

III-V/Si MOS キャパシタマッハツェンダ変調器の多値変調動作

Multilevel Modulation with III-V/Si MOS Capacitor Mach-Zehnder Modulator

NTT 先端集積デバイス研¹, NTT ナノフォトニクスセンタ² ○開 達郎^{1,2}, 相原 卓磨¹, 長谷部 浩一¹, 武田 浩司^{1,2}, 藤井 拓郎^{1,2}, 土澤 泰^{1,2}, 碓塚 孝明^{1,2}, 福田 浩^{1,2}, 松尾 慎治^{1,2}

NTT Device Technology Labs.¹, NTT Nanophotonics Center², °Tatsuro Hiraki^{1,2}, Takuma Aihara¹, Koichi Hasebe¹, Koji Takeda^{1,2}, Takuro Fujii^{1,2}, Tai Tsuchizawa^{1,2}, Takaaki Kakitsuka^{1,2},

Hiroshi Fukuda^{1,2}, and Shinji Matsuo^{1,2}

E-mail: hiraki.tatsuro@lab.ntt.co.jp

1. 背景

通信トラフィックの増大に伴い、多値変調を可能とするマッハツェンダ光変調器の小型化、低電力化が要求されている。これらの要求を満たす技術として、キャリアによる屈折率変化が大きな n 型 III-V 族半導体と p 型 Si を用いて作製される III-V/Si metal-oxide-semiconductor (MOS) キャパシタマッハツェンダ変調器が有望である [1]。先行研究で我々は n 型 InP と p 型 Si を用いた素子を作製し、 $V_{\pi}L$: 0.4 Vcm を報告した [1]。本研究では、多値変調に向けて更なる低 $V_{\pi}L$ 化を目指し、InP よりも大きな屈折率変化を有する InGaAsP を用いて MOS キャパシタマッハツェンダ変調器を作製した。本素子を用いて、4 値 pulse amplitude modulation (PAM4) 動作に成功したので報告する。

2. 設計

素子の概略図を図 1 に示す。Si 導波路 multimode interference (MMI) と InGaAsP/Si MOS キャパシタ位相シフタによりマッハツェンダ変調器が構成される。InGaAsP 層のフォトルミネセンスピーク波長は 1300 nm であり、位相シフタ長は 700 μm である。図 1 中に作製した位相シフタの断面 transmission electron microscope (TEM) 像を示す。InGaAsP、SiO₂、Si 層の各膜厚は 100 nm、10 nm、110 nm である。本構造における $V_{\pi}L$ の計算値は約 0.1 Vcm であり、同じ SiO₂ 膜厚を有する従来の Si 変調器の約 1/3 以下である。

3. 素子の特性

作製した素子に DC 電圧を印加し、透過光スペクトルを測定した結果、 $V_{\pi}L$ は約 0.09 Vcm であった。この値は計算値と概ね整合し、先行研究で

報告した InP/Si MOS キャパシタマッハツェンダ変調器の約 1/4 である。本研究では、5 Gbaud のプリエンファシス non-return-to-zero、pseudorandom binary sequence 2³¹-1 信号を用いて 10-Gbit/s PAM4 変調信号を生成し測定を行った。図 2 はアイパターンの測定結果である。DC 電圧は -0.66 V、入力光の波長は 1560.69 nm であった。明瞭なアイ開口から、700 μm 長変調器における PAM4 変調信号を確認した。これは、従来 Si 変調器の $V_{\pi}L$ 限界を突破する III-V/Si MOS キャパシタ変調器を実現し、多値光変調への適用可能性を初めて示した実験結果である。

参考文献

[1] T. Hiraki, et al., Proc. in OFC, W3E.1 (2017).

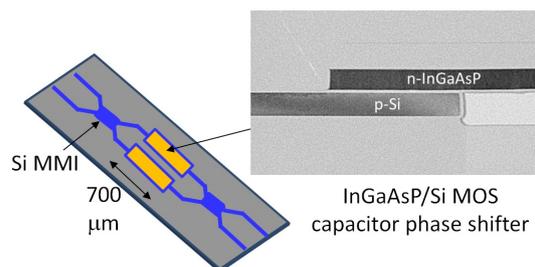


Fig. 1 Schematic and TEM image of modulator.

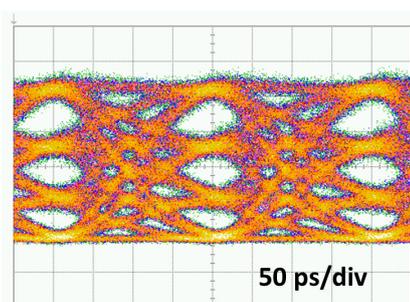


Fig. 2 Measured eye diagram.