トラップの時定数が GaN HEMT のパルス応答に与える影響 ーデバイスシミュレーションによる検討ー Study on effect of trap lifetime to pulse response of GaN HEMT by TCAD 佐賀大学大学院 網代 康佑,大石 敏之 Saga Univ. °K. Ajiro, T. Oishi

E-mail: 17576001@edu.cc.saga-u.ac.jp, oishi104@cc.saga-u.ac.jp

1.はじめに

GaN HEMT は、これまで、携帯基地局やレー ダなどの高周波高出力分野に適用されている. さらに、近年、パワーデバイスへの適用も検討 され、実用化が始まっている.現在、パワー分 野で、より高性能化が望まれており、課題のひ とつが GaN HEMT 中のトラップである.パワ ー分野で取り扱う信号は方形波で、高周波分野 の正弦波と異なる.これまでトラップの影響は デバイス開発の観点からステップ応答により 検討されてきたが、実際の方形波に与える影響 についてはあまり検討されていない.今回、デ バイスシミュレーションによりトラップがパ ルス(方形)波の応答に与える影響を検討した ので、報告する.

2. デバイス構造

図 1 にシミュレーションに用いた GaN HEMT の断面模式図を示す. AlGaN/GaN ヘテロ構造を 持つ横型 HEMT である. AlGaN/GaN 界面に固定 電荷 (7×10^{12} cm⁻²)を挿入し, 2 次元電子ガスを 形成させた. トラップは GaN 層 (厚さ 0.03 μ m)中のみに均一に分布させた. トラップは, ア クセプタ型, エネルギー0.5 eV, 濃度 1×10¹⁸ cm⁻³, 捕獲断面積度 1×10⁻²² cm² とした. ゲー ト形状は T 型である. なお, シミュレーション はシルバコ社の TCAD を使用した.

3. 計算結果と考察

まず,トラップの性質を確認するため,過渡 応答(ステップ応答)を計算した.ドレイン電圧 Vdを5Vと一定とし,ゲート電圧Vgを-5Vか ら0Vに変化させた.ステップ応答はトラップ パラメータから推測される時定数 0.4 ms付近 を中心に Id が変化する(遅い寿命を持つトラ ップが存在する)特性となった.



Fig.1 Schematic cross sectional structure for device simulation.



次に Vd を 5 V と一定とし、Vg を-5 V(オフ) から 0 V(オン)に変化させる方形波(パルス)を 印加させた計算を行った.周波数 1 kHz(周期 1 ms)と 1 MHz(1 μ s)について、パルス応答を計 算した結果を図 2 に示す.なお、横軸は周期で ある.周期が長い 1 ms(1 kHz)では Vg が-5 か ら 0 V に変化すると Vg が 0 V と一定(オン時) であっても、Id が変動する.

しかし,周期が短い1µsの場合,オン時の Id は0.5 A/mmと一定である.これから遅い時定 数のトラップは,短い周期(高周波)パルスへの 影響が少ないことがわかる.図3はオン時とオ フ時のパルス(Pulse(Off),Pulse(On))及びオ フ時とオン時の平衡状態(DC(Off),DC(On))に おけるイオン化したトラップ濃度 Ntionの分 布(AlGaN/GaN 界面)を示す.なお,パルス周波 数は1 MHz(1µs)である.パルス時のNtion は熱平衡状態のオンとオフ時の中間の状態と なっている.高周波パルスでは、トラップが応 答できず,Ntionがあまり変化しない.このた め、トラップによる電荷が変化せず,Vg変化に ポテンシャルが追従し,Idがパルスに追従して いると考えられる.

<u>4.まとめ</u>

時定数が遅いトラップが存在しても,高周波 パルスはほとんど影響を与えないことをシミ ュレーションで示した.これは,高周波パルス ではイオン化したトラップが追従できず,パル ス波形を劣化させないためである.

謝辞

本研究は文部科学省「省エネルギー社会の実 現に資する次世代半導体研究開発」の委託を受 けたものです.

