

利用半导体激光放大器作为高速 光调制开关的 2Gbit/s 光学时 分复用实验

邱 昆 高以智 周炳琨
(清华大学 电子工程系, 北京 100084)

提 要

本文报道利用半导体激光放大器作为高速开关,进行了 2Gbit/s 的光学时分复用发射实验。
关键词: 光学时分复用, 调制, 速率。

一、引 言

为提高光通信的传输速率,人们采用了电时分复用的方法。高速的光纤传输系统通常是由电时分复用方法产生的数字脉冲码串来驱动的^[1]。但若要将传输速率进一步提高至几个 Gbit/s 以上,则电子线路往往难以实现。也就是说,光通信速率的提高,受到电子线路的限制。为了解决这个问题,人们采用了波分复用技术和光学时分复用技术。

光学时分复用是电学时分复用在光学领域的对应物,它将多路光信号相互延迟一定的时间后,合在一起传输,在接收端再用分路器分开。其优点是使用一般的电子线路就能获得极高速率的光传输。目前,利用该技术,已能达到 16 Gbit/s 的光传输最高速率^[2]。

已有的光时分复用通信实验系统中,一般采用多个相互延迟同步的 PS 光源,经 LiNbO₃ 波导调制器调制后合路。LiNbO₃ 波导调制器具有较大的插入损耗,使用多个 PS 光源使系统非常复杂。若采用一个 PS 光源分路后延迟的方法将使系统大为简化,但这种方法会使每路光的功率减弱。本文提出一种单个 PS 光源分路后由具有增益的调制器调制的光学时分复用发射系统方案。具有增益的调制器可补偿分路损耗。

作者利用半导体激光放大器作为具有增益的高速光调制器,进行了两路信号的光学时分复用发射实验,每个信道的速率为 1 Gbit/s,复用后干线上的总速率为 2 Gbit/s。

二、实验装置和器件

图 1 为 2 Gbit/s 光学时分复用发射实验的装置图。PS 光源产生 1 GHz 重复频率的超短光脉冲串,该脉冲串通过分路器 SP 分成两束,形成复用的两个信道,每路的速率为 1 Gbit/s。用调制器 MOD1 及 MOD2 对这两个信道中的光脉冲串进行开关编码调制,从调

制器输出的光, 成为载有信息的编码脉冲串。光延时器 OD 将这两束光脉冲串在时间上相互延迟 $\tau = T/2 = 500 \text{ ps}$ (T 为光源脉冲串的重复周期), 然后由合路器 MP 将两路经过相互延迟的信号合在一起, 成为复用后的 2 Gbit/s 信号, 该信号经探测器 DT 接收后, 由示波器 OS 观测其波形。

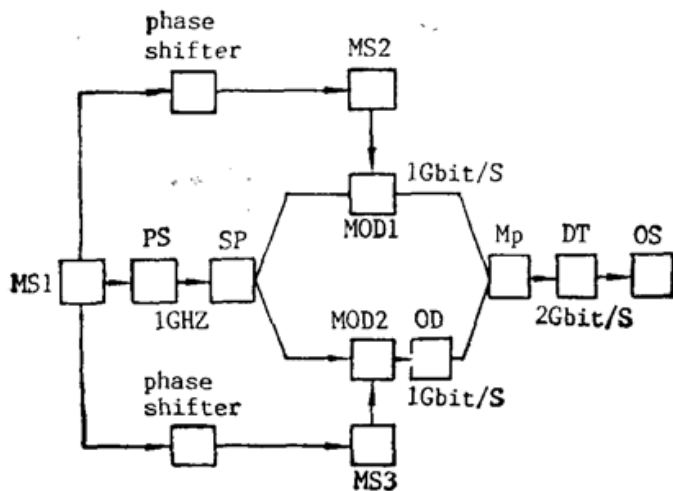


Fig. 1 Schematic diagram of the experimental set-up

用三台高频信号发生器 MS1、MS2、MS3 分别作为光源和两个调制器的交流驱动信号及开关控制信号。开关控制信号与光源驱动信号之间用两个移相器调节相互间的相位差, 以保证开关控制信号与进入调制器的光信号同步。

实验中光源为长波长 $1.3 \mu\text{m}$ 直接调制 InGaAsP/InP 半导体激光器。激光器偏置在阈值电流 I_{th} 附近, 同时注入峰值约为 $0.3 I_{th}$ 的高频正弦电流, 由于增益开关效应, 可产生超短光脉冲。光脉冲的重复频率为 1 GHz, 用二次谐波自相关法测得脉冲宽度为 27 ps。

用半导体激光放大器作为光调制开关。将普通激光二极管两端面镀上减反膜后, 端面具具有约 5% 的剩余反射率, 因而构成半行波半导体激光放大器, 这种放大器具有较高的增益而不要求苛刻的工作条件, 同时, 由于其腔面具有一定的剩余反射率, 因而放大器对入射光信号具有波长选择放大性, 能够在多纵模输入下选取单模。放大器作光开关使用时, 在“开启”状态, 具有增益, 而在“关闭”状态, 无增益或具有损耗, 所以可以得到很高的开关比, 并且由于放大器具有增益, 补偿了在光学时分复用系统中, 仅用单个激光器作为光源进行分路而带来的光能减弱。

放大器的增益随入射光脉冲能量的增大而减小, 在 1 GHz 重复频率, 脉冲宽度为 27 ps 下, 平均注入功率为 -12.5 dBm 时, 获得净增益为 8 dB。放大器用作光开关时, 消光比大于 18 dB 饱和平均输出功率大于 3 dBm。

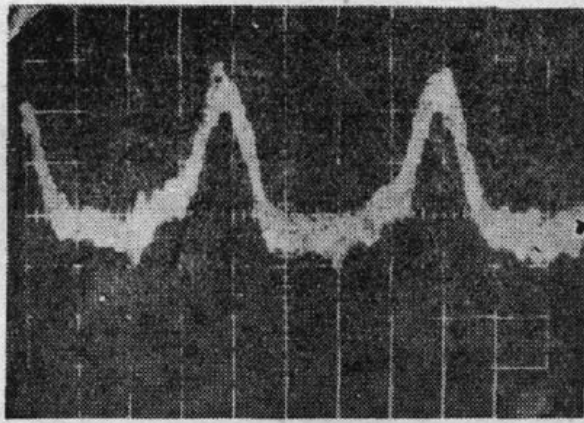
光信号由 Ge-APD 探测器接收, 用 SQ21 取样示波器观测其波形。

光信号由 Ge-APD 探测器接收, 用 SQ21 取样示波器观测其波形。

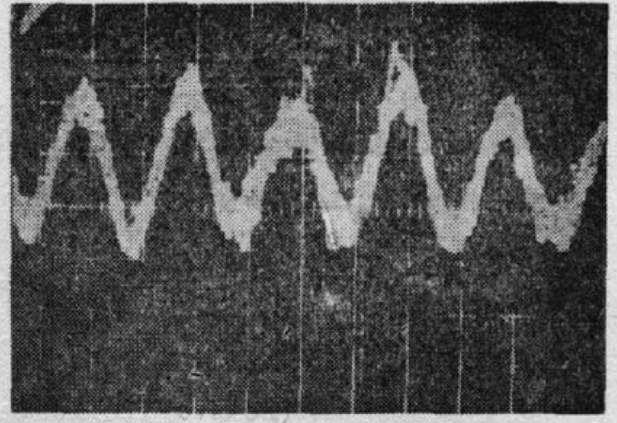
三、实验结果和讨论

图 2 是实验结果的三张照片。我们对信道 1 中放大器的注入电流进行 500 MHz 重复频率的正弦开关调制, 调节移相器, 使该开关信号与进入到放大器(调制器)的光脉冲同步。这样, 处于调制电流峰值的光脉冲得到放大, 通过放大器, 而对于处在调制电流最小值处的光脉冲, 放大器呈“关闭”状态, 光脉冲不能通过。所以信道 1 中的编码脉冲信号为“101010...”, 如图 2(a) 所示。信道 2 中的信号设置为“11111...”, 如图 2(b) 所示。当两路信号经 $T/2$ 延时后合在一起时, 得到图 2(c) 所示的“111011101110...”的 2 Gbit/s 复用信号。

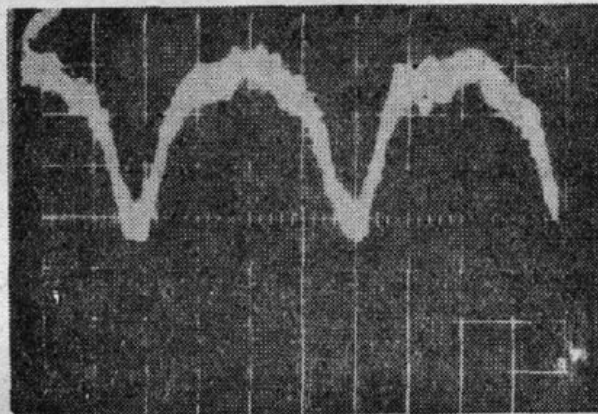
由于受到探测器及示波器响应时间的限制, 从探测器输出的电脉冲在示波器上显示的脉宽并不代表实际光脉冲的宽度, 而是展宽了很多, 以至在示波器上当信号重复频率为



(a) optical signal in channel one 101010...



(b) optical signal in channel two 111111...



(c) optical signal after mutiplexing 111011101110...

Fig. 2 Results of the experiment (500 ps/div)

2GHz 时, 相邻两个“1”连在了一起。我们用二次谐波自相关法测量了通过调制器前后光脉冲的宽度, 结果分别为 27 ps 和 27.8 ps。所以, 实际上光脉冲信号的占空比是很小的, 因此, 如果探测器的响应时间足够的话, 复用后的速率(例如采用多路复用)可以比 2Gbit/s 高得多而不产生误码。

也可以用一个放大器作为分路解调器, 从复用的信号中, 提取出所需信道的信号。

实验利用半导体激光放大器作为带增益的高速光调制开关, 进行了两路信号的光学时分复用发射实验, 得到复用信号速率为 2Gbit/s。为进一步提高传输速率, 可采取多路复用和提高每一路本身的速率。该实验具有以下特点:

(1) 采用单个 PS 源作为信号源进行分路, 简化了系统;

(2) 利用带增益的半导体激光放大器作为调制开关, 代替 LiNbO_3 波导调制器, 大大降低了光路的损耗, 半导体激光放大器作为光开关时, 不但具有增益, 并且消光比优于 LiNbO_3 波导调制器, 其调制带宽也有希望做到大于 20 GHz, 是一种很有潜力的新器件。

参 考 文 献

- [1] G. Eisensten *et al.*; *Electron. Lett.*, 1987, 23, No. 21 (Oct), 1115~1116.
 [2] R. S. Tucker *et al.*; OFC'88, THB2, p. 149.

2Gbit/s optical time-division multiplexing experiment using semiconductor laser amplifier as high speed optical switches

QIU KUN, GAO YIZHI AND ZHOU BINGKUN

(Department of Electronic Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084)

(Received 11 December 1989; revised 23 April 1990)

Abstract

The results of a 2Gbit/s optical time-division multiplexing experiment using semiconductor laser amplifiers as high speed optical switches are given in this paper.

Key words: optical time-division multiplexing, amplifier, modulation, transmission rate.