

極薄 InGaAs メンブレンを用いた導波路型フォトトランジスタの検証 Evaluation of waveguide PhotoFET with ultra-thin InGaAs membrane

○落合貴也¹, 大野修平¹, 隅田圭¹, モンフレ ステファン², ブフ フレデリック² トーブラサート
ポシ カシディット¹, 高木信一¹, 竹中充¹ (東大工¹, STMicroelectronics²)

○Takaya Ochiai¹, Shuhei Ohno¹, Kei Sumita¹, Stéphane Monfray², Frederic Boeuf², Kasidit
Toprasertpong¹, Shinichi Takagi¹, Mitsuru Takenaka¹ (The University of Tokyo¹,
STMicroelectronics²)

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

【はじめに】Si プログラマブル光回路で積和演算を実行する深層学習アクセラレータに注目が集まっている[1]。演算結果を高感度に電気信号へと変換する導波路型受光器をプログラマブル光回路に集積することが求められている。そこで我々は利得が大きいフォトトランジスタを Si プログラマブル光回路に集積することを検討している。トランジスタの利得により光電流が増幅されるため、高感度受光器としての動作が期待できる。これまでに表面入射型 InGaAs フォトトランジスタ[2]が報告されているが、導波路型にすることで一層の高感度化が望める。今回、極薄 InGaAs メンブレンを Si 導波路上に貼り合わせたハイブリッド受光器において、Si 導波路をバックゲートとして用いた導波路型フォトトランジスタの動作を検証したので報告する。

【素子作製】SiO₂ クラッド表面を CMP により平坦化した Si 導波路と膜厚 30 nm の p 型 InGaAs 層を含む InP エピ基板を Al₂O₃ を介して貼り合わせた。その後、InGaAs 層のみが残るように選択的にウェットエッチングした。光吸収層である InGaAs 層の長さは 30 μm とし、保護膜として Al₂O₃ を堆積、電子線リソグラフィとリフトオフによってソース/ドレイン電極を形成した。作製したフォトトランジスタの断面構造を Fig.1 に示す。極薄メンブレンとすることでテーパ構造なしでハイブリッド受光器を形成することができる[3]。

【実験結果】グレーティングカップラを通して、波長 1305 nm の光を Si 導波路に入力し、-1 V のゲート電圧 V_g を印加した時のドレイン電圧 V_d とドレイン電流の関係を図 2 に示す。V_d = 1 V では、暗電流は 140 nA であり、-50 dBm の光入力に対して光電流は 3 μA となった。負のゲート電圧をかけることで、Al₂O₃/InGaAs の界面における n 型反転が抑えられ、暗電流が小さくなった。Fig 3 は V_g を -1 V、V_d を 1 V とした時の入力光強度と受光感度の関係である。入力光強度が 10⁻⁵ mW のとき受光感度は 1904 A/W となり、光電流が大きく増幅されていることが分かる。以上の結果から、Si 導波路をバックゲートとし、極薄 InGaAs メンブレンを貼り合わせたフォトトランジスタの動作実証に成功した。

【参考文献】[1] Y. Shen et al., Nat. Photonics, 11, 7, 441–446, (2017). [2] Maeda et al., Jpn. J. phys., 59, 03, SGGE03, (2020). [3] S. Ohno et al., Opt. Express, 28, 35663–35673, (2020).

【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。

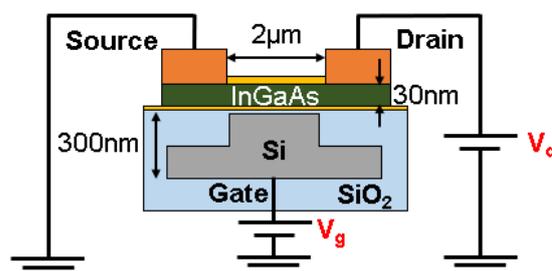


Fig. 1: Cross-sectional Schematic of InGaAs PhotoFET with Si waveguide.

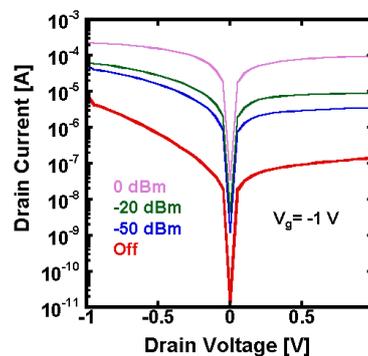


Fig. 2: Drain current of InGaAs PhotoFET with varied drain voltage.

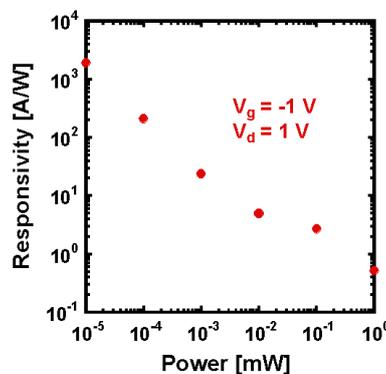


Fig. 3: Responsivity of InGaAs PhotoFET as a function of optical input power.