

全光波長変換ゲートの光干渉バイアス制御方式に関する研究

発表者：光エレクトロニクス講座 山路 健瑠 (0422031)

指導教官：上野芳康 准教授

1. 序論

インターネットを起点とした、現代の情報化社会の発展は目覚ましい。こうした情報化社会を支えている柱の一つは光通信である。今日の光伝送技術の中でも、特に、一本の光ファイバに異なる波長帯の信号を伝送させる技術（波長分割多重通信）は光通信の伝送容量を飛躍的に増加させた。しかし、波長変換の制御方式は、未だに電気信号で行っている為、光通信の最大の長所である高速・大容量な特長が十分に活かされていないのが現状である。そこで、全光通信の実現にむけ、光信号のまま直接制御する、全光波長変換ゲートの研究が盛んに行われ、過去にクロック信号でスペクトルを監視しながら位相バイアスを最適化する方法が提案・実証された[1]。その結果、クロック信号においては成功したが、実際の信号はデータを持ったランダムな信号であり、ランダム信号に関する報告はされていない。また、位相バイアスと出力スペクトルの変化の関係を調べた報告もされている[2]。

よって、本研究では全光波長変換ゲートに擬似ランダムデータ信号を入力した場合の、光干渉バイアスの制御方式についての理論研究を行った。

2. 全光波長ゲートの動作原理

本研究は、昨年完成した既存シミュレータ[3]に位相バイアス最適化サブルーチンとアイパターン生成サブルーチンを自作して行った。本研究でシミュレートした全光波長変換ゲートは図1のような構成になっている。



図1 全光波長変換ゲートの構成図[3]

データ信号と連続光(CW)が半導体光増幅器(SOA)に入力されると、入力データ信号により SOA 内のキャリア密度が減少し、その結果引き起こされる非線形効果によって、CW 光は相互利得変調及び相互位相変調を受ける。この変調を受けた CW 光は、マッハ・ツェンダー干渉計(MZI)で位相シフトと時間遅延を受け、MZI 出力部で互いに干渉し、ゲートと処理される。最後に、バンドパスフィルタにより元のデータ信号が除去され、波長変換された CW 光のみが出力される。

3. 光干渉バイアス制御方式

本研究では、データ信号の波形は長距離伝送に適した、ソリトン波形に近い Secant-hyperbolic (Sech) 波形を前提とした。理想的な Sech 型のクロックパルスは、そのスペクトルの包絡線も Sech 形状となる。逆にスペクトルの包絡線が Sech 形状から乱れるとそのパルス波形も乱れてしまう。この包絡線が Sech 形状になることを利用し、クロック信号のスペクトルと、ゲート出力波形のスペクトルの、中心周波数成分(I_{peak})とそこから1周期分レッドシフトした成分の強度比を比較、監視することで、光干渉バイアスの制御を行った。

4. 結果

繰り返し周波数 40 GHz、入力信号は 2×10^{15} -1 の擬似ランダム

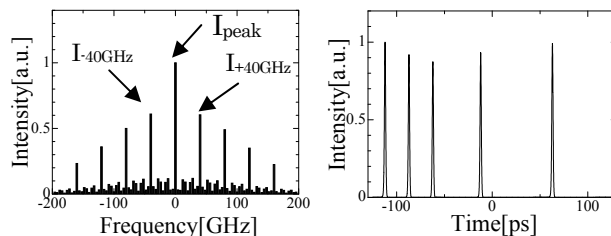


図2 位相バイアス最適制御時のスペクトルと出力波形

ムである PRBS (Pseudo Random Binary Sequence) データ信号でシミュレーションを行った。結果は、各々の位相バイアスでのアイパターンから消光比を求めることで評価した。位相バイアス最適値は $1.0003 \Phi_b / \pi$ となり、クロック信号と、データ信号のスペクトル成分の強度比はそれぞれ、1.21 と 1.35 であった。そして、その時の消光比は 23.8 dB となり、高い消光比を得られた。また、最適値から $\pm 0.0001 \Phi_b / \pi$ ずらした場合にも、20 dB 以上の高い消光比を得られた。

さらに、 I_{peak} の両サイドバンドのスペクトル強度比、 I_{+40GHz} / I_{-40GHz} を用い、最適条件での I_{+40GHz} / I_{-40GHz} を γ として、 I_{err} を $I_{err} = I_{+40GHz} / I_{-40GHz} \cdot \gamma$ と定義したときの、位相バイアス、消光比、スペクトル強度比の関係とその拡大図を図3に示した。

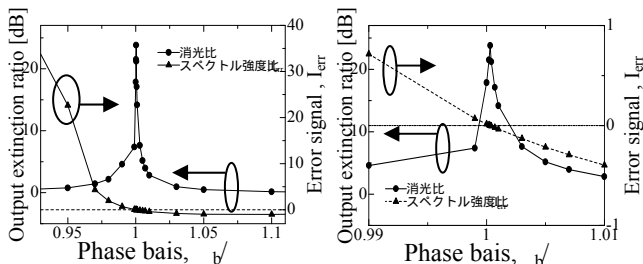


図3 位相バイアスと消光比及びスペクトル強度比の関係

図3より、消光比は、位相バイアス最適値付近では高い値を得られているが、最適値から外れると大きく減少してしまっている。従って、本研究で定義をした、スペクトルの強度比を監視することによる制御が可能であることがわかった。

また、 I_{err} でみたスペクトル強度比を見てみると位相バイアス最適値での 0 を境に、正負を持つ緩やかな 2 極性信号となった。

5. 結論

全光波長変換ゲートに PRBS 信号を入れ、位相バイアスの制御方式についての研究を行った。その結果、PRBS 信号でも出力信号のスペクトルを監視することにより、位相バイアスの最適化が可能であることが判明した。この結果より、全光波長変換ゲート出力後も高品質のパルスを生成できるといえる。また、この方式では I_{peak} の両サイドバンドスペクトルの強度比が 2 極性を持っていることから、フィードバック制御に非常に有効と考えられる。今後は、実験検証を行い、本制御方式の有用性について検討していきたい。

[参考文献]

- [1] Y. Ueno et al., IEICE Trans. Electron. Vol. E86-C, no. 5, pp. 731-740, May 2003.
- [2] 一戸 澄雄, 電気通信大学 卒業論文, 2002 年 3 月
- [3] 西田 武洋, 電気通信大学 卒業論文, 2006 年 3 月