

2.5Gbit/s 交叉增益型全光波长转换的实验研究*

张新亮 孙军强 徐文超 李 猛 刘德明 黄德修

(华中科技大学光电子工程系, 武汉, 430074)

龚 威 易河清

(武汉邮电科学研究院, 武汉, 430074)

摘要: 利用自行研制的半导体光放大器对交叉增益型波长转换器进行了实验研究。实现了速率为 2.5Gbit/s 的 1549.8nm 到 1562.6nm 波长上转换。比较了不同调制格式、不同泵浦功率条件下的转换输出功率、消光比和噪声特性, 并对实验的结果作了解释。

关键词: 全光波长转换 交叉增益调制 半导体光放大器 平均泵浦功率

Experimental study on 2.5Gbit/s all optical wavelength conversion based on cross gain modulation

Zhang Xinliang, Sun Junqiang, Xu Wenchao, Li Meng, Liu Deming, Huang Dexiu

(Department of Optoelectronics, HUST, Wuhan, 430074)

Gong Wei, Yi Heqing

(Wuhan Institute of Posts and Telecommunications, Wuhan, 430074)

Abstract: With the help of the semiconductor optical amplifier developed by ourselves, 2.5 Gbits/s all optical wavelength conversion based on cross gain modulation is studied. Wavelength up conversion happened in the range of 1549.8nm and 1562.6nm. Influence of modulation format and pumping power on conversion efficiency, extinction ratio and noise characteristics are also studied. The experimental results are illustrated in detail.

Key words: all optical wavelength conversion cross gain modulation semiconductor optical amplifier average pump power

引 言

全光波长转换器能重复利用波长、避免网络阻塞、构成全光路由和实现色散补偿, 将会成为全光网络中的关键器件。基于半导体光放大器的波长转换器有交叉增益型、交叉相位型和

* 国家高技术发展计划、湖北省自然科学基金资助。

参 考 文 献

- 1 周 进, 高文琦, 黄信凡 *et al.* 中国激光, 1995; A22(2): 123~ 125
- 2 顾德门 J W. 傅里叶光学导论. 北京: 科学出版社, 1976: 64~ 80

作者简介: 袁 惠, 女, 1977 年 12 月出生。研究生。现从事光学方面的研究工作。

四波混频型 3 种工作方式, 它们各有优缺点。交叉增益型波长转换器具有结构简单、转换波长范围宽、转换效率高和可实现转换速率高等优点^[1], 一直是研究的热点。国外利用 2mm 长的半导体光放大器已能实现 100Gbit/s 的交叉增益型波长转换^[2], 国内对波长转换的起步较晚, 只清华大学、华中科技大学和北京邮电大学进行了一些高速的交叉增益型波长转换的实验研究。北邮乔耀军等率先报道了 2.5Gbit/s 的实验研究^[3], 但实验系统相当复杂, 采取了多个掺铒光纤放大器进行信号的放大, 从转换结果看, 输出消光比也很低。我们在多年研究半导体光放大器的基础上, 利用自行研制的半导体光放大器, 成功实现了 2.5Gbit/s 的交叉增益型波长向上转换, 并且没有采用一个掺铒光纤放大器。同时研究了不同调制格式、不同泵浦功率条件下转换性能的差异, 对实验结果进行了讨论。

1 实验系统描述

如图 1 所示, 泵浦光是安立公司的 2.5Gbit/s 误码特性测试仪的发射机产生的, 其波长为 1549.8nm, 信号的调制格式可自选, 探测光是波长为 1562.6nm 的 DFB 激光器产生的连续光, 探测光和泵浦光经 3dB 的耦合器从放大器的同一端耦合进放大器中。实验中的半导体光放大器采用混合应变多量子阱结构, 有源层是由基于 $In_{1-x}Ga_xAs_{1-y}P_y$ 四元系材料的匹配量子阱和张应变量子垒组成, 采用 MOCVD 外延生长技术制作。有源腔长度为 500 μ m, 宽度为 2.0 μ m, 总厚度为 0.09 μ m。腔面增透后剩余反射率控制在 10^{-4} 量级, 放大器小信号增益为 10dB (偏置电流为 100mA, 对应探测光波长), 峰值增益波长为 1565nm, 3dB 增益带宽约为 40nm, 偏振灵敏度低于 1dB。放大器后放置的分辨率为 1nm 的可调带通滤波器是用来滤出转换光信号。衰减器用来衰减转换后的光信号以避免超过示波器光电探头的动态范围。高速示波器用来观察转换后光信号的波形, 光谱仪用来测定转换后的光信号以确定实现了波长转换, 3dB 耦合器的另一输出端可用光功率计测定耦合进放大器中的光功率。

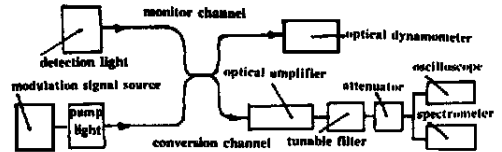


Fig. 1 Experimental setup for all optical wavelength conversion via cross gain modulation

2 结果与讨论

图 2 所示为泵浦激光器的光谱和滤波器输出的转换光信号的光谱, 可见实现了从 1549.8nm 到 1562.6nm 的波长上转换, 转换间隔为 12.8nm。

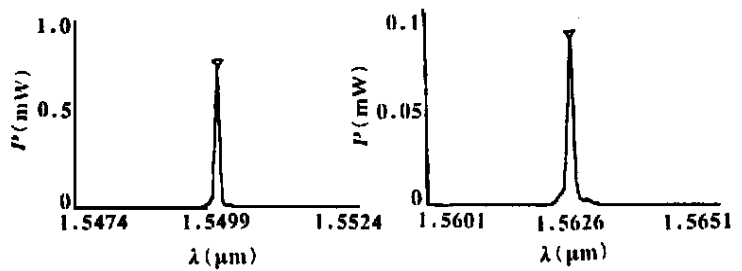


Fig. 2 Spectra for the pump optical signal and the converted output optical signal

图 3 和图 4 所示为转换输出光信号的眼图, 图 3 对应泵浦光调制信号为 $2^{23}-1$ 的伪随机序列, 图 4a 对应泵浦光调制信号为 7/8 的比特序列 (即比特流“11111110”), 图 4b 对应泵浦光调制信号为 1/8 的比特序列 (即比特流“00000001”)。图 4a 中的亮线表示示波器采集的点在此处很密集, 因而可以看出, 7/8 的比特序列经波长转换后“0”比特比“1”比特要多, 比特流变为“01111111”, 即转换输出信号与原泵浦信号是反相的。从图 4b 中同样可看出这一点。

实验中不同泵浦条件下耦合进放大器的探测功率相等都为 -10dBm, 耦合进放大器的平均泵浦功率分别为: +0.8dBm ($2^{23}-1$), +2.4dBm (7/8), -6.4dBm (1/8)。虽然平均泵浦功率

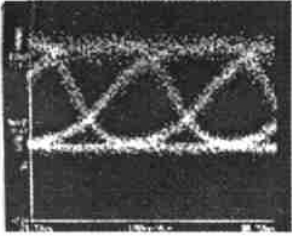


Fig. 3 Eye diagram of the converted optical signal for the modulated pump signal as $2^{23}-1$ pseudorandom sequence

比越好。同时波长向上转换时,能带填充效应的反过程引起的增益谱漂移会导致输出消光比的退化,因而总的输出消光比特性不是很好^[4]。

另一方面,从 3 张照片上都可以清楚的看出,转换输出的光信号中“1”信号携带的噪声要大于“0”信号上携带的噪声,并且以图 4b 中所示的噪声最明显。由于转换输出的光信号中“1”信号对应的是泵浦光的“0”信号,此时放大器中载流子浓度高于泵浦光为“1”信号时的,而载流子浓度越高,放大自发辐射噪声越大,因此,转换后“1”信号的噪声要大于“0”信号的。同时,由于比特序列为 1/8 时,平均泵浦功率最小,放大器中平均载流子浓度也最高,故此时期噪声最明显。

3 结 论

利用自行研制的半导体光放大器,成功实现了速率为 2.5Gbit/s 的 1549.8nm 到 1562.6nm 波长上转换,最佳输出消光比达 8.5dB。实验研究了不同调制格式下转换性能的差异,结果显示:不同的调制格式有不同的平均泵浦功率;平均泵浦功率的差异对转换后输出光信号的功率影响不大,但对消光比的影响较大;转换输出信号中“1”信号携带的噪声要大于“0”信号携带的。

增加,波长转换器转换效率会降低,但从实验照片上可看出转换输出的光信号功率相互之间并没有多大差别,这主要是由于平均泵浦功率的增加抵消了转换效率降低的影响,使得输出信号功率相差不大。这说明转换输出光信号的功率大小主要取决于探测功率的大小和放大器的增益特性,与平均泵浦功率的大小关系不大。

实验测定:平均泵浦功率增加,消光比会增加。对应图 3、图 4a 和图 4b 的 3 种泵浦条件下,输出消光比分别为 7.5dB, 8.5dB 和 6dB。这是由于平均泵浦功率越大,放大器饱和程度越深,“1”信号和“0”信号时探测光获得增益差越大,因而输出消光

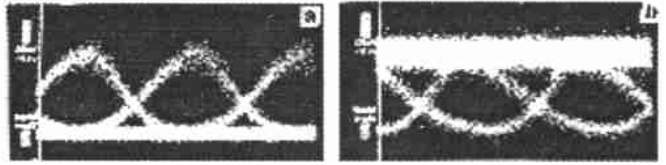


Fig. 4 Eye diagrams of the converted signals for the modulated pump signal as a-7/8 and b-1/8 bit sequence

参 考 文 献

- 1 Durhuus T, Mikkelson B, Joergensen C *et al.* J Lightwave Technology, 1996; 14(6): 942~ 954
- 2 Ellis A D, Kelly A E, Nasset D *et al.* Electron Lett, 1998; 34(20): 1958~ 1959
- 3 Qiao Y J, Yu J J, Chi N *et al.* Acta Photonica Sinica, 1999; 28(6): 517~ 521
- 4 Zhang X L, Sun J Q, Huang D X *et al.* Journal of Huazhong University of Science and Technology. 1999; 27(10): 18~ 20

作者简介:张新亮,男,博士研究生。从事半导体光放大器作波长转换器的研究工作。

收稿日期:2000-02-21 收到修改稿日期:2000-06-13