

MOS 型 Si 光変調器と Ge 受光器の集積化と CMOS 駆動による高速動作 MOS Capacitor Type Si Optical Modulator Integrated with Ge Photodetector, and its High Speed Operation with CMOS Driver

光電子融合基盤技術研究所¹, 産総研², NEC システム IP コア研³, 東京大学⁴
PETRA¹, AIST², NEC System IP Core Res. Labs.³, Univ. of Tokyo⁴

○藤方 潤一¹, 高橋 重樹¹, 高橋 正志², 野口 将高¹, 野口 栄実³, 栗原 充¹, 堀川 剛²,
中村 隆宏¹, 荒川 泰彦⁴

○Junichi Fujikata¹, Shigeki Takahashi¹, Masashi Takahashi², Masataka Noguchi¹, Hidemi Noguchi³,
Mitsuru Kurihara¹, Tsuyoshi Horikawa², Takahiro Nakamura¹, and Yasuhiko Arakawa⁴

E-mail: j-fujikata@petra-jp.org

1. はじめに

Si フォトニクス技術と CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 電子回路技術を融合し、超高密度の信号伝送を低消費電力で実現する試みが注目を集めている。Si 光変調器は伝送容量と消費電力を左右するキーデバイスである。MOS (metal-oxide-semiconductor) 型光変調器はその有力候補の一つであり、我々は継続して開発を行ってきた[1-2]。今回、1.3 μm 波長帯において設計した MOS 型変調器と Ge 受光器との集積試作を行い、 $V_{\pi}L = 0.28 \sim 0.30 \text{ V} \cdot \text{cm}$ および 25 Gbps 動作を達成した。また、CMOS ドライバ駆動により、15Gbps での高速動作と低電力化を実証した。

2. 1.3 μm 波長帯用 MOS 型光変調器と Ge 受光器との集積

図 1 に 1.3 μm 波長帯用 MOS 型光変調器の断面模式図を示す。1.3 μm 波長帯においては、キャリアプラズマ効果による屈折率変化が 1.55 μm 波長帯に比べて約 30 %減少する。しかしながら、光の導波モードの体積を小さく抑えることが可能なため、構造最適化による効率向上によってその影響を埋め合わせ、1.55 μm 波長帯用と同等の $V_{\pi}L = 0.28 \text{ V} \cdot \text{cm}$ を実現する設計をした。

構造は、SOI (silicon on insulator) 層上にゲート酸化膜と poly-Si 層を積層したリブ型導波路構造からなり、印加電圧によりゲート酸化膜近傍の自由キャリア密度が変化する。光伝搬及びキャリア輸送特性の双方にとって、poly-Si の膜質が極めて重要であるが、我々はアモルファス Si の 2 段階結晶化技術[3]によって粒径 200~300 nm の poly-Si 成膜に成功しており、poly-Si 層の低光損失化と低抵抗化を実現している。

図 2 に 120 μm の位相シフトを有する MOS 型光変調器と集積化した Ge 受光器の I-V 特性および MOS 型光変調器の 25Gbps での出力波形を示す。Ge 受光器に関しては、良好な受信感度

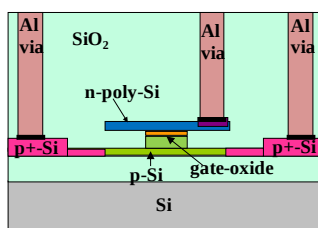


Fig. 1 Schematic diagram of MOS capacitor type Si modulator for 1.3 μm wavelength.

(1.0A/W)と低暗電流値(70 nA@1V)を実現しており、MOS 型光変調器との集積化においても、良好な結晶性を有する Ge 受光器が実現可能であった。一方、MOS 型光変調器においては、0.5 V_{pp} においても、比較的良好な出力波形が得られ、低電圧動作の可能性を検証した。

3. CMOS ドライバによる高速動作

上記に基づき、位相シフト長 500 μm 程度の対称 MZ からなる MOS 型光変調器の試作を行い、1V_{pp} 出力の CMOS 回路と接続した結果、15Gbps の動作を実現した。この時の消費電力は、2~3mW/Gbps 程度であり、将来の高密度・低消費電力な光インターポーザの実現に向けて、MOS 型光変調器の有効性を実証した。

謝辞

本研究は、総合科学技術会議により制度設計された最先端研究開発支援プログラムにより、日本学術振興会を通して助成されたものです。また、本研究の一部は NEDO の「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」により委託を受けたものである。また、本研究は TIA-SCR で実施されました。

参考文献

- [1] J. Fujikata et al., Optical Fiber Conf. 2010, OMI3.
- [2] S. Takahashi et al., JSAP Autumn Meet. 2012, 13a-C5-4.
- [3] M. Takahashi et al., SSDM2012, 24a-KB-11.

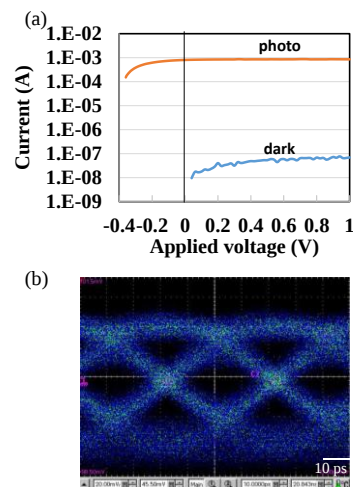


Fig. 2 (a) Ge-PD photoresponsivity integrated with MOS type Si-MOD and (b) 25 Gbps with 2⁷-1 PRBS (pseudorandom sequence) output waveform from the Si-MOD.