

基于 SOA 的全光超宽带脉冲振幅调制方案

赵赞善¹, 李培丽¹, 潘婷婷¹, 黄世杰¹, 罗友宏²

(1. 南京邮电大学 光电工程学院, 江苏 南京 210003; 2. 中国移动集团 海南有限公司, 海南 海口 570125)

摘要:文章基于 SOA(半导体光放大器)中的 XGM(交叉增益调制)效应,提出一种实现全光 UWB(超宽带)PAM(脉冲振幅调制)的方案。该方案只需要一个外部光源和一个 SOA,结构简单,调制速率快。利用光通信系统软件 OptiSystem 对该方案进行仿真,分析了光源功率、SOA 的注入电流和光源波长等系统参数对 UWB PAM 信号性能的影响。

关键词:超宽带;脉冲振幅调制;半导体光放大器;交叉增益调制

中图分类号: TN911. 74 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8788(2011)06-0022-03

SOA-based all optical ultra-wideband pulse amplitude modulation

Zhao Zanshan¹, Li Peili¹, Pan Tingting¹, Huang Shijie¹, Luo Youhong²

(1. Optoelectronic Engineering Institute, Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210003, China;

2. China Mobile Communications Group, Hainan Co., Ltd., Haikou 570125, China)

Abstract: On the basis of the Cross-Gain Modulation (XGM) effects in Semiconductor Optical Amplifiers (SOA), we propose a scheme for realizing all optical Ultra-Wideband (UWB) Pulse Amplitude Modulation (PAM). This scheme is simple in structure and fast in modulation as only one external optical source and one SOA are needed. We simulate the scheme using the Optisystem and analyze the impacts of the optical source power and wavelengths and the injected current to SOA and other system parameters on the PAM signal performances.

Key words: UWB; PAM; SOA; XGM

0 引言

UWB(超宽带)射频技术是一种短距离无线传输技术,具有高速率、低功耗以及低成本等优点,因此一直是研究的热点,但它存在传输距离短的不足。为了解决这个问题,人们提出基于光纤的 UWB(UWB over fiber)技术,并开始研究全光 UWB 信号的产生和调制技术。已报道的有:利用两个 MZM(马赫-曾德尔调制器)^[1]、基于 NOLM(非线性光学环镜)^[2]和 SOA(半导体光放大器)级联偏振干涉仪^[3]实现了超宽带 PSM(脉冲形状调制)。目前尚没有实现全光超宽带 PAM(脉冲振幅调制)的方案。

本文提出一种利用 SOA 中 XGM(交叉增益调制)效应,并采用信号光和探测光相向输入的工作方式实现超宽带 PAM 的方案。该方案由单个光源和单个 SOA 构成,结构简单。本文还利用眼图分析法对光源功率、SOA 的注入电流和光源波长对超宽带 PAM 信号性能的影响

进行了分析。

1 工作原理

图 1 所示为利用 SOA 中的 XGM 效应实现超宽带 PAM 的结构图。CW(连续光)通过一个功率分配器后分成两束功率相等的光,上支路再通过一个光功率分配器分成两束功率相等的光,使用两个 MZM 将这两束光调制成信号光 A 和时钟信号光

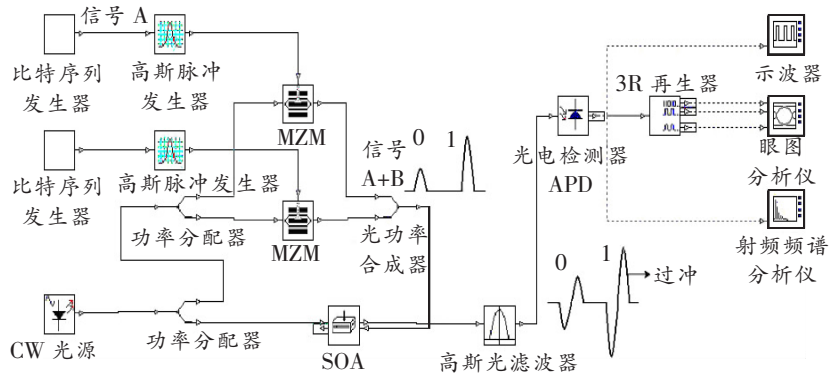


图 1 基于 SOA 中 XGM 效应实现超宽带 PAM 的结构图

B, A 与 B 同步,时钟信号光 B 每隔 800 ps 发送一个码元“1”。通过一个光功率合成器将信号光 A 和时钟信号光 B 合成一束光,作为 SOA 的输入泵浦光。

收稿日期:2011-06-01

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60707006);江苏省高校自然科学基金项目(09KJB510009)

作者简介:赵赞善(1985-),男,海南东方人,硕士研究生,主要研究方向为光通信与光信号处理。

下支路保持光功率恒定作为 SOA 的输入探测光。如图 1 所示,在信号光 A 传送码元“0”和“1”两种情况下,相应的泵浦光的功率大小不同。

探测光从 SOA 的左端到右端传播过程中逐渐放大,在 SOA 的右端达到最大;信号光从右到左的传播过程中逐渐放大,在 SOA 的左端达到最大。在 SOA 的左侧泵浦光是强光而探测光是弱光,因此在 SOA 的左侧发生 XGM 使得探测光形成与泵浦光反相的脉冲。当探测光继续向 SOA 右端传输时,反相脉冲不断放大,并且由于 SOA 的增益饱和效应,使得输出脉冲前沿出现过冲,从而形成 monocycle(高斯单边信号)脉冲。图 2 给出了 SOA 增益随输入泵浦光功率变化的曲线,泵浦光为“0”和“1”两种情况下,输出探测光码元“1”比码元“0”对应的反相脉冲幅值大。由于探测光为码元“1”对应的负脉冲功率更低,消耗的载流子更少,使得输出的 monocycle 信号的正脉冲码元效应更加明显,导致码元“1”对应的 monocycle 信号的正脉冲比“0”的大,从而实现了超宽带 PAM。SOA 输出的探测光通过一个滤波器滤除噪声,APD(雪崩二级管)将输出的探测光转换成电信号,在示波器和射频频谱分析仪上观察输出 monocycle 脉冲及其射频信号。利用 3R 再生器和眼图分析仪分析调制信号的性能。

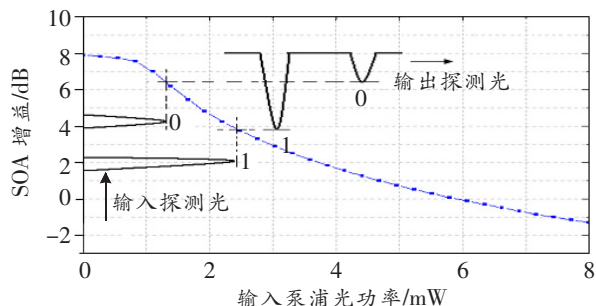


图 2 SOA 增益随输入泵浦光功率变化的曲线图

2 仿真结果和分析

采用 OptiSystem7.0 软件对提出的利用 SOA 中的 XGM 效应实现超宽带 PAM 的方案进行仿真。在仿真中,光源功率设为 2 mW,波长为 1 550 nm;两个 MZM 分别产生 20 Gbit/s 的归零码信号光 A 和时钟信号光 B,信号光 A 和时钟信号光 B 的“1”为 1000 0000 0000 0000,因此信号 A 和 B 的速率均为 1.25 Gbit/s。信号 A 的编码为“1010”,脉冲宽度为 25 ps;信号 B 的脉冲宽度为 50 ps,这使得泵浦光“1”和“0”的功率幅度差主要集中在峰值。SOA 的有源区长度为 600 μm ,注

入电流为 100 mA。滤波器的中心波长为 1 550 nm,带宽为 0.2 nm。

图 3 给出了输出振幅调制后的 UWB 信号波形及其频谱。由图 3(a)可以看出,输出 monocycle 信号有两种振幅,分别表示码元“1”和“0”,因此在时域上实现了振幅调制。由图 3(b)可以看出,输出信号频谱的中心频率为 5 GHz, -10 dB 带宽为 8.75 GHz,相对带宽为 175%,符合 FCC 对 UWB 的定义。

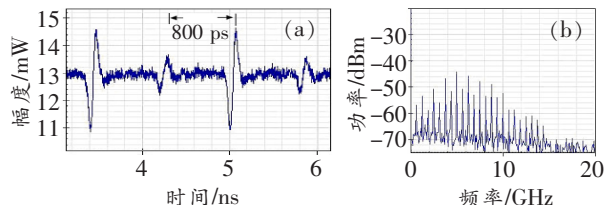


图 3 输出超宽带 PAM 信号及其频谱

2.1 光源功率对调制信号性能的影响

图 4 和图 5 分别给出了不同光源功率下输出超宽带 PAM 信号的眼图和对应的频谱包络。由图 4 可以看出,眼图中间的粗线对应泵浦光没有输入信号的情况,上方和下方均有两个脉冲,振幅大的脉冲对应泵浦光为“1”的情况,振幅小的脉冲对应泵浦光

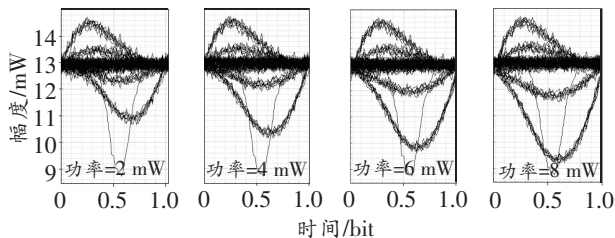


图 4 不同光源功率情况下输出脉冲波形的眼图

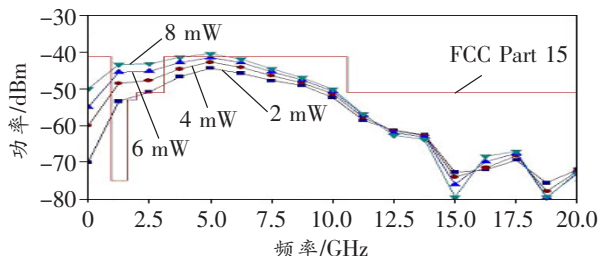


图 5 不同光源功率情况下输出脉冲的频谱包络

为“0”的情况。因此,小脉冲眼图越大时,越有利于传输码元为“0”情况下的时钟提取;眼图的张开程度越大,越能减小误码率。由图 4 可知,随着光源功率逐渐增大,上方两个脉冲的振幅变化不大,而下方两个脉冲振幅逐渐增大,而且眼图的张开程度逐渐变大。因此,如果使用负脉冲进行判决,可以有利于时钟的提取,降低误码率。但是随着光源功率逐渐增大,monocycle 信号的负脉冲幅值也逐渐增大,而正

脉冲幅值基本保持不变,这使得 monocycle 脉冲形状变得不对称,对应的频谱也将发生改变。如图 5 所示,随着功率的增大,频谱的低频分量逐渐增大。在光源功率比较小的情况下,输出超宽带 PAM 信号能更好地符合 FCC Part15 对户内 UWB 频谱的规定(见图中标示)。因此光源功率过高或过低都会降低超宽带 PAM 信号的性能。

2.2 SOA 注入电流对调制信号性能的影响

图 6 和图 7 分别给出了不同的 SOA 注入电流下输出超宽带信号的眼图和频谱包络。由图 6 可以

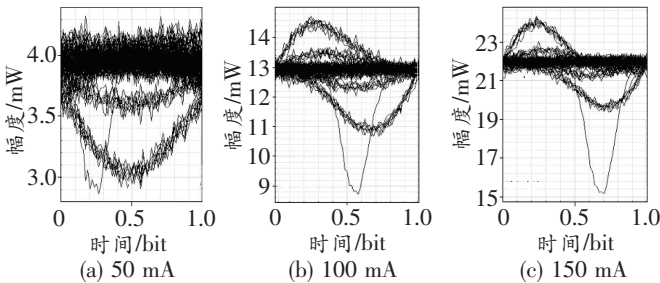


图 6 不同 SOA 注入电流情况下输出脉冲波形的眼图

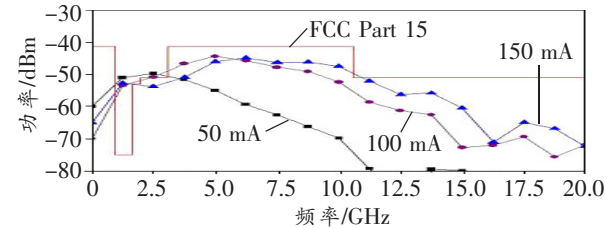


图 7 不同 SOA 注入电流情况下
输出脉冲波形频谱包络

看出,随着注入电流的增大,SOA 中载流子的恢复时间减小,SOA 对探测光的放大作用增强,在泵浦光没有输入光情况下输出探测光的功率增大。当注入电流很小时(如 50 mA),中间粗线很粗,这是因为此时噪声的影响很大。并且当 SOA 注入电流很小时,由于载流子浓度过低,输出探测光不能产生过冲,输出信号的眼图上方没有正脉冲。而当 SOA 注入电流过大时(如 150 mA),会导致探测光和信号光的 XGM 效果不明显,使得调制出来的反相脉冲和过冲产生的正脉冲的振幅均减小,这不利于时钟的提取和码元的判别。从图 7 可以看出,在不同注入电流情况下,输出超宽带信号的频谱基本上都符合 FCC Psrt15 对 UWB 信号的定义。因此,SOA 的注入电流太大或者太小,都会降低超宽带 PAM 信号的性能。

2.3 光源波长对调制信号性能的影响

改变光源波长,分析其对超宽带 PAM 的影响,

仿真结果如图 8 所示。从图中可以看出,波长的改

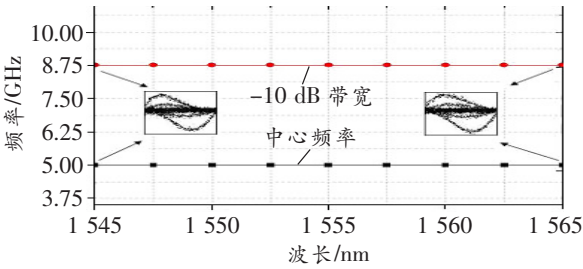


图 8 不同光源波长情况下输出 monocycle 脉冲的 -10 dB 带宽和中心频率曲线图

变对输出超宽带 PAM 信号的眼图基本没有影响;光源波长改变时,输出超宽带信号的中心频率和 -10 dB 带宽均保持不变。可见,光源波长对于超宽带 PAM 信号基本上没有影响,因此,本文提出的调制方案对光源波长变化不敏感,作光源的频谱可以很宽。

3 结束语

本文提出了一种基于 SOA 中 XGM 效应实现全光超宽带 PAM 的方案。该方案只需要一个外部光源和一个 SOA,结构简单。利用光通信系统软件 OptiSystem 7.0 对该方案进行仿真,研究了光源功率、SOA 的注入电流和光源波长对超宽带 PAM 信号性能的影响。结果表明:光源波长对超宽带 PAM 信号基本上没有影响;增大光源功率有利于时钟提取和码元判决,但低功率输出信号的频谱符合 FCC Part15 对 UWB 的定义;SOA 的注入电流过低时,输出探测光将不能产生过冲,不能形成 monocycle 信号;SOA 的注入电流过高则不利于时钟提取和码元判决。

参考文献:

[1] Li J Q,Xu K,Huang H,et al. Photonic Pulse Generation and Modulation for Ultra-Wideband-over-Fiber Applications [A]. Optical Fiber Communication Conference and Exposition and The National Fiber Optic Engineers Conference,2008 [C]. San Diego,America: OSA,2008. OThD3.

[2] Huang Hao , Xu Kun , Li Jiangqiang , et al . UWB Pulse Generation and Distribution Using a NOLM Based Optical Switch [J]. Journal of Lightwave Technology, 2008, 26(15): 2635-2640.

[3] 王飞. 半导体光放大器在光网络若干关键功能中的应用研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2010.