

文章编号: 0253-2239(2010)04-0959-06

# 正交频分复用信号的全光波长变换性能研究

周 慧 董 泽 曹子峥 卢 嘉 何 晶 陈 林 余建军

(湖南大学计算机与通信学院微纳光电器件及应用教育部重点实验室, 湖南 长沙 410082)

**摘要** 实验验证了在半导体光放大器(SOA)中基于四波混频(FWM)效应的单抽运、垂直双抽运和平行双抽运对光正交频分复用(OFDM)信号波长变换特性。信号光源经 2.5 Gb/s OFDM 电信号直接调制后和抽运光耦合,经光放大器后在 SOA 中实现波长变换。实验结果显示,经 SOA 的 FWM 效应后,产生新波长的信号光将携带 OFDM 信号。实验测量了转换的 OFDM 信号的误码特性曲线图和星座图,结果表明,平行双抽运模型的系统功率代价最小。实验结果与理论分析是一致的。

**关键词** 光通信;全光波长变换;四波混频;单抽运;垂直双抽运;平行双抽运;正交频分复用

中图分类号 TN929.9 文献标识码 A doi: 10.3788/AOS20103004.0959

## All-Optical Wavelength Conversion for Orthogonal Frequency Division Multiplexing Optical Signal

Zhou Hui Dong Ze Cao Zizheng Lu Jia He Jing Chen Lin Yu Jianjun

(Key Laboratory of Micro/Nano Optoelectronic Devices of Ministry of Education, School of Computer and Communication, Hunan University, Changsha, Hunan 410082, China)

**Abstract** We experimentally demonstrate three schemes of pumping including single pump, orthogonal-dual-pump and copolarized-dual-pump based on four-wave mixing (FWM) in semiconductor optical amplifier (SOA) for the wavelength conversion of optical amplifier (OFDM) signals. In experiment, the signal continuous-wave (CW) lightwave is modulated directly by 2.5 Gb/s OFDM. The modulated signal lightwave and pump light are coupled and then amplified before they are injected into the SOA for wavelength conversion. Experimental results show that the newly converted wavelength signals carry the original OFDM signals. The bit error rate (BER) curves and received constellations are also measured by experiment, the experimental results show that the copolarized-dual-pump configuration has the smallest system power penalty, which agree well with the theoretical analyses.

**Key words** optical communications; all-optical wavelength conversion; four-wave mixing; single pump; orthogonal-dual-pump; copolarized-dual-pump; orthogonal frequency division multiplexing

## 1 引 言

随着通信网传输容量的增加,光纤通信技术也发展到了一个新的高度。发展迅速的各种新业务对通信网的带宽和容量提出了更高的要求。目前波分复用传输系统(WDM)被普遍用来解决传输容量问题。

光标记交换技术使得光通信技术变得透明和便捷。将 WDM 和光交换融合起来实现全光网络,要依赖波长变换技术。全光波长变换技术,可以实现光标记交换技术中的波长路由和波长重利用,有效地解决光网络中有限波长信道的限制问题,以及增加网路动态管

收稿日期: 2009-02-10; 收到修改稿日期: 2009-06-02

基金项目: 国家 863 计划(2007AA01Z263)、湖南省自然科学基金(06JJ50108)、教育部光通信和光波技术重点实验室开放基金资助课题。

作者简介: 周 慧(1984—),女,硕士研究生,主要从事光纤无线电传输和正交频分复用方面的研究。

E-mail: zh\_zhou\_hui@163.com

导师简介: 余建军(1968—),男,教授,博士生导师,主要从事光纤无线电传输和全光通信网方面的研究。

E-mail: liliuchen12@vip.163.com

理的灵活性,减少网路的通道波长堵塞<sup>[1~6]</sup>。

全光波长变换技术是实现全光网的关键技术,目前实现全光波长变换的方案主要有:交叉增益调制(XGM)、交叉相位调制(XPM)和四波混频(FWM)<sup>[4~6]</sup>。四波混频是当前唯一能实现严格比特率和调制格式透明以及对一组 WDM 信号的多个波长同时进行转换的技术,而且具有高达 100 Gb/s 的变换潜力。相对基于高非线性光纤中的 FWM 效应,基于半导体光放大器(SOA)中 FWM 效应的波长变换技术具有响应时间短和避免非线性以及色散效应影响的优势。且 SOA 具有高非线性系数,易于系统集成,制造技术已经成熟等优势<sup>[7~11]</sup>。目前用 FWM 进行波长变换有三种抽运方式:单抽运<sup>[12]</sup>、垂直双抽运和平行双抽运<sup>[13,14]</sup>。基于单抽运的系统是偏振敏感的,而采用垂直双抽运和平行双抽运的系统是偏振不敏感的。

正交频分复用(OFDM)因其高频带利用率将成为下一代高速宽带无线通信的优选方案。OFDM 抗频率选择性衰落和窄带干扰特性显著,在光纤中传输,它在一定程度上可以抵抗色散和偏振模色散(PMD)的影响<sup>[15~19]</sup>。光 OFDM 是近年来发展起来同时很有前途的技术,因此研究 OFDM 信号进行波长变换是很有必要的。

本文利用 SOA 的 FWM 效应和单抽运、垂直双抽运和平行双抽运三种结构实验验证了光 OFDM 信号的波长变换。同时还对转换效率、输出功率和系统功率代价进行了比较分析,发现平行双抽运的系统输出新波长光功率最大。

## 2 理论分析

在 SOA 中利用 FWM 来实现波长变换的原理如图 1 所示。图 1(a)为单抽运方式,抽运光与信号光的偏振夹角为  $\theta$ ,抽运光与信号光频率为  $\omega_1$  和  $\omega_3$ ,在 SOA 中经 FWM 后产生频率为  $2\omega_1 - \omega_3$  的信号光。图 1(b)为垂直双抽运方式,两抽运光偏振方向垂直,其中 1 号抽运光与信号光偏振夹角为  $\theta$ ,2 号抽运光与信号光偏振夹角为  $\phi$ ,抽运光与信号光频率分别为  $\omega_1, \omega_2$  和  $\omega_3$ ,在 SOA 中经 FWM 后产生频率为  $\omega_1 + \omega_2 - \omega_3$  的信号光。图 1(c)为平行双抽运方式,两抽

运光偏振方向平行,抽运光与信号光夹角为  $\theta$ ,抽运光与信号光频率分别为  $\omega_1, \omega_2$  和  $\omega_3$ ,在 SOA 中经 FWM 产生频率为  $\omega_1 - \omega_2 + \omega_3$  的信号光。

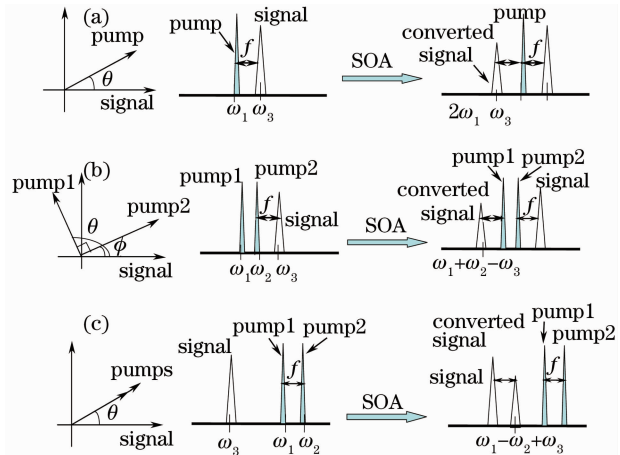


图 1 基于 SOA 中单抽运(a),垂直双抽运(b)和平行双抽运(c)FWM 效应的全光波长变换原理

Fig. 1 Principle of all-optical wavelength conversion based on FWM effect in SOA using single-pump (a), orthogonal-dual-pump (b) and copolarized-dual-pump (c)

假设经 SOA 放大后的抽运光和信号光记为如下形式:

$$E_i(\omega_i, \mathbf{r}, t) = E_i(\omega_i, \mathbf{r}) \exp[j(k_i z - \omega_i t + \phi_i)], \quad (i = 1, 2) \quad (1)$$

式中  $k_i, \omega_i, \phi_i$  分别为光的波矢值、角频率和相位,  $i = 1, 2$  分别对应于 1 号抽运、2 号抽运。OFDM 信号采用强度调制方式调制在信号光载波上,将调制 OFDM 的信号光记为如下形式:

$$E_3(\omega_3, \mathbf{r}, t) = A_{\text{OFDM}} E_3(\omega_3, \mathbf{r}) \exp[j(k_3 z - \omega_3 t + \phi_3)], \quad (2)$$

式中  $A_{\text{OFDM}}$  为调制在光载波上的 OFDM 信号的幅度,它是一个和时间相关的函数。建立如下坐标系:令信号光的偏振方向为水平方向( $x$  轴),垂直方向( $y$  轴),1 号抽运光的偏振方向与  $x$  轴的夹角为  $\theta$ ,2 号抽运光的偏振方向与  $x$  轴的夹角为  $\phi$ 。单抽运结构实际是双抽运结构的特殊形式(没有 2 号抽运光)。抽运光和信号光在 SOA 中进行 FWM,根据 FWM 的原理,会产生频率为  $2\omega_1 - \omega_3, \omega_1 + \omega_2 - \omega_3$  和  $\omega_1 - \omega_2 + \omega_3$  的信号光。如图 1 所示,则相应光场表达式为

$$E_{2\omega_1 - \omega_3} = (E_1 E_3^*) E_1 = A_{\text{OFDM}} A_1 A_3 r(\omega_1 - \omega_3) \cos \theta \mathbf{A}_1 \exp\{j[(2\omega_1 - \omega_3)t + (2\phi_1 - \phi_3)]\}, \quad (3)$$

$$E_{\omega_1 + \omega_2 - \omega_3} = [(E_1 E_3^*) E_2 + (E_2 E_3^*) E_1] = [A_{\text{OFDM}} A_1 A_3 r(\omega_1 - \omega_3) \cos \theta + A_{\text{OFDM}} A_2 A_3 r(\omega_2 - \omega_3) \mathbf{A}_1 \cos \phi] \exp\{j[(\omega_1 + \omega_2 - \omega_3)t + (\phi_1 + \phi_2 - \phi_3)]\}, \quad (4)$$

$$\mathbf{E}_{\omega_1-\omega_2+\omega_3} = [(\mathbf{E}_1 \mathbf{E}_2^*) \mathbf{E}_3 + (\mathbf{E}_2 \mathbf{E}_3^*) \mathbf{E}_1] = [A_{\text{OFDM}} A_1 A_2 r(\omega_1 - \omega_2) A_3 \cos(\theta - \phi) + A_{\text{OFDM}} A_3 A_2 r(\omega_2 - \omega_3) A_1 \cos \phi] \exp\{j[(\omega_1 - \omega_2 + \omega_3)t + (\phi_1 - \phi_2 + \phi_3)]\}, \quad (5)$$

式中  $A_1, A_2$  和  $A_3$  分别为经过 FWM 转换后的抽运光与信号光的幅度。 $r(\omega_1 - \omega_2), r(\omega_1 - \omega_3)$  和  $r(\omega_3 - \omega_2)$  为转换效率系数, 其大小与频率差成反比。

### 2.1 单抽运

输出信号光表达式即为(1)式, 则输出功率为

$$P_{2\omega_1-\omega_3} = A_{\text{OFDM}}^2 A_1^2 A_3^2 r^2(\omega_1 - \omega_3) \cos \theta. \quad (6)$$

可以看出单抽运的输出功率与  $\theta$  有关, 当抽运光与信号光之间的频率间隔越大, 则转换效率越低。当抽运光与信号光偏振方向平行时, 输出功率最大, 当它们偏振方向垂直时, 输出功率最小。由此看来, 单抽运的结构对偏振是敏感的。

### 2.2 垂直双抽运

当  $\theta - \phi = \pi/2$  时, 即两抽运光偏振方向垂直时(4)式变为

$$\mathbf{E}_{\omega_1+\omega_2-\omega_3} = [A_{\text{OFDM}} A_1 A_3 r(\omega_1 - \omega_3) A_2 \cos \theta + A_{\text{OFDM}} A_2 A_3 r(\omega_2 - \omega_3) A_1 \sin \theta] \exp\{j[(\omega_1 + \omega_2 - \omega_3)t + (\phi_1 + \phi_2 + \phi_3)]\}, \quad (7)$$

则相应的输出光功率为

$$P_{\omega_1+\omega_2-\omega_3} = A_{\text{OFDM}}^2 A_3^2 [r^2(\omega_1 - \omega_3) A_1^2 A_2^2 \cos^2 \theta + r^2(\omega_2 - \omega_3) A_2^2 A_1^2 \sin^2 \theta]. \quad (8)$$

由于信号光与两个抽运光之间的频差差不多, 因此可认为  $r(\omega_1 - \omega_3) \approx r(\omega_2 - \omega_3)$ , 则上式变为

$$P_{\omega_1+\omega_2-\omega_3} = A_{\text{OFDM}}^2 A_1^2 A_2^2 A_3^2 r^2(\omega_1 - \omega_3). \quad (9)$$

可以看出, 输出新波长的信号光功率与  $\theta$  无关, 即与输入信号光的偏振态无关。由此可知, 垂直双抽运结构对偏振不敏感。

### 2.3 平行双抽运

当  $\theta = \phi$  时, 即两抽运光偏振方向平行时, 则(5)式变为

$$\mathbf{E}_{\omega_1-\omega_2+\omega_3} = [A_{\text{OFDM}} A_1 A_2 r(\omega_1 - \omega_2) A_3 + A_{\text{OFDM}} A_3 A_2 r(\omega_2 - \omega_3) A_1 \cos \phi] \exp\{j[(\omega_1 - \omega_2 + \omega_3)t + (\phi_1 - \phi_2 + \phi_3)]\}. \quad (10)$$

由于抽运之间的频差比抽运与信号间的频差小得多, 所以  $r(\omega_1 - \omega_2) \gg r(\omega_2 - \omega_3)$ , 于是上式主要取决于第一项, 第二项基本可以忽略, 信号光的偏振方向对输出功率值影响不大, 即平行双抽运结构对偏振不敏感。理论分析与文献[8]分析相符。

### 2.4 分析比较

通过上面的理论分析, 单抽运、垂直双抽运和平行双抽运的输出光功率分别如(6), (9), (11)式所示。

由于转换效率系数与频率间隔成反比, 则  $r(\omega_1 - \omega_3) \gg r(\omega_3 - \omega_2)$ , 因此平行双抽运结构的新波长的转换效率最高, 单抽运的第二, 垂直双抽运的最低。这样, 平行双抽运结构的输出功率最大, 且当  $\phi = 0$  时, 即信号光偏振方向与抽运光偏振方向平行时, 功率输出为最大值。单抽运结构的输出功率为第二大, 且当  $\theta - \phi = 0$  时, 即抽运光偏振方向与信号光偏振方向平行时, 功率输出为最大。垂直双抽运结构的输出功率最小。

## 3 实验装置及结果

### 3.1 实验系统结构

三个实验都是采用 Ando 公司 6317 的光谱分析仪检测光谱, 其波长范围为 600~1700 nm, 最小分辨率为 0.01 nm。采用任意波形发生器(AWG)产生 2.5 Gb/s 的基于正交相移键控(QPSK)调制的 OFDM 信号, 其电谱图如图 2(b)所示。OFDM 信号经过一个 3 dB 带宽大于 8 GHz, 半波电压为 7.8 V, 消光比大于 25 dB 的马赫-曾德尔单臂强度调制器调制成为 OFDM 信号光, 调制到信号光载波上再将信号光和抽运光分别送往掺铒光纤放大器(EDFA)进行放大, 然后送入 SOA 中进行波长变

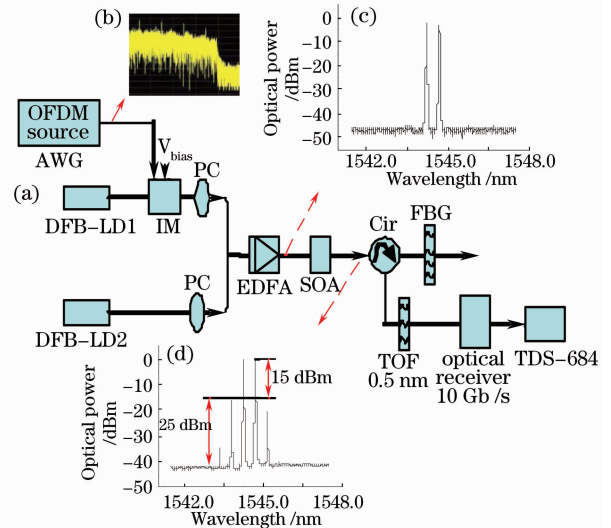


图 2 单抽运。(a) 实验装置; (b) OFDM 信号的电谱图; (c) SOA 之前的光谱图; (d) 经过 SOA 后的光谱图  
Fig. 2 Single-pump. (a) experimental setup; (b) electrical spectra of the OFDM signal; (c) optical spectra of the combined signals before SOA; (d) optical spectra of signal after SOA

换,经光纤布拉格光栅(FBG)反射再经飞行时间计数器(TOF)滤出的转换波长后的 OFDM 进入 10 Gb/s光接收机。

单抽运系统实验装置及结果示意图如图 2 所示。抽运光波长为 1544.25 nm 信号光波长为 1544.72 nm,波长转换后得到的新信号波长为 1543.78 nm。进入 SOA 前的信号光和抽运光耦合后的光谱如图 2(c)所示。出 SOA 后的光谱如图 2(d)所示。实验装置的照片如图 3 所示。

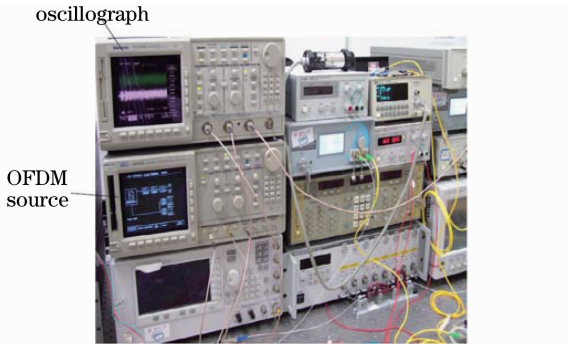


图 3 实验装置照片

Fig. 3 Photograph of experimental setup

垂直双抽运系统实验装置及结果示意图如图 4 所示。抽运光波长分别为 1544.15 nm 和 1544.65 nm,信号光波长为 1545.05 nm,波长转换后得到的新信号波长为 1543.76 nm。进入 SOA 前的信号光和垂直抽运光耦合后的光谱如图 4(b)所示。经 SOA 混频后产生 FWM 的光谱图如图 4(c)所示。

平行双抽运系统实验装置及结果示意图如图 5 所

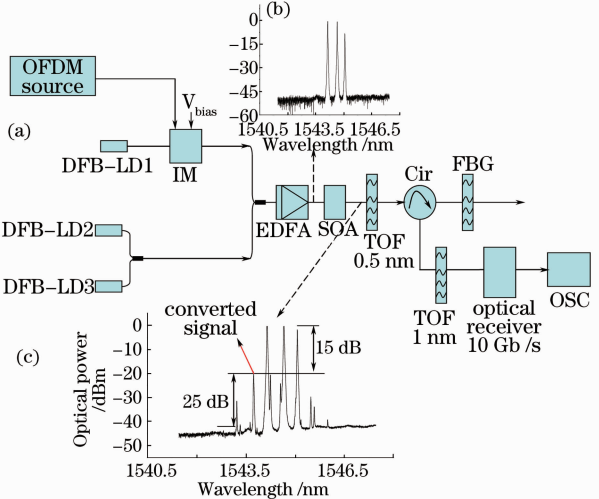


图 4 垂直双抽运。(a)实验装置;(b)SOA 之前的光谱图;(c)经过 SOA 后的光谱图

Fig. 4 Orthogonal-dual-pump. (a) experimental setup; (b) optical spectrum of the combined signals before SOA; (c) optical spectrum of signal after SOA

示。抽运光波长分别为 1546.81 nm 和 1547.66 nm,信号光波长为 1544.634 nm,波长转换后得到的新信号波长为 1543.75 nm。进入 SOA 前的信号光和平行抽运光耦合后的光谱如图 5(a)所示。经 SOA 混频后产生 FWM 的光谱图如图 5(b)所示。

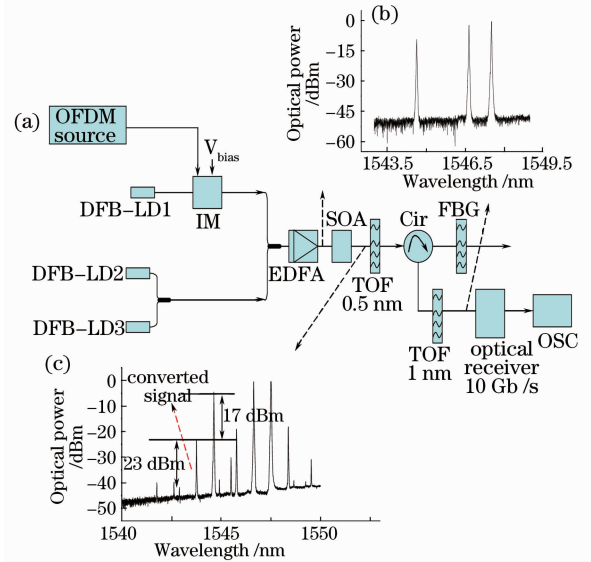


图 5 平行双抽运。(a)实验装置;(b)SOA 之前的光谱图;(c)经过 SOA 后的光谱图

Fig. 5 Copolarized-dual-pump. (a) experimental setup; (b) optical spectra of the combined signals before SOA; (c) the optical spectra of signal after SOA

### 3.2 实验结论及分析比较

#### 3.2.1 输出功率和转换效率比较分析

实验中测得三种结构的原始信号光、抽运光功率、光信噪比(OSNR)和转换效率如表 1 所示。

表 1 三种结构光功率、光信噪比和转换效率的比较

Table 1 Comparison of the three schemes in optical power, OSNR and conversion efficiency

	Single-pump	Orthogonal-pump	Copolarized-pump
Original signal /dBm	5.38	5.7	2.0
Pump1 /dBm	8.8	11.6	6.5
Pump2 /dBm	8.0	11.6	8.9
OSNR /dB	25	25	23
Conversion efficiency /dB	-15	-15	-17

从表 1 中可以看出,三种结构在光信噪比和转换效率相近的时候,平行双抽运结构的原始信号光和抽运光功率都最小,单抽运结构的第二小,而垂直双抽运的结构的最大。因此,用光 OFDM 作信号光的系统的实验证实了理论推导得出的结论。

### 3.2.2 功率代价的比较

比较图 6 中三幅图的误码特性曲线可以看出,图 6(c)即平行双抽运结构的功率代价较图 6(a)单抽运和图 6(b)垂直双抽运结构最小。误码率(BER) $R_{BE} = 1 \times 10^{-3.8}$ 时,三种结构的功率代价分别为 1, 1.3 dB 和小于 0.5 dB,并从这一点开始随着  $R_{BE}$  减小,平行

双抽运的功率代价明显最小。比较图 6 中三幅图的星座图(i)和(ii)可以看出,波长变换前后的信号都为 OFDM 信号,平行双抽运结构的变换前后的星座图相似度最大,单抽运结构的次之,垂直双抽运结构的差异最大,可以反映平行双抽运的误码率最小。

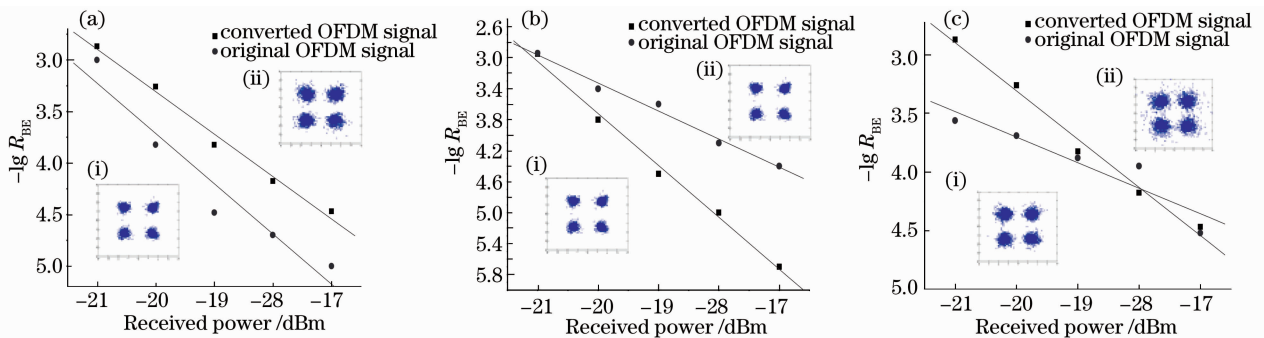


图 6 单抽运(a);垂直双抽运(b);平行双抽运(c)的误码特性曲线和星座图。(i)原信号星座图;(ii)波长变换后信号的星座图

Fig. 6 BER curves and constellations of single-pump (a); orthogonal-dual-pump (b); copolarized-dual-pump (c). (i) constellations of original OFDM signal; (ii) constellations of converted OFDM signal

## 4 结 论

理论分析了三种在半导体光放大器中基于 FWM 效应的光 OFDM 信号波长变换模型。实验成功实现了 2.5 Gb/s 光 OFDM 信号基于单抽运、垂直双抽运和平行双抽运 SOA-FWM 系统的波长变换,转换的新波长信号仍为 OFDM 信号。单抽运系统是偏振敏感系统,而垂直双抽运和平行双抽运是偏振不敏感系统。在此基础上进行了分析,把这三种模型从输出转换波长光功率、转换效率、误码特性曲线和星座图几个角度进行了比较。证实了平行双抽运的系统输出新波长光功率最大。误码率从  $1 \times 10^{-4}$  开始,并随着误码率减小,平行双抽运结构的接收机功率代价在三者中是最小的。

### 参 考 文 献

- 1 M. Kovacevic, A. Acampora. Benefits of wavelength translation in all-optical clear-channel networks [J]. *IEEE J. Select Areas Commun.*, 1996, **14**(5): 868~880
- 2 S. J. B. Yoo. Wavelength conversion technologies for WDM network application [J]. *J. Lightwave Technol.*, 1996, **14**(6): 955~966
- 3 J. M. H. HELmirghani, H. T. Mouftah. All-optical wavelength conversion: technologies and applications in DWDM networks [J]. *IEEE Commun. Mag.*, 2000, **38**(3): 86~92
- 4 Zhang Aixu, Yu Jinlong, Wang Yaotian *et al.*. Noninverted wavelength conversion for 40 Gb/s return-to-zero signal based on semiconductor optical amplifier and optical bandpass filter [J]. *Acta Optica Sinica* 2008, **28**(2): 249~254  
张爱旭, 于晋龙, 王耀天 等. 基于半导体光放大器和整形滤波器

- 的 40 Gb/s 的归零码变换波长研究 [J]. *光学学报*, 2008, **28**(2): 249~254
- 5 Wang Zinan, Xu Yongzhao, Zhang Xia *et al.*. Wavelength conversion based on cross-phase modulation in microstructure fibers [J]. *Chinese J. Lasers*, 2008, **35**(3): 414~417  
王子南, 徐永钊, 张霞 等. 基于微结构光纤中交叉相位调制效应的波长变换 [J]. *中国激光*, 2008, **35**(3): 414~417
- 6 J. Yu, Z. Jia, Y. K. Yeo *et al.*. Spectrally non-inverting wavelength conversion based on FWM in HNL-DSF and its application in label switching optical network [J]. *In Proc. 25th ECOC*, 2005. 32~35
- 7 K. Inoue. Four-wave mixing in an optical fiber in the zero-dispersion wavelength region [J]. *J. Lightwave Technol.*, 1992, **10**(11): 1553~1561
- 8 P. R. L. Jonathan, A. S. Mark, S. J. Madden. Tunability of polarization-insensitive wavelength converters based on four-wave mixing in semiconductor optical amplifiers [J]. *J. Lightwave Technol.*, 1998, **16**(12): 2419~2427
- 9 Qing Wang, Howard Rideout, Fei Zeng *et al.*. Millimeter-wave frequency tripling based on four-wave mixing in a semiconductor optical amplifier [J]. *J. Lightwave Technol.*, 2006, **24**(1): 2460~2462
- 10 Jianhui Zhou, Namkyoo Park, Jay W. Dawson *et al.*. Efficiency of broadband four-wave mixing wavelength conversion using semiconductor traveling wave amplifiers [J]. *IEEE Photonic. Technol. Lett.*, 1994, **6**(1): 50~52
- 11 Andreas Wiberg, Pere Perez-Millan, Miguel V. Andres. Microwave-photonic frequency multiplication utilizing optical four-wave mixing and fiber Bragg gratings [J]. *J. Lightwave Technol.*, 2006, **24**(1): 329~334
- 12 R. Schnabel, U. Hilbk, Th. Hermes *et al.*. Polarization-insensitive frequency conversion of a 10-channel OFDM signal using four-wave mixing in a semiconductor laser amplifier [J]. *IEEE Photonic. Technol. Lett.*, 1994, **6**(1): 56~58
- 13 J. Ma, J. Yu, C. Yu *et al.*. Wavelength conversion based on four-wave mixing in high-nonlinear dispersion shifted fiber using a

- dual-pump configuration [J]. *J. Lightwave Technol.*, 2006, **24**(7): 2851~2858
- 14 R. M. Jopson, R. E. Tench. Polarization-independent phase conjugation of lightwave signals [J]. *Electron. Lett.*, 1993, **29**(25): 2216~2217
- 15 Li Zhaoxi, Hu Guijun, Kong Lingjie. Performance analysis of a multimode fiber communication system based on the adaptive modulation orthogonal frequency division multiplexing [J]. *Chinese J. Lasers*, 2008, **35**(4): 582~586  
李兆玺, 胡贵军, 孔令杰. 自适应调制的正交频分复用多模光纤通信系统性能分析[J]. *中国激光*, 2008, **35**(4): 582~586
- 16 H. C. Bao, W. Shieh. Transmission of wavelength-division-multiplexing channels with coherent optical OFDM [J]. *IEEE Photonic. Technol. Lett.*, 2007, **19**(12): 922~924
- 17 I. B. Djordjevic, B. Vasic. Orthogonal frequency division multiplexing for high-speed optical transmission [J]. *Opt. Express*, 2006, **14**(9): 3767~3775
- 18 L. Chen, J. Yu, J. Lu *et al.*. A radio-over-fiber system with photonics generated OFDM signals and wavelength reuse for upstream data connection [C]. 2008, ICAIT, 1-3A-1, Shenzhen, China
- 19 Chen Lin, Cao Zizheng, Dong Ze *et al.*. An experimental system of direct-detection optical OFDM transmission [J]. *Chinese J. Lasers*, 2009, **36**(3): 554~557  
陈 林, 曹子峥, 董 泽 等. 直接检测的光 OFDM 信号光纤传输系统实验研究[J]. *中国激光*, 2009, **36**(3): 554~557

## 《中国激光》“全固态激光技术”专题 征 稿 启 事

全固态激光技术是目前我国在国际上为数不多的从材料源头到激光系统集成拥有整体优势的高技术领域之一,全固态激光器件与材料研究的迅速发展,对激光先进制造技术、激光显示技术和激光医疗等领域的发展产生了巨大的推动作用,已取得大量研究成果。《中国激光》已于2009年7月出版“全固态激光技术”专集,得到了本领域很多院士和知名专家的大力支持,发表了多篇国内知名课题组的全固态激光技术发展前沿领域的文章,反响非常好。应广大专家、作者和读者的要求,《中国激光》计划于2010年7月继续推出“全固态激光技术”专题栏目,现特向国内外广大研究人员征集“全固态激光技术”方面原创性的研究论文和综述,旨在集中反映该方面最新的研究成果及研究进展。

征稿范围包括:

- 连续全固态激光器;
- 脉冲全固态激光器;
- 光纤激光器;
- 其他

截稿日期:2010年4月15日

投稿方式以及格式:可通过中国光学期刊网网上投稿系统直接上传稿件(主题标明“全固态激光技术”投稿),详情请参见 <http://www.opticsjournal.net/zgjj.htm>。本专题投稿文体不限,中英文皆可,其电子版请使用MS-word格式,有任何问题请咨询马沂编辑,E-mail: C JL@siom.ac.cn;电话:021-69918427。

《中国激光》编辑部