

## Xバンド帯における GaN IMPATT ダイオードの動作実証

### Experimental demonstration of GaN IMPATT diode at X-band

名大院工<sup>1</sup>, 名大VBL<sup>2</sup>, 名大未来研<sup>3</sup>, 物質・材料研究機構<sup>4</sup>, 赤崎記念研究センター<sup>5</sup>

○川崎晟也<sup>1</sup>, 安藤悠人<sup>1</sup>, 出来真斗<sup>1,2</sup>, 渡邊 浩崇<sup>3</sup>, 田中敦之<sup>3,4</sup>,

新田州吾<sup>3</sup>, 本田善央<sup>3</sup>, 新井学<sup>3</sup>, 天野浩<sup>2,3,4,5</sup>

Nagoya Univ.<sup>1</sup>, VBL, Nagoya Univ.<sup>2</sup>, IMASS<sup>3</sup>, NIMS<sup>4</sup>, Akasaki R.C.<sup>5</sup>

○Seiya Kawasaki<sup>1</sup>, Yuto Ando<sup>1</sup>, Manato Deki<sup>2</sup>, Hiroataka Watanabe<sup>2,3</sup>, Atsushi Tanaka<sup>3,4</sup>,

Shugo Nitta<sup>3</sup>, Yoshio Honda<sup>3</sup>, Manabu Arai<sup>3</sup> and Hiroshi Amano<sup>2,3,4,5</sup>

Email: s.kawasaki@nagoya-u.jp

<背景> IMPATT ダイオードは 10 GHz ~ 300 GHz における高出力ミリ波/マイクロ波発振器として用いられている。GaN を用いた IMPATT ダイオードは、THz 領域においても数百 mW の動作が期待でき[1]、従来の Si, GaAs IMPATT ダイオードと比較して、さらなる高周波化、高出力化が期待できる。一方で、GaN IMPATT ダイオードの実験的な報告はほとんどない[2]。我々はこれまで、垂直深堀りメサ型構造により良好なアバランシェ降伏を示す GaN p-n ダイオードを報告してきた[3],[4]。そこで本研究では、高周波・高出力 GaN 発振器の実現を目指し、まずは比較的low周波である X バンド帯における GaN p-n ダイオードの IMPATT 動作について検討を行ったので報告する。

<実験> p<sup>+</sup>-n 片側階段接合を有する単一走行型 (SDR) の IMPATT ダイオードを作製した。p-n 構造の成長は n 型 GaN 自立基板上に MOVPE により行い、ドリフト層不純物濃度は [Si]: 6.4×10<sup>16</sup> cm<sup>-3</sup>, 膜厚 3.1 μm とした。素子分離および電界緩和として ICP-RIE により、垂直に 5 μm のエッチングを行い、p 側に Ni/Au オーミック電極, n 側に Al オーミック電極を形成した。メサ径は 240 μm とした。作製したダイオードを 1mm 角程度に切り出した後、ピルパッケージへ実装を行った。マイクロ波発振の評価には X バンド帯の方形導波管(WRJ-10, 帯域 8-12 GHz)を用いた。導波管内へ設置したダイオードへ、外部回路から降伏電圧程度の方波パルス(パルス幅 500ns, 周期 2 ms)を印加することにより、アバランシェ降伏を発生させた。その際に発生するマイクロ波の周波数、出力をスペクトラムアナライザにより測定した。

<結果> 印加電流密度を 1.6 kA/cm<sup>2</sup> とした場合に得られた発振特性を図 1 に示す。9.52GHz 付近に明瞭なピークが観測され、IMPATT 動作によるマイクロ波の発振を確認した。出力は最大で 11.6 dBm, 14.45 mW, が得られた。出力の印加電流密度依存性を図に示す。印加電流密度が 0.8 kA/cm<sup>2</sup> を超えたところで発振が確認され、以降、印加電流密度の増大に従い、出力は単調に増加したが、2.0 kA/cm<sup>2</sup> を超えたところで飽和する傾向が得られ、ダイオードの発熱による出力の制限が示唆される。また、得られた出力は現在までに報告されている Si, GaAs, 4H-SiC IMPATT ダイオードと比較すると低い。これは p-コンタクト抵抗をはじめとした直列抵抗による負性抵抗の補償によるものと考えられ、コンタクト抵抗率の低減、基板の薄化等の作製プロセスの改善により、さらなる高出力化が可能であると考えられる。

<参考文献> [1] A. Biswas *et al.*, J. Infrared Milli Terahz Waves **39**, 954 (2018). [2] D. Ji *et al.*, DRC, 2020, p. 15. [3] H. Fukushima *et al.*, Appl. Phys. Express **12**, 026502 (2019). [4] H. Fukushima *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **58**, SCCD25 (2019).

【謝辞】本研究は文部科学省「省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体研究開発」事業 JPJ005357 の助成を受けたものです。

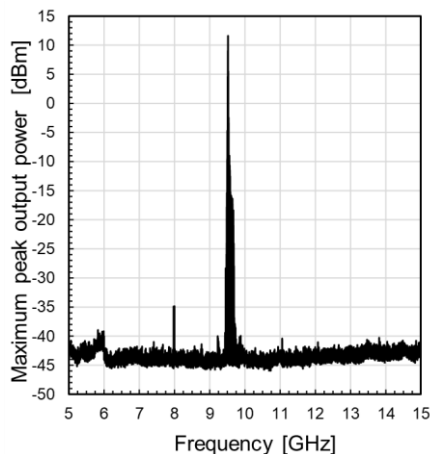


Fig. 1. Spectral output of the GaN IMPATT diode

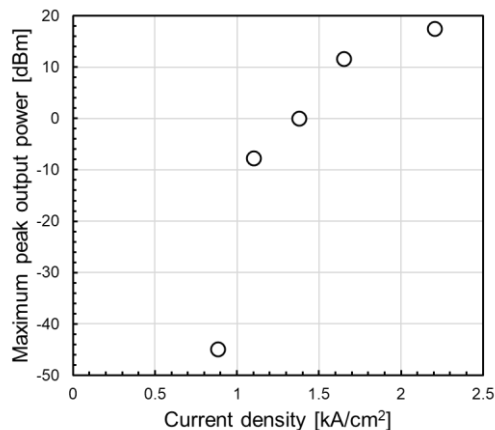


Fig. 2. Current density dependence of maximum peak output power.