

GaN ショットキーバリアダイオードの順方向特性における アノード電極端効果

Edge effect of anode electrode on forward characteristics of GaN schottky barrier diodes

佐賀大学¹, 三菱電機株式会社²

○吉川大地¹, 山口裕太郎², 山中宏治², 大石敏之¹

Saga University¹, Mitsubishi Electric Corporation²,

○D. Yoshikawa¹, Y. Yamaguchi², K. Yamanaka², T. Oishi¹

E-mail: oishi104@cc.saga-u.ac.jp

1. はじめに

ワイドバンドギャップ半導体である GaN は、絶縁破壊電界が非常に高く、飽和電子速度も GaAs 並みであるため、高出力高周波増幅器やパワーデバイス用の材料として適しており、この優れた特性を活かした電子デバイス(トランジスタ、ショットキーバリアダイオード(SBD)など)が活発に研究、開発されている。これらの電子デバイスのなかで、SBD はパワー用途だけでなく、レクテナ、バラクタなどの高周波電子回路用としても期待されている[1]。

GaN HEMT においてもゲートはショットキー電極であり、SBD が内在している。HEMT ではゲート電流は少ない方が良く、ゲートに積極的に順方向のバイアスを印加しない。一方、SBD では整流性を用いたスイッチング特性を利用するため、順方向に大きな電流を流す。これまで SBD や GaN HEMT の逆方向特性におけるエッジ効果は検討されており、高電圧において重要な役割を果たすことが分かっている。しかし、順方向特性におけるエッジ効果についてはあまり検討されていないが、整流特性を検討するうえで重要となると考えられる。

今回、我々は、SBD の順方向特性におけるエッジ効果を検討し、内部の物理現象を解析したので報告する。

2. 実験方法

SBD は、SiC 基板上に GaN 層と AlGaIn 層で構成されたヘテロ接合を持ち、半導体表面にアノード電極(ショットキー電極)、カソード電極を形成したものである。アノード電極は円形で、エッジ効果を検討するために、直径が 0.1 mm と 0.4 mm の 2 種類の SBD を用意した。電気的特性はカソード電極を接地し、アノード電極に 0 から 2 V までの順方向電圧を印加した。また、デバイス内部の物理現象を計算するためにデバイスシミュレーションを利用した[2]。

3. 実験結果と解析

図 1 に 2 種類の SBD の面積当たりの電流密度の順方向電圧依存性を示す。電圧が高くなると差が生じ、2V で 40% の違いが表れている。よって、逆方向だけでなく、順方向特性においてもエッジ効果は無視できないことがわかる。定量的にエッジ効果を検討するため、以下の式を用いて、面積 S_a に比例する電流成分 J_a (A/cm²) と周辺長 L_e に比例する電流成分 J_e (A/cm)

に分離した。

$$I = J_a S_a + J_e L_e$$

図 2 に $J_e L_e$ と $J_a S_a$ の割合の電圧依存性を示す。立ち上がり電圧 0.9 V まではほぼ $J_a S_a$ が支配的である。しかし、高電圧となるに従い、 $J_e L_e$ が増加し、エッジ効果が顕著となることがわかった。

図 3 に順方向電圧 2 V における電流密度分布を示す。エッジから中央に向かい、電流が分布している。これは、順方向電圧では、抵抗の低い 2 次元電子ガスがアノード電極下全体に存在するためと考えられる。

4. まとめ

形状(面積と周辺長)が異なる SBD パターンを用いて、順方向特性におけるエッジ効果を検討した。順方向電圧が高い領域では、アノード電極下の電流分布が不均一となり、エッジ効果が顕著に表れることがわかった。このため、レクテナなどの SBD の利用には順方向でのエッジ効果の影響を十分考慮することが必要である。

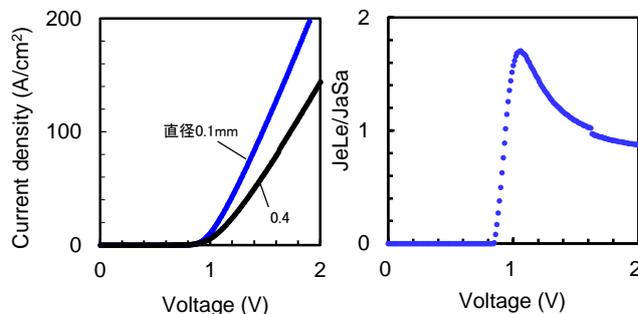


図 1. 面積当たりの電流密度の順方向特性

図 2. 面積および周辺長に比例する電流成分の比

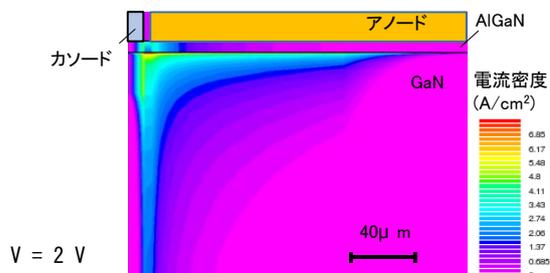


図 3. 順方向電圧 (2 V) におけるアノード電極下の電流密度分布

参考文献

[1] 原内他、信学技報 WPT2011-27(2012-03), 2012.

[2] Atlas user manual, Ver. 5.19.20.R. Silvaco, 2014.