.8 million-way WDM broadcast network with 527 km range. *Electron. Lett.*, 1991, **27**(22) : 2051~ 2052
- [2] Kashyap R, Wyatt R, McKee P F. Wavelength flattened saturated erbium amplifier using multiple side-tap Bragg gratings. *Electron. Lett.*, 1993, **29**(11) : 1025~ 1026
- [3] Vengsarkar A M, Pedrazzani J R, Judkins S A *et al.*. Long-period fiber-grating based gain equalizers. *Opt. Lett.*, 1996, **21**(2) : 336~ 338
- [4] Qian J R, Chen H F. Gain flattening fiber filters using phase-shifted long-period fiber gratings. *Electron. Lett.*, 1998, **34**(11) : 1132~ 1133

## Study on Fiber Grating Filters for Gain Flattening

Chen Genxiang Li Tangjun Liu Chunning Xie Zenghua Jian Shuisheng  
(*Institute of Lightwave Technology, Northern Jiaotong University, Beijing 100044*)

(Received 22 December 1998; revised 22 March 1999)

**Abstract** The erbium doped fiber amplifier (EDFA) gain flattening filters were fabricated by writing long period gratings in hydrogen-loaded standard single-mode fibers using amplitude masks and a properly designed program controlled scanning exposure system. The gain variation of  $\pm 3$  dB in an EDFA is reduced to  $\pm 0.3$  dB over a bandwidth of 30 nm and the total extra insertion loss of the device is less than 0.3 dB.

**Kew words** long-period fiber grating, erbium doped fiber amplifier, optical fiber communication.