

文章编号: 0253-2239(2001)05-0615-03

时分复用信号中的全光时钟提取实验*

于晋龙 戴居丰 马晓红 杨恩泽

(天津大学电子信息工程学院, 光电信息技术科学教育部重点实验室光纤通信实验室, 天津 300072)

摘要: 利用非均匀复用后的时分复用(OTDM)信号, 从 4×2.5 GHz 的时分复用光脉冲信号中直接提取出复用前的 2.5 GHz 分路时钟信号。此技术可用于高速率时分复用光纤通信系统的解复用中的时钟提取。

关键词: 注入锁模光纤激光器; 全光时钟提取; 非均匀时分复用

中图分类号: TN929.11 文献标识码: A

1 引 言

采用时分复用技术, 可大大提高单路通信速率。而时钟提取技术是时分复用的核心技术, 目前主要有以下几种方案: 光电锁相环(PLL)时钟提取^[1], 注入锁模光纤激光器时钟提取^[2-4], 利用注入锁模半导体激光器(MLLD)的全光时钟提取和解复用方案^[5]。对于时分复用系统来讲, 希望在接收端得到复用前的单路时钟信号, 而目前大多数的全光时钟提取方案都只能得到复用后频率的时钟。光电锁相环(PLL)时钟提取是一种较为成熟的提取单路时钟的方案, 但由于电器件的限制, 单路速率的提高受到一定的限制, 而且系统较为复杂。另一种简单的方案是利用注入锁模半导体激光器提取单路时钟, 如果注入锁模半导体激光器器件的制造问题能解决, 此方案不失为一种理想的时钟提取方案。

本文报道了一种新型的时钟提取方案, 主要采用不均匀复用的办法, 复用后的信号包含单路时钟频率的谐波分量。将复用后的信号注入一光纤锁模激光器。当单路谐波分量与光纤锁模激光器的纵模相符合时, 可以得到单路时钟频率的光脉冲输出。该方案较为简单, 利用目前的商用器件即可完成。

2 实验方案

具体的实验方案如图 1 所示。

图 1 中半导体激光器由 2.5 GHz 的微波信号驱动, 当注入功率为 11 dBm 时, 形成增益开关。输出的光脉冲再经色散位移光纤(DCF)压窄后进入 1×4 光耦合器分成 4 路, 每路经过不同的延时后再

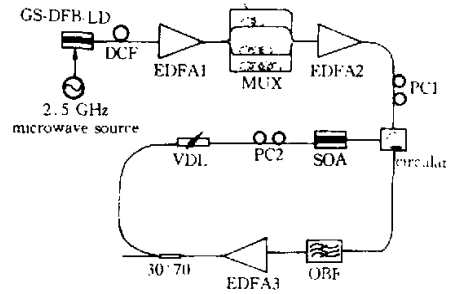


Fig. 1 The scheme of all-optical clock recovery

经过 4×1 光耦合器复用成 10 GHz 的光脉冲信号。调节每路的延时, 使其不严格等于 100 ps, 而且幅度也不完全相等。这样复用后的信号就包含了 2.5 GHz 的频率分量。复用后的信号如图 2 所示。当调制频率为 2.5 GHz 时, 4 路的间隔分别为 89 ps, 101 ps, 107 ps 和 103 ps。另外, 由于每路的偏振态没有控制, 复用后的 4 路信号偏振态不完全一致。由于半导体光放大器(SOA)是偏振敏感器件, 对于半导体光放大器来讲, 4 路有效幅度的差别比图 2 显示的大。复用后的信号放大后经一环形器注入锁模激光器, 注入锁模激光器中的偏振控制器(PC)用于调节输入半导体光放大器的光的偏振态;

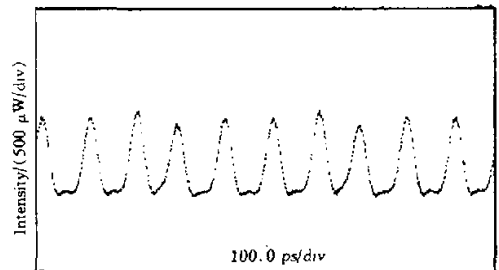


Fig. 2 The Muxed optical pulses of 10 GHz

* 国家自然科学基金(69807002)资助项目。

收稿日期: 2000-05-19; 收到修改稿日期: 2000-09-30

半导体光放大器作为锁模器件;增益可变的掺铒光纤放大器(EDFA3)用于调节腔内的增益;可变光滤波器(1530 nm~1570 nm,半高度全宽为 2 nm)用于调节锁模激光器输出的波长;光可变延时器用于仔细调节腔的长度;腔内的信号经过一 30:70 光耦合器输出。整个腔的基频约为 5.024 MHz,输出的信号光用高速示波器和光谱仪进行检测。

3 实验及讨论

实验过程中,通过调节调制频率来达到与锁模激光器的腔长的匹配,并通过对偏振控制器与可变

增益的光放大器的调节来得到理想的输出。当调节频率的范围不大时,由调制频率的变化引起的复用信号脉冲间隔的变化可以忽略。当锁模激光器的调制频率为 10.0096 GHz(1993 倍基频)时,对应的半导体激光器的调制频率为 2.5024 GHz,我们得到 10 GHz 的锁模脉冲输出,如图 3(a)所示。当调制频率为 10.0047 GHz(1992 倍基频)时,我们得到了 2.5 GHz 的单路时钟脉冲信号,如图 3(b)所示。每次降低调制频率一个纵模,可得到 10 GHz 的脉冲信号和 5 GHz 的光脉冲输出,如图 3(c)、图 3(d)所示,此时输出光的波长为 1546.6 nm。

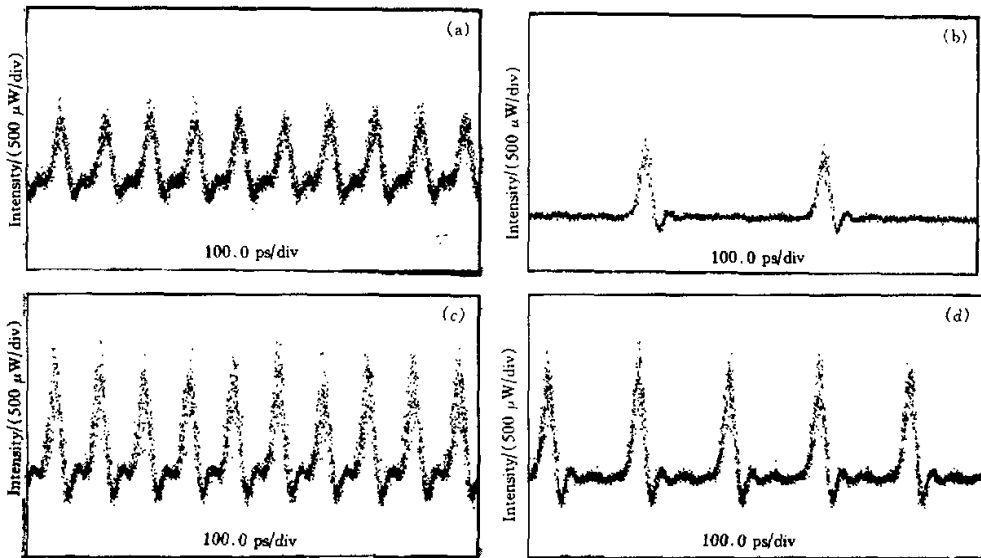


Fig. 3 The model-locked fiber laser output in difference modulate frequency. (a) The 10 GHz pulses output when $f_m = 10.0096$ GHz; (b) The 2.5 GHz pulses output when $f_m = 10.0047$ GHz; (c) The 10 GHz pulses output when $f_m = 9.9998$ GHz; (d) The 5 GHz pulses output when $f_m = 9.9949$ GHz

在上面各种情况下,输出的光谱宽度略有变化。输出为 2.5 GHz 时的光谱图如图 4 所示。

从以上的数据我们可以看出,当调制频率是基频的 $4n$ 倍时(n 为自然数),锁模激光器输出的是复用前的 2.5 GHz 的时钟信号;而当调制频率是基频的 $4n + 2$ 倍时,输出的光脉冲频率是复用前频率的两倍,为 5 GHz;而当调制频率是基频的 $4n + 1$ 和 $4n + 3$ 倍时,输出的是复用后的时钟频率 10 GHz。这个现象可以解释为,由于复用信号在时间间隔和幅度上均不严格相等,导致复用后的信号含有一定的 2.5 GHz 和 5 GHz 的频率分量。当调制频率是基频的 $4n$ 倍时,对应在第 n 个纵模恰巧与 2.5 GHz

的谐波分量重合,此时可得到 2.5 GHz 的时钟脉冲的输出。同样可以解释输出光脉冲频率为 5 GHz 的情况。当所有纵模都与 2.5 GHz 和 5 GHz 的频

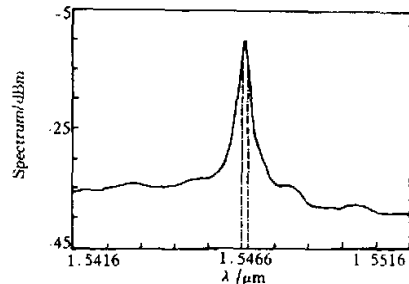


Fig. 4 The spectrum of clock output of 2.5 GHz

率分量不重合时 ($4n + 1, 4n + 3$), 锁模激光器输出的光脉冲频率与调制频率一致。

在实验中我们发现, 当输出的光脉冲频率是单路时钟频率时, 腔内的增益应该仔细调整, 过强的腔内增益会导致调制频率 (即复用后的频率) 分量过大, 使输出波形变坏。本实验中, 环形激光器中可变增益的掺铒光纤放大器的输出功率仅为 $1 \text{ mW} \sim 2 \text{ mW}$ 。

结论 以上实验中, 我们利用注入锁模光纤激光器从非均匀复用的 10 GHz 的时分复用信号中直接得到了复用前的单路 2.5 GHz 时钟信号。这种不均匀可以是以下三种不均匀性的组合或其中之一: 各路信号之间的时间间隔不同, 各路脉冲的幅度不等及偏振态的差异。腔长或基频与调制频率的关系决定输出的脉冲频率是亚谐波锁模输出还是与调制频率一致。腔内增益要仔细调整, 以避免输出的信号出现较大的高次谐波分量的干扰。

非常感谢南开大学现代光学技术研究所在本实

验中提供的帮助。

参 考 文 献

- [1] Kawanishi K S. Ultrahigh-speed clock recovery with phase lock loop based on four-wave mixing in a traveling-wave laser diode amplifier. *J. Lightwave Tech.*, 1996, 14(8): 1757~1761
- [2] Patrick D M, Manning R J. 20 Gbit/s all-optical clock recovery using semiconductor nonlinearity. *Electron. Lett.*, 1994, 30(2): 151~153
- [3] Adams L E, Kinzer E S, Fujimoto J G. All-optical timing extraction at 40 GHz using a mode-locked figure-eight laser with an SLA. *Electron. Lett.*, 1995, 31(20): 1759~1761
- [4] Manning J, Poustie A J, Blow K J. All-optical clock division using a semiconductor optical amplifier loop mirror with feedback. *Electron. Lett.*, 1996, 32(16): 1504~1506
- [5] Ehrhardt R L A, Pieper W, Jahn E *et al.*. 40 Gbit/s demultiplexing experiment with 10 GHz all-optical clock recovery using a modelocked semiconductor laser. *Electron. Lett.*, 1996, 32(4): 327~329

A Novel All-Optical Clock Recovery Experiment for Extracting Clock Signal from OTDM Signal

Yu Jinlong Dai Jufeng Ma Xiaohong Yang Enze

(College of Electronics and Information Engineering, The Key Laboratory of Opto-Electronics Information Technical Science, EMC, Tianjin University, Tianjin 300072)

(Received 19 May 2000; revised 30 September 2000)

Abstract: A novel all-optical scheme for clock recovery is demonstrated by non-uniform optical time division multiplexing (OTDM) optical signal injection into model-locked optical fiber laser. In experiment, 2.5 GHz subharmonic frequency clock signal is recovered from $4 \times 2.5 \text{ GHz}$ OTDM signal. The technique can be used in clock recovery in high speed OTDM communication.

Key words: injection model locked fiber laser; all-optical clock recovery; non-uniform timing-division-multiplexing