

ハイブリッド MOS 型光位相シフタと受光器のモノリシック集積の検証 Investigation of monolithic integration of hybrid MOS optical phase shifter and photodetector

°大野修平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, 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】深層学習においてボトルネックとなる積和演算を高効率化するため、Si フォトニクス技術をもとにしたプログラマブルな光集積回路による光ニューラルネットワークの研究が活発化している。我々は超低消費電力で動作可能な III-V/Si ハイブリッド MOS 型光位相シフタに注目し、深層学習用 Si 光回路に向けて極薄 InP メンブレンを用いたテーパレスな MOS 型光位相シフタ[1]や、それを用いたリング共振器光スイッチ[2]を作製してきた。より高機能な光回路を目指すには、Si 導波路上に受光器を集積することが重要である。今回我々は Fig. 1 のように、極薄 InP を用いたハイブリッド MOS 型光位相シフタと極薄 InGaAs 受光器のモノリシック集積を検証したので報告する。

【素子作製】まず SiO₂ 埋め込み Si 導波路を作製した SOI ウエハと 30 nm 膜厚の InP、60 nm 膜厚の InGaAs を含む InP エピ基板を用意し、Al₂O₃ を介して両者を貼り合わせた。次に光位相シフタ部に n-InP 層、受光部に n-InP/i-InGaAs/p-InGaAs 層が残るように選択的にウェットエッチングした。SiO₂ 保護膜を形成後、リフトオフによって電極を形成した。光位相シフタと同様に、InGaAs 受光器も薄膜とすることで、テーパ構造なしでも挿入損失を抑えることができる。高い受光感度を得るため受光器の長さは 100 μm とした。Si 導波路はすべてリブ型とし、光の入出力のためにグレーティングカップラを集積した。

【実験結果】まず Fig. 2 に示す極薄 InP による MOS 型光位相シフタの動作を測定したところ、電圧印加時の位相シフト量は Fig. 3 のようになり、 $V_{\pi}L = 0.86 \text{ Vcm}$ の変調効率を得られた。次に Fig. 4 に示す受光器に波長 1270 nm の光を入力することで電流電圧特性を測定した。入射した光強度と得られた光電流の関係を Fig. 5 に示す。この結果から、バイアス電圧が -2 V および -12 V のとき、受光感度がそれぞれ 0.9 A/W、2.0 A/W となった。受光部を薄膜とすることで、高電界下で雪崩降伏が起こり、受光感度が 1 A/W を超えたものと考えられる。以上の結果から、ハイブリッド MOS 型光位相シフタと pin 受光器をモノリシック集積することに成功した。

【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 JST、CREST、JPMJCR2004 の支援を受けて実施した。また文部科学省「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。InP エピ基板を提供頂いた住友電工 伝送デバイス研究所の八木英樹氏、伊藤友樹氏、森大樹氏に感謝する。

【参考文献】[1] S. Ohno et al., Opt. Express, 28, 35663-35673 (2020). [2] S. Ohno et al., European Conference on Optical Communication (2020) Tu1B-5.

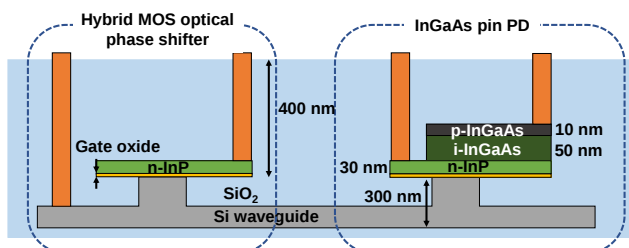


Fig. 1: Schematic of monolithic integration of III-V/Si hybrid MOS optical phase shifter and InGaAs pin photodetector (PD).

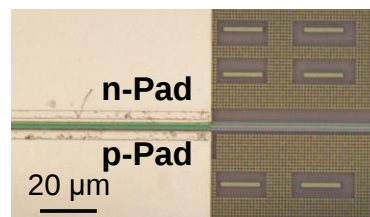


Fig. 2: Plan-view photograph of III-V/Si hybrid MOS optical phase shifter.

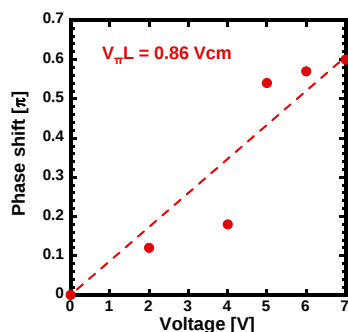


Fig. 3: Phase shift of the hybrid MOS optical phase shifter.

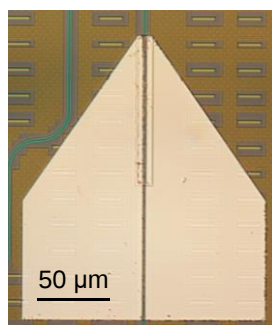


Fig. 4: Plan-view photograph of InGaAs pin PD.

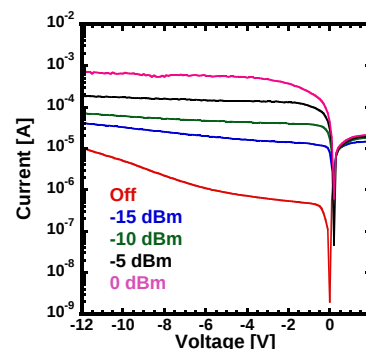


Fig. 5: Photocurrent of InGaAs pin PD with varied bias voltage.