

小型低クロストーク InGaAsP 細線導波路光スイッチの作製 Fabrication of Low-crosstalk and Compact InGaAsP Photonic-wire Optical Switches

東大院工¹ ○一宮佑希¹, 横山正史¹, 竹中充¹, 高木信一¹

Univ. Tokyo¹ ○Yuki Ikku¹, Masafumi Yokoyama¹, Mitsuru Takenaka¹ and Shinichi Takagi¹.

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

【はじめに】シリコンフォトニクスを用いた光スイッチは光インターコネクトにおいて重要なデバイスの一つである。特にキャリア注入型マッハツェンダー干渉計光スイッチは広帯域、高速、低消費電力であるのが特長で広く研究されている[1,2]。しかし、これらのスイッチでは注入キャリアにより数 dB の光損失が生じ、クロストークは約-20 dB に制限される[2]。クロストークは位相変調部の長さが短くなるほど悪くなるため、シリコンフォトニクス上では低クロストークかつ小型のキャリア注入型光スイッチを実現することは難しい。一方で直接遷移型半導体の InGaAsP ではキャリア注入時にシリコンより大きな屈折率変化が得られるため低クロストークの光スイッチを作製することが可能となる。しかし既存の InP 系導波路は、垂直方向の光閉じ込めが弱いこと光回路の小型化が難しいという問題があった。これらの問題を解決するため、我々は高性能 CMOS デバイス[3]と超小型光デバイス[4]とを集積可能な III-V CMOS フォトニクス[4,5]を提案してきた。III-V CMOS フォトニクスでは基板貼り合わせによって作製された III-V on insulator (III-V-OI) 基板を用いることで、シリコンフォトニクスと同等の強い光閉じ込めが可能となる。今回、このプラットフォームを用いて位相変調部の長さが 50 μm のキャリア注入型光スイッチを作製し、-29 dB という同様の構造のシリコン光スイッチの理論限界を超えるクロストークを得たので報告する。

【作製】まず 2 インチ InGaAsP($\lambda_g = 1.25 \mu\text{m}$)/InP 基板と熱酸化 Si 基板上に、ALD によって Al_2O_3 を堆積した。基板洗浄後、両者を貼り合わせ、350 $^\circ\text{C}$ 、1 時間の熱処理を施した。その後、HCl で InP 基板を選択エッチングすることで III-V-OI 基板を作製した。III-V-OI 基板上にフォトリソグラフィでパターンニングをし、反応性イオンエッチング(RIE)により InGaAsP 細線導波路を形成した。その後導波路の両側に Be と Si をイオン注入し、活性化アニールを 600 $^\circ\text{C}$ で 10 秒間行うことで pin 構造を形成した。最後に SiO_2 でパッシベーションした後、スパッタにより Pt 電極を形成した。

【結果】Fig. 1 に作製したスイッチの顕微鏡写真を示す。位相変調部の長さは 50 μm である。このスイッチに、波長 1.55 μm の CW 光を入射し、スイッチング特性を測定した。結果を Fig. 2 に示す。約 4V の動作電圧で 2x2 のスイッチングを得た。スイッチのクロストークを様々な波長で測定した結果を Fig. 3 に示す。ほとんどの波長に

おいてシリコンの限界である -18.5 dB より小さい値を得た。波長が 1.58 μm の時に、-29 dB と最も小さいクロストークを得た。

【謝辞】本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金若手研究 A の助成により実施した。また、技術支援をいただいた住友化学株式会社市川磨氏、長田剛規氏、秦雅彦氏に深く感謝し上げる。

[1] W. M. J. Green et al., Opt. Express **15**, 17106-17113 (2007).

[2] J. V. Campenhout et al., Opt. Express **17**, 24020-24029 (2007).

[3] M. Yokoyama et al., IEEE Elect. Dev. Lett. **32**, 1218 (2011).

[4] M. Takenaka et al., Opt. Express **15**, no. 13, 8422 (2007).

[5] M. Takenaka et al., OFC, OThS5, (2010).

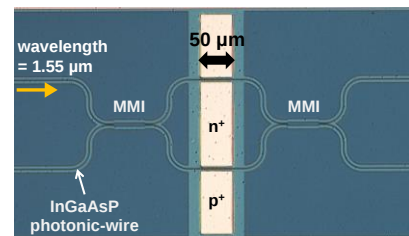


Fig. 1 Plan-view photograph of an InGaAsP photonic-wire switch.

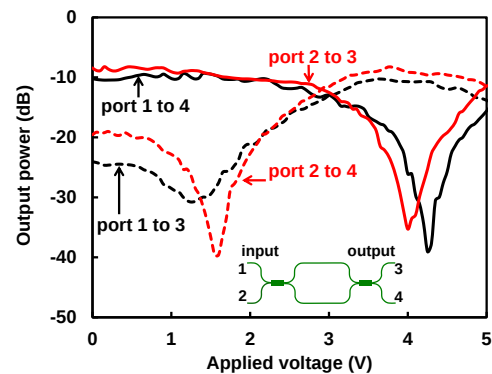


Fig. 2 Static characteristics of a 2 x 2 InGaAsP photonic-wire optical switch.

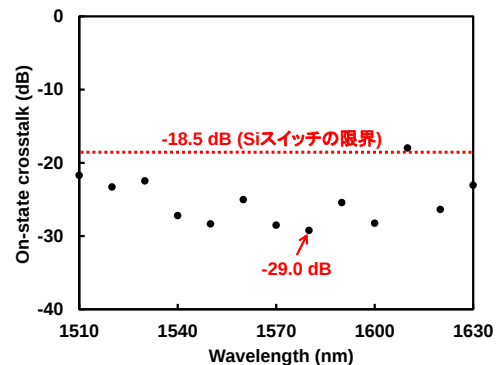


Fig. 3 On-state crosstalk of the switch at various wavelengths.