

基于 SOA 中 XGM 效应的全光译码器的研究

胡 越,李培丽

(南京邮电大学 光电工程学院,江苏 南京 210003)

摘要:文章基于半导体光放大器(SOA)中的交叉增益调制(XGM)效应,提出一种全光译码器的实现方案。该方案具有 XGM 效应本身的优点,如效率高、工作波长范围宽、逻辑运算只与输入光功率有关、不需要进行精确的相位控制和对偏振不敏感等。分析了该方案的工作原理,并使用 OptiSystem 软件对这种全光译码器进行了仿真。最后分析了全光译码器的输出功率和输出消光比与输入泵浦光功率、探测光功率之间的关系。
关键词:全光译码器;半导体光放大器;交叉增益效应
中图分类号:TN911.74 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8788(2011)02-0033-03

Research of all-optical decoder based on cross-gain modulation in semiconductor optical amplifiers

Hu Yue, Li Peili

(College of Optoelectronic Engineering, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: This paper proposes a novel scheme for all-optical decoder based on cross-gain modulation in semiconductor optical amplifiers is proposed. It has its own advantages, such as high efficiency, wide wavelength range, logical operations only related to input optical power, so no need for precise phase control and being insensitive to polarization. It analyzes its work principle and simulates by OptiSystem. Finally, it also analyzed the relationship between the input pump power and the probe optical power and its output power and output extinction ratio.
Key words: all-optical decoder; semiconductor optical amplifier; cross-gain modulation; OptiSystem

0 引 言

随着国际互联网的飞速发展,人们对通信容量和传输速率提出了越来越高的要求。高速全光逻辑门作为突破“电子瓶颈”实现超高速全光信号处理的重要器件,近年来受到国内外的广泛关注。半导体光放大器(SOA)因具备良好的非线性特性和高可集成性,被广泛应用于光逻辑器件中。SOA 的非线性效应主要有交叉增益调制(XGM)效应、交叉相位调制(XPM)效应、四波混频(FWM)和交叉偏振调制(CPM)效应。国内外对于全光逻辑门的研究主要集中于一些简单逻辑运算的实现,如清华大学、北京大学、华中科技大学和北京邮电大学等利用 SOA 实现了全光与(AND)、或(OR)和异或(XOR)门等,但单个逻辑运算单元的信号处理能力有限。为了进一步提高网络的可承载信息容量,需要发展具有复杂逻辑运算功能的全光逻辑运算电路,加法器^[1]、减法器、译码器和选择器^[2]等就是构成复杂逻辑运算电路的基础元件。

其中译码器可以将一种数码变换成另一种数码,其输出既可以用于驱动或控制系统其他部分,也

可驱动显示器,实现数字和符号的显示。目前见诸报道的全光译码器主要有基于 SOA 的 FWM 型^[3]、CPM 型^[4]、XGM 和 FWM 混合型译码器^[5],以及基于光纤延迟线^[6~7]实现的译码器等。本文提出一种基于 SOA 的 XGM 型全光译码器方案,该方案结构简单、用分立元件容易实现、效率高、工作波长范围宽、逻辑运算只与输入光功率有关,所以不需要进行精确的相位控制,且对偏振不敏感。

1 工作原理

表 1 所示为译码器的真值表,译码器输出由逻辑或非(NOR)、 $\overline{A}B$ 、 $\overline{A}\overline{B}$ 和 AND 组成。

表 1 译码器真值表

输入		输出			
A	B	NOR	$\overline{A}B$	$\overline{A}\overline{B}$	AND
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

图 1 为译码器的结构示意图,主要由 4 个 SOA 组成。4 个 SOA 分别实现逻辑 $\overline{A}B$ 、 $\overline{A}\overline{B}$ 、 $\overline{A}B$ 和 NOR。具体工作原理如下:弱探测光 A 和强泵浦光

收稿日期:2010-12-12
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资助项目(09KJB510009);南京邮电大学引进人才科研启动基金资助项目(NY207142)
作者简介:胡越(1984-),女,江苏徐州人,硕士研究生,主要研究方向为光通信与光信号处理。

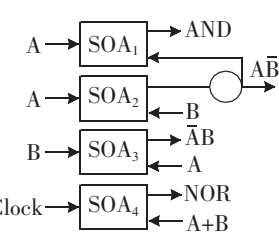


图 1 译码器逻辑结构图

B 相向输入到 SOA₂ 中,当 B 为“1”时,由于 SOA 的增益饱和效应,弱探测光 A 进入 SOA₂ 后将不再获得增益放大,这时输出为“0”;只有当 B 为“0”且

A 为“1”时,弱探测光 A 可以通过 SOA₂ 并获得放大,此时输出为“1”。因此,SOA₂ 输出的是 $A\bar{B}$ 运算。对 SOA₃ 来说,输入的信号 A 为强泵浦光,B 为弱探测光,因此,SOA₃ 输出为 $\bar{A}B$ 运算。将 SOA₂ 的输出 $A\bar{B}$ 相向输入到 SOA₁ 中,且使输入的 $A\bar{B}$ 功率较大。当 $A\bar{B}$ 为“1”时,弱探测光 A 进入 SOA₁ 后将不再获得增益放大,得到输出为“0”。当 $A\bar{B}$ 为“0”时,弱探测光 A 可以通过 SOA₁ 并获得放大,此时若 A 输入为“1”,则 SOA₁ 输出也为“1”。因此,SOA₁ 输出的是 AB 运算。时钟(Clock)信号和 $A+B$ 相向输入 SOA₄,只有当 $A+B$ 为“0”时,SOA₄ 才有输出“1”,实现逻辑 NOR 运算。因此,利用此方案可以实现一个全光译码器。

2 模拟仿真及分析

2.1 模拟仿真

利用 OptiSystem7. 0 对基于 SOA 的 XGM 型全光译码器进行了模拟仿真,图 2 所示为仿真结构图。探测光 A 输入到 1×2 的波分复用器(WDM)后,一路与泵浦光 B 进入 SOA₂,输出 $A\bar{B}$ 。SOA₂ 的输出经滤波器后作为 SOA₁ 的泵浦光,与另一路探测光 A 输入 SOA₁,输出逻辑 AND。强泵浦光 A 与弱探测光 B 输入 SOA₃,输出 $\bar{A}B$ 。时钟与 $A+B$ 输入 SOA₄,输出逻辑 NOR。

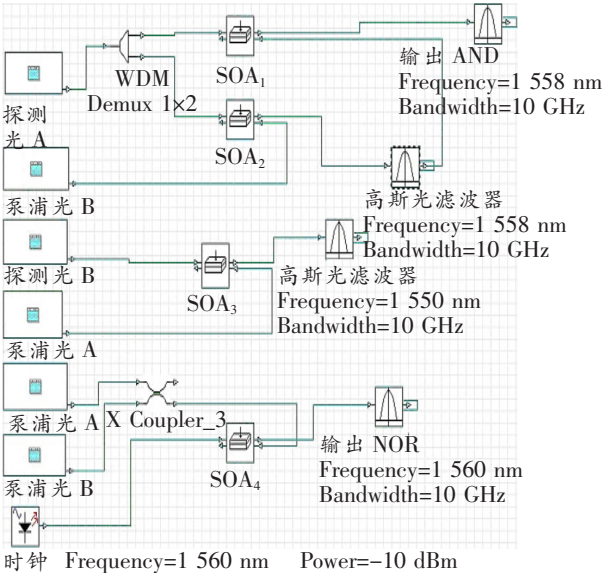


图 2 仿真结构图

仿真中所用的主要参量如下:两路输入信号光 A 和 B 的码型都为非归零(NRZ)码。其中,A、B 的波长分别为 1 558 和 1 550 nm,比特序列分别为 010101 和 110011。输入到 SOA₁ 的信号 A 的功率为-10 dBm。输入到 SOA₂ 的信号 A 的功率为-10 dBm,信号 B 的功率为 10 dBm。输入到 SOA₃ 的信号 A 的功率为 10 dBm,信号 B 的功率为-10 dBm。输入到 SOA₄ 的信号 A 和 B 的功率都为 10 dBm。时钟信号波长为 1 560 nm,功率为-10 dBm。

在高斯滤波器后加时域观测仪,可以观察 4 个 SOA 的输出时域波形。输入信号 A、B 和 4 个 SOA 的输出时域波形如图 3 所示。根据时域波形图可以看出,4 个 SOA 的输出依次为 010001、000100、100010 和 001000,分别对应信号 A 和 B 的逻辑 AND、 $A\bar{B}$ 、 $\bar{A}B$ 和 NOR。因此,利用本方案可以实

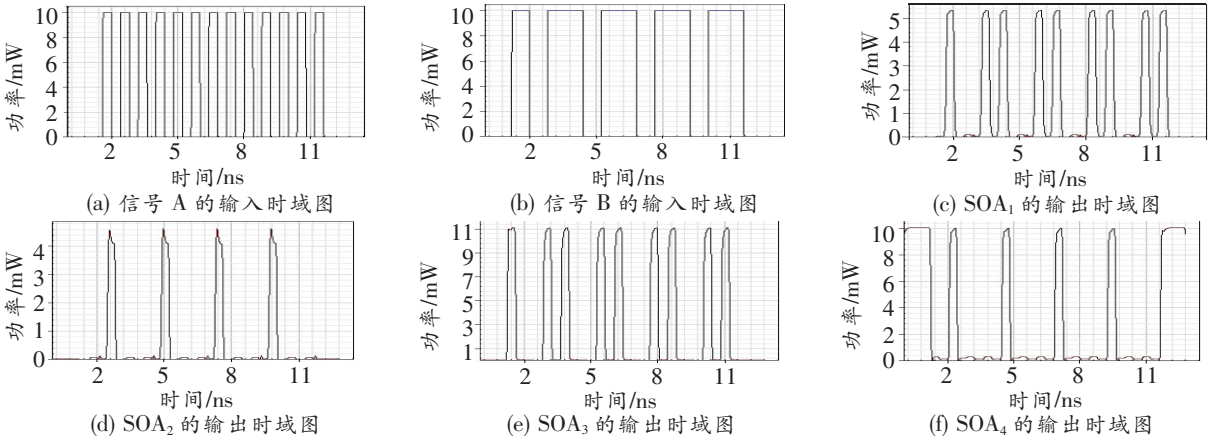


图 3 信号 A、B 的输入时域图和 SOA₁~SOA₄ 的输出时域图

现译码功能。

从图 3(c)~(f)的输出波形图中可以发现,在输出比特“0”的地方有一个小峰,这是由于信道对 SOA 的增益抑制不完全,导致探测光的比特被放大的结果。仿真时设置合理的参数,可以适当抑制小峰,改善最后的输出结果。

2.2 仿真结果分析

2.2.1 泵浦光功率对译码器性能的影响

保持系统中各器件参数不变,改变输入泵浦光的功率。图 4 给出了输入泵浦光功率在 0~10 dBm 范围时,译码器的输出功率和消光比的变化情况。

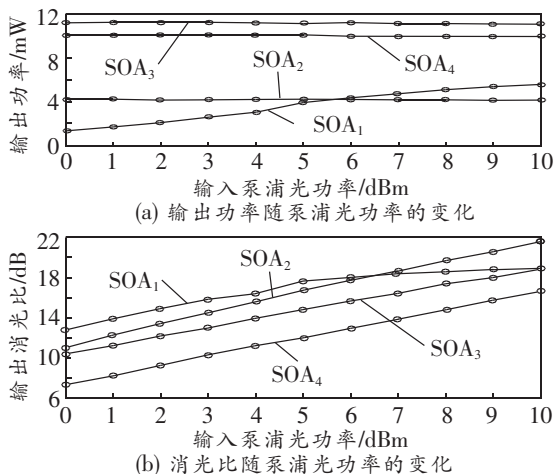


图 4 输出功率和消光比随泵浦光功率的变化

因 SOA₁ 的泵浦光是 SOA₂ 的输出,所以研究的是 SOA₁ 的输出功率和消光比随 SOA₂ 的泵浦光的变化。由图 4(a)可以看出,随着输入泵浦光功率的增大,SOA₂、SOA₃ 和 SOA₄ 中载流子的消耗越来越多,增益饱和现象越来越明显,因此逻辑 $\overline{AB}$ 、 $\overline{AB}$ 和 NOR 的输出功率略有减小;SOA₂ 输出的逻辑功率的减小意味着 SOA₁ 的泵浦光功率下降,从而导致 SOA₁ 的逻辑 AND 的输出功率随输入泵浦光功率的增大而增大。由图 4(b)可以看出,随着输入泵浦光功率的增大,译码器的消光比特性更好。这是由于消光比取决于输出分别为“0”和“1”时的增益差值,泵浦光功率越大,增益差越大,消光比就越大。泵浦光功率取值不能太小,当泵浦光功率取值太小(<0 dBm)时,输出时域图中“0”的小峰功率太大,消光比会退化严重,导致误码率较大。

2.2.2 探测光功率对译码器性能的影响

在系统中各器件参数保持不变的情况下,探测光的功率在 -10~5 dBm 间取值,得到输出功率和消光比的变化如图 5 所示。由图可见,增大探测光

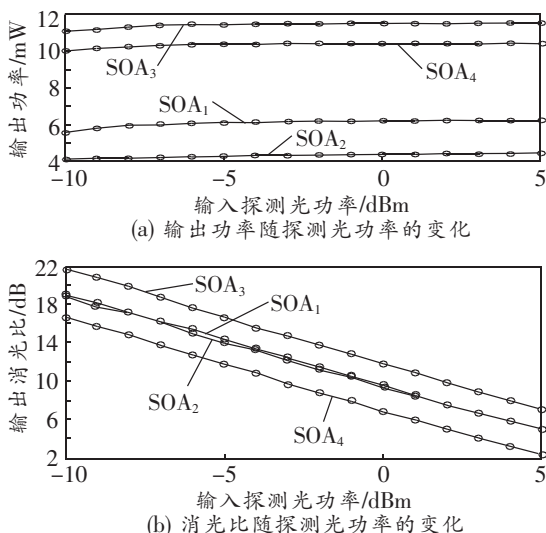


图 5 输出功率和消光比随探测光功率的变化

功率会使输出功率也随之略有增大,但同时会加剧消光比的退化。这是因为探测光功率增大,对 SOA 的调制程度降低,由于增益饱和效应,输出功率会增加。同时,输出“0”和“1”信号之间的增益差值下降,所以消光比退化严重。

3 结束语

本文提出了一种基于 SOA 中的 XGM 效应的全光译码器方案,并使用 OptiSystem 软件对这种全光译码器进行了仿真和分析。结果表明,要获得好的消光比特性,需要注入尽可能大的泵浦光功率和尽可能小的探测光功率。而 XGM 的消光比特性和输出功率随这两个因素的变化是相反的,因此在设计时应折衷考虑来设置各个参数以提高译码器的整体性能。在本方案的性能分析中可以看出,输出功率随泵浦光和探测光功率的变化幅度远小于消光比随这两个参量变化的幅度,所以我们在设计时选取的泵浦光功率为 10 dBm,探测光功率为 -10 dBm。

参考文献:

- [1] Poustie A J, Blow K J, Kelly A E, et al. All-optical full adder with bit-differential delay [J]. Optics Communications, 1999, 168(1-4): 89-93.
- [2] 张金磊,王智,疏达. 基于 SOA 交叉增益调制效应的全光组合逻辑 [J]. 光学与光电技术, 2008, 6(2): 29-31.
- [3] 李培丽,黄德修,张新亮. 基于 PolSK 调制的四波混频型超快全光译码器 [J]. 物理学报, 2008, 58(3): 1785-1791.