

III-V CMOS フォトニクス・プラットフォーム上 L 字接合をもつキャリア空乏型 InGaAsP 光変調器の検討 Investigation of carrier-depletion InGaAsP optical modulator with L-shaped PN junction on III-V CMOS photonics platform

○関根 尚希¹、高木 信一¹、竹中 充¹ (1. 東大院工)

°Naoki Sekine¹, Shinichi Takagi¹, Mitsuru Takenaka¹ (1. Univ. Tokyo)

E-mail: sekine@mosfet.t.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】 Si フォトニクスと比較して InP などの直接遷移型 III-V 族半導体を用いる III-V フォトニクスは高性能光素子を実現することが可能である。しかし従来の III-V 族半導体光素子は垂直方向に光の閉じ込めが弱く Si フォトニクスのような素子小型化が困難といった問題があった。我々は Si フォトニクスで用いられる Si-on-Insulator 基板と同様の構造を持つ III-V on Insulator 基板を使うことで、III-V 族半導体版 Si フォトニクスと呼べる III-V CMOS フォトニクス・プラットフォームを提案し研究を進めてきた [1, 2]。我々は光変調器としては自由キャリア効果を用いた横型接合空乏型光変調器について検討を進めてきた [2]。この結果、高い変調効率が得られる一方、ホール起因の吸収が大きいことが問題であることが分かった。今回、低損失化が期待できる L 字接合をもつ空乏型 InGaAsP 光変調器について数値計算にて検討したので報告する。

【素子構造】 L 字型の接合をもつ空乏型 InGaAsP 光変調器の素子構造を Fig. 1 に示す。SiO₂ BOX 層上に総膜厚 220 nm の InGaAsP 層が貼り合わされた構造となっており、メサ幅 500 nm の導波路の中心に形成した PN 接合に逆バイアスを印加することで、光変調動作を得ることができる。導波路メサの上側を N 型、下側を P 型にした構造を、逆に上側を P 型、下側を N 型にした構造について検討を行った。

【計算手法】 TCAD シミュレーションから求めたキャリア分布から屈折率変化を計算し、導波モードの等価屈折率変化を求めることで、変調効率を計算した。III-V 族半導体中のキャリア誘起屈折率変化として Si にみられるプラズマ分散効果に加えて、バンドフィリング、バンドギャップシュリンク、価電子帯間遷移吸収についても考慮した。PN 接合の P 領域、N 領域それぞれのドーピング濃度を $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ から $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ まで変化させて特性を解析した。簡単のため電極はオーミックコンタクト電極を仮定した。InGaAsP の組成は InP に格子整合し、バンドギャップ波長が $1.37 \mu\text{m}$ となるものを用い、波長 $1.55 \mu\text{m}$ の TE モード

について特性を計算した。比較のため中央に横型の接合をもつ素子についても計算を行った。

【計算結果】 挿入損失と動作電圧の積 ($\alpha V_{\pi} L$) についての結果を Fig. 2 に示す。横型接合と比較して、N 型領域が上にある L 字接合素子は、広いドーピング濃度に対して、性能指数 $\alpha V_{\pi} L$ を低くできることが分かった。一方、P 型領域が上にある L 字接合素子は横型接合素子より全般に $\alpha V_{\pi} L$ が劣化する結果となった。

【参考文献】

[1] M. Takenaka and Y. Nakano, Opt. Express 15, 8422 (2007).

[2] M. Takenaka, Y. Kim, J. Han, J. Kang, Y. Ikku, Y. Cheng, J. Park, M. Yoshida, S. Takashima, and S. Takagi, IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron. 23, 1 (2017).

[3] N. Sekine, J. Han, S. Takagi, M. Takenaka, Jpn. J. Appl. Phys., 56.4S, 04CH09 (2017).

【謝辞】 本研究の一部は JSPS 科研費 JP26709022 の助成により実施した。

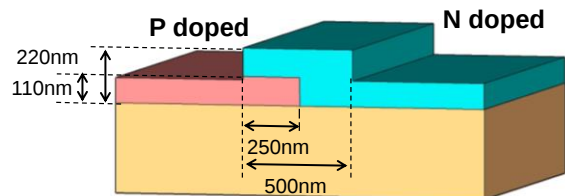


Fig. 1 Schematic of InGaAsP depletion modulator with L-shaped junction (N on P).

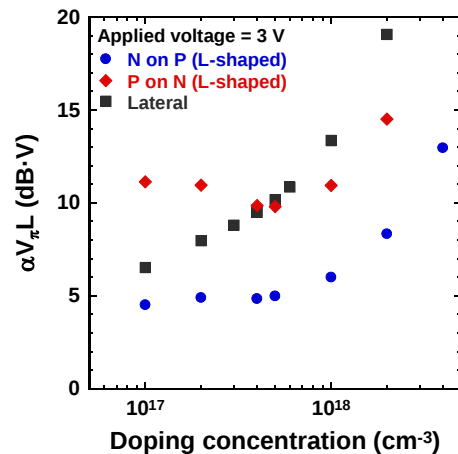


Fig. 2 $\alpha V_{\pi} L$ of InGaAsP modulator.