

ディレイラインを用いたRZパルサーLN変調器の試作

本田 秀紀 及川 哲

住友大阪セメント(株) 新規技術研究所 オプトエレクトロニクス研究グループ

〒274-8601 千葉県船橋市豊富町585

E-mail: hhonda@sits.soc.co.jp, soikawa@sits.soc.co.jp

あらまし

WDM光通信システムにおいて、高い周波数利用効率、高い光パワー耐性を持ったキャリア抑圧RZ(CS-RZ)の変調方式が提案され、開発されている。この変調方式を実現するためには、CS-RZ信号を発生する光パルサーが必要であり、ゼロチャープで低駆動電圧の光変調器が望まれている。今回我々は40Gシステムへの応用を考え、ディレイラインを用い、電気信号の入力か1ポートで、ゼロチャープ、20GHzにおける駆動電圧が6.1Vと低いLiNbO₃光変調器の試作を行なった。

キーワード CS-RZ, LN変調器, パルサー

Trial Manufacture of the RZ Pulser LN Modulator Using Microwave Delay Line

Hideki HONDA Satoshi OIKAWA

585 Toyotomi-cho, Funabashi-shi, Chiba, 274-8601, Japan

E-mail: hhonda@sits.soc.co.jp, Soikawa@sits.soc.co.jp

Abstract

Recently a modulation format, Carrier Suppressed Return to Zero (CS-RZ) is proposed and being developed. The format has an advantage in high spectral efficiency and high optical power tolerance. This format needs CS-RZ optical pulser, which is expected to have the property of zero chirp and low drive voltage. We fabricated LiNbO₃ modulator with single drive, zero chirp and low drive voltage by using the microwave delay line for the application of 40G system. Measured drive voltage was 6.1V at 20GHz.

Keyword CS-RZ, LN modulator, pulser

1.はじめに

光通信システムにおいて、高い周波数利用効率、優れた非線形耐性を有するキャリア抑圧RZ(CS-RZ)の変調方式が提案され、開発されている[1-3]。この変調方式ではCS-RZ信号を発生する光パルサーとデータ信号を変調するデータ変調器が必要である。この光パルサーにはゼロチャープの特性が必要であり、通常2倍の駆動電圧を必要とするため、低駆動電圧であることが望ましい。この用途には現在、デュアル型 Z-cut LiNbO₃(LN)光変調器が一般的に用いられている。しかし、デュアル型の場合、電気信号を2箇所から入力し、かつ信号の振幅・位相調整が必要となるため、電気回路の準備が煩雑である。また、X-cut LN

光変調器が用いられる場合もある。この場合、駆動回路の構成は簡単なものの駆動電圧が高いという欠点がある。今回我々は光パルサーは単純なクロック正弦波入力のため帯域動作でよいという点に着目し、信号1入力での低駆動電圧の帯域動作のデバイスを考案した。今回は、そのデバイスの構造及び試作特性を報告する。

2.動作原理および特長

一般に、LN変調器によりCS-RZ信号光パルスを生じさせる場合、動作バイアス点は変調曲線のボトム部に設定され、正弦波の電気信号をこの点を中心に入力する。この動作により入力信号の2倍の周波数を持つCS-RZ信号光パルスが得られる。

比較のため、まずデュアル型から動作原理を説明する。光パルサーに用いられる従来型のデュアル電極変調器を図1に示す。デュアル変調器においてCS-RZ信号を発生する場合は、2つ有る信号電極にそれぞれ互いに反転した正弦波状の電気信号を入力し駆動する。また、この2つの電気信号の電圧比をコントロールすることによりチャープ量を0を含み可変することが提案されている。通常、光パルサーとしては2信号の電圧比を1にしてゼロチャープを実現している。そのため、デュアル型の駆動回路は、光変調器の外部に反転信号を生成する反転回路、位相を調整する位相シフタ、電圧比を調整するアッテネータなどから構成される。

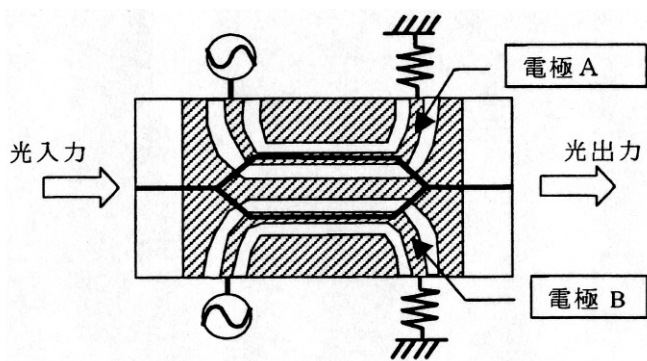


図1 デュアル電極変調器

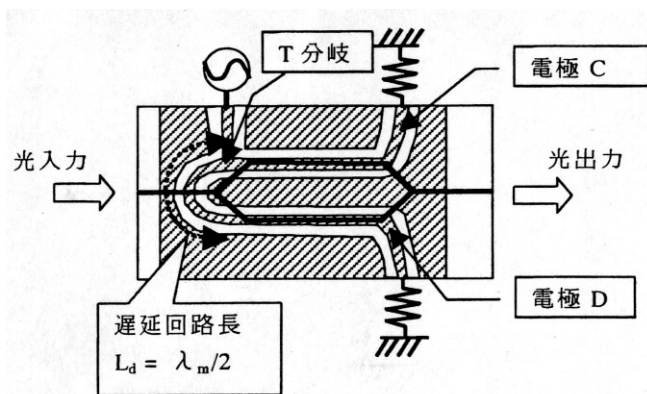


図2 デイレイ型RZパルサー

一方、本件にて試作のデイレイ型RZパルサーにおいては前記デュアル変調器にて必要とされる反転回路、位相調整機構等をマイクロ波分岐回路、遅延回路によりLNチップ上に組み込み、単純な回路構成で駆動できるデバイスとなっている。構成を図2に示す。

入力電気信号の正弦波に対して、図2の遅延回路の長さ L_d は電極を導波するマイクロ波の $\lambda_m/2$ (λ_m :電極上のマイクロ波波長)とする。これにより図2.電極C、

電極Dには互いに半周期ずれた正弦波のマイクロ波入力となり、正弦波の性質上反転信号になる。また、給電電極から電極CとDへのT分岐部分において電極C、D中でのマイクロ波信号の電圧比を1にすれば、発生する光パルスゼロチャープとすることが出来る。

チップ上での分岐・遅延等はフォトリソグラフィで描かれた回路上で行なわれるため煩雑な外部調整と比較して回路構成が単純になり高い再現性が得られる。

一方、ゼロチャープ、シングルドライブのLNデバイスと言えば X-cut LN変調器という選択肢もある。X-cutデバイスをZ-cutデバイスと比較した場合、速度整合とインピーダンスの整合を同時に満たすのは容易ではなく、高速変調時には駆動電圧が高くなるという欠点がある。

また本件パルサーはZ-cutを使用するため、従来のZ-cutデータ変調器とのワンチップ集積が可能である。

3. 試作デザイン

基本構造は図2に示したが実際のデバイスでは動作点バイアス調整が必要となるため、図3の様に高周波電極に続いてバイアス調整電極が直列に配置する構造となっている。Z-cut LN基板上にTi拡散光導波路を形成。動作光波長は $1.55\mu\text{m}$ 帯。その上にバッファ層(SiO_2)、マッハツェンダの2本の平行導波路上にそれぞれコプレーナ型の電極を金メッキにより製作している。40GbpsのCS-RZ用途を目的としているため、設計動作周波数は20GHz、RF電極部の相互作用長は35mmとした。

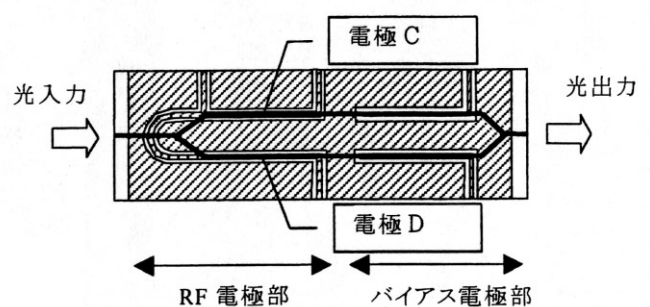


図3 試作デバイス

今回マイクロ波を分岐する方法は、 $\lambda/4$ 変成器+T分岐を組み合わせた構造を使用した。構造図を図4に、等価回路図を図5に示す。

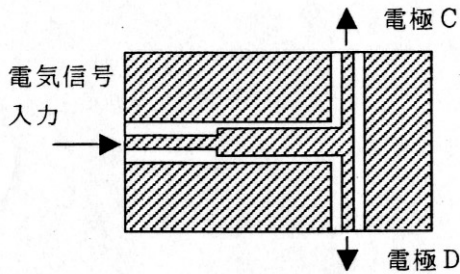


図4. 分岐回路構造図

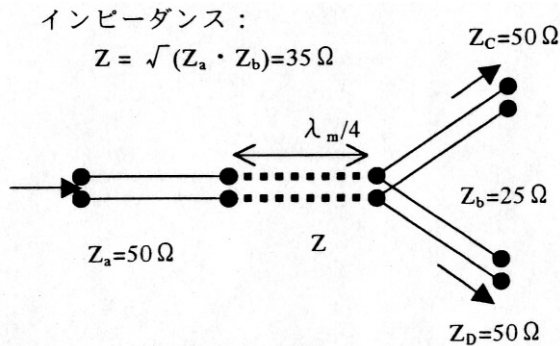


図5. 分岐回路 等価回路図

入力側信号源、計測器等は通常50系で統一されているため入力インピーダンス Z_a は50とした。また、分岐後のインピーダンスは光・マイクロ波の速度整合を取り、広帯域とするため50とした。入力線路の50から2つの出力線路に分岐するため、図5の Z_b は50の2個並列接続で25となる。これらそのまま接続したのでは50-25の接続となり不整合となるため $\lambda_m/4$ 変成器で35の線路を挿入する構造となっている。コプレーナ型線路でこれを実現するため図4の様に中心導体の太さを変えてインピーダンスを調整した。

動作原理の項で説明したように、チップ上には遅延回路が必要であり、回路長は周波数20GHzでの動作とマイクロ波の実効屈折率などの計算から3.39mmとした。

動作原理の項で説明したように、チップ上には遅延回路が必要であり、回路長は周波数20GHzでの動作とマイクロ波の実効屈折率などの計算から3.39mmとした。

4. 試作特性

図6. にベクトルネットワークアナライザにより測定した S_{11} 特性の結果を示す。分岐回路の設計上 S_{11} の応答ポトムは20GHzを狙って作成されているが、実際は

19GHz近傍にずれている。しかし、20GHzにおいて-20dBを下回っており十分な値となっている。

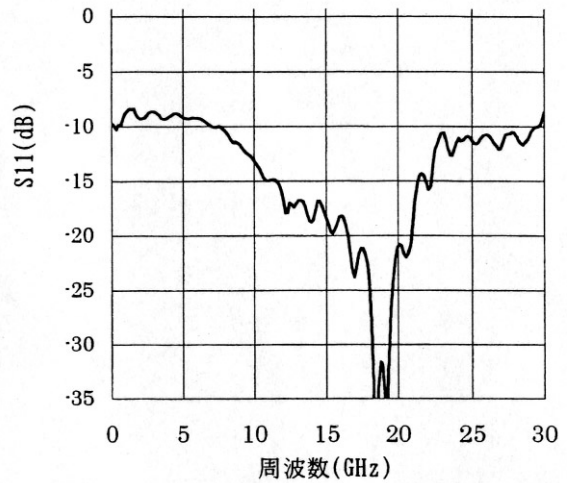
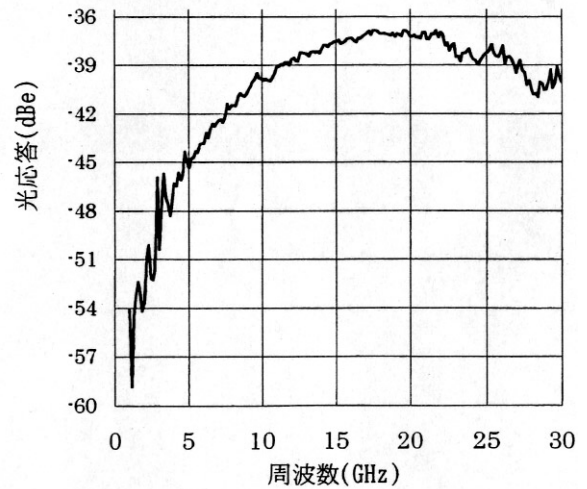


図6. マイクロ波特性 S_{11}

次に光コンポーネントアナライザで測定した光応答の測定結果を図7.に示す。



設計値である20GHz近傍に応答のピークを持つ結果が得られている。また応答の中心付近での周波数依存はほぼ水平でなめらかであり、18-22GHzなどの範囲でCS-RZパルサーとして使えると推測される。さらに、高周波における駆動電圧の測定も行ない、20GHzの動作において6.1Vであった。この駆動電圧は同電極長の当社X-cut変調器の約80%の値であり、低V効果を確認された。

5. マイクロ波分岐比測定

本デバイスは、帯域動作型のデバイスでパラメータの測定が困難なため各マッハツェンダー上の電極に印加されるマイクロ波の比率を測定することにより α パラメータを見積もった。測定はネットワークアナライザを用いて20GHzにおける S_{21} を電極C、電極Dの出力側でそれぞれ測定することにより行なった。結果の電圧比 V_D/V_C とパラメータを表1.に示す。

表1. 電圧比 V_D/V_C と α

V_D/V_C	α
0.94	0.03

6. まとめ

CS-RZ変調方式のパルス光源として、現在はデュアル型LN-Z-cut強度変調器、あるいはLN X-cut強度変調器等が使用されているが、デュアル型との比較においてはマイクロ波シングル駆動という簡便性を持ち、一方X-cut変調器との比較に置いては低V という特長を持つディレイ型RZパルサーを考案し、試作を行なった。40GbpsのCS-RZ光の発生を想定し20GHzで動作する設計とした。試作の結果20GHz近傍での動作を確認し、20GHzにおける駆動電圧6.1Vを確認した。この値は同電極長の当社X-cut変調器の約80%の値である。またマイクロ波分岐比の測定からの方法でチャープ量が0.1以下の低いレベルにあるとわかった。

文 献

- [1] 片岡 他, "CS-RZ送信機特性のマッハツェンダ変調器 bias 電圧依存性と制御法提案," 2002年電子情報通信学会総合大会, C-10-86(2002)
- [2] 佐藤 他, "キャリア抑圧RZパルス光源を用いた43Gbit/s伝送実験," 2002年電子情報通信学会総合大会, C-10-87(2002)
- [3] 森田 他, "光TDMを用いたCS-RZ信号発生に関する検討," 2002年電子情報通信学会総合大会, C-10-88(2002)