

平成15年度 卒業論文

光クロックパルス発生器のリング共振周波数制御の研究

学籍番号 0012081

高山 豪太

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16年2月27日

概要

本研究では今までとは異なる発生方法として、DISC-Loop 型光パルス発生器を用いて、モードロックレーザを用いないパルス幅と繰り返し周波数がリング共振器の中で可変な光クロックパルスを発生させる。既存の DISC-Loop 型光パルス発生器に etalon を用いて、10GHz から 40GHz へ高速化させる。

パルス発生条件となるレーザ発振の抑制とリング共振周波数の制御と DISC 動作の実験を行った。

目次

第 1 章	序論	1
第 2 章	研究背景	2
2.1	全光通信	2
2.2	光ロジック	3
2.3	光クロックパルス	5
2.4	既存の DISC-Loop 型光パルス発生器	6
2.4.1	リング共振器によるレーザ発振の原理	6
2.4.2	リング共振周波数の原理	8
2.4.3	DISC-Loop 型光パルス発生器の原理	8
2.4.4	波長変換器(Delayed-Interference Signal-wavelength Converter、DISC)の原理	10
2.4.5	etalon の原理と応用例	12
第 3 章	本研究のための準備	14
3.1	GPIB 制御	14
3.2	圧電ドラム型厳密時間遅延制御器の製作	14
第 4 章	実験構成部品	15
4.1	半導体光増幅器 (Semiconductor-Optical-Amplifier、SOA)	15
4.2	分布帰還型 (Distributed FeedBack、DFB)半導体レーザ	28
4.3	圧電ドラム型厳密時間遅延制御器	31
4.4	ファイバ増幅器 (Er-Doped Fiber Amplifier、EDFA)	35
4.5	減衰器 (attenuator、ATT)	38
4.6	band-pass filter	40
第 5 章	本研究の目的と方法	42
5.1	目的	42
5.2	実験の方法	42
第 6 章	レーザ発振	43
6.1	実験構成	43
6.2	実験結果	46
6.2.1	リング共振によるレーザ発振	46
6.2.2	リング共振周波数	49
6.2.3	spatial delay を利用したリング共振器長の変化による共振周波数の変化	51
6.2.4	圧電ドラム型厳密時間遅延制御器を利用したリング共振器長の変化による共振周波数の変化	53

第7章 光クロックパルスの発生	54
7.1 実験構成	54
7.2 パルス発生実験の進行状況	56
第8章 結論	58
謝辞	59
参考文献	60
付録 GPIB プログラム	

第1章 序論

インターネットの普及に伴い、伝送距離の長距離化が課題になっている。伝送距離の限界を引き伸ばす方法として、現在では3R再生を電気で行っている。しかし、光電変換を行い、3R再生自体の処理も電気で行っているために電気の処理速度によって通信速度が制限されてしまう。電気の動作速度限界が40Gb/sである。そのため、光電変換を行わずに全て光だけで情報処理し、通信速度を上げる研究がなされてきている。それを解決する方法として光での3R再生がある。3R再生とは、データパルスの強度、タイミング、波形を整えることである。これを実現するために、光クロックパルスが必要になる。また、光クロックパルスに情報を載せることで、データパルスとしても使用できる。本研究では、リング共振器による光クロックパルス発生メカニズムの解明を行うため、リング共振周波数制御の研究を行った。

第2章 背景

2.1 全光通信

現在の光通信は情報の伝送部分を光で行い、情報処理の部分は電気処理に頼っている。しかし、トランジスタに高い電界を加えてもキャリア速度の飽和してしまうため、電子の動作速度限界である 40GHz の壁が生じている。光の動作速度としては、160GHz 以上であるとされている。現在は、波長分割多重(Wavelength-Division-Multiplex、WDM)を用いて波長を多重化することによって、10THz の伝送容量が実証されている[1]。10THz 程度で限界を迎えている。それを解決する方法として、光信号の光電変換を行わずに光だけで全ての制御を行い、電気の制限速度を打破する研究がなされている。そのため、光ロジックに必要なクロックパルス発生実験を行う。

8章 結論

本研究では、DISC-Loop 型光パルス発生器を構成する各種の能動的光学部品・受動的光学部品の要素実験測定、及び、光パルス発生器のリング共振周波数の制御実験を行った。これらを組み合わせた光パルス発生実験については、現在続行中である。

リング共振周波数制御実験では、粗制御と厳密制御の2段階の制御構成を組み立てて実験した。目的は、リング共振周波数(約 6.8MHz)の基本波周波数成分をエタロン周波数(約 40GHz)のごく近傍へ自在に調整することである。本研究の厳密制御実験では、 piezoelectric 圧電結晶による光ファイバの伸縮を利用した微小時間遅延器を作成し、リング共振器に挿入した。光ファイバの伸縮に伴う副作用(偏光回転)を防ぐため、piezoelectric 圧電結晶に密着して巻き付けた光ファイバは、偏波保存型ファイバである。リングを周回する光信号偏波方位を偏波保存ファイバの軸方位へ一致させた上で、共振周波数スペクトルのスペクトル幅・スペクトル測定条件・測定器の周波数精度・安定度に注意を払いつつ、微小な共振周波数変動観測を試みている。

本研究の粗制御では、汎用型の空間時間遅延器 ($\Delta t = 0.83\text{ps}$, $\Delta L = 0 \sim 25\text{mm}$) を利用した。リング共振周波数を 6.8MHz 付近で制御できること、および、リング共振周波数の 269 次高調波成分を 1818MHz 付近で自在に制御できること、リング共振周波数の 1346 次高調波成分を 9.1GHzMHz 付近で自在に制御できることを確認した。

現在続行中の光パルス発生実験では、リング共振周波数の N 次高調波周波数(N=約 5880)がエタロン周波数(約 40GHz)に一致するように、空間時間遅延器を $\Delta L = 0 \sim 7.5\text{mm}$ 範囲で掃引している。これからの課題として、キャリア密度を増加させ DISC ゲートを完全に動作させる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、非常に熱心に細部にわたるまでご指導いただいた上野芳康助教授に深く感謝いたします。また、実験器具を貸していただいた來住直人助教授、來住研究室の方々に感謝いたします。

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,
- [2] 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. 16, No. 11, November 2002
- [3] 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, MO. 3, MARCH 1988
- [4] Y. Ueno, S. Nakamura, and K. Tajima, '5-ps, 10-GHz pulse generation from an all-optical semiconductor switch embedded in a ring cavity,' Appl. Phys. Lett., vol. 79, no. 16, pp. 2520-2522, Oct. 2001.
- [5] H. Hatakeyama, T. Tamanuki, K. Mori, T. Ae, T. Sasaki, M. Yamaguchi, "Uniform and High-Performance Eight-Channel Bent Waveguide SOA Array for Hybrid PICs" IEEE Photonics Technology. Lett. vol. 13, no. 5, pp. 418-420, May 2001.
- [6] T. Tamanuki, S. Kitamura, H. Hatakeyama, T. Sasaki, M. Yamaguchi, 'Spot-Size-Converter Integrated Semiconductor Optical Amplifiers for Optical Switching Systems' IEICE Trans. Commun. vol. E82-B, No.2, February 1999.