

# 四元混晶 AlGaInN エミッタと量子井戸を組み込んだベースを特徴とする GaN npn HBT のシミュレーション解析

Simulation Study on a GaN-npn HBT with a AlGaInN Emitter Layer and a Quantum Well Base layer

名工大、°(M1)二階 祐宇、(B)飯田 悠介、間瀬 晃、江川 孝志、三好 実人

Nagoya Inst. Tech. Yutaka Nikai, Yusuke Iida, Akira Mase, Takashi Egawa, Makoto Miyoshi  
E-mail: y.nikai.260@stn.nitech.ac.jp

## 1. はじめに

MOCVDにより、C面 GaN に格子整合する合金組成に近いところで、GaN よりも広いバンドギャップを持つ四元混晶 AlGaInN エピタキシャル膜が正常に成長したことを報告した[1]。

この AlGaInN をエミッタ層に備えた GaN ベースの HBT という新しいデバイスコンセプトを考案。高周波無線通信分野への応用が有望である。

デバイス実現のためには、抵抗率の低い埋め込み p 型導電層を形成することが不可欠であり、我々は p-GaN ベース層に GaInN 量子井戸 (QW) を挿入することを特徴とする AlGaInN/GaN npnHBT を新たに提案する。本報告はこの新構造に関するデバイスシミュレーションの結果を提示する。

## 2. シミュレーションおよび実験

図 1 に、この研究で調査した p ベース層に GaInN QW を挿入した npn 型 AlGaInN / GaN HBT の概略図を示す。デバイスシミュレーションには、Silvaco©ATLAS を使用。各層の基本パラメータを表 1 に示す。

ベース内部に GaInN QW を使用したデバイスモデルでは、QW に蓄積された 2次元ホールガス (2DHG) により、p-GaN ベース層の横方向抵抗率を下げる事ができる。従来モデルとの違いを明確にするために、エミッタ端部とベース電極端部間の横方向の距離 (図 1 の  $L_{EB}$ ) を検討要素として考慮した。

さらに、GaInN QW を内部に持つ p-GaN 膜の MOCVD 成長も試み、ホール効果測定によってそれらの電気的特性を評価した。

## 3. 結果と考察

図 3 および図 4 に、20 $\mu\text{m}$  の一定の  $L_{EB}$  を持つデバイスモデルの I-V ( $I_{CE}$ - $V_{CE}$ ) 特性の計算結果を比較する。提案する HBT 構造は、QW の挿入による目立った悪影響なしに、良好なピンチオフ特性を示すことが判った。さらに、QW のない従来の p-base 構造は、1.5 $\Omega\text{cm}$  という高い抵抗率のために適切に変調されないが、QW のある p-base 構造では、0.2 $\Omega\text{cm}$  と大幅に減少した横方向抵抗率を示し、より良いデバイス特性を示した。

図 4 に、MOCVD 成長サンプルの横方向比抵抗の温度依存性を示す。その結果、GaInN QW を挿入することにより、横方向の抵抗率が大幅に低下することを確認した。GaInN QW を使用したサンプルで温度依存性が逆の傾向を示すのは、QW に蓄積されたホールによる 2次元伝導によるものと推測する。

## 4. 謝辞

本研究は、JST A-STEP (研究成果最適展開支援プログラム No.JPMTR20R2) の支援を受けています。

## 参考文献

[1] M. Miyoshi et al. Phys. Status Solidi A 2020, 217, 1900597.

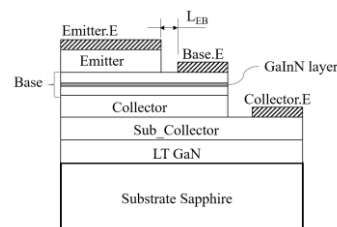


図 1 HBT の断面構造

表 1 構造パラメータ

	Composition	Thickness [nm]	Impurity [cm <sup>-3</sup> ]	Conc. [eV]	Eg [eV]
Emitter	Al <sub>0.25</sub> Ga <sub>0.75</sub> In <sub>0.11</sub> N	100	Si	1.0E20	4.0
Base	GaN	70	Si	4.9E18	3.4
QW	Ga <sub>0.98</sub> In <sub>0.02</sub> N	5	Mg	1.3E18	2.9
Collector	GaN	200	Si	1.0E15	3.4
sub_Collector	GaN	1000	Si	3.0E18	3.4
Substrate	Sapphire <0001>	-	-	-	-

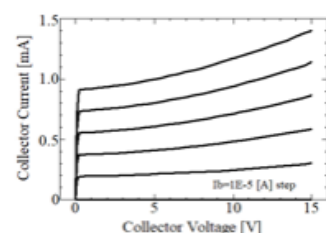


図 2 量子井戸有の IV 特性

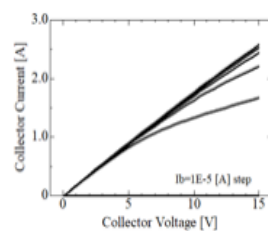


図 3 従来構造の IV 特性

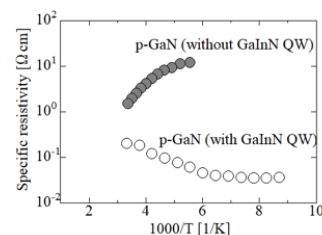


図 4 p-GaN 膜の抵抗率の温度依存性