

Si 基板上表面照射型 InGaAs PhotoFET の近赤外域分光感度特性

SWIR Spectral Responsivity of FSI InGaAs PhotoFETs on Si Substrate

東理大¹, 産総研² ○(M1)大石和明^{1,2}, 石井裕之², 張文馨²,

石井寛仁^{1,2}, 遠藤聡¹, 藤代博記¹, 前田辰郎^{1,2}

Tokyo University of Science¹, AIST² ○Kazuaki Oishi^{1,2}, Hiroyuki Ishii², Wen Hsin Chang²,

Hiroto Ishii^{1,2}, Akira Endoh¹, Hiroki Fujishiro¹, and Tatsuro Maeda^{1,2}

E-mail: k.oishi@aist.go.jp

【背景と目的】我々は、Si 基板上の化合物半導体を利用したモノリシック集積型の近赤外検出器を開発している。これまでに、Si-LSI で構成される読み出し回路(ROIC)との集積を見据えて、InGaAs 層を Si 基板上へ転写し、表面照射型の近赤外 PhotoFET を試作した[1-4]。今回、近赤外光の照射パワーを変化させることで、一定照射パワー密度での分光感度特性を得たので報告する。

【結果と考察】PhotoFET は、Al₂O₃ 膜/Si 基板上に光センシング層となる p 型 In_{0.53}Ga_{0.47}As チャンネル層、その保護膜として近赤外光を透過する InP 層を有する構造で、チャンネル層には Au/Pt/Ti 膜の金属電極を設けている。赤外光感度特性評価にあたって、従来のレーザーなどによるスポット的な照射ではなく、チャンネル領域全面に赤外光の照射が可能なシステムを構築した。これにより、PhotoFET のチャンネル全体の性能として特性を評価できる。測定装置図および赤外光照射時の測定サンプルの写真を図 1 に示す。光学系は、光源、分光器、光ファイバー、およびプローブステーション上の光学顕微鏡システムから構成される。SWIR 光源として、赤外域で広範囲に強い光を生成するスーパーコンティニューム光源を使用した。この光を分光器により単色化後、直径 400±8 μm の低 OH タイプの光ファイバーに、レンズを介して集光させ、この光ファイバーを通して光学顕微鏡システムに導入し、コリメータ、ハーフミラー、対物レンズ(x10)を経由してサンプルに照射する。写真からは測定サンプル上に直径 193 μm の円形の照射エリアが確認され、100 μm x 100 μm のチャンネル領域全面に赤外光が照射されていることがわかる。各波長での照射パワーは、サンプルステージ上の Ge パワーメーターでモニターし、サンプル表面上の照射エリアから単位面積あたりの照射パワーに換算した。また、照射パワー密度は、フィルターで 0.1 - 1000 mW/cm² 程度の範囲で変化させることが可能である。各赤外光波長の光電流から感度を求め、照射パワー依存を見ると、照射パワー密度が減少すると感度は上昇し、その依存性は累乗近似できることが分かった。そこで、この近似から一定の照射パワー密度(100 および 10 mW/cm²)での感度特性を求め、波長でプロットしたものが図 2 である。In_{0.53}Ga_{0.47}As の直接遷移エネルギー(E₀)に相当する 1650 nm までは一定の感度を維持し、それ以上の波長では感度が急激に減少する。一方で、1200 nm 以下では急激な感度上昇が見られた。この波長は、スプリットオフバンドからの遷移(E₀ + Δ_{so})に良く一致しており、その吸収増大の効果によるものと考えられる。これは、縦型で光吸収を行うフォトダイオード(PD)型センサーでは見られない特徴であり、InGaAs PhotoFETs の感度領域のワイドバンド化が期待される。

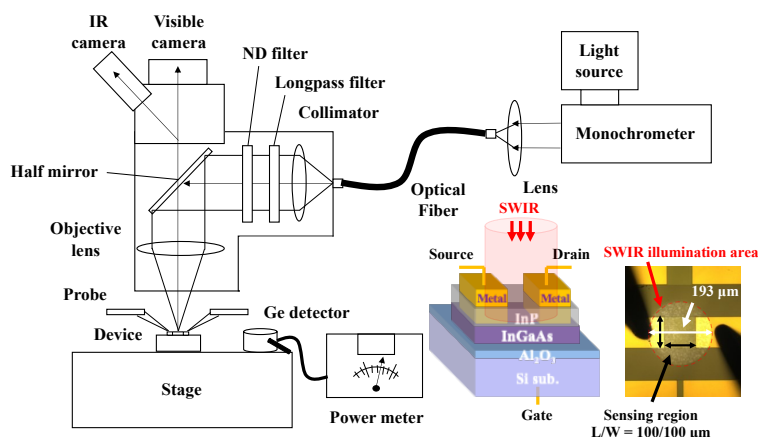


Fig. 1. Photocurrent measurement system and InGaAs PhotoFET image under SWIR illumination.

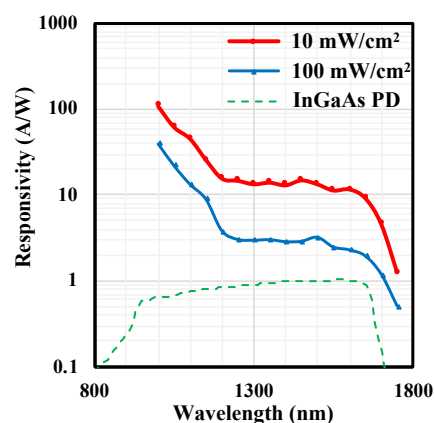


Fig. 2. Wavelength dependence of responsivity for InGaAs photoFETs at different incident power (10 mW/cm² and 100 mW/cm²). Responsivity of InGaAs photodiode is also shown for comparison.

【References】[1] 大石和明等, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 20a-E204-4 (2019). [2] T. Maeda et al., Jpn. J. Appl. Phys., 59 SGGE03 (2020). [3] 大石和明等, 第 25 回電子デバイス界面テクノロジー研究会 p69-74 (2019). [4] 大石和明等, 第 67 回応用物理学会春季学術講演会 14a-B410-2 (2020).