

令和 6 年 4 月 23 日現在

機関番号：17201
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2021～2023
課題番号：21K04139
研究課題名（和文）交流2端子対回路測定を用いた窒化ガリウム関連トラップの物理的性質と挙動の解明

研究課題名（英文）Analysis of Physical Mechanism for GaN Semiconductors Traps by AC Two Port Network

研究代表者
大石 敏之（Oishi, Toshiyuki）

佐賀大学・理工学部・教授

研究者番号：40393491
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：窒化ガリウム（GaN）を用いた電子デバイスにおいて、性能を律速しているトラップの物理的な性質と挙動を解明した。特にトラップが応答する低周波領域で、回路と整合性の高い交流2端子対回路特性の実測を元にデバイスシミュレーションを活用し、研究を進めた。光励起測定、DCバイアスの精度、温特の測定など、体系的な測定を行うとともに、ゲート電圧を0Vとすることで2次元電子ガスを発生させ、GaNとAlGaIn領域を分離してトラップを測定した。これらによりY22パラメータはGaNトラップのみが応答、Y21パラメータはGaNトラップとAlGaInトラップの両者が応答していることを明確にした。

研究成果の学術的意義や社会的意義
窒化ガリウム（GaN）半導体は様々な分野に実用化されているが、より社会を発展させるためにはより高性能なデバイスと回路を社会実装する必要がある。GaN半導体の優れた潜在能力を引き出すためには、トラップを制御することが重要である。このため、トラップの性質や挙動を明確にし、デバイスや回路にフィードバックできる評価方法が求められる。特に次世代無線通信分野ではトラップが応答する低周波数領域での信号の振舞いが回路に大きな影響を与える。本研究では回路モデルと整合性の高い2端子対回路パラメータを使ってトラップ信号を測定することで、物理的な意味を持つトラップを回路モデルに直接組み込む評価方法を研究した。

研究成果の概要（英文）：Low-frequency Y parameters in the two-port network have been studied to analyze the mechanism and properties of the traps in GaN devices. The DC bias of the gate voltage was set to be 0 V, where there is two-dimensional electron gas between the GaN channel and AlGaIn barrier. The DC bias of the drain voltages and the sample temperature were precisely controlled by small intervals. Furthermore, the device simulation was combined with the experimental results, and the origins of the peaks were identified. The imaginary parts of Y22 signals have the traps located in GaN and self-heating effect peaks which don't almost depend on the temperature. Y21 signals have trap peaks in AlGaIn in addition to Y22 peaks. Therefore, two-type traps and self-heating effects are divided using Y22 and Y21. The small-signal equivalent circuit with the trap circuits can be constructed using these results, and the improvement of the module performance is expected by design using the equivalent circuit.

研究分野：電気電子工学 電子・電気材料工学

キーワード：2端子対回路網パラメータ 窒化ガリウムトランジスタ トラップ評価 等価回路モデル

1. 研究開始当初の背景

窒化ガリウム (GaN) 半導体は信号機に使われる青色 LED を代表とする光デバイスの材料として有名である。本材料は絶縁破壊を起こしにくいという優れた電気的特長も併せ持つため、高周波かつ高出力で動作する電子デバイスを実現でき、気象レーダーや衛星通信、5G (第 5 世代移動通信システム) 基地局などに適用されている。しかし、GaN 半導体の優れた潜在能力を 100% 引き出すためには、研究すべき課題がまだまだ残っている。最大の課題のひとつが GaN 半導体に存在するトラップの制御である。例えば 5G の次世代通信 (Beyond 5G、6G) では、情報の大容量化に向け、情報と情報の間隔を狭めようとしている (5G の 4 倍)。しかし、雑音 (歪) により信号がばけてしまい、間隔低減の障害になっている。5G では GaN トランジスタに歪補償回路を付加し、増幅器全体の歪を低減した。しかし、より高速で大容量な通信を実現するためには回路技術の進展だけでは実現できず、GaN トランジスタ自体の歪を低減するための革新的技術が望まれる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、GaN の優れた材料物性を引き出すために、回路の視点を含んだ材料評価により、GaN トランジスタに存在するトラップの性質を理解することである。具体的には「GaN トランジスタにおける各種トラップの物理的性質を解明すること」、「トランジスタ内部におけるトラップの挙動 (デバイス物理) を解明すること」、「等価回路におけるトラップの挙動を解明すること」である。

3. 研究の方法

本研究ではトラップを評価する手法として「低周波領域における 2 端子回路網パラメータ」を利用した。2 端子回路網パラメータは高周波領域においてはトランジスタの真性領域の小信号等価回路を構築するために利用されている。しかし、高周波領域ではトラップは応答せず、トラップの様子を評価することができない。そこで、トラップが応答する低周波領域で 2 端子対回路網パラメータを評価することで、トラップの物理的な性質や挙動を解明するとともに、トラップの小信号等価回路を構築できると考えた。さらにデバイスシミュレーションと実測を比較検討することで、実測で得られた信号の起源を明確にした。

図 1 は GaN トランジスタの模式的断面構造図と低周波領域 2 端子回路網パラメータの測定方法を示す。GaN トランジスタ (図 1(a)) は、HEMT (高電子移動度トランジスタ) 型である。GaN トランジスタには GaN 層、AlGaIn 層 (表面) にトラップが分布していることが知られている。また、MHz オーダーの領域に自己発熱に由来する信号があることも知られている。しかし、低周波領域での 2 端子対回路網パラメータの信号の判別やその区別方法は知られていないのが現状である。今回、GaN 層と AlGaIn 層 (表面) を区別するために、これらの境界に故意に 2 次元電子ガスを存在させるバイアス条件 (ゲート電圧 0 V) を適用することで、信号の由来を区別することを試みた。また、高電圧 (高電界) で高電流密度となるドレイン側のゲート端においてジュール熱が発生し、発熱する。この熱が拡散することで、熱による信号が発生する。図 1(b) は低周波領域 2 端子回路網パラメータの測定方法を示す。低周波領域 (5 Hz ~ 3 GHz) の小信号の応答を測定できるベクトルネットワークアナライザ (VNA) を用いた。チップ状の GaN トランジスタに GSG プローバを降ろし、SMA コネクタと高周波ケーブルで VNA と接続した。DC バイアスはゲート電圧 0 V とした。また、ドレイン電圧は 10 程度から 30 V 程度までの電圧依存性を検討した。また、トラップの性質や挙動を詳しく調べるために、ステージ温度を制御することで GaN トランジスタの温度を変化させた。研究開始当初の目論見として温度のエネルギーの代わりに光エネルギーを与えることで、広範囲にわたり、GaN トランジスタのトラップの状態を変えようとした。光に対して、トラップ信号の応答は変化したもの、その大きさは限定的であった。そのため、広範囲に状態を変化させるのではなく、範囲は狭いものの、温度は電圧間隔を細かくとることでトラップの状態を変化させ、信号の応答を観察した。このため、バイアスや温度を精度よく制御する方法を検討し、測定に応用した (VNA は交流信号の測定であり、内部抵抗が 50 Ω と通常の DC 測定装置より小さい。このため、内部抵抗による電圧降下が顕著でこれを考慮した DC バイアス制御が重要となった)。

図 2 は GaN トランジスタの典型的な DC 特性 (I_D - V_{DS} 特性)、DC バイアス例、低周波 2 端子対回路特性 (Y パラメータ) 例 (虚部) である。図 2(a) に示すようにバイアス電圧は、ゲート電圧 0 V においてドレイン電圧を変動させた。ゲート電圧 0 V では、GaN と AlGaIn の境界に 2 次元電子ガスが存在する。このため、GaN と AlGaIn は電気的にシールドされると考えられ、GaN と AlGaIn のトラップを区別できると考えた。Y パラメータは 4 個の複素数から構成され

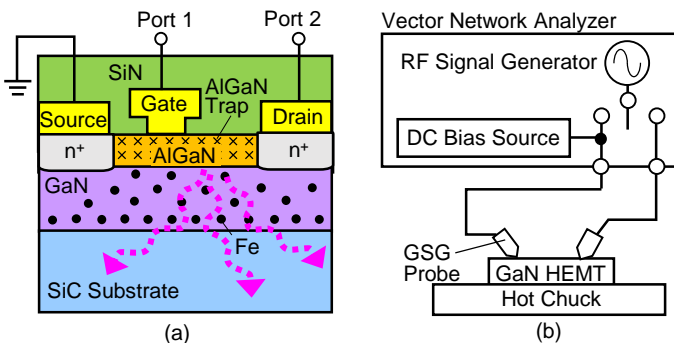


図1 (a) GaNトランジスタの模式的断面構造図、
(b) 低周波領域の2端子対パラメータ測定方法

る。実部と虚部の信号を比較検討した結果、トラップの信号は虚部においてピークとして観察されることがわかった。一方、実部においてトラップの信号はピークとして、現れなかった。信号がピークを持つことを利用すれば、エクセル等で信号処理が簡単になる。そこで、虚部について検討することにした。図2(b)は4個のYパラメータの虚部の周波数依存性を示す。Yパラメータの最初の添え字は出力、2番目の添え字は入力を示す。Y₁₁とY₁₂は出力（ゲート電流）が小さく、今回は有意な信号が得られなかった。一方、Y₂₂とY₂₁はドレイン電流が出力であり、有意な信号が得られることがわかった。そこで、本研究ではY₂₂とY₂₁の周波数依存性に注目した。GaNトランジスタのステージ温度を変化させ、ピーク周波数の温度依存性を測定することで、トラップの活性化エネルギー、捕獲断面積を算出した。これを各ドレイン電圧で繰り返すことで、活性化エネルギーと捕獲断面積のバイアス依存性を評価した。このように本方法ではGaNトランジスタの動作ポイントにおけるトラップの性質を明らかにすることができるという特長がある。

本研究では、実測だけでなく、デバイスシミュレーションを活用し、トラップの挙動を検討した。表1は用いた主な物理パラメータ例を示す。2次元電子ガスを発生させる分極の他、GaNとAlGaN層にトラップを配置して、DC特性やYパラメータの周波数依存性を計算し、実測と比較した。DC特性が実測の傾向をおおよそ再現できるような状態でYパラメータを計算、実測と比較することで、トラップの影響について、研究した。なお、実測に近い状態を再現するため、自己発熱効果を考慮した。

4. 研究成果

図3はY₂₂とY₂₁の虚部の周波数依存性を示す。パラメータはドレイン電圧である。ドレイン電圧は最小2Vの間隔である。入力小信号の大きさは-20dBmとDCドレインバイアスにできるだけ変動を与えないような条件でかつVNA内部抵抗の影響を排除した状態で測定しているため、準平衡状態でのトラップが測定できていると考えている。また、周波数が10Hzから100MHzの広い範囲にわたって特徴ある信号が得られた。Y₂₂虚部においては支配的なピークがあり、そのピーク周波数はドレイン電圧が増加すると、高周波側に移動する。また、MHz付近に小さいピークがあり、そのピーク周波数はドレイン電圧にほとんど依存しない。図3(b)のY₂₁虚部はY₂₂虚部より複雑な様子を示す。虚部の大きさが正と負のピークが観察されている。負の大きさのピークはドレイン電圧の増加により高周波側に移動している。また、正のピークはドレイン電圧が高くなると低周波側に現れ、ドレイン電圧増加により高周波側に移動している。また、MHz付近に正の大きなピークがあり、これはドレイン電圧にほとんど依存していない。このように細かいドレイン電圧間隔で体系的にデータを取得、それぞれのピークを追跡できるようになり、Y₂₁虚部のような複雑な信号もそれぞれのピークに分離できるようになった。

実測されたY₂₂虚部とY₂₁虚部の周波数依存性から各ピークのピーク周波数を読み取ったグラフを図4に示す。大きく3種類のピークに分類されることが分かる。Y₂₂虚部とY₂₁虚部のピーク周波数のドレイン電圧依存性がほぼ同じ2種類のピークとY₂₁虚部のみ現れるピークである。Yパラメータにおける虚部のピーク周波数は時定数を表すことが知られている。このため、Y₂₂虚部とY₂₁虚部のピーク周波数が同じ特性を示す場合、これらの信号の起源は同じであると考えら

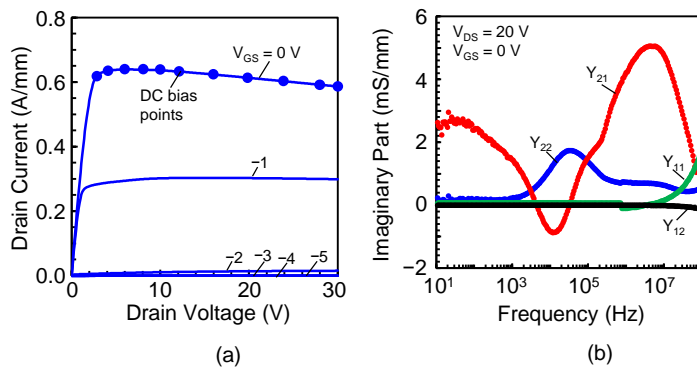


図2 (a) GaNトランジスタのDC特性とバイアスポイント例、(b) 低周波領域の2端子対パラメータ測定結果例(虚部)

表1. デバイスシミュレーションの主なパラメータ例

Parameters	Values
Polarization charge density:	$7.0 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$
GaN acceptor trap:	
energy level below E_C :	0.68 eV
concentration:	Decrease to GaN top
capture cross-section:	$3.0 \times 10^{-15} \text{ cm}^2$
AlGaN donor trap:	
energy level below E_C :	0.4 eV
concentration:	$1.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$
capture cross-section:	$2.0 \times 10^{-22} \text{ cm}^2$
Thermal conductivity:	
AlGaN and GaN	2.53 W/cm/K
SiC	4.38 W/cm/K

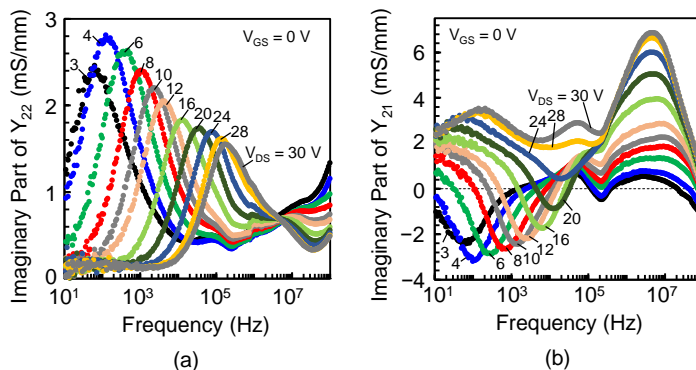


図3 低周波2端子対回路パラメータの測定例 (a) Y₂₂虚部、(b) Y₂₁虚部

れる。そこで、 Y_{22} 虚部と Y_{21} 虚部の両方に現れている添え字 SH と GaN の信号の傾向は同じであるため、それぞれ同じ起源を有することがわかる。また、添え字 AlGaIn と書いた信号は Y_{21} 虚部にしか現れないことがわかる。これらからそれぞれのピークの起源がわかれば、 Y_{22} 虚部と Y_{21} 虚部を比較することで、どのトラップがどの Y パラメータに影響を与えるかが明確になる。影響がある Y パラメータが特定できれば、回路への影響も計算することができ、回路性能を律速する原因が明確になる。

実測で得られたピークの性質をより明確にするため、ステージ温度を室温から 120°C まで変化させ、 Y パラメータを測定した。図 5 は Y_{22} 虚部と Y_{21} 虚部の周波数依存性でステージ温度をパラメータとした特性を示す。今回、ステージ温度をデバイス温度として検討を進めた。図 3 と図 5 を比較すると、今回の測定範囲内では、温度が変化してもドレイン電圧の変化と類似した傾向が得られた。これはトラップの時定数がデバイス内部温度と電界の関数であるためと考えている。図 5(a) から Y_{22} 虚部では支配的なピークがひとつであり、そのピークを検出することは比較的容易であった。しかし、 Y_{21} 虚部では正と負のピークが存在し、温度によりピーク周波数が移動する。このため、正と負のピークが重なりあい、本来のピークとは別に重なりによりピークが発生することがわかった。このため、温度とドレイン電圧を両方とも考慮することで、 Y_{21} 虚部のピークを本来の信号で現れるピーク周波数に分離した。

図 6 は図 3、5 から分離されたピークから求めたアレニウスプロット例を示す。ピーク周波数の逆数を時定数として、ステージ温度の逆数との関係を求めた。図 6(a) に示すように直線性の良い相関が得られており、これから活性化エネルギーと捕獲断面積を算出した。図 6(b) は図 4 の添え字 GaN のピークに対して、 Y_{22} 虚部と Y_{21} 虚部のアレニウスプロットを比較したものである。同じ傾向が得られており、これからも図 4 の Y_{22_GaN} と Y_{21_GaN} の信号は同じ起源であることが確認できる。図 4 の添え字 SH のピークに関して、同様な処理を行った結果、活性化エネルギーが負かほとんど 0 であった。ピーク周波数が MHz オーダーである。GaN や SiC の熱抵抗や熱容量は一般的なトラップより温度依存性を持たないこと、熱拡散の時定数が μsec であったことから添え字 SH の信号はデバイス内部で発生した熱が拡散することによるものと推測できる。

以上の実験結果から得られた結果をデバイスシミュレーションに入れることで Y パラメータの信号の物理的意味について

検討した。なお、実測で得られなかったパラメータに関しては公知論文からの推測値を用いている。DC 特性が実測をおおよそ再現できることを確認した状態で、 Y パラメータに影響を与えると考えられる GaN トラップ、AlGaIn トラップ、自己発熱効果をオンオフすることで、 Y_{22} 虚部と Y_{21} 虚部のピークの起源について検討した。図 7 はそれぞれの影響をひとつずつ単独で考慮した場合の Y_{22}

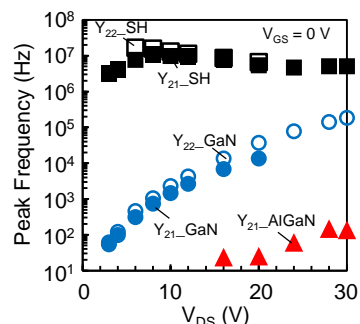


図4 Y_{22} 虚部と Y_{21} 虚部において観察された信号のピーク周波数のドレイン電圧依存性

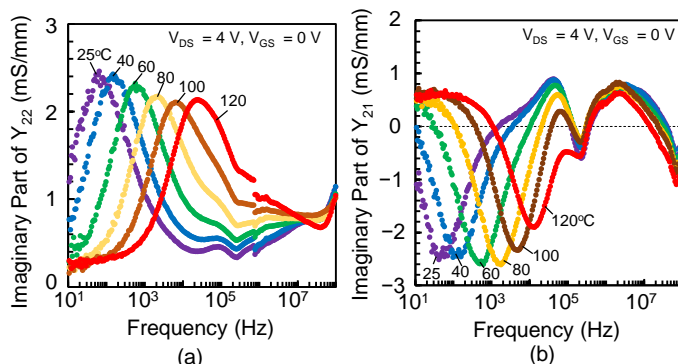


図5 低周波2端子対回路パラメータの温度依存性の測定例 (a) Y_{22} 虚部、(b) Y_{21} 虚部

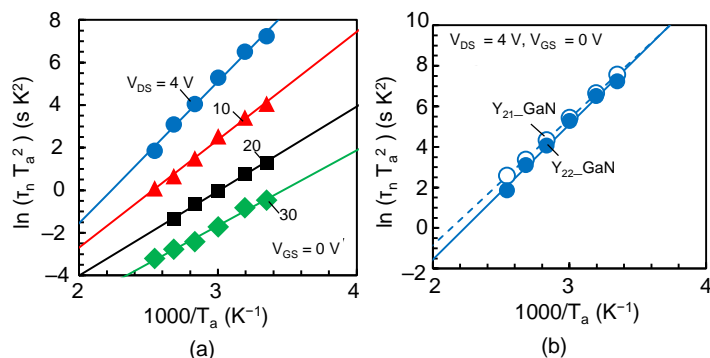


図6 低周波2端子対回路パラメータの温度依存性の測定例 (a) Y_{22} 虚部、(b) Y_{21} 虚部

同様な処理を行った結果、活性化エネルギーが負かほとんど 0 であった。ピーク周波数が MHz オーダーである。GaN や SiC の熱抵抗や熱容量は一般的なトラップより温度依存性を持たないこと、熱拡散の時定数が μsec であったことから添え字 SH の信号はデバイス内部で発生した熱が拡散することによるものと推測できる。

以上の実験結果から得られた結果をデバイスシミュレーションに入れることで Y パラメータ

の信号の物理的意味について検討した。なお、実測で得られなかったパラメータに関しては公知論文からの推測値を用いている。DC 特性が実測をおおよそ再現できることを確認した状態で、 Y パラメータに影響を与えると考えられる GaN トラップ、AlGaIn トラップ、自己発熱効果をオンオフすることで、 Y_{22} 虚部と Y_{21} 虚部のピークの起源について検討した。図 7 はそれぞれの影響をひとつずつ単独で考慮した場合の Y_{22}

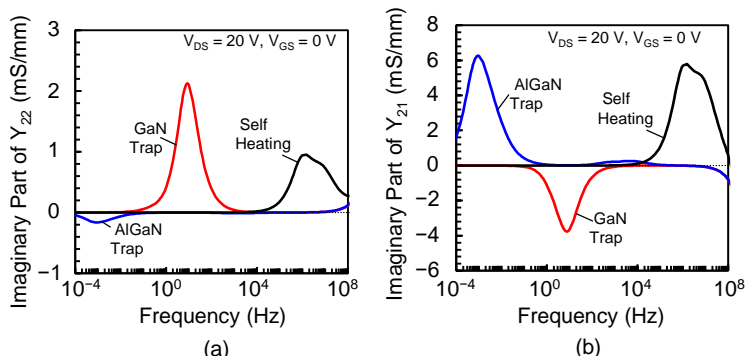


図7 GaNトラップ、AlGaInトラップ、自己発熱効果のうち、一つの身を考慮したパラメータ計算結果 (a) Y_{22} 虚部、(b) Y_{21} 虚部

虚部と Y_{21} 虚部の周波数依存性を示す。GaN トラップは Y_{22} 虚部と Y_{21} 虚部の両方に現れている。AlGaIn トラップは主に Y_{21} 虚部にのみ現れている。自己発熱効果は Y_{22} 虚部と Y_{21} 虚部の両方に現れ、ピーク周波数が MHz 付近である。これらの結果と図 3 と 4 を比較することで、図 4 の添え字 GaN は GaN トラップ、添え字 AlGaIn は AlGaIn トラップ、添え字 SH は自己発熱効果によるピークであることがわかった。図 7 では自己発熱効果のピーク周波数はほぼ実験を再現しているものの、GaN トラップと AlGaIn トラップのピーク周波数は実験より低い値である。これはデバイス内部の温度上昇が考慮されていないためと考えると、GaN トラップ、AlGaIn トラップを入れた状態で自己発熱効果の有無で Y パラメータの周波数依存性を計算した (図 8)。 Y_{22} 虚部、 Y_{21} 虚部とも自己発熱効果を考慮することで、GaN トラップ、AlGaIn トラップのピーク周波数が高周波側に移動し、ほぼ実験を再現することができた。また、 Y_{22} 虚部の低周波領域に現れていた AlGaIn トラップの信号も見えなくなり、これも実験結果を再現することができた。今回、使用したシミュレーションでは電界効果を考慮するオプションがなく、検討できていない。プールフレネルなどの効果を取込むことができれば、より実験結果を再現することができると考えている。

デバイスシミュレーションを使うことで測定することが難しいトラップのイオン化濃度や物理量の断面分布が計算可能である。図 9 は Y_{22} 虚部と Y_{21} 虚部のピーク強度とトラップイオン化濃度の変化の関係を示す。トラップイオン化濃度は Y_{22} ではドレイン電圧、 Y_{21} ではゲート電圧を ± 0.1 V 変化させた熱平衡状態を計算し、その差分をとった。図 9 から分かるようにピーク強度とイオン化濃度の変動は良い相関を持っている。このことから低周波 Y パラメータ測定では入力交流信号の変化でトラップの電荷 (イオン化濃度) が変化する様子を観察していることがわかる。図 8 にはトラップのイオン化濃度の変動の 2 次元プロット例を示す。ドレインバイアス 5 V において、 Y_{22} に類似させ、ドレイン電圧変化を計算すると、ドレイン側のゲート下に存在する GaN トラップが応答していることがわかる。

図 11 に本研究のまとめを示す。回路性能に大きな影響を与える低周波領域の現象 (トラップや自己発熱効果など) について、 Y パラメータ測定 (ゲート電圧 0 V でのドレイン電圧依存性) とデバイスシミュレーションを活用し、現象の解明を行った。 Y_{22} 虚部と Y_{21} 虚部に現れる信号の起源が GaN トラップ、AlGaIn トラップ、自己発熱効果であることを明らかにした。AlGaIn トラップは Y_{22} 虚部のみ、GaN トラップは Y_{22} 虚部と Y_{21} 虚部の両方に、自己発熱効果は MHz 付近で移動しないという特徴を見出し、トラップの場所を分離することができた。この結果を回路モデルのトラップ回路と熱回路に入れることで、回路性能を予測することが可能となった。本研究によりデバイス物理と回路モデルの関係性が明確にできたと考える。

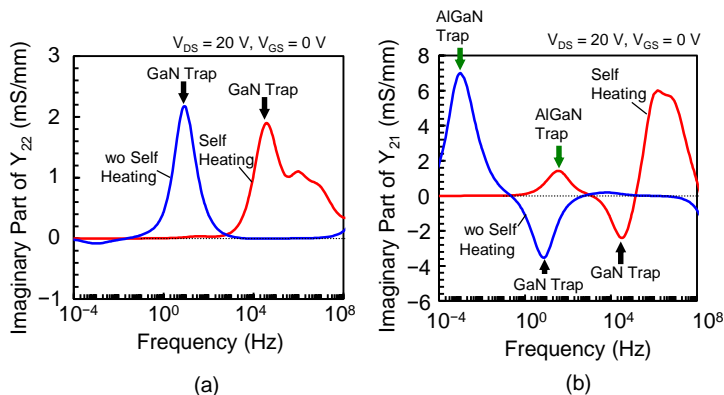


図8 自己発熱効果の有無による違い (a) Y_{22} 虚部、(b) Y_{21} 虚部

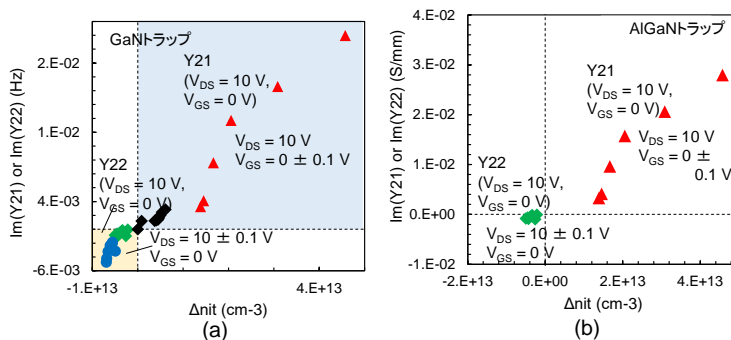


図9 Y_{22} 、 Y_{21} 虚部のピーク強度とトラップイオン化濃度の変化との関係 (a) GaN トラップ、(b) AlGaIn トラップ

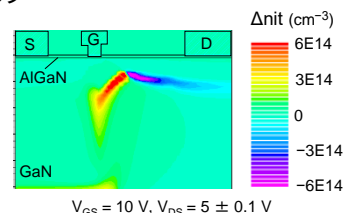


図10 トラップイオン化濃度の変化の2次元プロット例

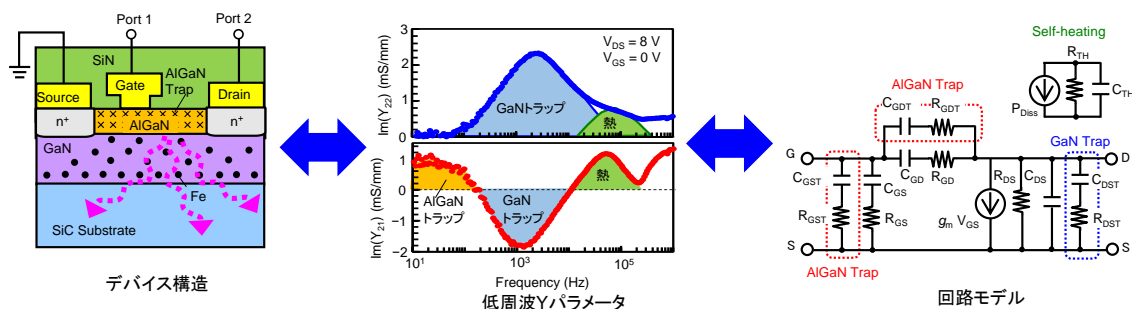


図11 本研究のまとめ

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Nishida Taiki, Oishi Toshiyuki, Otsuka Tomohiro, Yamaguchi Yutaro, Tsuru Masaomi, Yamanaka Koji	4. 巻 201
2. 論文標題 Drain-bias dependence of low-frequency Y22 signals for Fe-related GaN traps in GaN HEMTs with different Fe doping concentrations	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Solid-State Electronics	6. 最初と最後の頁 108589 ~ 108589
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.sse.2023.108589	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Oishi Toshiyuki, Takada Shiori, Kudara Ken, Yamaguchi Yutaro, Shinjo Shintaro, Yamanaka Koji	4. 巻 63
2. 論文標題 Drain bias dependence of Y ₂₂ and Y ₂₁ signals at low frequency for on-state conditions in AlGaIn/GaN high electron mobility transistors	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 010905 ~ 010905
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.35848/1347-4065/ad1894	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計15件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 T. Nishida, T. Oishi, T. Otsuka, Y. Yamaguchi, M. Tsuru, K. Yamanaka
2. 発表標題 Characterization of Fe-doping Induced Trap in AlGaIn/GaN HEMTs using Low Frequency Y22 Measurement
3. 学会等名 14th Topical workshop on heterostructure microelectronics (TWHM 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西田 大生, 大石敏之, 大塚 友絢, 山口裕太郎, 新庄真太郎, 山中 宏治
2. 発表標題 低周波 Y22 パラメータ測定によるGaN HEMT中のFeトラップ評価
3. 学会等名 電子情報通信学会研究会 ED2022-34
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 諸隈 奨吾, 大塚 友絢, 大石 敏之, 山口 裕太郎, 新庄 真太郎, 山中 宏治
2. 発表標題 GaN HEMTのGaNトラップが低周波Y22パラメータに与える影響の検討 - デバイスシミュレーション -
3. 学会等名 電子情報通信学会研究会 ED2022-91
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 諸隈 奨吾, 大石 敏之, 大塚 友絢, 山口 裕太郎, 津留 正臣, 山中 宏治
2. 発表標題 GaN HEMT のGaN トラップ位置が低周波Y パラメータに与える影響 (デバイスシミュレーションによる検討)
3. 学会等名 2022年度応用物理学会九州支部学術講演会 , 26Ba-6
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高田 菜, 大石 敏之, 大塚 友絢, 山口 裕太郎, 津留 正臣, 山中 宏治
2. 発表標題 低周波Y パラメータを用いたGaN HEMT トラップ評価における表面処理と光照射の効果に関する研究
3. 学会等名 2022年度応用物理学会九州支部学術講演会 , 26Ba-7
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加地 大樹, 田淵 将也, 大塚 友絢, 山口 裕太郎, 大石 敏之, 新庄 真太郎, 山中 宏治
2. 発表標題 GaN HEMTのGaNトラップによるY22信号と過渡応答特性の比較
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会 , 18a-A301-12.
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西嶋尚, 諸隈奨吾, 大石敏之, 大塚友絢, 山口裕太郎, 都留正臣, 山中宏治
2. 発表標題 移動度パラメータがGaN HEMTの低周波Y22特性に与える影響 (デバイスシミュレーションによる検討)
3. 学会等名 2022年度 (第75回) 電気・情報関係学会九州支部連合大会 05-2A-11
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 東島拓海, 加地大樹, 大石敏之, 大塚友絢, 山口裕太郎, 都留正臣, 山中宏治
2. 発表標題 過渡応答測定を用いたGaN HEMTトラップ時定数のドレイン電圧依存性の検討
3. 学会等名 2022年度 (第75回) 電気・情報関係学会九州支部連合大会, 05-2A-12
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西嶋 尚, 久樂 顕, 山口 裕太郎, 大石 敏之, 新庄 真太郎, 山中 宏治
2. 発表標題 GaN HEMT のDC パラメータがトラップ特性 (低周波Y22) に与える影響 (デバイスシミュレーションによる検討)
3. 学会等名 2023年 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 22a-B201-6
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大石 敏之, 高田 栞, 久樂 顕, 山口 裕太郎, 新庄 真太郎, 山中 宏治
2. 発表標題 GaN HEMT に対する低周波Y21 とY22 信号のドレイン電圧依存性
3. 学会等名 2023年 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 22a-B201-7.
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大石 敏之, 諸隈 奨吾, 久樂 顕, 山口 裕太郎, 新庄 真太郎, 山中 宏治
2. 発表標題 GaN HEMT 中のトラップ位置と低周波Y21/Y22 虚部の関係 (デバイスシミュレーションによる検討)
3. 学会等名 2023年 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 22a-B201-8
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 津山 慎樹, 久樂 顕, 山口 裕太郎, 大石 敏之, 新庄 真太郎, 山中 宏治
2. 発表標題 S パラメータの周波数依存性を用いたトランジスタ動作時におけるGaN HEMT のトラップとRF 特性の同時評価
3. 学会等名 2023年 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 22a-B201-9
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 東島 拓海, 高田 栞, 大石 敏之, 久樂 顕, 山口 裕太郎, 新庄 真太郎, 山中 宏治
2. 発表標題 低周波Y21とゲートラグ測定によるGaN HEMTのトラップピーク周波数のドレイン電圧依存性評価
3. 学会等名 2023年度応用物理学会九州支部学術講演会, 26Aa-9
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大石 敏之, 東島 拓海, 久樂 顕, 山口 裕太郎, 新庄 真太郎, 山中 宏治
2. 発表標題 GaN HEMTのGaNトラップのY22/Y21信号と過渡応答特性比較-マルチバイアスでの比較-
3. 学会等名 2024年電子情報通信学会総合大会, C-10-8
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 大石 敏之, 高田 栞, 久樂 顕, 山口 裕太郎, 新庄 真太郎, 山中 宏治
2. 発表標題 低周波Yパラメータ (Y11, Y22) を利用したGaN HEMTのトラップ評価
3. 学会等名 電子情報通信学会研究会 ED2023-67, pp.7-10.
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

ようこそ大石(敏)研究室へ http://www.ee.saga-u.ac.jp/sedlab/index.htm
--

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関