

PINダイオードを用いたシリコン変調器による $\alpha V_{\pi}L$ の低減Low- $\alpha V_{\pi}L$ 25-Gb/s Silicon Modulator Based on Forward-Biased PIN Diodes○馬場威^{1,2}, 秋山傑^{1,2}, 今井雅彦^{1,2}, 堀川剛^{2,3}, 臼杵達哉^{1,2}

1: 技術研究組合光電子融合基盤技術研究所,

2: フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発研究機構,

3: 産業技術総合研究所

○T. Baba^{1,2}, S. Akiyama^{1,2}, M. Imai^{1,2}, H. Horikawa^{2,3}, and T. Usuki^{1,2}

1: PETRA, 2: PECST, 3: AIST

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

大容量・高密度光インターコネクト応用に向けて高速・高効率なシリコン変調器が検討されている。中でもフリーキャリアプラズマ効果を用いた変調器は CMOS 回路との作製プロセスの互換性が良く注目されている。シリコン変調器の高効率動作に対する指標として、光伝播損失 α と位相変調効率 $V_{\pi}L$ の積である $\alpha V_{\pi}L$ (dB·V)が用いられており、その低減が求められる。今回、従来報告されている $\alpha V_{\pi}L$ の約2分の1となる $\alpha V_{\pi}L=9.83\text{dB}\cdot\text{V}$ を得たので報告する。

Fig.1 に試作したマッハツェンダ型変調器の素子構造を示す。リブ導波路を有し、コアに形成した PIN 接合を順方向バイアス電圧駆動することを特徴とする。PIN 接合順バイアス駆動型の位相変調器は、ダイオードの電気容量が大きく、周波数応答の 3 dB 帯域は Fig.2 に示すように 1 GHz 以下である。この場合 3 dB 帯域以上の周波数では、素子の直列抵抗で決まる限界の電流量までコアに電荷を出し入れできる[1]。その結果、10 GHz 以上の動作周波数においても、従来検討されている PN 逆バイアス電圧駆動型に比較して変調効率は大きい[2]。プリエンファシスなどの帯域補償を行うことで、高周波での効率を落とさずに広帯域動作が可能である[2]。また、PIN ダイオードでは、コア層にドーピングをしないため、キャリアによる光吸収損失が小さい。これらの特長から $\alpha V_{\pi}L$ が低減されることが考えられる。

Fig.1 の変調器の伝播損失を評価したところ、0.85 V の順バイアス電圧において、位相シフタの損失は 25.2 dB/cm であった。また、DC における $V_{\pi}L$ の測定値 0.01 V·cm と、Fig.2 に示した光変調応答の周波数依存性から、12.5 GHz における変調効率を 0.39 V·cm と見積もり、12.5 GHz 動作時の $\alpha V_{\pi}L$ として 9.83 dB·V の値を得た。

この結果と従来の PN 逆バイアス電圧駆動型変調器の $\alpha V_{\pi}L$ との比較を Fig.3 に示す。逆バイアス型の変調器は 20 dB·V で留まっているのに対し、本研究で得られた $\alpha V_{\pi}L$ は約 2 分の 1 に低減されている。また、我々の変調器は $V_{\pi}L$ の値としても、他の PN 逆バイアス型に比較して数分の 1 程度と小さく高密度伝送に有利であることがわかった。

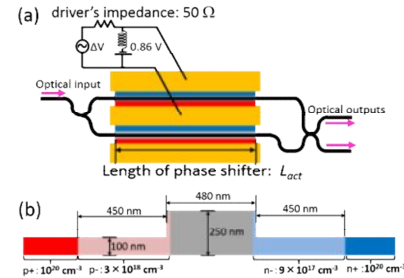


Fig.1 (a) Schematic of fabricated silicon Mach-Zehnder modulator and (b) cross section of pin-phase shifter based on rib waveguide.

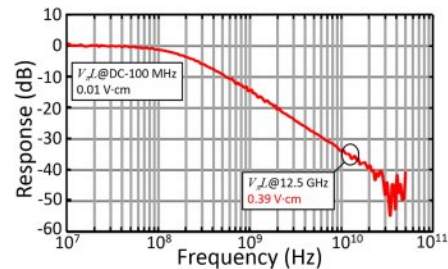


Fig.2 Optical frequency responses of forward biased MZ modulator and $V_{\pi}L$ s at DC-100 MHz and 12.5 GHz in 50-Ω-driver's impedance system.

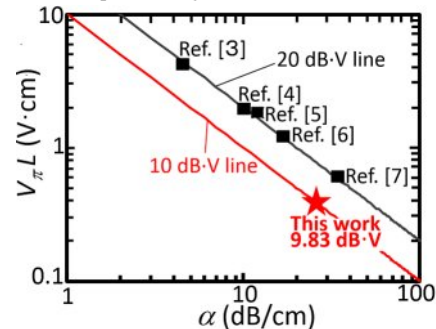


Fig. 3 Mapping of $\alpha V_{\pi}L$ s.

- [1] S. Akiyama et al., JSTQE, 19, 1077(2013).
 - [2] T. Baba et al, Group IV Photonics, ThA6(2013).
 - [3] X. Tu et al., Opt. Express, 19, 18029(2011).
 - [4] T. Baehr-Jones, et al., Opt. Express, 20, 12014(2012).
 - [5] P. Dong, et al., Opt. Express, 20, 6163(2012).
 - [6] X. Xiao, et al., Opt. Express, 20, 2507(2012).
 - [7] H. Yu, et al., Opt. Express, 20, 12926 (2012).
- [謝辞]本研究は、日本学術振興会の最先端研究開発支援プログラムにより、助成を受けたものである。本研究は、TIA-SCR において実施された。