

マッハツェンダー型導波路と分極反転構造を用いた プリコライジング高速電気光学変調器

Pre-equalizing High-Speed Electro-Optic Modulator using Mach-Zehnder Waveguide and Polarization-Reversed Structures

大阪大学, °三坪 孝之, 村田 博司, 岡村 康行

Osaka Univ., °Takayuki Mitsubo, Hiroshi Murata, Yasuyuki Okamura

E-mail: takayukimitsubo091@s.ee.es.osaka-u.ac.jp

1. はじめに

近年, 光ファイバー通信システムにおける通信トラフィック量は増加の一途を辿っており, 今後さらなる高速化が求められる. 石英光ファイバーは, あらゆる伝送ケーブルの中でも伝送損失が最も小さい. 一方で, わずかではあるが波長分散性を示す. この波長分散性による信号波形の歪みは, ビットレートが高いほど大きい. そのため, 数十 Gb/s 級の光ファイバー通信システムにおいて, 信号波形の歪みを補償する技術は必要不可欠である. そこで, 我々は電気光学変調器に分極反転構造を用い, あらかじめファイバーの分散とは逆の特性を光変調器に持たせることで波形歪みを補償するプリコライジング電気光学変調器の提案をしている[1], [2]. 電気光学効果を利用するため, 100GHz 以上の高速動作が可能であり, 超高速通信システムへの応用に期待できる. また, ダブルマッハツェンダー型導波路を用いることでベクトル変調を行うこともできる.

本報告では, ΔS 変換を利用した分極反転パターンを持つプリコライジング光変調器について述べる.

2. 基本構造

提案する光変調器の基本構造を Fig.1 に示す. 基板には LiNbO₃ を用いる. 光導波路には, マッハツェンダー型導波路, またはダブルマッハツェンダー型導波路を用い, 導波路に沿って進行波型コプレーナ電極を載せる. また, ダブルマッハツェンダー型導波路を用いた場合, 4 本のパスにはプリコライジングのために 2 種類の異なる分極反転パターンを施す.

ファイバーの分散による波形歪みを表す伝達関数は, 次のように表すことができる.

$$H_{dis}(\omega) = \exp\left(-\frac{1}{2}j\beta_2\omega^2L\right)$$

L はファイバー長であり, β_2 は群速度分散である. この伝達関数を逆フーリエ変換することでファイバーの

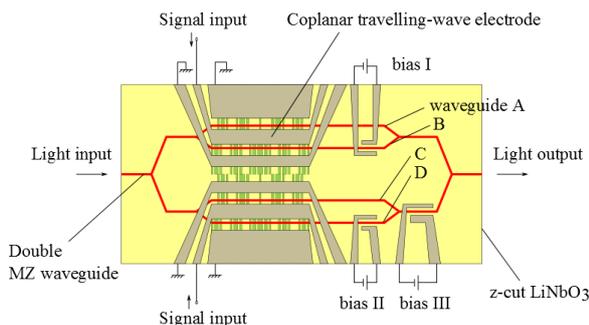


Fig.1. デバイスの基本構造

分散を表すインパルス応答 $h_{dis}(t)$ を得る. この逆特性を持つインパルス応答 $h_{dis}^*(t) = h_r(t) + jh_i(t)$ を光変調器に持たせることで波形歪みを補償することができる. 速度整合が取れていない進行波型光変調器のインパルス応答は, 分極反転パターンと対応した相似形の実関数となる[1], [2]. 4 つの直線光導波路のうち, 導波路 A, C にはインパルス応答 $h_r(t)$ に対応した分極反転パターン, 導波路 B, D にはインパルス応答 $h_i(t)$ に対応した分極反転パターンを作製する. 分極反転パターンの設計には, 長さが数十 μm 程度の微小な分極反転パターンを用いることで, 実効的にほぼ連続的なインパルス応答を得ることができる. また, プリコライゼーションと同時にベクトル変調を行うためには, 分極反転パターンの組み合わせを考えて, バイアス I, II, III に, それぞれ $-\pi/2, \pi/2, \pi/2$ の光位相シフトを与えればよい.

3. 解析・設計

光波長は 1.55 μm とし, 単一モードシリカファイバー ($D=16 \text{ ps/nm}\cdot\text{km}$) の長さを 10 km とした. 光波の群屈折率は 2.19, 電気信号の実効屈折率は 3.76 とした. また, 光変調器の電極長を 38.25mm, 最少の分極反転ピッチは 50 μm とし, 量子化数 9 値の ΔS 変換を用いて分極反転パターンを設計した. この変調器に RZ 40Gb/s 信号を入力した時の波形シミュレーションを行った. 入力信号波形を Fig.2(a), ファイバー伝送後の波形を Fig.2(b) に示す. ファイバー長 10km において, 入力信号波形とほぼ同じ波形を得られていることがわかる. 現在, 設計したデバイスの作製を進めている.

参考文献

- [1] 村田博司, 郭藍, 出水達也, 岡村康行, “分極反転構造電気光学変調器を用いた高速信号処理”, 信学技報, MWP2012-6, pp.31-35, 2012.
- [2] H.Murata, and Y.Okamura, “High-speed signal processing utilizing polarization-reversed electro-optic devices,” *IEEE OSA J. Lightwave Technol.*, vol. 27, 2014. To be published.

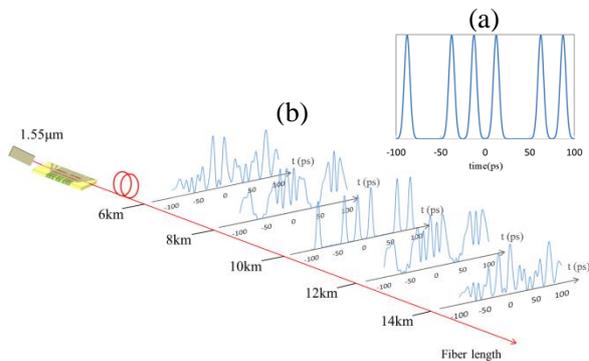


Fig.2. (a) 入力信号波形 (b) ファイバー伝送後の波形