

光 SSB 変調器とアレイ導波路回折格子を用いた波長変換器

Wavelength Converter Based on Optical Single-Side Band Modulator and Arrayed Waveguide Grating

1165059

美馬 宏之

電子・光システム工学コース

岩下研究室

1. はじめに

WDM (Wavelength Division Multiplexing)伝送で経路切り替えに用いられている光クロスコネクタでは波長ルーティングの際に同一波長の信号を同一経路に送出すると信号衝突が発生するため信号の波長を別波長へと変換する必要がある。

本研究では、アレイ導波路回折格子(AWG: Arrayed Waveguide Grating) と光 SSB (Single Sideband) 変調器を用いた波長変換手法を基にした波長変換器による、1 波長および 2 波長での波長変換特性を得たので報告する。

2. 原理

光 SSB 変調器は図 1 に示すように 2 つのサブマッハツェンダ変調器 MZI_A , MZI_B がネストされたメイン MZI_C 変調器から構成されている。入力光波を $E_0 e^{j\omega t}$ とする。駆動用 RF 信号 $V \cos pt$ と 90 度ハイブリッド(移相器)で $V \sin pt$ を作り RF ポートへ入力する。DC_A, DC_B 電極へ印加するバイアスを調整して MZ I_C の両アームを通過する光に位相差 $\pi/2$ を与えて、MZ I_A と MZ I_B の両アームを通過する光に位相差 π を与えると変調器出力 $E_{out}(t)$ は

$$e^{j\omega t} \left\{ (e^{jV \cos pt} + e^{-jV \cos pt}) e^{j\pi} + (e^{jV \sin pt} + e^{-jV \sin pt} e^{j\pi/2}) \right\} \\ = e^{j\omega t} \{ J_{-3}(V) \cdot e^{-3jpt} + J_{+1}(V) \cdot e^{jpt} \}$$

となる。側波帯 1 次成分と -3 次成分のみが残る他の成分は失われる。-3 次成分を十分抑圧することでキャリア成分が RF 周波数分シフトした信号を取り出すことができる。 [1]

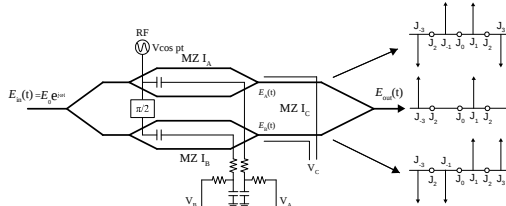


図 1 光 SSB 変調器原理

3. 実験構成

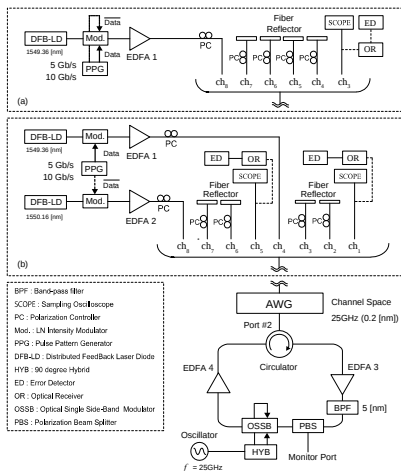


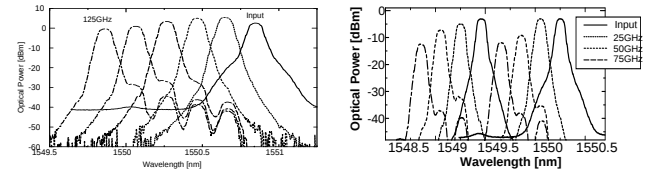
図 2 波長変換実験系

図 2 に波長変換実験系を示す。(a)は1波長での125GHz(1[nm])波長変換, (b)は2波長同時での75GHz(0.6[nm])波長変換を行った。波長間隔 25GHz (0.2nm), 8 チャンネルの AWG を用いた。光 SSB 変調器の変調周波数 f_m は AWG の波長間隔と同じ 25GHz に設定した。光 SSB 変調器の変換効率 20dB, 側波帯抑圧比は 33dB である。ループ内の光フィルタは光増幅器から発生する自然放光雑音と AWG の波長周回性(6.35[nm])による影響を取り除くために使用している。光源には DFB-LD を使用した。波長 1549.360 [nm]

の光をデュアル駆動型 LiNbO₃ 変調器でオンオフ変調させ NRZ 信号を AWG の ch8 へ入力した。光 SSB 変調器にて 25GHz の周波数シフトされた光は隣のポートから出力される。この光を反射器で再び AWG へ入力して所定回数の変換を行う。最終的に波長変換された出力信号光をサンプリングオシロスコープで観測した。また、エラーディテクタにて符号誤り率測定を行い評価した。

4. 測定結果

測定結果を図 3, 図 4 に示す。

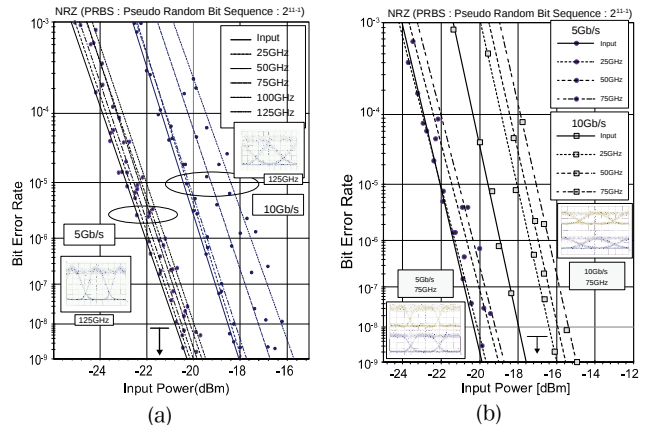


(a) 1 波長変換

(b) 2 波長同時変換

図 3 変換後スペクトル

入射信号が 25GHz 間隔で変換されていることを確認することができた。不要波成分と変換光信号の間隔は約 30 [dB] である。



(a)

(b)

図 4 符号誤り率測定結果 (a)単信号入力 (b) 2 波長同時

1 波長のみの変換では 5Gb/s 時に 125GHz 変換時のパワーペナリティが約 1 [dB] と良好である。10 Gb/s 時は約 2.56 [dB] である。

1 波長および 2 波長同時変換でエラー無し動作を確認した。

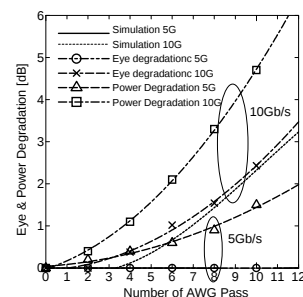


図 5 受信感度シミュレーション

図 5 に 5Gbps (ビット/チャネル間隔=0.2) および 10Gbps (ビット/チャネル間隔=0.4) の受信感度の低下を示す。シミュレーションによる 5Gbps 及び 10Gbps での劣化と実験値は概ね一致している。伝送速度が上がると AWG の通過帯域幅に近づくため、AWG 通過に伴う狭帯化による影響が顕著にみられた。

5. まとめ

AWG と光 SSB 変調器から構成される波長変換器を用いて 125GHz (1nm) の波長変換, 2 波長同時変換(75GHz)を行った。変調信号 5Gbps における符号誤り率の測定を行い、変換後のエラーフリー動作($BER < 10^{-9}$)を確認できた。

6. 参考文献

[1] S. Shimotsu, et al, "Single side-band modulation performance of a LiNbO₃ integrated modulator consisting of four-phase modulator waveguides," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol.13, no.4, pp.364-366, (2001).