平成16年度 卒業論文

DISC 光ゲート出力波形の基礎研究

学籍番号 0112029

大平 高志

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17年2月28日

概要

光通信網が発達するにつれて、波長変換器の重要性は高まってきている。本研究では DISC 型全光波長変換器(DISC 光ゲート)の出力波形を測定するための相互相関計を使用できる状態にした。また、DISC 光ゲートの平均出力パワーについて、測定結果と計算結果を比較した。その結果から、DISC 型全光波長変換器の平均出力パワーを決める要因のうちどの部分でどの要素が強く出ているかを考察した。さらに計算結果の妥当性を評価した。

目次

第 1 章 序論	1
第 2 章 研究の背景と目的	2
2.1 将来の波長多重通信	2
2.2 DISC 光ゲート	4
2.2.1 DISC 光ゲートの特徴	4
2.2.2 DISC 光ゲートの原理	6
2.2.3 連続光に対する利得	9
2.2.4 連続光の非線形位相シフト量	11
2.2.5 DISC 光ゲート実験	14
2.2.6 DISC 光ゲート出力の計算	18
2.3 研究の目的	19
第 3 章 相互相関計	20
3.1 相互相関計の原理	20
3.2 時間軸の校正	23
3.3 相互相関計の感度測定	25
3.4 時間多重波形	27
第 4 章 実験結果と計算結果の比較	30
4.1 DISC ゲートの平均出力の比較	30
4.2 DISC ゲートのパルスに対する透過率の比較	32
4.3 DISC ゲートの連続光に対する透過率の比較	34
4.4 DISC ゲートの平均出力を決める要因	36
4.5 計算の評価	37
第 5 章 結論	39
謝辞	40
参考文献	41

第1章 序論

DISC(Delayed-Interference Signal-Wavelength-Converter、遅延干渉波長変換器)光ゲートは、光信号の波長を変換するものである。電氣的な波長変換器は電氣信号の伝搬時に自由電子が原子に衝突することで起こる電子のドリフト速度の限界による制限を受ける。一方、DISC光ゲートを含めた全光波長変換器は波長を変換する際に光信号を一旦電氣信号にすることが無いので、高速な波長変換が出来る [1][2][3]。また、構造が簡単なこと[1]や入力パワーが小さくても動作することが利点として挙げられる。一旦電氣信号に変換する方式での伝送速度は 40Gbit/s が限界であるが、DISC ゲートならばその制限はなく、168Gbit/s での波長変換が達成されている[2]。

DISC 光ゲートは、内部の偏光板を回すことにより出力波形が変わる。光通信では、情報はパルスの形態で搬送波に載せられるので、出力波形はパルス列の状態でなければならない。パルスの形が崩れると情報が失われることになる。したがってゲートから出力される波形を測定する必要がある。このために相互相関計を用いることにした。当研究室にある相互相関計は、測定するにあたって必要なデータが取れていなかったもので、本研究においてこのデータを採取した。

出力波形がパルス列になっている場合、DISC 光ゲートの平均出力パワーはゲート内にある半導体光増幅器(Semiconductor Optical Amplifier、SOA)での利得と非線形位相シフト量によって決まる。利得を G 、非線形位相シフト量を $\Delta\Phi_{NL}$ とすると、

$$\text{出力パワー} = (G) \times (\sin^2 \Delta\Phi_{NL}) \quad (1.1)$$

である。このゲートの出力パワーは測定結果と計算結果の比較がなされていないので、本研究においてこれを行い、その結果から入力パルスエネルギーの大小によりどちらの影響が強く出るのかを考察した。

第2章 研究の背景と目的

2.1 将来の波長多重通信

光通信では、信号のパルス幅が十分に小さければ、パルスとパルスの間にもう一つパルスを入れることによりファイバーあたりの伝達容量を高めることが出来る。これを時間多重通信という(図 2.1)。しかし、パルス幅には限界があるので、伝送容量にも限界がある。そこでさらに伝送容量を高める手段の一つに、波長多重通信がある。これは、一本のファイバーに複数の波長の搬送波を同時に送る通信方式である。この方式で通信を行うためには、二方向からやってきた同じ波長の別々の信号を同じ方向に送る場合などで、搬送波の波長を変換できる必要がある。現在の商用システムでは光信号を一旦電気信号にすることで波長変換している。電子のドリフト速度には限界があるので、伝送速度を上げると信号の伝達時間より周期の方が短くなってしまい、伝達しない。そこで電気信号にすることなく信号を別の波長の光に載せる全光波長変換器が研究されている。その全光波長変換器の中の一つに DISC 光ゲートがある。

第 5 章 結論

相互相関計は、時間軸校正式や感度を測定し、測定に使用できるようになった。

DISC 光ゲート出力の平均パワーの測定値と計算値の比較では出力、入力パルスに対する透過率、入力連続光に対する透過率で共に全体的には同じような傾向が見られた。入力パルスエネルギーが小さい時に入力連続光が小さいほど DISC 光ゲートの平均出力パワーや入力連続光に対する透過率が大きい点は SOA 内での非線形位相シフト量によるものであると思われる。

また、入力パルスエネルギーを大きくしていった時に、DISC 光ゲートの平均出力パワーや入力連続光に対する透過率が、測定値では飽和して減少に転じたのに対し、計算値では飽和しなかった。この原因としては SOA での連続光の利得の計算が間違っているためと考えられる。モデルではなく、プログラム上で計算が間違っていると考えており、今後プログラムを見直す必要があると考えている。

謝辞

本研究を進めるにあたり、熱心に指導して下さった上野芳康助教授に深く感謝いたします。また、上野研究室の大学院生、学部生には度々適切な助言をいただき感謝しております。

参考文献

- [1] Yoshiyasu Ueno, Shigeru Nakamura, Kazuhito Tajima, Shotaro Kitamura, "3.8-THz Wavelength Conversion of Picosecond Pulses Using a Semiconductor Delayed-Interference Signal-Wavelength Converter (DISC)," IEEE, PHOTONICS TECHNOLOGY, VOL. 10, NO. 3, MARCH 1998

- [2] Shigeru Nakamura, Yoshiyasu Ueno, and Kazuhito Tajima "168Gb/s All-Optical Wavelength Conversion With a Symmetric-Mach-Zehnder-Type Switch", IEEE, PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, Vol.13, No.10, OCTOBER 2001

- [3] Yoshiyasu Ueno, "Theoretically Predicted Nonlinear Phase Imbalance Requirement for Delayed-Interference Signal-Wavelength Converters (DISC)", Japanese Journal of Applied Physics, Vol.43, No5B, 2004, pp. L665-L668

- [4] J. Leuthold, C.H. Joyner, B. Mikkelsen, G. Raybon, J.L. Pleumeekers, B.I.Miller, K.Dreyer and C.A. Burrus, "100Gbit/s all-optical wavelength conversion with integrated SOA delayed-interference configuration", ELECTRONICS LETTERS, Vol.36, No.13, 22nd June 2000

- [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," J. Opt. Soc. Am. B, Vol. 19, No. 11, November 2002

- [6] Zafer A.YASA and Nabil M.AMER "A RAPID-SCANNING AUTOCORRELATION SCHEME FOR CONTINUOUS MONITORING OF PICOSECOND LASER PULSES", Optics Communications, Vol.36, No.5 1981 406-408

- [7] 末田正 神谷武志共編, 「超高速光エレクトロニクス」,培風館, (1991)