

基于 SOA 中 XGM 效应的超宽带 PAM 技术的研究

郭海莉,王莉莉,黄世杰,马晓璐,李培丽
(南京邮电大学 光电工程学院,江苏 南京 210003)

摘要:文中提出了一种基于半导体光放大器(SOA)中交叉增益调制(XGM)效应的超宽带(UWB)脉冲振幅调制(PAM)方案。并利用 Optisystem7.0 软件对其进行仿真。首先研究了超宽带 PAM 信号对光源功率、调制速率、光源波长的敏感度,结果表明该方案可以通过设置合适的光源功率和调制速率产生较好的 PAM 信号,并且对光源波长变化不敏感;另外分析了在光纤中 PAM 信号的传输特性,结果表明 PAM 格式的调制信号受色散和衰减影响较大,传输距离较短。

关键词:超宽带;脉冲幅度调制;LiNbO₃ 马赫曾德尔调制器(LiNbO₃ MZM)

中图分类号:TN911.74

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2015)01-0230-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.01.052

Research on Ultra-wideband Pulse Amplitude Modulation Based on XGM Effect in SOA

GUO Hai-li, WANG Li-li, HUANG Shi-jie, MA Xiao-lu, LI Pei-li
(College of Opto-electronic Engineering, Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: In this paper, an improved UWB Pulse Amplitude Modulation (PAM) scheme based on cross-gain modulation (XGM) in SOA is presented, and use the software of Optisystem7.0 to simulate. The influence of source power, modulation rate and source wavelength on the PAM signal is firstly investigated, and the results show that by appropriately setting light source power and modulation rate, the scheme can generate better PAM signal and is not sensitive to light wavelength change. In addition, the transmission characteristics of PAM signal in the optical fiber are analyzed, and the results show that modulation signal in PAM formats is greatly influenced by the dispersion and attenuation, and the transmission distance is short.

Key words: ultra-wideband; pulse amplitude modulation; LiNbO₃ MZM

0 引言

近年来无线通信技术发展迅猛,而超宽带无疑是其中最热门的技术之一^[1-2]。超宽带(UWB)技术具有高速率、低功耗和低成本等优点,在大量有关 UWB 脉冲信号产生技术的研究之后,为实现携带用户数据信息的功能,故按照一定的调制方式调制变得尤为重要。然而数据传输速率、抗噪声与抗干扰能力、发射信号的谱特性以及收发机复杂性都对调制方案的选择有影响,其中收发机的复杂性直接关系到系统的规模和成本^[3-4]。由于 UWB 信号的发射功率受到限制,从而使得传输距离不超过二十米,故在光纤中传输 UWB

信号的技术应运而生。因此,人们研究光学产生 UWB 信号的同时实现全光调制的技术变得十分必要。

目前已有多种产生 UWB 调制信号的方案,主要有:基于修正厄米多项式函数的脉冲形状调制(PSM)^[5];基于半导体光放大器(SOA)的超宽带脉冲振幅调制(PAM)^[6-7];利用马赫-曾德尔调制器(MZM)实现脉冲极性调制(BPM)和 PAM^[8-9];基于非线性光学环境(NOLM)实现 PSM^[10];基于单个 MZM 与 SOA 级联,在 MZM 的射频端口注入非归零信息实现 BPM^[11];基于高非线性光子晶体光纤(HNPCF)产生 monocycle 信号的同时实现 UWB 的

收稿日期:2014-02-15

修回日期:2014-05-20

网络出版时间:2014-11-17

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61275067);江苏省自然科学基金(BK2012830);江苏省普通高校研究生科研创新计划项目(CXLX13_448)

作者简介:郭海莉(1986-),女,硕士研究生,研究方向为光通信与光信号处理;李培丽,副教授,博士,研究方向为光通信与光信号处理。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20141117.2207.029.html>

BPM^[12];基于多通道密集光波复用技术(DWDM)的鉴频器与 SOA 级联产生正负 monocycle 和 doublet 脉冲,从而使得 BPM 和 PSM^[13]得以实现;基于相位调制器(PM)与光纤光栅(FBG)级联,通过调节其中一个 FBG 的中心波长和它所在支路的时延、衰减,使得 BPM、PPM 和 PAM 调制^[14]得以实现;基于 SOA 的并联结构,产生广播式的超宽带 PSM 信号^[15];基于 SOA 的增益饱和特性,改变编码实现超宽带 PSM、PAM 和 BPM^[16]等。

超宽带 PAM 信号虽然误码率高,传输距离较短,但是具有产生比较简单、抗干扰能力强的优点。因此,基于 PAM 调制格式的 UWB-over-fiber 技术在解决 FTTH 的最后一公里接入的应用中有较强竞争优势,能以较低的成本提供高速无线接入,具有很高的研究价值。文中基于 SOA 中的交叉增益调制(XGM)效应,提出了一种实现超宽带 PAM 的新方案,并对其使用 OptiSystem7.0 进行仿真,分别研究了 PAM 格式的调制信号对输入信号功率、调制速率、光源波长等的敏感程度,并分析了在光纤中 PAM 调制的 UWB 信号的传输性能。

1 工作原理

基于 SOA 中 XGM 效应实现超宽带 PAM 技术的原理如图 1 所示。通过一个耦合器(OC),由光源(LD)输出的连续光均分成两束光,上支路的光经过 MZM 调制为脉冲为高斯形的泵浦光,从 SOA 的右侧输入,下支路的光作为探测光从 SOA 的左侧输入。两路比特脉冲发生器(BPG)产生不同幅值的电信号,叠加后控制 MZM 对泵浦光进行调制,调制后的泵浦光信号是两种幅值交替的光信号。探测光在向右传输的过程中,在 SOA 中 XGM 效应的作用下产生负极性光脉冲,负脉冲向 SOA 右侧传输的过程中,由于 SOA 的增益饱和和效应,在负脉冲的右侧产生过冲放大,形成负极性的 monocycle 信号。相对于发送“0”码而言,当发

送“1”码时,探测光通过 XGM 效应产生的负脉冲功率更低,消耗的载流子更少,在负脉冲的上升沿载流子能够完全恢复,过冲产生的正脉冲较大。因此,“1”码元对应的 monocycle 信号的正脉冲部分比“0”码元的大,产生幅值不同的 monocycle 信号,实现超宽带 PAM。从 SOA 右端输出的探测光通过一个光学带通滤波器(OBF)滤除 ASE 噪声后,利用 APD 进行光电转换,转换后输出的超宽带 PAM 脉冲波形及其射频信号可以通过示波器(OS)和射频频谱分析仪(RF)来观察。

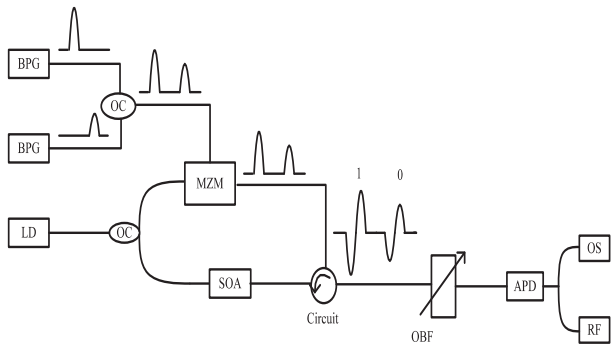


图 1 基于 SOA 中 XGM 效应实现超宽带 PAM 原理示意图

2 结果分析

对于上述基于 SOA 的超宽带 PAM 方案,利用 Optisystem7.0 软件对其进行仿真。在仿真时,SOA 的有源区长度为 600 μm,注入电流为 100 mA;光源的发射功率为 0 dB,波长为 1 552 nm;滤波器的中心波长为 1 552 nm,带宽为 0.2 nm;两路高斯脉冲发生器产生的高斯脉冲信号 A 和 B 速率均为 24 Gbit/s,其中信号 A 归一化强度为 1,信号 B 的归一化强度为 0.5。信号 A 的编码为 1000000000000000,信号 B 的编码为 0000000010000000。

超宽带 PAM 信号的波形及其射频频谱信息如图 2 所示。图 2(a)表明输出的超宽带 PAM 信号由两种不同幅值的 monocycle 脉冲构成,分别表示数字信息

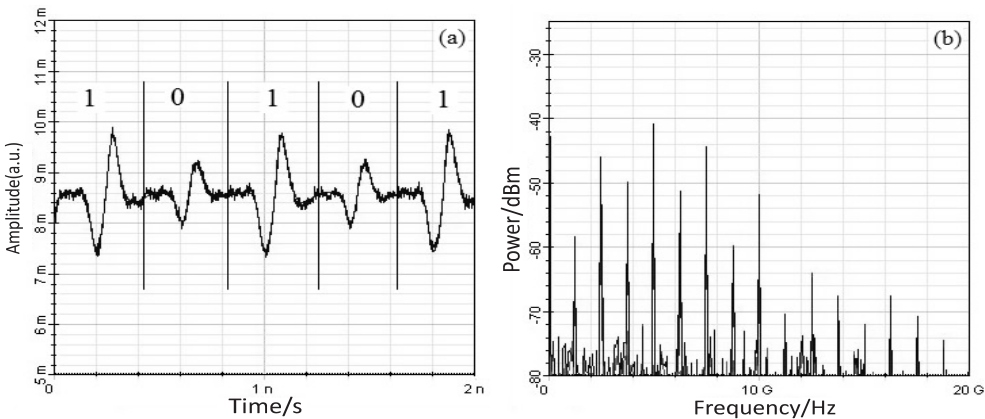


图 2 超宽带 PAM 信号及其频谱(1)

“1”和“0”,从而脉冲振幅调制得以实现。图 2(b) 显示输出的超宽带 PAM 信号的频谱图,可以看出其中心频率为 6 GHz, -10 dB 的带宽为 9 GHz,其相对带宽为 150%,满足 FCC 对 UWB 的定义的要求。因此,该方案可以实现超宽带 PAM 技术。

2.1 光源功率对超宽带 PAM 信号性能的影响

将光源功率分别设置成 -10 dB、-3 dB、0 dB、3 dB、10 dB,其他参数保持不变,研究光源功率对超宽带 PAM 信号的影响。输出的超宽带 PAM 信号脉冲波形及其射频信号如图 3 所示。

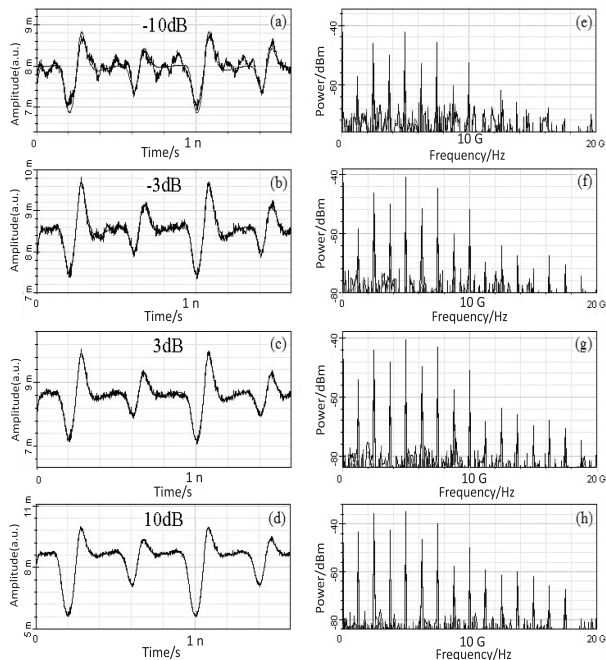


图 3 超宽带 PAM 信号及其频谱(2)

图 3(a) ~ (d) 给出了四种不同输入光功率情况下的超宽带 PAM 脉冲波形。从图 3(a) 可以看出当光功率过低时,探测光没有发生过冲放大。因为,低功率的光脉冲在 SOA 中传输时消耗的载流子较少,SOA 不会发生增益饱和效应,所以在探测光脉冲的前沿不会出现过冲放大。此外,当光源功率较低时 SOA 的自发辐射较强,所以泵浦光和探测光叠加后受 ASE 噪声影响较大,淹没在噪声中了。图 3(b) 和 (c) 表明光功率的增大,使得产生的 monocycle 信号性能得到改善,超宽带 PAM 信号的性能也逐渐改善,时域波形和频谱都符合 FCC 的规定。当光源功率增大到 10 dB 的时候,如图 3(d) 所示,monocycle 信号的正脉冲部分变小,这是由于光源功率太大,消耗大量载流子导致不能产生过冲。图 3(e) ~ (h) 给出了不同光源功率对应的射频频谱。可以看出当光源功率过低时,PAM 信号的光谱功率密度较低;光源功率过高时 PAM 信号的射频频谱不符合 FCC 对 UWB 信号的规定。该方案光源功率在 -5 dBm ~ 5 dBm 时输出超宽带 PAM 信号很好地满足

了 FCC 的定义。

2.2 调制速率对超宽带 PAM 信号性能的影响

将输入信号速率分别设置成 16 GHz、24 GHz 和 32 GHz,其他参数保持不变,输出的超宽带 PAM 信号脉冲及其射频信号如图 4 所示。

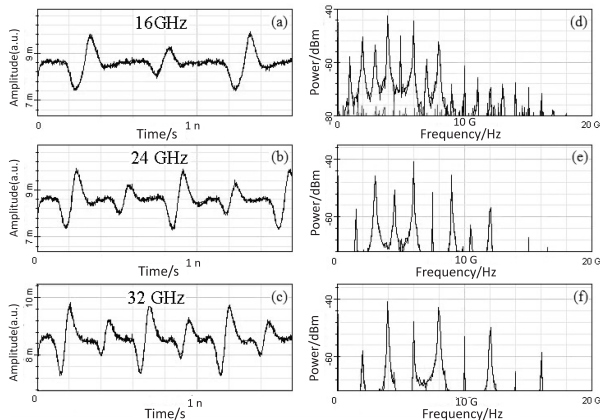


图 4 超宽带 PAM 信号及其频谱(3) [3]

在三种不同输入速率情况下,超宽带 PAM 脉冲波形如图 4(a) ~ (c) 所示。图形表明:超宽带 PAM 信号受调制速率的影响较小,调制速率的改变只影响 monocycle 脉冲的宽度;随着调制速率的增大和输入信号脉宽减小,所产生的 monocycle 信号的脉宽随之减小。在三种不同输入速率情况下,PAM 信号射频频谱如图 4(d) ~ (f) 所示。图形表明:随着速率的增加,频谱逐渐向高频部分移动。这是由于速率越高,其单位比特脉冲脉宽越窄,根据时域和频域的对对应关系,可得到其相应的频谱将变宽。因此,在 PAM 调制过程中,要注意选择合适的速率和脉宽,防止调制速率过高会降低超宽带 PAM 信号的性能,增加误码率。

2.3 光源波长对超宽带 PAM 信号性能的影响

在保持其他参数不变仅改变光源波长的情况下,分析超宽带 PAM 信号对光源波长的敏感程度,其仿真结果如图 5 所示。图示表明光源波长的变化对超宽带 PAM 信号基本没有影响,信号的中心频率和 -10 dB 带

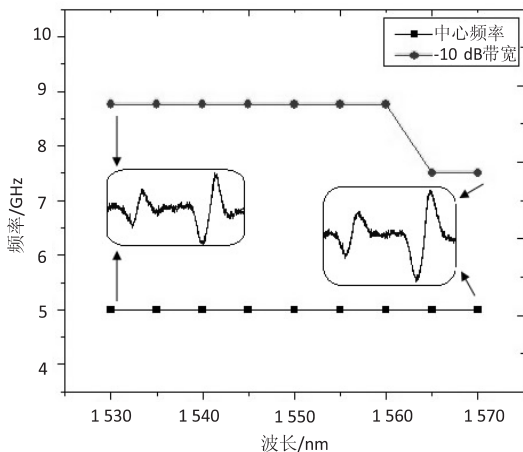


图 5 超宽带 PAM 信号中心频率和 -10 dB 带宽

宽均保持不变。但是,随着信号波长向 SOA 增益峰值波长(1 605 nm)方向移动信号 PAM 的功率有所增大。由此可见该调制方案对光源波长的变化不敏感,可以用作光源的频谱很宽。

2.4 超宽带 PAM 信号在光纤中的传输性能

把该方案所产生的超宽带 PAM 信号耦合到单模光纤中传输,可以进一步研究超宽带 PAM 信号在单模光纤中的传输性能。所用的单模光纤其损耗为 0.2 dB/km,色散为 16.75 ps/(nm * km),群速率时延为 0.2 ps/km。

光纤长度分别设为 1 km、3 km、5 km,仿真结果如图 6 所示。

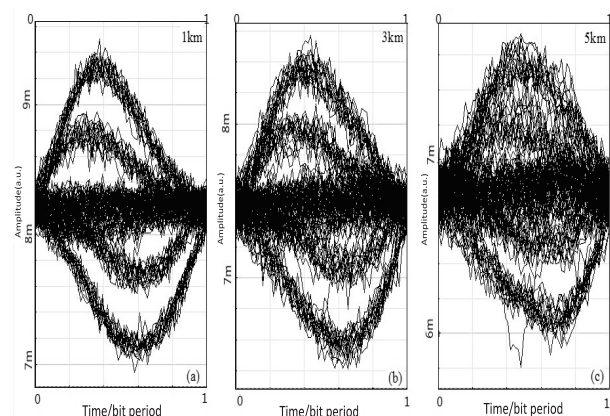


图 6 超宽带 PAM 信号的眼图

从眼图中可以看出,随着传输距离的增加超宽带 PAM 信号迅速恶化,超过 3 km 时已经无法正确地传输信息了。受光纤损耗的影响,monocycle 信号的正负脉冲幅值都逐渐降低,所以接收端抽样判决的时候会产生误判,误码率增大。但是该方案也具有结构简单、易于操作、功率消耗低等优势,因此在短距离高速数据传送中有较大的优势。

3 结束语

文中提出了一种基于 SOA 中 XGM 实现全光超宽带 PAM 的方案,并利用 Optisystem7.0 软件进行了仿真分析。首先分析光源功率、调制速率、光源波长三者对超宽带 PAM 信号的影响,结果表明该方案可以通过设置合适的光源功率和调制速率能够产生较好的 PAM 信号,并且该方案对光源波长变化不敏感。接着研究了超宽带 PAM 信号在光纤中的传输性能,结果表明 PAM 格式的调制信号受色散和衰减影响较大,传输距离较短。但是,该方案具有结构简单的优势,在解决 FTTH 的最后一公里接入的应用中具有竞争优势,能以较低的成本提供高速无线接入。

参考文献:

- [1] 黄武襄. 超宽带技术在通信中的应用[J]. 现代电信科技, 2003(5):26-28.
- [2] 李耀民,周正. 无线超宽带调制方式现状与展望[J]. 通信技术,2003(10):48-50.
- [3] 吕静. 基于二进制 TH-PPWM 的超宽带无线通信实验研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2010.
- [4] 张靖,黎海涛,张平. 超宽带无线通信技术及发展[J]. 电信科学,2001,17(11):3-7.
- [5] Ghavami M, Michael L B, Haruyama S, et al. A novel UWB pulse shape modulation system[J]. Wireless Personal Communications, 2002, 23(1):105-120.
- [6] 赵赞善,李培丽,潘婷婷,等. 基于 SOA 的全光超宽带脉冲振幅调制方案[J]. 光通信研究,2011(6):22-24.
- [7] Li Pengxiao, Chen Hongwei, Chen Minghua, et al. Gigabit/s photonic generation, modulation and transmission for a reconfigurable impulse radio UWB over fiber system[J]. IEEE Photonics Journal, 2012, 4(3):805-816.
- [8] Li Wangzhe, Yao Jianping. Edge-triggered bi-phase modulation for the generation and modulation of UWB pulses[J]. IEEE Photonics Technology Letters, 2008, 20(20):1691-1693.
- [9] 沈丹鸿,李培丽,郑加金,等. 基于 LiNbO₃ M-Z 调制器的 UWB 信号 PAM 调制技术研究[J]. 光电子·激光,2013, 24(1):79-86.
- [10] Huang Hao, Xu Kun, Li Jianqiang, et al. All-Optical UWB pulse generation and pulse shape modulation based on XPM in NOLM[C]//Proc of OFC/NFOEC. San Diego:IEEE, 2008:1-3.
- [11] Yu Y, Dong J, Li X, et al. UWB monocycle generation and bi-phase modulation based on Mach-Zehnder modulator and semiconductor optical amplifier[J]. IEEE Photonics Journal, 2012, 4(2):327-339.
- [12] Wang Shiguang, Chen Hongwei, Chen Minghua, et al. Ultrawideband pulse generation and bipolar coding based on optical crosspolarization modulation in highly nonlinear photonic crystal fiber[J]. Optical Engineering, 2009, 48(10):1-4.
- [13] Wang Fei, Dong Jianji, Xu Enming, et al. All-optical UWB generation and modulation using SOA-XPM effect and DWDM-based multi-channel frequency discrimination[J]. Optics Express, 2010, 18(24):24588-24594.
- [14] 孙幅丹,王荣,蒲涛,等. 基于光纤光栅的超宽带信号产生与传输[J]. 光电子·激光,2011,22(11):1633-1637.
- [15] 马晓璐,李培丽,郑加金,等. 基于并联 SOA 的全光广播式超宽带脉冲形状调制技术[J]. 光电子·激光,2013, 24(6):1099-1109.
- [16] 赵猛,李培丽,郑加金,等. 基于半导体放大器实现多功能超宽带调制研究[J]. 光电子·激光,2013, 24(7):1328-1337.

基于SOA中XGM效应的超宽带PAM技术的研究


作者：

郭海莉，[王莉莉](#)，[黄世杰](#)，[马晓璐](#)，[李培丽](#)，[GUO Hai-li](#)，[WANG Li-li](#)，[HUANG Shi-jie](#)，[MA Xiao-lu](#)，[LI Pei-li](#)

作者单位：

[南京邮电大学 光电工程学院](#)，江苏 南京，210003

刊名：

[计算机技术与发展](#)

英文刊名：

[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：

2015(1)

引用本文格式：[郭海莉](#).[王莉莉](#).[黄世杰](#).[马晓璐](#).[李培丽](#).[GUO Hai-li](#).[WANG Li-li](#).[HUANG Shi-jie](#).[MA Xiao-lu](#).[LI Pei-li](#) [基于SOA中XGM效应的超宽带PAM技术的研究](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015(1)