

平成 18 年度 卒業論文

DISC 光ゲート回路モデルシミュレータ基盤部分の
製作と周波数スケーリング則の解析

学籍番号 0312113

西田 武洋

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

概要

光信号を電気信号に変換せず、全て光信号のまま信号処理を行う全光方式の通信についての研究が盛んに行われており、その1つに全光波長変換がある。本研究では DISC と呼ばれる全光波長変換器のシミュレータを作製し、そのシミュレータを使って出力パワーの周波数スケールリング則の理論解析を行った。

目次

第 1 章 序論	1
第 2 章 研究背景	2
2.1 現在と将来の光通信方式	2
2.2 DISC (Delayed Interference Signal-Wavelength Converter)	4
2.2.1 DISC の構成	4
2.2.2 DISC の原理	4
2.3 当研究室の波長変換研究	8
第 3 章 研究の目的と方法	9
3.1 研究の目的	9
3.2 製作したシミュレータ	9
3.2.1 シミュレータで用いた計算式	9
3.2.2 シミュレータを用いた解析方法	11
第 4 章 計算結果	13
4.1 パルスの利得飽和によるシミュレータの検証	13
4.2 DISC 出力波形とスペクトル	15
4.3 周波数スケーリング則	22
第 5 章 結論	25
謝辞	26
参考文献	27
付録 フローチャート	

第 1 章 序論

現在の通信システムは光信号を電気信号に変換し、電気信号で信号処理をした後に、電気信号を再び光信号に変換し、通信を行っている。しかし、この方式では電子のドリフト速度の限界により伝送速度が制限される（ $\sim 40\text{Gbit/s}$ ）。また、信号のフォーマット、ビットレートに対するトランスペアレンシが悪いという問題がある。この問題を解決するため、電気を介さずに光のみで処理する全光型方式の研究開発が進められている。その 1 つである全光波長変換器には、光スイッチ型と光混合型の 2 種類ある。前者の特長にはコンパクト、高変換効率、偏波無依存化可能などが有り、後者には超高速波長変換、多波長一括変換可能などがある[1]。

本研究では前述した光スイッチ型の全光波長変換器に分類される DISC(Delayed Interference Signal-Wavelength Converter) の出力パワーの周波数スケーリング則のシミュレーションを行った。

第 2 章 研究背景

2.1 現在と将来の光通信の方式

近年のネットワーク網の増大に伴い、ブロードバンド化の波は更に大きくなっている。光ファイバを用いた通信方式での家庭における伝送速度は 100Mbit/s ~ を迎えるまでに至った。平成 18 年 7~9 月期の DSL の契約者は 94,960 人の減少に対し、FTTH の契約者は 848,953 の増加となっており（総務省調べ, 2006.12.20）、都市部を中心に全国規模で光通信ネットワークが普及してきていることがわかる。

伝送容量増大の手段の 1 つとして、波長分割多重を利用した通信システムがある。現在のこの光通信システムは波長変換などの信号処理は電気信号を光信号に変換し、再び光信号を電気信号に変換する EO/OE 型の方式を用いている。しかし、この方式では電子のドリフト速度は限界があるため、40Gbit/s 以上の伝送速度で通信を行うことが難しくなってくる。この問題を解決するため、電気を介さずに光のみで処理する全光型の研究開発が進められている。その 1 つに全光波長変換器があり、最新の研究成果では 640Gbit/s の波長変換を実現している（NTT, 2006.3.29）。

将来の大容量ネットワークとして、この全光波長変換器を用いた WDM ネットワークが考えられ、多くの研究開発が行われている。WDM は Wavelength Division Multiplexing：波長分割多重の略で、1 つのファイバに複数の波長の光を多重して、通信をおこなうことを表す。この WDM を用いたネットワークの簡単な構成図を図 2.1.1 に示す。ノード間を WDM 伝送することで大容量伝送が可能となる。WDM 伝送の構成は図 2.1.2 で表せる。光を合波器で多重し、分波器で分割し、波長の切替えを行っている。

第 5 章 結論

本研究では新たな DISC 型光ゲートシミュレータを製作し、シミュレータの検証や解析を行った後、出力パワーの周波数スケーリング則の数値解析を行った。

製作した DISC シミュレータには DISC の基本的な結果である出力時間波形と出力周波数スペクトルを計算できるサブルーチンが組み込んである。また、入力パルスについては Sech 型のクロックパルスを発生させるサブルーチンが含まれている。

シミュレータの検証については、パルス入力時 SOA の利得に注目し、Siegman の解析解との比較を行い、良好な結果が得られた。

出力パワーの周波数スケーリング則については、周波数の増加に対して出力パワーが弱くなっていくのを、注入電流を大きくすることで改善できることが分かった。

今後の課題としては、今回製作したシミュレータが基盤部分の製作にとどまってしまったため、規模が小さく、また、シミュレートできる現象の数は少ない。更に多くの現象や結果を見るための追加サブルーチンが必要であると考えられる。具体的には SOA を多段接続したゲート構成、擬似ランダム信号などのデータ変調、アイパターンや BER の計算出力などが挙げられる。

謝辞

本卒業研究を進めるにあたり、常日頃から御指導を賜りました上野芳康先生には心から感謝致します。また、有益な御意見やアドバイスを頂いた坂口氏をはじめとする、大平氏、中本氏にも感謝致します。

参考文献

- [1] 鈴木安弘, 鳥羽弘, 「全光波長変換デバイスの開発動向」, NTT R&D, vol. 51, pp. 693-698, 2002 年 9 月号

- [2] Y. Liu, E. Tangdiongga, Z. Li, H. de Waardt, A. M. J. Koonen, G. D. Khoe, H. J. S. Dorren, X. Shu, and I. Bennion, “Error-free 320 Gb/s SOA-based Wavelength Conversion using Optical Filtering,” OFC2006, PDP28

- [3] Y. Ueno, S. Nakamura, and K. Tajima, “Nonlinear phase shifts induced by semiconductor optical amplifiers with control phases 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, pp. 2573-2589, November 2002

- [4] Govind P. Agrawal, “NONLINEAR FIBER OPTICS Third Edition,” ACADEMIC PRESS, pp. 71-72, 2001

- [5] A. E. Siegman, “LASERS,” University Science Books, 1986

- [6] T. Saitoh, and T. Mukai, “Gain Saturation Characteristics of Traveling-Wave Semiconductor Laser Amplifiers in Short Optical Pulse Amplification,” JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, vol. 26, no. 12, pp. 2086-2094, December 1990

- [7] Y. Ueno, S. Nakamura, and K. Tajima, “Record low-power optical semiconductor switch operation at ultrafast repetition rates above the carrier cutoff frequency,” OPTICS LETTERS, vol. 23, no. 23, pp. 1846-1848, December 1, 1998