

マイクロ波帯 Hi-Lo 型 GaN IMPATT ダイオードにおける
Lo 層ドナー濃度が入出力特性に与える影響

The effect of Lo-layer donor concentration for input-output characteristics on
microwave band GaN Hi-Lo type IMPATT diode

名大院工¹, 名大 D センター², 名大未来研³

○川崎 晟也¹, 隈部 岳瑠¹, 出来 真斗^{1,2}, 渡邊 浩崇³, 田中 敦之³, 本田 善央³, 新井 学³, 天野 浩^{1,2,3}

Nagoya Univ.¹, D Tech Serial Innovation Center, Nagoya Univ.², IMaSS, Nagoya Univ.³

○Seiya Kawasaki¹, Takeru Kumabe¹, Manato Deki^{1,2}, Hirotaka Watanabe³,
Atsushi Tanaka³, Yoshio Honda³, Manabu Arai³ and Hiroshi Amano^{1,2,3}

Email: s.kawasaki@nagoya-u.jp

<はじめに> GaN IMPATT ダイオードは高出力動作可能なテラヘルツ光源として期待されている[1]. 前回我々は、マイクロ波帯 GaN IMPATT ダイオードにおいて、Hi-Lo 型が従来の階段接合型と比較して高効率・高出力動作が可能であることを報告した[2]. IMPATT ダイオードの発振効率は、降伏電圧 (V_b) に対する、アバランシェ領域での電圧降下 (V_a) の比, $(V_b - V_a)/V_b$, で定義され、理論的には Lo 層のキャリア濃度が低いほど良いことになる. しかしながら、実際にはその限りではなく、動作時の電界分布に依ることが報告されている[3]. そこで、本研究では Lo 層のドナー濃度を様々に変化させた GaN Hi-Lo 型 IMPATT ダイオードを作製し、その入出力特性について比較・検討したので報告する.

<実験> 動作周波数 15 GHz の単一走行型 Hi-Lo 型 GaN IMPATT ダイオードを作製した. 前回報告した設計指針に従い、Hi 層はドナー濃度(N_{d_Hi}) $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, 膜厚 800 nm で固定とした. Lo 層の膜厚 (x_d) は電子飽和速度と動作周波数から 2.9 μm とし、ドナー濃度(N_{d_Lo})を $1.5\text{--}3.5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ の範囲で変化させた. n 型 GaN 自立基板上に MOVPE により Hi-Lo 構造を成長させ、ダイオードを作製した. 接合直径は 200 μm とした. ダイシング・パッケージの後、方形導波管回路を用いて発振特性の評価を行った. 熱による破壊を防ぐため、評価はパルス幅 200 ns, 周期 2 ms のパルス発振で行い、発振周波数をスペクトラムアナライザにより、出力をパワーセンサにより測定した. Lo 層のドナー濃度を降伏電圧として、得られた発振出力を比較した.

<実験結果> 作製したダイオードはいずれもアバランシェ降伏を示し、耐圧は 250–380 V であった. 入力電流密度が 2.5 kA/cm^2 を超えたところで発振が開始し、その発振周波数は 14–16GHz であり、設計通りであることを確認した. 図 2 に作製したダイオードの入出力特性を示す. 降伏電圧によって、発振出力が異なっていることが分かる. 降伏電圧が 350 V を超えるダイオードは 15 W 程度で出力が飽和傾向を示す一方で、降伏電圧の低いダイオードでは測定した範囲では出力の飽和は見られず、20 W を超える出力を示し、278 V 素子では最高で 25.5 W が得られた. 高降伏電圧素子において出力飽和が見られた理由として、逆方向電圧/電流密度の増大に伴う空乏層のパンチスルーが挙げられる. これにより、アバランシェ領域幅の増大によるパルス状注入電子の拡がりや交流電圧/電流の位相の劣化による力率の低下等に伴い、発振効率の低下が生じたと考えられる. 低降伏電圧素子では、これらが抑制され、高出力動作が得られたと考えられる.

<参考文献> [1] A. Biswas *et al.*, J. Infrared Milli Terahz Waves **39**, 954 (2018). [2]川崎他, 第 76 回春応物 (2023). [3] K. Nishitani, *et al.*, IEEE Trans. Electron Devices, **26** (3), 210-214, (1979).

【謝辞】本研究は、文部科学省 革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術研究開発事業 JPJ009777 および、科研費 22J15656 および JP22H00213 の助成を受けて行われた.

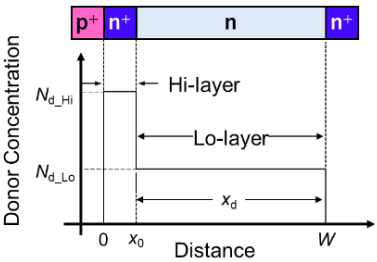


Fig 1. Schematic doping profile of single drift layer Hi-Lo type IMPATT diode.

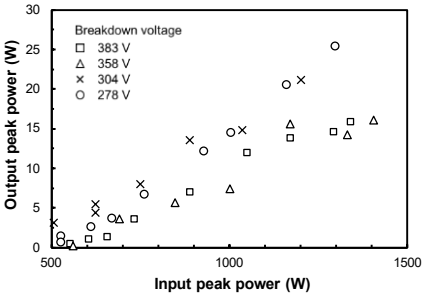


Fig 2. Input – output characteristics of the fabricated GaN IMPATT diode.