

# 以光纤锁模激光器为发射源 实现 $4 \times 10\text{Gbit/s}$ OTDM 信号 330km 传输

高以智, 娄采云, 姚敏玉, 李智红, 张剑锋, 霍力, 董毅, 谢世钟

(清华大学电子工程系, 北京 100084)

**摘要:** 本文报导一个以稳定的光纤主动锁模激光器为发射源, 以光电振荡器为帧时钟提取装置, 以 EA 调制器为解复用器的  $4 \times 10\text{Gbit/s}$  光时分复用通信实验系统。该系统成功地实现了单波长  $40\text{Gbit/s}$  数据信号在 330km SMF 中的色散补偿传输。

**关键词:** 光纤锁模激光器; 光时分复用通信; 色散补偿

**中图分类号:** TN929.11      **文献标识码:** A      **文章编号:** 0372-2112(2002)06-0784-03

## $4 \times 10\text{Gbit/s}$ OTDM Signal Transmission in 330km SMF Using the Mode-Locked Fiber Laser as the Transmitter

GAO Yi-zhi, LOU Cai-yun, YAO Min-yu, LI Zhi-hong, ZHANG Jian-feng, HUO Li, DONG Yi, XIE Shi-zhong

(Dept. of Electronic Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** A  $4 \times 10\text{Gbit/s}$  OTDM communication experimental system using the stabilized actively mode locked fiber laser as the emission source, the OEO as the frame clock extractor and EA modulator as the demultiplexer is reported. The  $40\text{Gbit/s}$  data signal transmission through 330km SMF by dispersion compensation is successfully achieved.

**Key words:** actively mode locked fiber laser; OTDM communication; dispersion compensation

### 1 引言

不同光信道占用不同时隙的光时分复用(OTDM)技术可以克服电子瓶颈,提高通信速率<sup>[1]</sup>。它与波分复用技术相结合可以提高单波长信道的通信容量<sup>[3]</sup>,从而可以减少波分复用信道数。采用 OTDM 技术构建的光网络在网络管理和兼容性方面具有更大的灵活性。虽然目前光时分复用技术尚处于研究阶段,但因其潜在的应用价值而倍受人们重视。

在 OTDM 光通信系统中,重复频率为帧频率的超短光脉冲源是最关键的器件。增益开关 DFB 半导体激光器,DFB 半导体激光器和 EA 调制器组合,半导体主动锁模激光器和光纤主动锁模激光器均可用作 OTDM 光通信系统的光源。其中光纤主动锁模激光器因能输出可调谐、无啁啾、高消光比、低抖动的高质量双曲正割形(或高斯形)光脉冲而倍受青睐<sup>[3]</sup>。影响光纤主动锁模激光器应用的主要障碍是稳定性差。本文采用非线性偏振旋转自稳幅方法克服超模竞争和张弛振荡引起的短期不稳定现象,采用闭环误差信号反馈控制腔长的方法提高长期稳定性,实现了光纤锁模激光器的长期稳定运转。将稳定运转的光纤锁模激光器用作  $4 \times 10\text{Gbit/s}$  OTDM 光通信实验系统的发射光源,实现了在普通单模光纤(SMF)中 330km

色散补偿传输。

### 2 10GHz 光纤锁模激光器的自稳定运转

图 1 为光纤主动锁模激光器示意图。激光器的环形腔由一段以 980nm 激光泵浦的掺铒光纤、LiNbO<sub>3</sub> 幅度调制器、光隔离器、光滤波器、光延迟线及色散位移光纤(DSF)组成。腔长约 200m,对应的纵模频率间隔为 1MHz。偏振控制器 PC<sub>3</sub> 用以使偏振态与调制器匹配。当调制器的调制频率 10GHz 恰为纵模间隔的  $N$ (任意正整数)倍时,实现主动锁模。由于光纤长度很长,环境温度变化引起的光纤长度和折射率的漂移将导致纵模频率间隔的漂移,从而引起失锁,表现为光脉冲的崩塌,这就导致了光纤锁模激光器的长期不稳定现象。要克服这种长期不稳定性,必须控制谐振腔光学长度,使其永远与调制频率匹配。本文采用闭环反馈误差信号锁定谐振腔光学长度的方法提高其长期稳定性<sup>[4]</sup>。具体方法为:激光器输出光脉冲的一部分由 PIN 接收,经前置放大器和滤波器后注入混频器与调制信号混频。借助混频器输出的误差信号控制腔内的可变延迟线,可实现谐振腔光学长度的锁定。

即使谐振腔光学长度与调制频率严格匹配,输出光脉冲



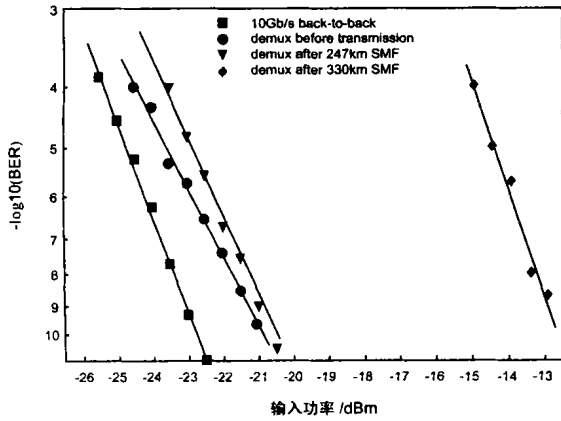


图 5 实验系统误码特性

纤主动锁模激光器为发射源,以光电振荡器为帧时钟提取装置,以 EA 调制器为解复用器组成的  $4 \times 10\text{Gb/s}$  光时分复用通信实验系统成功地实现了单波长  $40\text{Gb/s}$  数据信号在  $330\text{km}$  SMF 中的色散补偿传输。

#### 参考文献:

- [ 1 ] S Kawanishi, et al.  $100\text{Gb/s}$ ,  $560\text{km}$  optical transmission experiment with  $80\text{km}$  amplifier spacing employing dispersion management [ J ]. Electron Lett, 1996, 32(5):470-471.
- [ 2 ] T Morika, et al.  $1\text{Tbit/s}$  ( $100\text{Gb/s} \times 10$  Channel) OTDM/WDM transmission using a single supercontinuum WDM source [ J ]. Electron Lett, 1996, 32(10):906-907.

- [ 3 ] G T Harvey, et al. Harmonically mode locked fiber ring laser with an internal Fabry Perot stabilizer for soliton transmission [ J ]. Optics Letters, 1993, 18(2): 107-109.
- [ 4 ] 刘军,等. 抑制相位噪声实现主动锁模光纤激光器稳定工作 [ J ]. 光学学报, 1998, 18(7): 956-959.
- [ 5 ] 李玉华,等. 非线性偏振旋转对主动锁模光纤激光器脉冲成形及稳定性的影响 [ J ]. 中国激光, 1998, A45(12):1057-1060.
- [ 6 ] Li Yuhua, et al. Novel method to simultaneously compress pulses and suppress supermode noise in actively mode locked fiber ring laser [ J ]. IEEE Photonics Technology Lett, 10(9): 1094-1096.
- [ 7 ] Hang Ming, et al. Generation of pedestal free  $10\text{GHz}$  pulses from a comb like dispersion profiled fiber compressor and its application in supercontinuum generation [ J ]. Chin Phys Lett, 2000, 17(11): 806-808.
- [ 8 ] Li Huo, et al.  $8 \times 2$   $5\text{Gbit/s}$  frame clock recovery using an optoelectronic oscillator [ A ]. SPIE——Optical Interconnects for Telecommunication and Data Communications [ C ]. Beijing: The International Society for Optical Engineering, 2000, 4225. 44-47.

#### 作者简介:

高以智 女, 1936 年 5 月出生于上海. 1958 年毕业于清华大学, 现为清华大学电子工程系教授. 近期从事超高速光电子学、光孤子及高速光通信等研究.

姜采云 女, 1946 年 2 月出生于天津. 1970 年毕业于清华大学, 现为清华大学电子工程系教授. 近期从事超高速光电子学、光孤子及高速光通信等研究.