

平成 17 年度 卒業論文

超低分散な高速 OTDM 光多重回路の製作

学籍番号 0212126

柳澤 一城

電子工学科 光エレクトロニクス講座

指導教官 上野芳康 助教授

提出日 平成 18 年 3 月 10 日

概要

本格的マルチメディア時代を迎え、ネットワークを行き交う情報量は音声や動画などを扱うことによって数年前より格段に増大している。光通信は、このような大容量の情報伝送を支える基盤技術であり、通信速度のより一層の高速化が求められている。そして、近い将来にはテラビット級の超高速光通信システムが必要になると予測されている。このような超高速通信に対応するには、光電変換せずに通信を行う全光ゲートが期待されている。また、全光ゲートの基幹を担う数ピコ秒の時間幅の超短光クロックパルスへの注目も高まっている。

本研究では超高速全光ゲート研究の基礎となる入力光パルス周波数を、今までの当研究室における最高周波数 50GHz から 200GHz に高速化させた。また、全光ゲート動作に与える影響を調べる第一段階として、半導体光増幅器におけるパルスが連続光に与える非線形位相シフト量を測定し、200GHz クロックパルスではさらなる増幅が必要であることがわかった。

第 1 章 序論	1
第 2 章 研究背景	5
2.1 将来の光通信	5
2.2 光時分割多重	5
2.3 超高速半導体型全光ゲート	7
第 3 章 研究の目的と実験構成	8
3.1 本研究の目的	8
3.2 実験構成	9
3.2.1 全体の構成	9
3.2.2 パルス圧縮	9
3.2.3 多重器部の構成	12
3.2.4 非線形位相シフト量測定部の構成	12
3.3 構成部品の特性検査	15
3.4 相互相関計	19
3.4.1 相互相関計の原理	19
3.4.2 相互相関計の較正	19
第 4 章 実験結果	24
4.1 OTDM による超高速多重クロックパルス	24
4.1.1 12.5GHz クロックパルスの生成	24
4.1.2 多重化	28
4.2 SOA の非線形位相シフト	33
第 5 章 結論	37
5.1 200GHz クロックパルス	37
5.2 SOA の非線形位相シフト	37
謝辞	39
参考文献	40

第1章 序論

現在、インターネット利用者の増加とともに、ブロードバンドの普及により通信システムを行き交うデータ量が急増している(図 1.1)。最近では、動画の配信も当たり前になっており、ネットワークの大容量化がますます期待されている。また、DSL や CATV の利用者も FTTH(Fiber To The Home)に移行しているのが現状である(図 1.2)。通信の光化が進み、基幹系はもちろんアクセス網がすべて FTTH に置き換わり、端末での伝送速度が上昇していけば、桁違いの総伝送容量が必要となるのは明らかである。

現在の光通信の信号処理部では、光で送られた信号を一度電気信号に変換し、電氣的に信号処理を行ったうえで再び光信号に変えられて送られる。この方式の場合、データ処理部は電気信号で行うため、電氣的なデータ処理速度の限界である 40Gbps を上回る超高速データ処理は困難である。そこで、通信システムのデータ処理速度を向上させるため、データ処理を全光化することが望まれる。

本研究では単一波長チャンネルあたりのビットレートを上げる光時分割多重技術によって、今後のゲート研究の基盤となる超高速光クロックパルスを生成することを目的としている。

また、全光ゲートには半導体光増幅器(Semiconductor Optical Amplifier , SOA)を利用している(図 1.3)。実際の全光ゲートの動作として、生成したパルスで連続光を波長変換する際のパルスエネルギーはどのくらい必要なかを検討していく。

第2章 研究背景

2.1 将来の光通信

現在の商用光通信システムは、大容量化に際して波長分割多重(Wavelength Division Multiplexing, WDM)技術を採用している。WDMは1本の光ファイバの帯域容量を有効に使うための技術で、図2.1(a)のように、低速な光信号を波長軸上で重ねることにより大容量信号を作り出すという多重法である。最近では、10GHz信号を128波(128ch)多重した1.28Tb/s-WDM商用光通信システムも実用化されている。さらに、研究レベルでは、2001年に40GHzの信号を273波(273ch)、多重した10.92Tb/sのWDM大容量信号を伝送することに成功している[1]。

しかし、この手法においてはユーザの数だけ波長が必要であるため低ビットレートのユーザまで大きな波長帯域を占有してしまうという問題がある。しかも、光ファイバは1本であるが、送信器、受信器、交換器、誤り監視、クロック再生機能など他の装置はすべて現在の電気通信と同様の数必要で柔軟ではあるが省力化には限界があることより、さらなる大容量化は困難であると考えられている。

そこでさらなる大容量化に向けた技術として、波長分割多重方式に加えて光時分割多重方式(Optical Time Division Multiplexing, OTDM)による信号の多重化技術をあわせて行うことで、上記のWDMの課題が解決できると期待されている(図2.1(b))。

2.2 光時分割多重

時分割多重は、複数のデジタル化信号をそれぞれ一定の時間ごとに切り替えて伝送することにより、1本の回線で複数チャネルの通信を行う方式である。現在の光通信システムでは、信号多重や分離の処理は電子デバイスで行われている。この処理の部分を光ゲートや波長変換器のような全光デバイスによって光のまま行うことにより、数100Gbps以上の伝送が可能になる。

第5章 結論

5.1 200GHz のクロックパルス

パルスの広がりを抑えパルス幅 1.8(ps)、消光比 7(dB)の 200GHz クロックパルスを発生させることに成功した。今後、部品の組み合わせなどを再考し、波形の高さをそろえ、消光比を高くすることが課題である。また、自作 MUX(図 5.1)が実用的に使えることがわかった。

5.2 SOA の非線形位相シフト

今回の実験では 12.5GHz から 200GHz までのパルスエネルギーに対する非線形位相シフト量の測定を行った。結果から、非線形位相シフト量は入力パルスエネルギーとともに増加すること、周波数の位相シフトに与える影響は 100GHz まではパルスのエネルギーが等しければ一定であるということがわかった。200GHz ではさらに増幅が必要であると思われる。この結果は今後、DISC 型波長変換器の出力パルスの消光比改善などに役立つと期待されている。

謝辞

本研究にあたってパルス発生実験、セミナーなど様々な場面でご指導くださった上野芳康助教授には深く感謝いたします。実験を一緒に行っていただいた坂口さん、発表や論文へのコメントなど多岐にわたってお世話になりました。鈴木さん、大平さんにも随時ご意見をいただき感謝しております。また、MUX 収納箱を製作するにあたって工具を探していただいた研究員 Salleras さんにも感謝しています。

改めて、上野研の皆様に大変多くの助言、助力をいただけたことに感謝の意を表します。

参考文献

- [1] K. Fukuchi, T. Kasamatsu, M. Morie, R. Ohhira, T. Ito, K. Sekiya, D. Ogasahara, and T. Ono, "10.92-Tb/s (273x40-Gb/s) triple-band/ultra-dense WDM optical-repeated transmission experiment," Optical Fiber Communication Conference, Anaheim, USA, March 17-22, 2001, postdeadline paper PD24.
- [2] H. F. Chou, J. E. Bowers, and D. J. Blumenthal, "Compact 160-Gb/s add-drop multiplexing with a 40-Gb/s base-rate," in Proc. 2004 Optical Fiber Commun. Conf., Los Angeles, CA, 2004, PDP28.
- [3] Darwin K. Serkland, OSA, Glenn D. Bartolini et al. "Rate Multiplication of a 59-GHz Soliton Source at 1550 nm" JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, VOL. 16, NO. 4, APRIL 1998
- [4] Shigeru Nakamura, Yoshiyasu Ueno, and Kazuhito Tajima "Femtosecond switching with semiconductor-optical-amplifier-based Symmetric Mach-Zehnder-type all-optical switch" APPLIED PHYSICS LETTERS VOLUME 78, NUMBER 25 18 JUNE 2001
- [5] Yoshiyasu Ueno, Shigeru Nakamura, Kazuhito Tajima, "Nonlinear phase shifts induced by semiconductor optical amplifiers with control pulses at repetition frequencies in the 40-160-GHz range for use in ultrahigh-speed all-optical signal processing," JOSAB, vol. 19, no. 11, pp. 2573-2589, Nov. 2002.