埋め込みヘテロ構造を用いた Si 上薄膜 InGaAsP マッハツェンダ変調器

Membrane Buried Heterostructure InGaAsP Mach-Zehnder Modulator on Si substrate

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]，
藤井 拓郎[1,2]，武田 浩司[1,2]，土澤 泰[1,2]，砥塚 孝明[1,2]，福田 浩[1,2]，松尾 慎治[1,2]

NTT Device Technology Labs[1], NTT Nanophotonics Center[2], ○Tatsurou Hiraki[1,2], Takuma Aihara[1],
Takuro Fujii[1,2], Koji Takeda[1,2], Tai Tsuchizawa[1,2], Takaaki Kakitsuka[1,2], Shinji Matsuo[1,2]

E-mail: tatsurou.hiraki.gu@hco.ntt.co.jp

1. 背景

Si フォトニクス技術は成熟した Si 微細加工技術との整合性、及び大口径基板による量産性により光送受信器の高集積化、低コスト化を可能とする技術である。今後、光送受信器の更なる小型・低消費電力化と大規模集積化が重要となる。しかしながら Si 光変調器は $V_{\pi}L$ 低減と損失低減を同時に実現することが困難であるため、小型・低消費電力化のためには位相変調効率が Si よりも大きな InP 系材料を Si 基板上に集積する技術が有望であることを示してきた [1]。本研究では、レーザや光増幅器集積に適した高効率 Si 基板上マッハツェンダ変調器として、埋込みヘテロ構造を用いた薄膜 InGaAsP マッハツェンダ変調器を提案し、作製した素子の評価結果を報告する。

2. 設計

図 1 に提案する変調器の断面構造図を示す。Si 基板上に接合された 100 nm 厚の n 型 InGaAsP 層が導波路コアとなる。InGaAsP 層のフォトルミネセンスピーク波長は 1.3 μm であり、InGaAsP コアが埋め込まれた InP 薄膜中にドナー及びアクセプタが注入されることで横型 p-n ダイオードが形成される。この構造は従来報告してきた埋め込みヘテロ構造レーザ [2, 3]と同様のプロセスで作製することが可能である。この素子に逆バイアスを印加すると、InGaAsP コアに電荷空乏領域が生じ、1.5 μm 帯伝搬光にはキャリアプラズマ効果、バンドフィリング効果、Frantz-Keldysh 効果に起因する大きな位相変化が生じる。また、この構造はリブ導波路構造にすることなく基板に対して水平方向に強い光閉じ込めを可能とする。そのため、寄生抵抗の主要因となる p 型半導体層はリブ導波路構造より厚くすることが可能であり、RC 遅延低減が容易となる。

3. 測定結果

図 2 は作製した非対称マッハツェンダ変調器の透過スペクトル測定結果である。位相シフタ長は 300 μm である。0 ~ 2.5 V の DC 電圧印加によるピーク波長シフト量から見積もられる変調効率($V_{\pi}L$)は約 0.27 Vcm であり、従来の電荷空乏型 Si 変調器よりも小さな $V_{\pi}L$ が確認された。また、DC バイアス 2.7 V において周波数応答を測定した結果、3-dB 帯域は約 18 GHz であった。この結果は、本素子が non-return-to-zero 25 Gbit/s 以上の baud rate で動作可能であることを示す。

4. まとめ

本研究では Si 基板上薄膜 InGaAsP マッハツェンダ変調器を提案、作製し、光送受信器の低コスト化、小型化、低消費電力化の実現可能性を示した。

参考文献

[1] T. Hiraki et al., *Nat. Photonics*, **11**, 482–485 (2017).

[2] T. Aihara, et al., *Proc. OFC*, W3F.4 (2018).

[3] S. Matsuo, et al., *Opt. Express*, **22**, 12139-12147 (2014).

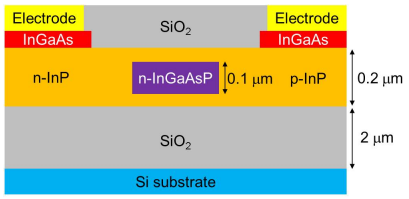

Fig. 1 Cross-section image of modulator.

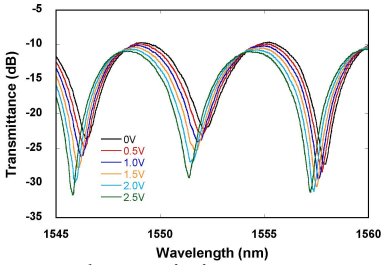

Fig. 2 Measured transmission spectrum.

© 2018年 応用物理学会