対称および非対称構造 MOS 型 Si 光変調器のキャリア蓄積モードによる 高効率動作の検討

High-Efficiency of Symmetric and Asymmetric MOS Capacitor Type Si Optical Modulator, Using Carrier Accumulation Mode

> 技術研究組合 光電子融合基盤技術研究所¹, 産総研² PETRA¹, AIST²

^O野口 将高¹, 藤方 潤一¹, 高橋 重樹¹, 高橋 正志², 中村 隆宏¹ [°]Masataka Noguchi¹, Junichi Fujikata¹, Shigeki Takahashi¹, Masashi Takahashi², and Takahiro Nakamura¹

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 μ m 波長帯において設計し た MOS 型変調器をキャリア蓄積モードで動作さ せることにより、 $V_{\pi}L = 0.16$ V·cm の高効率動作 と 60 μ m の位相シフタ長において 25 Gbps の高速 動作を達成した.また、非対称構造の MOS 型光 変調器においても、同様の高効率動作を実証した. 2.1.3 μ m 波長帯用 MOS 型光変調器のキャリ ア蓄積モードによる高効率動作

図1 に MOS 型光変調器の断面模式図を示す. 本検討においては、多結晶 Si(poly-Si)層の高温ア ニール(HTA)による低光損失化を実現するため、 従来検討していた(a)対称構造の MOS 型変調器と 高濃度ドーピングを HTA 後に行うことが可能[3] な(b)非対称構造の MOS 型変調器を検討した.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 適化により、 $V_{\pi}L = 0.2$ V·cm 以下を実現する断 面構造の設計をした.

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、poly-Si 層の低光損失 化と低抵抗化を実現している.



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

図2に(a)60 µm の位相シフタを有する MOS 型 光変調器に対して、キャリア蓄積モードとなるよ うにバイアス電圧を変化した時の位相シフト量 の実験値と(b)電気容量のバイアス電圧依存性に 関する計算結果を示す.キャリアプラズマ効果は、 キャリア密度変化に比例し、フラットバンド電圧 以上である1.5V付近から比較的線形な位相変化 が得られた.この時の蓄積モードにおける変調効 率は、0.16V・cmと見積られ、MOS 型変調器を キャリア蓄積モードで動作させることにより、高 効率な位相変調が実現可能であることが明らか となった.また、光学損失は3.5dB/mm 程度であ り、低損失かつ高効率な Si 光変調器であること を検証した.さらに、印加電圧 2V_{pp}で25Gbpsの 高速動作を実証した.

3. 非対称 MOS 型光変調器の検討

次に非対称構造からなる MOS 型光変調器に 関して検討した.本構造においても、キャリア蓄 積モードとなる 1.5V 付近から比較的線形な位相 変化が得られ、変調効率に関しては、0.17V・cm と見積られ、対称構造と同等であった.本構造に おいては、非対称な電極引出しによる抵抗増加が 課題であり、今後は HTA を利用した poly-Si 層 の低抵抗化に関しても検討する予定である. **謝辞**

┓**┍┼** ╶╋╴ᡘ᠋᠋╱╩╯

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.

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) Experimental result of Si-MOD for phase shift dependence on applied voltage and (b) simulation result of capacitance for 60μ m-length of phase shifter.