

次世代通信規格を見据えた GaN トランジスタの特性評価

SATテクノロジー・ショーケース2023

■ はじめに

窒化ガリウム(Gallium Nitride; GaN)は絶縁破壊電界強度や電子移動度が高いことから高出力・高周波動作が可能なデバイス材料として実用化が進んでいる。特にGaNを用いた高電子移動度トランジスタ(High Electron Mobility Transistor; HEMT)は情報通信分野やセンシング技術において利用がなされている。Beyond 5Gなどのさらなる通信規格においてGaN HEMTを用いるためには線形性の向上など、さらなる性能向上が求められているところである。しかし、線形性の要件は発展途上であり、性能劣化の主な原因として半導体内部の不純物や欠陥が影響していると考えられている。これらの欠陥はトラップと呼ばれる電気的特性に影響を与えるものとして認識されており、トラップの特性の解明が必要とされている。トランジスタなどの素子を設計に取り入れる際には、トラップを考慮した等価回路を組み込む必要があるが、従来の測定法ではトラップの特性は測定できる一方で、等価回路モデルが不明といった課題があった。

本グループでは、回路設計の際の素子を組み合わせるとき、実特性を一般的に測定するために用いられる交流二端子対回路網測定を用いてGaN HEMT全体の特性を測定し、その中のデータからトラップ特性を評価する手法の研究を行っている。

■ 活動内容

1. デバイスの側面から見たトラップ評価

Beyond 5G(6G)でGaN HEMTを動作させた際に、線形性の劣化がどのように影響するのか、トラップの側面から研究している。図1のように移動体通信規格の進化によって情報の密度が増加しているため、高出力・高周波かつ良好な線形性を持つトランジスタ素子が必要とされている。それを実現できる素子の一つにGaN HEMTがあるが、線形性の面ではBeyond 5Gの要求には答えられない状況である。そのため、次世代通信規格に対応するGaNトランジスタを用いるには、トラップの特性をよく理解し、トラップに対応する等価回路をシステム設計に取り入れる必要がある。

2. 交流二端子対回路網によるトラップ評価

これまでのトラップの評価法はバイアスを変化させた際の空乏層の過渡応答を利用する手法であった(図2(a))。この手法では実際に回路動作する際のバイアス点で、どのような影響を起こすのか不明であった。そこで、本グループでは、システムに組み込む際の回路設計でよく用いられ

る交流二端子対回路網パラメータのうち、Yパラメータを用いてトラップの評価を行っている。

Yパラメータの測定はバイアスを固定した状態で微小な交流信号(-20 dBm)を入力するため、バイアスの変動が少なく、実際の回路動作と同じ状況でのデータを活用できる(図2(b))。特に、Yパラメータの成分は $\dot{Y} = G + j\omega C$ となるため、虚部は空乏層容量の変化に対応する(図3)。

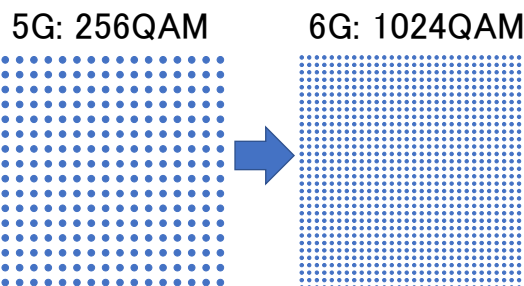


図1 情報密度の増加のイメージ
(QAMのシンボル密度の増加)

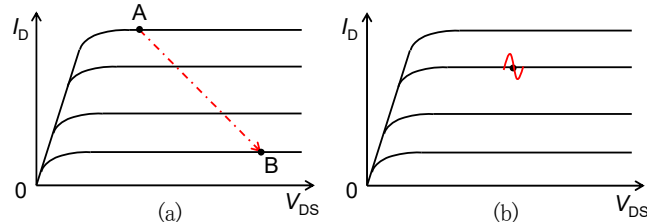


図2 トラップ評価のバイアス移動のイメージ
(a) 従来の測定手法
(b) 交流二端子対回路網による測定手法

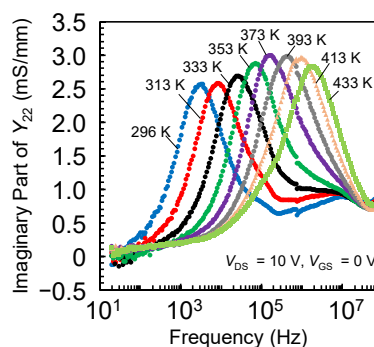


図3 YパラメータのうちY₂₂虚部の周波数依存性

代表発表者 西田 大生(にしだ たいき)

所属 佐賀大学大学院
理工学研究科理工学専攻
電気電子工学コース

問合せ先 〒840-8502 佐賀県佐賀市本庄町1
22730022@edu.cc.saga-u.ac.jp

■キーワード: (1) GaN HEMT
(2) トラップ
(3) 交流二端子対回路網

■共同研究者: 大石 敏之(佐賀大学)