

InAs 系 MSM-PD における光利得機構

Physical mechanism for optical gain in InGaAs-MSM-PDs

東理大基礎工 〇杉山駿輔, 西尾結, 佐藤万里衣, 平田柝作, 佐藤宇人, 平山尚美, 飯田努, 高梨良文

Tokyo Univ. of science, 〇Shunsuke Sugiyama, Yui Nishio, Marie Sato, Shusaku Hirata, Takato Sato, Naomi Hirayama, Tsutomu Iida, and Yoshifumi Takanashi

E-mail: j8213628@ed.tus.ac.jp

1. 研究概要

光通信の高速・大容量化に向けた光通信受信部の性能向上のために、MSM-PD と HEMT を同一基板上に集積化した光電集積回路(OEIC)の実現が期待されている。高速デバイスとして知られる $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ HEMT と同一構造を有する MSM-PD を同一基板上に作製した。^[1] 本来、高性能 MSM-PD の実現に求められる層厚は $1\mu\text{m}$ 以上で、HEMT 構造の 100 倍の厚さである。しかしながら、作製した MSM-PD の光吸収層が HEMT のチャンネル層と同じ 15nm と薄いにもかかわらず、高光利得 (≥ 100)、高速光応答 ($\leq 20\text{psec}$)を示すことが確認された。本研究では作製した $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ MSM-PD から得られた高光利得の機構を明らかにすることを目的とする。

2. 実験方法

本研究では電子走行層のみが異なる 2 種類の MSM-PD を用いた。その構造を図 1 に示す。構造 1 では、電子走行層を InAs に近づけた $\text{In}_{0.75}\text{Ga}_{0.25}\text{As}/\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ とした。また、構造 2 では電子走行層を $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ のみの構造とした。層厚は HEMT と同一の基板上に作製したため、チャンネル層厚が 15nm と薄くなっている。

構造 1, 2 に波長 $1.55\mu\text{m}$ の CW レーザー光を入射した際の光電流をロックインアンプで検波して測定し、光電流と感度の光強度特性を調べた。また、ハロゲンランプ光 $1000\sim 2700\text{nm}$ まで 100nm 間隔で分光した光を構造 1, 2 に入射させた際の光電流を測定し、それぞれの波長における感度を算出し、MSM-PD の分光感度特性を調べた。

3. 結果及び考察

構造 1 の光電流・感度の光強度特性を図 2 に示す。通常の PD とは異なり光強度の増加と共に感度は低下していくが、 10mW の光強度でも感度は 0.1 A/W 以上であることが分かる。光電流が半導体の光吸収端にのみ基づくとした場合、構造 1 の感度の理論値は 0.015 A/W であるので、大きな光利得が得られていることが分かる。

光電流の起源は半導体の光吸収端によるものだけではないと考えられる。そこで MSM-PD の光感度の機構としてショットキー電極における光電効果を検討した。Schottky Emission 機構に基づき、電極からの電子注入があるとき、(1)式のような特性となる。^[2] (R :感度, $h\nu$:入射光のエネルギー, ϕ_B :電極と半導体間の Schottky 障壁の高さ)

$$\sqrt{R} = h\nu - \phi_B \quad (1)$$

構造 2 の分光感度特性を図 3 に示した。図 3 より入射光の閾値が 0.5 eV であることが分かる。これは Schottky 障壁高さ ϕ_B の理論値 0.53 eV にほぼ合致し、 $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ の光吸収端 0.74 eV に一致しない。同様な実験を構造 1 について行ったところ、光吸収の閾値はやはり 0.5 eV 近傍であり、この現象はチャンネル組成に依存しない。このことより、従来の利得機構として知られている光吸収端によるキャリアの生成だけでなく、電極からの電子注入により、高光利得が得られたと考えられる。

4. 参考文献

- [1] Y. Koreeda, Y. Endo, K. Sato, K. Yoshizawa, Y. Nishio, H. Taguchi, T. Iida, and Y. Takanashi, Phys. Stat. Sol. (c) **9**, 357 (2012).
 [2] S. M. Sze, Physics of Semiconductor Devices (John Wiley & Sons, New York, 1981) Chap. 5.

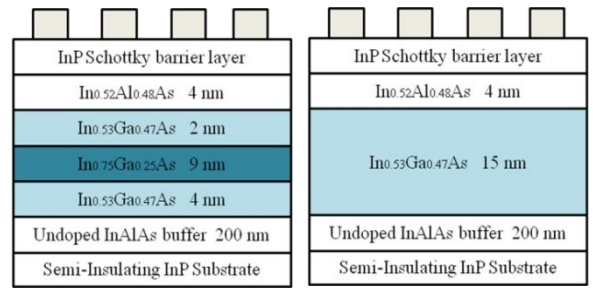
Line/ Space: $0.2\mu\text{m}/0.6\mu\text{m}$
Ti/ Au Schottky metal: $10\text{nm}/500\text{nm}$ (a) 構造 1: $\text{In}_{0.75}\text{Ga}_{0.25}\text{As}$ MSM-PD (b) 構造 2: $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ MSM-PD

図 1 試料構造

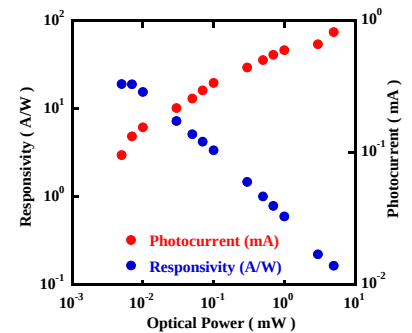
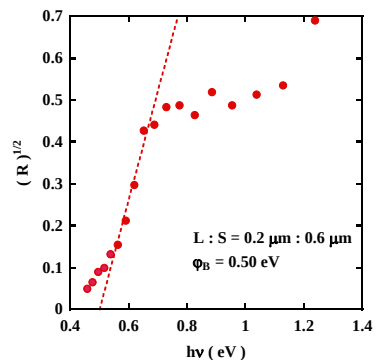


図 2 光電流・感度の光強度特性

図 3 $\sqrt{R} - h\nu$ 特性