

ハイブリッド MOS 型光位相シフタによるリング共振器光スイッチの検証

Investigation of microring resonator switch based on hybrid MOS optical phase shifter

○大野修平¹、李強¹、関根尚希¹、湯涵智¹、モンフレ ステファン²、ブフ フレデリック²、トープラサートポン カシディット¹、高木信一¹、竹中充¹ (東大院工¹、STMICROELECTRONICS²)

○Shuhei Ohno¹, Qiang Li¹, Naoki Sekine¹, Hanzhi Tang¹, Stéphane Monfray², Frederic Boeuf², Kasidit Toprasertpong¹, Shinichi Takagi¹, and Mitsuru Takenaka¹ (The University of Tokyo¹, STMICROELECTRONICS²)

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

【はじめに】我々は深層学習の計算を高速化するため、多波長光信号による積和演算が可能なリング共振器クロスバーアレイ型光回路を用いた光ニューラルネットワークを提案している[1]。これまで熱光学光位相シフタを実装したリング共振器を用いてこの光回路を検証してきたが、熱光学光位相シフタには、消費電力が大きく、熱クロストークによって光回路の制御が難しくなるという課題がある[2]。このようなリング共振器を多数集積した光回路に向けた光位相シフタとして、超低消費電力で動作し、高速動作も可能な III-V/Si ハイブリッド MOS 型光位相シフタが有効である[3]。しかし、Si 導波路と光位相シフタを結合損失なく接続するためには 50 μm 長のテーパを III-V 族半導体層に設ける必要があり、半径 10 μm 程度のリング共振器に集積することは困難である。我々はテーパを必要としない極薄 III-V 族半導体メンブレンを用いたマッハ・ツェンダー干渉計光スイッチの実証に成功している[4]。本研究では、Fig. 1 に示すように、極薄 InP メンブレンを用いてリング共振器上にハイブリッド MOS 型光位相シフタを集積し、光スイッチを作製・動作検証したので報告する。

【素子作製】まず SOI 基板上に p 型のリブ導波路を形成した後、導波路上に SiO₂ を堆積し、Si 導波路上に SiO₂ ができるだけ残らないように表面を CMP によって平坦化した。次に ALD で堆積した Al₂O₃ 絶縁膜を介して、Si 導波路と 30 nm 膜厚の n 型 InP を張り合わせた。電子線リソグラフィとウェットエッチングによって InP をメサ状に加工した後、PECVD によって SiO₂ 保護膜を形成した。保護膜にビアを形成した後、リフトオフプロセスによって Ni と Au による電極を形成した。作製した素子の写真を Fig. 2 に示す。一部剥離があるものの極薄 InP メンブレンが Si リング共振器上に貼り合わされていることが確認できる。リング共振器の半径は 10 μm 、リング導波路とバス導波路とのギャップ長は 250 nm とした。

【実験結果】作製したリング共振器型スイッチの光位相シフタ部に電圧を印加しながら透過スペクトルを測定した。入出力光ファイバーと素子間の結合にはグレーティングカップラを用いた。測定結果を Fig. 3 に示す。電圧を印加すると MOS 界面にキャリアが蓄積され、リング共振器の共振ピークが短波長方向へシフトした。極薄 InP メンブレンを用いても光スイッチに十分な位相シフトが得られた。光スイッチ状態を維持する電力は 10 pW 以下と極めて小さい。この結果から、極薄 III-V 族半導体メンブレンを用いたハイブリッド MOS 型光位相シフタがリング共振器に集積可能であり、提唱する深層学習用リング共振器クロスバーアレイ型光回路の超低消費電力化や熱クロストークの大幅な低減が可能であることが示された。

【謝辞】本研究の一部は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)からの委託および文部科学省「ナノテクノロジープラットフォーム」事業(課題番号: JPMXP09F20UT0021)の支援を受けて、東京大学武田先端知スーパークリーンルーム微細加工拠点において実施された。

【参考文献】

- [1] S. Ohno et al., Jpn. J. Appl. Phys., 59, SGGE04 (2020).
- [2] 大野他、第 67 回応物春季学術講演会、15p-B508-10 (2020).
- [3] J.-H. Han et al., Nat. Photonics 11, 486 (2017).
- [4] S. Ohno et al., Opt. Fiber. Commun. Conf., M2B.6 (2020).

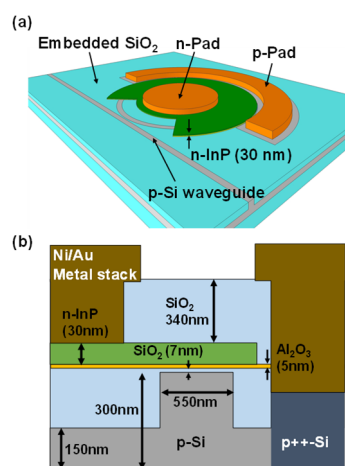


Fig. 1: (a) 3D and (b) cross-sectional schematics of the microring resonator switch based on taper-less III-V/Si hybrid MOS optical phase shifter.

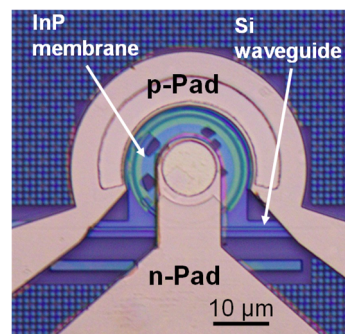


Fig. 2: (a) Plan-view photograph of the microring resonator switch.

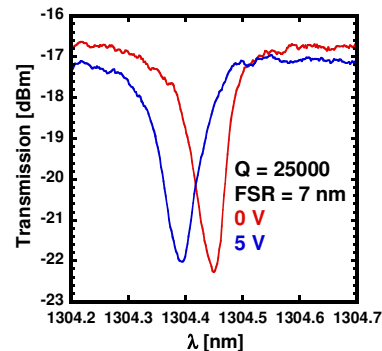


Fig. 3: Output spectra of the microring resonator switch.