

文章编号 : 0253-2239(2001)10-1253-03

# 利用交叉增益调制实现光时分复用—波分复用 波长变换\*

葛春风 黄 超 宋立军 杨天新 余震虹 贾东方 李世忱

(天津大学精密仪器与光电子工程学院教育部光电信息技术科学重点实验室,天津 300072)

摘要: 采用半导体光放大器的交叉增益调制效应,通过全光方法,实现了 1.2 Gbit/s 光时分复用信号转换成  $2 \times 622$  Mbit/s 波分复用信号的解复用。它同样具有波分复用信号到光时分复用信号波长变换的功能。

关键词: 波分复用;光时分复用;波长变换;交叉增益调制

中图分类号: TN929.1 文献标识码: A

## 1 引 言

光时分复用(OTDM)和波分复用(WDM)系统极有可能是解决高速大容量传输干线和多用户通信网络的关键技术。但对于密集波分复用系统来说,随信道间距减小而使成本迅速增加,对于光时分复用系统,也会随着传输速率的增加使成本成指数增加,所以光时分复用和波分复用的混合使用有可能是技术简单、成本低廉的一个可选方案<sup>[1,2]</sup>。为了能够实现光信号在光时分复用子网和波分复用子网

之间的全光传输,并实现信号对两种网络制式、协议的透明性,需要在波分复用子网和光时分复用子网的接口实现光时分复用网络信号和波分复用子网信号的全光波长变换<sup>[4,5]</sup>,我们曾利用非线性光学环境研究过波长变换的工作<sup>[6]</sup>,本文则对光时分复用/波分复用的波长转化进行了研究。

## 2 实验方案及结果

实验装置如图 1 所示。

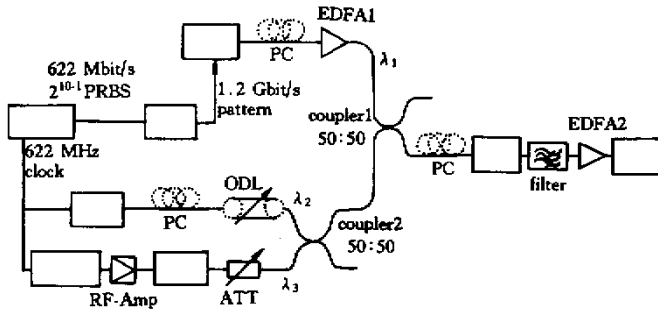


Fig. 1 The experimental setup of OTDM-WDM all-optical convert

采用两路 622 Mbit/s、长度为  $2^{10} - 1$  的伪随机码信号经过电延时复用整形为 1.2 Gbit/s 的伪随机码信号,驱动波长为  $\lambda_1 = 1555$  nm 的分布反馈激光器(DFB1),输出 1.2 Gbit/s 的时分复用光信号,通过偏振控制器后,经过掺铒光纤放大器(EDFA1)后注入 3 dB 耦合器(coupler1);由误码仪输出的

622 MHz 的时钟信号以增益开关的方式调制波长为  $\lambda_2 = 1544$  nm 的分布反馈激光器(DFB2)。因为误码仪时钟输出功率不足以驱动两个激光器,并且光延时器数量有限,所以另一路时钟信号通过电延时器和射频功率放大器(RF Amp)也以增益开关的方式驱动另一波长为  $\lambda_3 = 1536$  nm 的分布反馈激光器(DFB3)精确调整光延时器(ODL)和电延时器可以使得波长分别为  $\lambda_2$  和  $\lambda_3$  的两束光合成 1.2 GHz 的信号,同时可以使得波长为  $\lambda_2$  和  $\lambda_3$  的两束光脉

\* 国家自然科学基金(69877013)和天津市光电子联合科学研究中心资助课题。

冲通过 3 dB 耦合器 1 与波长为  $\lambda_1$  的信号共同注入到半导体光放大器中的相位匹配器;由于半导体光放大器是与偏振有关的器件,故在其前端放置了偏振控制器(PC)以期达到最佳交叉增益调制效果。调节误码仪时钟输出功率以及光可变衰减器(ATT)可以保证两路脉冲信号功率相近并与  $\lambda_1$  信号功率达到半导体光放大器转换的最佳状态。

通过数字取样示波器(HP83480型)测得的波长为  $\lambda_2$  的DFB2和波长为  $\lambda_3$  的DFB3输出的两束622 MHz光脉冲合成的1.2 GHz光信号的波形如图2所示。此时测得的两束光脉冲的平均功率均为-9.9 dBm。

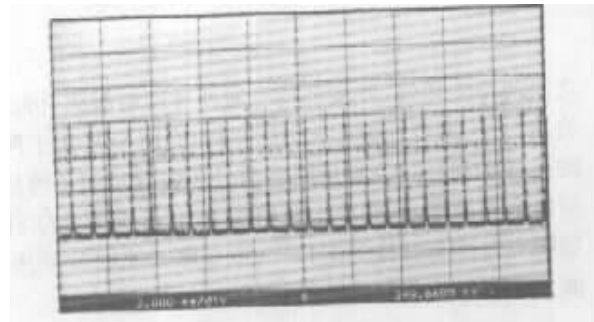


Fig. 2 The temporal waveforms of multiplex signal of at 1536 nm and at 1544 nm

精确调节光延时器和电延时器,将1.2 GHz合成光信号与波长  $\lambda_1 = 1555$  nm的1.2 Gbit/s伪随机码非归零信号的信元一一对应,然后调节可调谐滤波器,将其峰值透过率波长调节到1536 nm。调节半导体光放大器前端的偏振控制器,并适当调节半导体光放大器的注入电流、1536 nm输入光的功率和1555 nm信号光的输入光功率,当1555 nm信号光的输入功率达8.4 dBm、1536 nm的分布反馈激光器平均功率为-6 dBm、半导体光放大器偏置电流为110 mA时,在EDFA2的输出端得到了622 Mbit/s、波长  $\lambda_2 = 1536$  nm的波长变换信号。其变换的反码为'0111011010001',图3是通过光通信分析仪探测到的原码和变换码波形图。

保持系统的其它部件不动,调谐滤波器,将透射波长调节到1544 nm附近,并调节1544 nm输入光的功率,当1555 nm信号光的输入功率达8.4 dBm、1536 nm的分布反馈激光器平均功率为-10 dBm、半导体光放大器偏置电流为101 mA时,得到了622 Mbit/s、波长  $\lambda_2 = 1544$  nm的波长变换信号,其编码为'101011000100',图4是通过光通信分析仪探测到的原码和变换码波形图。

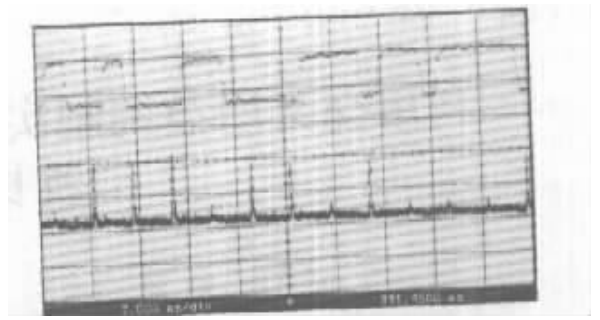


Fig. 3 The temporal waveforms of converted signal at 1536 nm (lower trace)

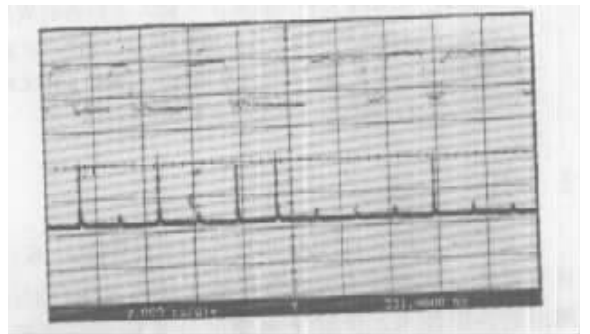


Fig. 4 The temporal waveforms of converted signal at 1544 nm (lower trace)

### 3 实验结果分析

由实验数据发现,解复用的信号中依然存在较大的直流分量,即'0'码依然存在一个较小的尖峰。调节半导体光放大器偏置电流和探测光入射功率可以明显地改变小尖峰的幅值,但是由于受半导体光放大器器件性能的限制,很难抑制'0'码的小尖峰;从另一方面来讲,因为探测光为窄脉冲,它在与编码光在腔内进行交叉相位调制时,由于探测光脉冲峰值较高,它对增益的竞争效应相对较强,从而'0'码处的尖峰依然明显。

实验中还发现变换后的连'1'码处;'1'幅度有一个略为向上的斜率。这是由于原码在连'0'处的幅度存在一个向下的斜率,正是这个向下的斜率,导致它对探测光的交叉增益调制程度不同,引起变换后的反码存在一个与之相反的斜率,因此输入码的'0'和'1'的幅度对变换码的幅度有很大的影响,在实际的系统中要消除信号码过强的幅度起伏,可以降低解复用或波长变换误码的发生。

结论 采用半导体光放大器的交叉增益调制效应,通过全光方法,实现了1.2 Gbit/s光时分复用信号到  $2 \times 622$  Mbit/s波分复用信号的解复用,它同样具

有光时分复用信号到波分复用信号波长变换的功能。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] Scheerer C , Glingener C , Farbert A. 3.2 Tbit/s ( 80 × 40 Gbit/s ) bi-directional WDM/ETDM transmission over 40 km standard single mode fiber. *Electron. Lett.* , 2000 , 35( 20 ) :1752~1753
- [ 2 ] 孙军强 , 黄德修 , 易河清. 交叉增益调制的全光波长转换的消光比特特性分析. *光学学报* , 2000 , 20( 1 ) 88~93
- [ 3 ] Joergensen C , Danielsen S L , Mikkelsen B *et. al.* . All-optical 40 Gb/s OTDM to 2 × 20 Gb/s WDM signal-format translate. *Electron. Lett.* , 1996 , 32( 15 ) :1384~1386
- [ 4 ] Norte D , Willner A E. All optical date format conversions and reconversions between the wavelength and time domains for dynamically reconfigurable WDM network. *J. Lightwave Technol.* , 1996 , 14( 6 ) :1170~1182
- [ 5 ] 宋立军 , 黄超 , 张劲冶 等. 利用群速度均衡非线性环形镜实现全波波长变换. *光子学报* , 1999 , 28( z3 ) :103~106

## All-Optical OTDM-WDM Wavelength Conversion Using SOA-XGM

Ge Chunfeng Huang Chao Yu Zhenhong Song Lijun Jia Dongfang Li Shichen

( College of Precision Instrument and Optoelectronics Engineering , Tianjin University , Tianjin 300072 )

( Received 14 August 2000 ; revised 12 October 2000 )

**Abstract :** The experiment results of improved performance of all-optical-time-division-multiplexing to wavelength division multiplex conversion are reported. Demultiplexing of optical-time-division-multiplexing is demonstrated based on the cross-gain modulation ( XGM ) in a semiconductor optica amplifier ( SOA ). A 1.2 Gbit/s TDM bit stream at 1555 nm is converted to two 622 Mbit/s WDM bit stream at 1544 nm and 1536 nm respectively , in addition , a conversion from wavelength division multiplex ( WDM ) to optical time division multiplex ( DTDM ) is available.

**Key words :** wavelength division multiplex ; optical time division multiplex ; wavelength conversion ; cross gain modulation