

マッハ・ツェンダ型シリコン光変調器のデュアル駆動によるチャープ可変量の理論的検討

Analysis of Adjustable Chirp in Mach-Zehnder Silicon Optical Modulators in Dual-Drive Regime

技術研究組合 光電子融合基盤技術研究所 [○]村尾覚志, 牛田淳, 高橋博之, 徳島正敏,
椎名明美, 堀川剛

PETRA, [°]Tadashi Murao, Jun Ushida, Hiroyuki Takahashi, Masatoshi Tokushima, Akemi Shiina,
and Tsuyoshi Horikawa

E-mail: t-murao@petra-jp.org

1. まえがき

マッハ・ツェンダ (MZ) 型光変調器では, デュアル駆動によって疑似的にアームの変調効率 (ME) を調整することで, チャープ量を調整することができる. 線形位相シフトを有する LN 変調器の場合には, チャープパラメータ (α_{chirp}) と ME との関係は良く理解され, かつ ME 変動量はアーム間駆動電圧比で表されることが知られている [1]. しかし, ME と吸収損失が電圧依存性を有するシリコン光変調器の場合については理論が確立されていなかった.

ここでは, キャリア空乏 MZ 型シリコン光変調器について, 提案する大信号 ME [2]を用いることで, デュアル駆動時の α_{chirp} の定式化を行う. 生じる負チャープと変調振幅 (OMA) ペナルティ [3,4] との関係を明らかにする.

2. デュアル駆動の理論検討

大信号 ME [2] を用いると, α_{chirp} は ME と吸収損失の電圧に対する非線形性とそれらのアーム間不均衡の因子とに分離して表すことができる [5]. この定式化をデュアル駆動について拡張することができる. いま, 位相シフト長を L , オフセット逆バイアスを V_0 , 駆動電圧振幅を V_{pp} , $V = V_0 \mp V_{\text{pp}}/2$, アーム 2 の 1 に対する V_{pp} 比を m とすると, アーム 2 の ME は小信号 ME ($V_{\pi}L_{\pi_2}^s$) [2] を用いて近似的に以下に表すことができる:

$$V_{\pi}L_{\pi_2}^D(V) \approx \frac{m}{2} \left\{ V_{\pi}L_{\pi_2}^s(V_0) + V_{\pi}L_{\pi_2}^s \left(V_0 \mp \frac{V_{\text{pp}}}{2m} \right) \right\}. \quad (1)$$

これは, アーム 2 の ME が m だけ劣化するとともに V_{pp} に対する非線形性は m だけ緩和されることを意味する. 一方, アーム 2 の実効屈折率虚部を $\text{Im}(n_{\text{eff}_2})$ とすると, デュアル駆動時のそれは以下のように表すことができる:

$$\text{Im}(n_{\text{eff}_2}^D(V)) = \text{Im}(n_{\text{eff}_2}(V_0 \mp V_{\text{pp}}/2m)). \quad (2)$$

アーム 2 の実効屈折率虚部も同様に V_{pp} に対する非線形性は m だけ緩和されることになる.

図 1(a)に, $m=2$ とした時の α_{chirp} の V_{pp} 依存性の解析結果を示す. ここで, 試作結果をシミュレー

トする, 電圧に対して平方根関数となる ME と吸収損失を仮定した. デュアル駆動によるシフト量 ($\delta\alpha_{\text{chirp}} \equiv \delta\alpha_{\text{chirp}}^{\text{ME}} + \delta\alpha_{\text{chirp}}^{\text{A}}$) は図 1(b)に示すように各因子に分離できるが, 吸収損失因子による寄与は小さいことが確認できる. 結果, 負チャープが得られるが, 吸収損失のアーム間不均衡による OMA ペナルティ (ALIP) は無視できるものの, 位相シフト量のそれ (PPIP) は 1.2dB 生じてしまうことに注意する必要がある.

参考文献

- [1] A. H. Gnauck *et al.*, IEEE PTL, 3, 916 (1991).
- [2] T. Murao *et al.*, Opt. Commun., 507, 127645 (2022).
- [3] 村尾他, 応物秋季学術講演会, 10p-N405-11 (2021).
- [4] 村尾他, 信学会ソ大会, C-3/4-39 (2021).
- [5] 村尾他, 信学会総合大会, 発表予定 (2022).

謝辞

この成果は, 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託業務 (JPNP13004) の結果得られたものです.

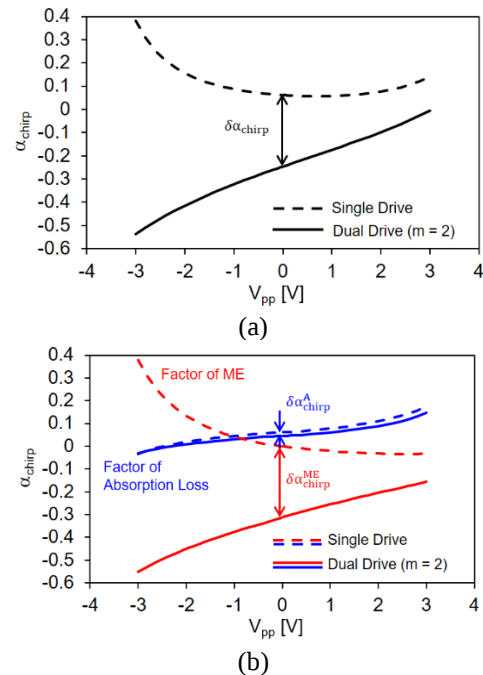


Fig. 1. (a) α_{chirp} as a function of V_{pp} for $V_0 = 2$ V. (b) The factors in α_{chirp} are separated.