

高抵抗 GaN バッファ層を有する AlGaN/GaN 高周波デバイスの 低周波 Y パラメータ測定によるトラップ評価

Evaluation of Trap Characteristics in High-frequency AlGaN/GaN HEMTs with
High-resistivity GaN Buffer Layer by Low-frequency Y-parameter Measurements

三菱電機株式会社, [○]山田 高寛, 小林 裕美子, 齋藤 尚史,

綿引 達郎, 柳生 栄治, 山向 幹雄

Mitsubishi Electric Corp., [○]Takahiro Yamada, Yumiko Kobayashi, Hisashi Saito,

Tatsuro Watahiki, Eiji Yagyu, Mikio Yamamuka

E-mail: Yamada.Takahiro@cw.MitsubishiElectric.co.jp

【はじめに】 AlGaN/GaN HEMTs (High-electron mobility transistors) は、高出力かつ高効率デバイスとして移動体通信基地局向け電力増幅器に用いられている。これらのデバイスは高耐圧化のため Fe や C を添加した高抵抗 GaN バッファ層を有しているが、この不純物添加は同時にキャリアトラップサイトを形成するため、電流コラプスによる出力低下や高周波特性の劣化などの要因として懸念される[1]。そのため、デバイス特性の更なる改善にはトラップ特性を理解し制御することが重要である。本研究では、高抵抗 GaN バッファ層を有する AlGaN/GaN HEMTs に対して低周波 Y (アドミッタンス) パラメータ測定を適用し、不純物添加によって形成されたトラップの特性評価について検討した。

【実験方法と結果】 GaN バッファ層の Fe 濃度を $6.5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、 $1.3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、 $2.6 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、もしくは C 濃度を $2.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ とした AlGaN/GaN HEMTs を作製し、低周波 Y パラメータ測定を行った。測定はベクトルネットワークアナライザ (対応周波数: 5 Hz~3 GHz) を用い、SMA ケーブルおよび GSG プローブを通じてトランジスタと接続した。また伝送経路にバイアスティを介して DC 電圧を印加した。測定周波数は 10 Hz~100 MHz である。測定条件は、RF 入射電力を -20 dBm で固定し、ゲート電圧を -3.0~0 V (閾値: 約 -2.7 V)、ドレイン電圧を 3~20 V、基板温度を室温~150°C の範囲で変化させた。図 1 に Fe 添加 ($2.6 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) AlGaN/GaN HEMT から取得した Y22 虚数成分 (Im-Y22) の温度依存性を示す。Im-Y22 カーブにおいて、Fe 添加のトラップ応答を表す明確なピークが確認できる[2,3]。このピーク周波数はトラップの時定数に対応しており、基板の温度上昇にともなって高周波数側へシフトした。この時定数の温度依存性に対するアレニウスプロットからトラップ準位を見積った結果を図 2 に示す。Fe 添加によるトラップ準位は約 0.51 eV と見積られることがわかった。一方、C 添加では約 0.57 eV となり、Fe 添加に比べて深い準位を形成することがわかった。これらの結果は、過渡応答測定から見積もった値とよく一致しており、本手法はトラップ特性の評価に有効であると考えられる。[1] M. A. Kahn, *et al.*, Electron Lett. **30**, 2175 (1994). [2] N. K. Subramani, *et al.*, J. Electron Device Soc. **5**, 175 (2017). [3] T. Otsuka *et al.*, Abstract of IEEE BiCMOS and Compound Semiconductor Integrated Circuits and Technology Symposium 2019.

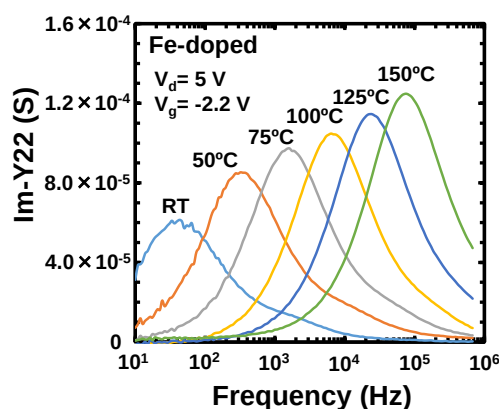


Fig. 1 Temperature dependences of Im-Y22 curves taken from Fe-doped ($2.6 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) AlGaN/GaN HEMT.

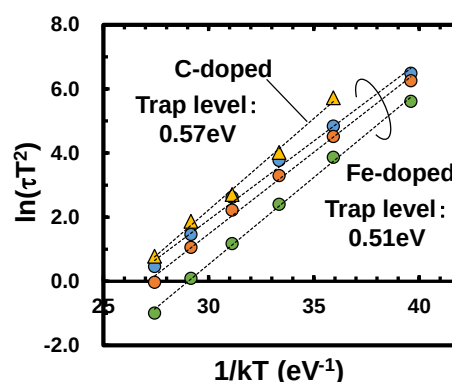


Fig. 2 Energy levels of traps in Fe- or C-doped AlGaN/GaN HEMTs, estimated from Arrhenius plots showing relationship between temperature and trap time-constant (τ).