

平成 16 年度 卒業論文

DISC-Loop 型光クロックパルス発生器の研究

学籍番号 0112107

小林 聡

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

通信ほか様々な研究においてパルス発生器は用いられている。今までのクロックパルス発生器は主にモードロックレーザが用いられていた。本研究では、新しい原理によるパルス発生器を用いてパルス発生条件、光パルス測定のためのヘテロダイン信号実験を行った。DISC-Loop 型光クロックパルス発生器を動作させ、光クロックパルスを発生させる。発生した光クロックパルスをビートを利用して光の周波数より低い周波数帯で測定することで光クロックパルス繰り返し周波数測定を行った。

DISC-Loop 型光クロックパルス発生器の研究

目次

第 1 章序論	1
第 2 章研究背景	
2.1 遅延干渉信号波長変換器の原理	2
2.2 ヘテロダイン実験の原理	5
2.3 リング共振器におけるレーザー発振の原理	6
2.4 DISC-LOOP 型光クロックパルス発生器の原理	8
2.5 光クロックパルスの繰り返し周波数測定の原理	9
第 3 章光パルス測定実証実験	
3.1 ヘテロダイン信号の発生	11
第 4 章 DISC-LOOP 型パルス発生器の研究	
4.1DISC の透過率	
4.2 周波数共鳴条件	18
4.3 リング共振器におけるレーザー発振の抑制	21
4.4 光クロックパルスの発生	24
4.5 光クロックパルスの発生の状況	27
第 5 章結論	27
謝辞	30
○単体素子の実験	
・半導体光増幅器	33
・分布帰還型レーザー	37
・バンドパスフィルタ	40
・エルビウム添加光ファイバ増幅器	45
・受動素子の挿入損失、反射損失測定実験	48

第 1 章序論

通信における研究では、光クロックパルスに信号を同期させたり、デジタル信号に変換させたり種々の場面で用いられている。そのために光クロックパルスを使うためにモードロックレーザなどを用いていた。しかしモードロックレーザは大電力かつ不安定だという特徴をもつ。そのためにこれを改善するものとしてモードロックレーザの原理とは異なる原理のパルス発生器が提案されている。これが DISC-Loop 型光クロックパルス発生器である。これは小型化が可能であり、構成が単純なため小電力、安定という特徴をもつと考えられている。以前の研究では 5ps-10GHz の光クロックパルスの発生が実証されている。[1] 本研究では DISC-Loop 型光クロックパルス発生器から発生した光クロックパルスの繰り返し周波数測定を行った。

第 2 章研究背景

2.1 遅延干渉信号波長変換器の原理

遅延干渉信号波長変換器(Delayed-Interference Signal-Wavelength Converter、DISC)は図 2.1 である。この DISC は波長変換の役割を持つ。注入電流によって半導体光増幅器 (Semiconductor Optical Amplifier、SOA)を動作させる。半導体光増幅器に波長 λ_1 の光パルスを入力することによりキャリア密度が減少する。キャリア密度が減少することによって屈折率は上がる。キャリア密度が回復する状態に伴って屈折率が減少していく。屈折率が変化している半導体光増幅器に入射された波長 λ_2 の CW 光は位相変化を受ける。位相変化を受けた CW 光をカルサイトの TE 軸と TM 軸の方向に偏光子を用いてわけける。一方の軸の光に時間差 Δt を付ける。この二種の光を偏光子で干渉させると波長 λ_2 の光パルスが出力される(図 2.2)。[2][3][4]

第 5 章 結論

DISC-Loop 型光クロックパルス発生器を動作させ、光クロックパルスを発生させた。発生させた光クロックパルスは光スペアナ、OE 変換器を介した電気スペアナで測定した。測定した出力光スペクトルと出力電気スペクトルを比較した。出力光スペクトルの隣り合う成分によるヘテロダイン信号の周波数、強度について調べた。出力光スペクトルの波長間隔が出力電気スペクトルのピーク周波数とほぼ一致した。出力光スペクトルの隣り合う波長成分同士から推定したヘテロダイン信号のパワーと出力電気スペクトルのトータルパワーもほぼ一致した。

パワーと波長が一致したことから、光クロックパルスの出力光スペクトルにおける隣り合う波長成分同士のヘテロダイン信号が出力電気スペクトルであるといえる。

これによって、光スペクトルアナライザでは 200THz 付近の非常に高い周波数を測定するもののため、光クロックパルスなどを測定するとき正確な波長間隔(周波数間隔)を測定することはできないことが多い。よってビートを利用して発生させるヘテロダイン信号を電気スペアナで測定することにより正確な波長間隔(周波数間隔)に対応した周波数を測定できる。そして電気スペアナで測定した周波数が光クロックパルスの繰り返し周波数にあたる。

今後、光クロックパルスの周波数が非常に大きくなったとしてもビートさせヘテロダイン信号を用いて低い周波数帯を測定し、そこから光クロックパルスの繰り返し周波数を見積もることができると考えられる。

謝辞

本研究にあたってパルス発生実験、ゼミなどの様々な場面でご指導くださって、上野芳康助教授には深く感謝いたします。鈴木さんには実験を一緒に行い、発表などの多岐の場面にわたってお世話になりました。坂口さん、豊田さんにおいても随時ご意見をいただき感謝しております。大平君、金本君、中本君は一緒に勉強したり、指摘しあったりするなど互いに刺激しあうことができたと思います。

改めて、上野芳康助教授、鈴木さん、坂口さん、豊田さん、大平君、金本君、中本君、今までお世話になりありがとうございました。

参考文献

- [1] 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.
- [2] Yoshiyasu Ueno, Shigeru Nakamura, Kazuhito Tajima, and Shotaro Kitamura, "3.8-THz Wavelength Conversion of Picosecond Pulses Using a Semiconductor Delayed-Interference Signal-Wavelength Converter (DISC)," IEEE Photonics Technol. Lett. vol. 10, no. 3, pp. 346-348, March 1998.
- [3] Yoshiyasu Ueno, Shigeru Nakamura, Kazuhito Tajima, "Spectral Phase-Locking in Ultrafast All-Optical Mach-Zehnder-Type Semiconductor Wavelength Converters," JJAP, vol. 38, no. 11A, pp. 1243-1245, November. 1999
- [4] Y. Ueno, S. Nakamura, and K. 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, pp. 2573-2589, Nov. 2002.
- [5] Satoki Kawanishi, Atsushi Takada, Masatoshi Saruwatari, "Wide-Band Frequency-Response Measurement of Optical Receivers Using Optical Heterodyne Detection," Journal of Lightwave Technology, vol. 7, no. 1, pp. 92-98, January. 1989.
- [6] 佐藤佑介, 「光クロックパルス発生器の光スペクトル特性の研究」平成 15 年度卒業論文
- [7] 高山豪太, 「光クロックパルス発生器のリング共振周波数の研究」平成 15 年度卒業論文