

InAs 系 MSM-PD における光利得の偏光依存性

Dependence of the optical gain on the polarization in InGaAs-MSM-PDs

東理大基礎工 ○佐藤宇人, 西尾結, 平山尚美, 飯田努, 高梨良文

Tokyo Univ. of science, °Takato Sato, Yui Nishio, Naomi Hirayama, Tsutomu Iida, and Yoshifumi Takanashi

E-mail: 8214631@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。MSM-PD の光吸収層が HEMT のチャネル層と同じ 15nm と薄くし、高光利得 (≥ 100)、高速光応答 ($\leq 20\text{psec}$)を示すことが確認されている^[1]。更に、これまでの研究において、高光利得の原因が、従来の利得機構として知られるバンド間光吸収によるキャリアの生成だけでなく、Schottky Emission 機構に基づく電極からの電子注入によるものであることが実証された^[2]。MSM-PD では周期的なくし型電極が用いられており、Schottky Emission 機構に加えて、表面プラズモンに起因する光吸収も考えられる。本報告では、試作した MSM-PD でこの現象が起きていることを実証することを目的とする。

2. 試料構造 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。それらの構造を図 1 に示す。構造 1 では、電子走行層を InAs に近づけた $\text{In}_{0.75}\text{Ga}_{0.25}\text{As}/\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ 複合チャネルとし、構造 2 では電子走行層を格子整合型の $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ 単層チャネルとした。層厚は HEMT と同一の基板上に作製したため、チャネル層厚が 15nm と薄くなっている。電極構造はくし型電極構造を採用した。

3. 測定方法 ハロゲンランプ光を 920 ~ 2700 nm ま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。また、波長 1.55 μm のシングルモードのレーザー光を偏波コントローラを通して 0 ~ 180° まで偏光させて構造 1,2 に入射させ、その際の光電流を測定し、感度を解析した。

4. 結果及び考察 Schottky Emission 機構に基づく電極からの電子注入により光電流が発生していることを確認するため、構造 1 の分光感度特性に関して Fowler Plot を取ったものを図 2 に示す。図 2 より入射光の閾値が 0.44 eV であることが分かる。この閾値は Schottky 障壁高さ Φ_B を意味しており^[3]、かつ、この値は公称値 0.53 eV にほぼ近く、 $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ の光吸収端 0.74 eV に一致しない。同様な実験を構造 2 について行ったら、光吸収の閾値は 0.48 eV であった。つまり、この現象はチャ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バンド間光吸収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^[2]。

次に、構造 1 の偏光感度特性の測定結果を図 3 に示す。図より、偏光角が 90° のとき感度は最大となっている。デバイス表面に周期的な構造を設けると、表面に平行な光は変調され、周期構造により決定される伝播定数を持つ。表面プラズモンが電極と半導体の界面に存在すると、光の分散曲線と表面プラズモンの分散曲線が交差し、エネルギーと波数の保存則が同時に満たされ、光吸収が起こる^[4]。本研究で用いた MSM-PD は周期的なくし型電極が取り付けられており、その結果、表面プラズモンによる光吸収が起きたと考えられる。図 3 において 90° のときは光の電界ベクトルがくし型電極に垂直の場合(TM 偏光)に対応し、大きな表面プラズモン吸収が起きていることを示している。本現象は電極における光吸収に起因しているため、構造 1 とは層構造の異なる構造 2 から同様の結果が得られた。

5. 結論 試作した MSM-PD の高光利得は Schottky Emission 機構に基づくことが確認された。これに加え、入射光の偏光角が 90° (TM 偏光) に近づくと、表面プラズモンに起因した光吸収により光電流が増幅し、感度が上昇することが確認された。今後の展望としては実験的に示された本物理モデルの理論検証を行い、光利得の定量的な評価を行うことが挙げられる。

6. 参考文献 [1] Y. Koreeda, et al, Phys. Stat. Sol. (c) **9**, 357 (2012). [2] 杉山駿輔 2014 年度秋季 75 回応用物理学会学術講演会 19p-PB2-16. [3] S. M. Sze, Physics of Semiconductor Devices (John Wiley & Sons, New York, 1981) Chap. 3. [4] B. Fischer et al, Surface Sci., **34** (1973) p50-60.

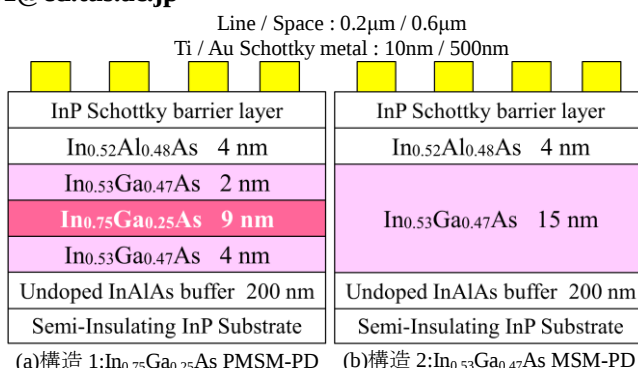


図 1 試料構造

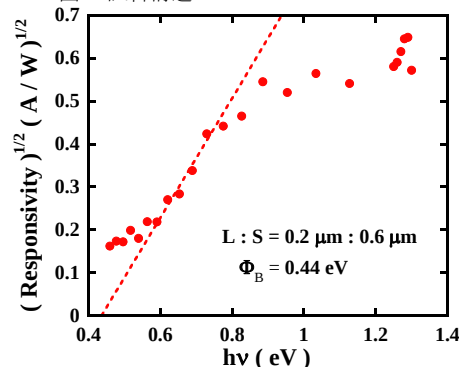
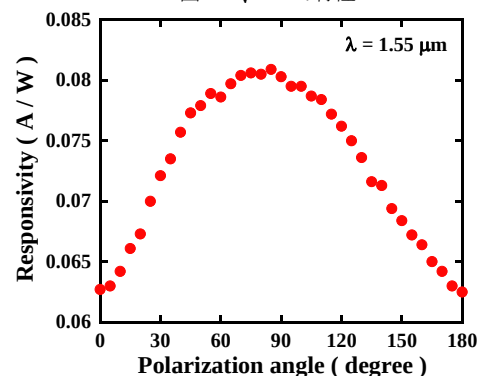
図 2 $\sqrt{R} - hv$ 特性

図 3 感度の偏光特性