

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 6 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H00767

研究課題名（和文）界面反応制御を基軸とした高効率高信頼性GaN半導体MOSデバイスの創成

研究課題名（英文）Creation of high performance and highly reliable GaN MOS devices based on interface engineering

研究代表者

渡部 平司（WATANABE, Heiji）

大阪大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：90379115

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,500,000円

研究成果の概要（和文）：窒化ガリウム（GaN）半導体パワーデバイスの心臓部となる金属-酸化膜-半導体（MOS）構造の高品質化に向け、界面反応制御技術を駆使して界面特性の改善に取り組んだ。絶縁膜とGaN基板との界面に極薄のGaOx層を挿入する事で、伝導帯端近傍の欠陥密度を低減可能であるが、界面層の還元反応に伴う特性劣化が問題となる。本研究課題では、GaN MOS構造の界面電子物性を明らかにすると共に、後熱処理条件や絶縁膜形成技術の高度化を通じて、GaN MOSデバイスの高効率化と信頼性向上を達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

MOS構造は電子デバイスの基本構造であり、Si半導体においては界面欠陥の物理的な起源や欠陥終端技術が確立されているのに対して、GaN半導体では界面欠陥の起源やMOS構造の高品質化に向けた指針が確立されていない。GaN MOS構造の界面電子物性の理解は、学術的な観点からも極めて興味深い研究対象であると同時に、物性解析を通じた高品質GaN MOS構造の実現によりGaNパワーデバイスの社会実装が進めば、電気エネルギーの有効活用や、高周波用途への利用拡大を通じて高度情報化社会の構築に大きく貢献する。

研究成果の概要（英文）：The quality of insulator/GaN interface, which is the key component of GaN-based metal-oxide-semiconductor (MOS) power devices, was successfully improved by means of interface engineering. Although insertion of ultrathin GaOx layer at the insulator/GaN interface significantly reduces the defect density near the conduction band edge of GaN, the GaOx interlayer was found to be vulnerable to the post annealing in a reducing atmosphere, leading to generation of electrical defects in GaN MOS structures. In this study, we investigated electrical properties of the insulator/GaN interface and achieved high quality and highly reliable GaN MOS devices through thorough design of post annealing conditions and deposition method of insulating films.

研究分野：薄膜工学

キーワード：窒化ガリウム パワーデバイス MOS構造 界面反応制御

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

環境・エネルギー問題の解決に向け、電気エネルギーの高効率利用が求められている。電気エネルギーの利用では発電から消費に至るまでに数多くの電力変換(電圧や周波数変換)を伴うが、その際のエネルギー損失を可能な限り低減する必要がある。パワーデバイスは電力変換を司るキーデバイスであり、電気自動車、鉄道、産業機械さらには電力網等、様々な用途で用いられており、社会的意義が極めて大きい研究領域である。パワーデバイスの性能指標は、遮断時の耐圧(破壊耐圧)や導通時の抵抗(オン抵抗)で表されるが、従来のシリコン半導体パワーデバイスは性能限界に近づきつつある。炭化珪素(SiC)や窒化ガリウム(GaN)等のワイドバンドギャップ半導体は、高い絶縁破壊電界強度を有し、パワーデバイス用材料として注目されている。

GaNは直接遷移型半導体であり、光デバイスへの応用が先行しているが、GaNはSiCよりも高い絶縁破壊電界強度を有し、パワーデバイス用半導体として極めて高いポテンシャルを有している。近年、結晶成長技術の発展により、欠陥密度を低減した自立GaN基板の作製が可能となってきた。従って、GaN基板上にMOS型の電界効果トランジスタ(MOSFET)を完成させることが出来れば、従来のSiCパワーデバイスを凌駕する超高耐圧や高周波用途のGaN MOSデバイスの実用化が可能となる。

2. 研究の目的

GaNパワーデバイスの実現には、GaN基板上に絶縁膜を積層したMOS構造の高品質化が必須である。MOSFETでは、ゲート電極にバイアスを印加することで絶縁膜と半導体との界面にキャリアを蓄積し、これをソースとドレイン間で走らせて駆動電流を得る。従って、高密度キャリアは材料学的に全く性質が異なる絶縁体とGaN半導体とのヘテロ界面を走行する。ヘテロ界面の電気的な欠陥や構造揺らぎはキャリア散乱を引き起こして駆動電流の低下をもたらすと共に、高密度キャリアの一部が電気的な欠陥に捕獲されると電位分布が変化し、トランジスタの動作電圧(閾値電圧)が変動する。つまり、MOS型デバイスの心臓部となる構造は、材料学的に高品質化が最も困難なヘテロ界面で構成されている。Si半導体集積回路(Si-LSI)では基板の熱酸化で高品質なSiO₂/Si界面が形成可能であり、界面歪みで生じたSiダンダリングボンドの水素終端も可能である。一方、GaN MOS構造の作製では、状況が全く異なる。GaNの酸化反応で得られるGa酸化物(Ga₂O₃)のバンドギャップは5eV程度に留まり、GaNに対して十分な伝導帯オフセットを確保できないので、それ単体ではMOSデバイスへの応用には不相当である。従って、SiO₂やアルミナ(Al₂O₃)等の堆積絶縁膜を用いる必要があり、GaNとの界面設計が極めて重要となる。さらに、界面反応に起因したGaN基板への欠陥導入も懸念される。よって本研究では、省エネ社会と高度情報化社会の構築に向けたキーデバイスとなるGaN MOSデバイスの実現に向け、GaN MOS界面の電気特性に加えて、MOSFET応用を前提とした熱処理や、電気的なストレス印加に対する安定性を詳細に評価した。さらに、これらの界面物性情報に基づいて、界面電気特性と長期信頼性に優れたGaN MOSデバイス作製技術の構築に取り組んだ。

3. 研究の方法

本研究では、クラス1クリーンルーム環境内で自立GaN基板上にSiO₂等のゲート絶縁膜を堆積してMOSデバイスを作製し、電気特性評価によってMOS界面の電気的な欠陥を評価すると共に、放射光光電子分光法等の各種物理分析手法を駆使して界面原子構造や絶縁膜の不純物を詳細に調べた。絶縁膜の堆積手法としては、プラズマCVD法に加えて、成膜時のGaN基板表面の酸化反応を抑制するためにスパッタ堆積法を検討した。MOSデバイスの信頼性評価に際しては、正負バイアス印加時のキャパシタの特性変動から、絶縁膜界面への電荷捕獲現象を評価した。また、正孔捕獲挙動の評価には、p型GaN基板上でのMOSキャパシタ形成に加えて、pチャンネルMOSFETを作製してMOS界面での正孔捕獲と伝導機構を解析した。

4. 研究成果

(1) SiO₂絶縁膜へのGa拡散に伴う信頼性劣化の理解と改善策の提案

GaN MOSデバイスの作製において、絶縁膜材料の熱安定性や絶縁性、GaN基板との伝導帯ならびに価電子帯オフセットを考慮すると、SiO₂は理想的な材料であることから、本研究ではSiO₂/GaN構造を中心に検討した。一般に、ゲート絶縁膜の高品質化には絶縁膜形成後の高温熱処理が有効であるが、GaN MOS構造では900°Cを超える熱処理では、絶縁耐性が急激に悪化する事が明らかとなった。熱処理後のGaN MOS試料の2次イオン質量分析(SIMS)の結果、SiO₂膜中に多量のGa原子が観測された事から、SiやSiC等の熱的に安定な半導体基板上のMOS構造に対して、GaN MOSデバイスでは熱処理温度の最適化が重要である事が分かった。高温熱処理に伴うGaN MOSキャパシタの電気特性劣化と、SIMS分析によるSiO₂膜中へのGa拡散挙動の相関から、SiO₂中のGa不純物がゲートリーク電流の増大と電荷トラップを生じさせ、GaN MOSデバイスの信頼性劣化を引き起こす事を示した。本研究では、SiO₂絶縁膜へのGa拡散を抑制する手段として、①短時間高温アニール、②SiON拡散バリア層の挿入、ならびに③希ガス中での熱処理技術を提案し、それらの優位性実証に成功した。特にSiON拡散バリアの挿入

入では、 SiO_2/GaN 界面に数%の窒素を含有した数 nm 厚の拡散バリア層を設けることで、GaN MOS デバイスの熱安定性と界面電気特性の改善に成功した。

(2) GaO_x 界面層の還元反応による固定電荷生成と長期信頼性改善に向けたプロセス設計

GaN MOSFET の閾値電圧は、GaN 基板のドーピング濃度や金属電極の仕事関数で設計可能であるが、MOS 構造中の固定電荷の影響を受ける。閾値電圧の増大は、トランジスタのオン電流の低下を引き起こす。一方、閾値電圧の低下は、ノーマリーオフ性能の劣化に繋がり、素子の安定動作に致命的な問題を引き起こす。GaN MOSFET の研究開発では、SiC デバイスに対して電界効果移動度の優位性実証が進みつつあるが、閾値電圧の安定性に関する議論は乏しい。よって本研究では、GaN MOS デバイスの閾値電圧変動の要因を詳細に調べ、後熱処理時の界面固定電荷の生成を評価した。その結果、GaN 基板上への絶縁膜堆積工程で形成される GaO_x 界面層の還元反応に伴う固定電荷生成を明らかにした。プラズマ CVD 法による SiO_2 堆積では、成膜初期に GaN 基板表面が活性酸素に曝される結果、数 nm 厚の GaO_x 界面層が形成される。この GaO_x 界面層は不安定であり、熱処理雰囲気中に微量でも水素が存在すると、還元反応が進行して酸素空孔が発生する。 GaO_x 中の酸素空孔は正孔トラップとして働き、MOSFET の閾値電圧変動を引き起こす。従って、プラズマ CVD 法で形成した $\text{SiO}_2/\text{GaO}_x/\text{GaN}$ 積層構造に対して、 SiO_2 膜の膜質改善を目的として 800°C 以上の高温酸素アニールを施すと GaO_x 界面層が成長して、その後の還元性雰囲気中での熱処理で閾値電圧が負バイアス側に大幅にシフトする。一方、GaN MOS デバイスの長期信頼性確保の観点から、絶縁膜堆積後の酸素アニールは非常に有効である。本研究では SiO_2 堆積や酸素アニールに伴う GaO_x 界面層の成長を放射光光電子分光法で詳細に評価し、MOS キャパシタの界面電気特性とストレス耐性の観点から、 $\text{SiO}_2/\text{GaO}_x/\text{GaN}$ 積層構造への後熱処理条件の最適化を進め、高品質高信頼性 GaN MOS デバイスの作製に成功した。

(3) GaN MOS 界面での正孔捕獲挙動の理解

極薄 GaO_x 界面層を有した n 型 GaN 基板上の MOS 構造では、後熱処理条件を最適化する事で、伝導帯端近傍の電気的な欠陥を低減しつつ、優れたストレス耐性を実現できる。一方、p 型 GaN 基板上に作製した MOS キャパシタでは、正常な正孔蓄積が観測されない事から、価電子帯端近傍に大量の欠陥準位が存在する事が知られている。よって、本研究ではドーピング濃度 (Mg 不純物濃度) が異なる各種の p 型 GaN 基板上に MOS キャパシタを作製し、その電気特性を評価した。その結果、MOS 界面の正孔捕獲挙動は、基板のドーピング濃度に依存する事を明らかにした。 10^{18}cm^{-3} 台後半の Mg ドーピングを行った GaN 基板上に形成した MOS キャパシタでは、絶縁層膜厚を反映した正常な正孔蓄積を実現可能であるが、中程度の Mg ドーパント濃度では絶縁膜界面への正孔捕獲が顕著であり、正常な正孔捕獲は観測されない。また本研究では、高 Mg 濃度基板界面に蓄積した正孔の伝導機構を評価するために、蓄積型の MOSFET を試作し、MOS 界面での正孔伝導機構を評価した。その結果、高濃度 p 型基板では MOS 界面に正孔が蓄積するものの、絶縁膜界面に沿って流れる正孔の移動度は極めて低く、蓄積 p チャネル MOSFET から導出した電界効果移動度は僅か $0.4\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 程度であった。これらの結果は、GaN MOS 界面での正孔捕獲と伝導の特異性を示す実験結果であり、 SiO_2/GaN 界面あるいは GaO_x/GaN 界面の本質的な問題である可能性を示唆している。また、p 型キャパシタの正孔蓄積に Mg ドーパント濃度依存性が現れる物理的な起源についても現時点では不明であり、GaN MOS デバイスの実用化に向けた最大の技術課題であると言える。

(4) 物理蒸着法を基軸とした高品質高信頼性 GaN MOS 構造形成技術の開発

プラズマ CVD 法では比較的高品質な SiO_2 絶縁膜を堆積可能であるが、活性な酸素ラジカル雰囲気中での成膜であるために、成膜初期の GaN 表面の酸化は避けられない。 GaO_x 層の膜厚は、CVD 成膜条件に依存するが、本研究の標準的な成膜条件では約 1nm 厚の酸化層が形成される。上述の様に GaO_x 界面層は、MOS 界面の伝導帯端近傍の欠陥終端に極めて効果的であるが、還元反応で固定電荷を生じてしまう。さらに、伝導帯端近傍欠陥の終端に必要な界面層膜厚は不明であった。よって本研究では、スパッタ法による SiO_2 堆積を検討した。一般的な酸化物材料の成膜は、Ar と酸素の混合ガスを用いて行うが、我々は SiO_2 をターゲット材料として純 Ar ガス中でのスパッタ堆積により GaN 基板表面の初期酸化を抑制した。スパッタ条件と後熱処理条件の最適化によって、 GaO_x 界面層をプラズマ CVD 成膜時の 1/3 程度 (数オングストローム) にまで薄層化する事に成功した。スパッタ成膜に伴う GaN 基板へのダメージ導入が懸念されたが、CVD 成膜試料を上回る界面電気特性を実現した。この結果は、GaN MOS 界面の伝導帯端近傍欠陥の終端には Ga-O 結合の存在が重要であることを意味している。また、 GaO_x 界面層の超薄化に伴い、後熱処理に際しての界面層の還元反応の抑制が可能となり、GaN MOS 構造の熱耐性や信頼性が向上する事を確認している。以上の結果は、GaN MOS デバイスの設計に際しては、原子層厚の Ga-O 接合を有する界面が界面電気特性や閾値電圧安定性の観点から優れている事を意味する。しかし、同手法で形成した p 型 GaN MOS キャパシタにおいても中低濃度基板では正常な正孔蓄積は得られない。従って、GaN MOS 界面での正孔捕獲現象の理解と、欠陥終端技術の構築が GaN パワーデバイス開発における最重要課題となる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Y. Wada, H. Mizobata, M. Nozaki, T. Hosoi, T. Narita, T. Kachi, T. Shimura, and H. Watanabe	4. 巻 14
2. 論文標題 Inhibition of Mg activation in p-type GaN caused by thin AlGaN capping layer and impact of designing hydrogen desorption pathway	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 071001-1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ac057d	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 H. Mizobata, M. Nozaki, T. Kobayashi, T. Hosoi, T. Shimura and H. Watanabe	4. 巻 61
2. 論文標題 Fixed-charge generation in SiO ₂ /GaN MOS structures by forming gas annealing and its suppression by controlling Ga-oxide interlayer growth	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SC1034-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac44cd	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 Y. Wada, H. Mizobata, M. Nozaki, T. Kobayashi, T. Hosoi, T. Kachi, T. Shimura and H. Watanabe	4. 巻 120
2. 論文標題 Insight into interface electrical properties of metal-oxide-semiconductor structures fabricated on Mg-implanted GaN activated by ultra-high-pressure annealing	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 082103-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0081198	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 Mizobata Hidetoshi, Wada Yuhei, Nozaki Mikito, Hosoi Takuji, Shimura Takayoshi, Watanabe Heiji	4. 巻 13
2. 論文標題 Anomalous interface fixed charge generated by forming gas annealing in SiO ₂ /GaN MOS devices	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 081001 ~ 081001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/aba320	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 Y. Wada, M. Nozaki, T. Hosoi, T. Shimura, H. Watanabe	4. 巻 59
2. 論文標題 Insight into gate dielectric reliability and stability of SiO ₂ /GaN MOS devices	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SMMA03 ~ SMMA03
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab7fe6	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 A. Uedono, W. Ueno, T. Yamada, T. Hosoi, W. Egger, T. Koschine, C. Hugenschmidt, M. Dickmann, and H. Watanabe	4. 巻 127
2. 論文標題 Voids and vacancy-type defects in SiO ₂ /GaN structures probed by monoenergetic positron beam	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 054503-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5134513	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 該当する

1. 著者名 K. Onishi, T. Kobayashi, H. Mizobata, M. Nozaki, A. Yoshigoe, T. Shimura, H. Watanabe	4. 巻 62
2. 論文標題 Formation of high-quality SiO ₂ /GaN interfaces with suppressed Ga-oxide interlayer via sputter deposition of SiO ₂	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 50903
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/acd1ca	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 Mizobata Hidetoshi, Tomigahara Kazuki, Nozaki Mikito, Kobayashi Takuma, Yoshigoe Akitaka, Hosoi Takuji, Shimura Takayoshi, Watanabe Heiji	4. 巻 121
2. 論文標題 Electrical properties and energy band alignment of SiO ₂ /GaN metal-oxide-semiconductor structures fabricated on N-polar GaN(000-1) substrates	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 62104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0095468	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 Mikake Bunichiro, Kobayashi Takuma, Mizobata Hidetoshi, Nozaki Mikito, Shimura Takayoshi, Watanabe Heiji	4. 巻 16
2. 論文標題 Reduction of interface and oxide traps in SiO ₂ /GaN MOS structures by oxygen and forming gas annealing	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 31004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/acc1bd	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31件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 H. Mizobata, M. Nozaki, T. Kobayashi, T. Hosoi, T. Shimura, H. Watanabe
2. 発表標題 Fixed charge generation in SiO ₂ /GaN MOS structures by forming gas annealing and its suppression by controlling Ga-oxide interlayer growth
3. 学会等名 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 和田悠平, 溝端秀聡, 野崎幹人, 小林拓真, 細井卓治, 櫻井秀樹, 加地徹, 吉越章隆, 志村考功, 渡部平司
2. 発表標題 超高压活性化熱処理を施したMgイオン注入GaN上に形成したSiO ₂ /GaN MOSキャパシタの電気特性評価
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 和田悠平, 溝端秀聡, 野崎幹人, 小林拓真, 細井卓治, 櫻井秀樹, 加地徹, 志村考功, 渡部平司
2. 発表標題 超高压活性化熱処理を施したMgイオン注入GaNを用いたPチャネルMOSFETの作製と評価
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 見掛文一郎, 溝端秀聡, 野崎幹人, 小林拓真, 志村考功, 渡部平司
2. 発表標題 SiO ₂ /GaN MOS構造におけるゲート絶縁膜信頼性への堆積後熱処理の効果
3. 学会等名 先進パワー半導体分科会 第8回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 富ヶ原一樹, 和田悠平, 溝端秀聡, 野崎幹人, 吉越章隆, 細井卓治, 小林拓真, 志村考功, 渡部平司
2. 発表標題 GaN(000-1)面上に形成したSiO ₂ /GaN MOSキャパシタの電気特性評価
3. 学会等名 先進パワー半導体分科会 第8回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 溝端秀聡, 和田悠平, 野崎幹人, 小林拓真, 細井卓治, 加地徹, 志村考功, 渡部平司
2. 発表標題 超高压活性化熱処理を施したMgイオン注入GaNを用いたp型GaN MOSデバイスの電気特性評価
3. 学会等名 先進パワー半導体分科会 第8回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡部平司
2. 発表標題 ワイドバンドギャップ半導体MOS界面特性の類似性と相違点
3. 学会等名 先進パワー半導体分科会 第8回講演会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 溝端秀聡, 和田悠平, 野崎幹人, 細井卓治, 成田哲生, 加地徹, 志村考功, 渡部平司
2. 発表標題 AlGa _N キャップ層によるMgドープp-GaNの活性化抑制と水素脱離過程の制御による特性改善
3. 学会等名 電子デバイス界面テクノロジー研究会 - 材料・プロセス・デバイス特性の物理 - (第27回研究会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大西健太郎, 見掛文一郎, 富ヶ原一樹, 溝端秀聡, 野崎幹人, 小林拓真, 志村考功, 渡部平司
2. 発表標題 スパッタSiO ₂ 成膜による安定なGa _N MOS構造の形成
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 見掛文一郎, 溝端秀聡, 野崎幹人, 小林拓真, 志村考功, 渡部平司
2. 発表標題 酸化・還元反応制御に基づく高品質SiO ₂ /Ga _N MOS構造の形成
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 溝端秀聡, 和田悠平, 野崎幹人, 小林拓真, 細井卓治, 加地徹, 志村考功, 渡部平司
2. 発表標題 超高压活性化熱処理を施したMgイオン注入p-GaN MOSデバイスの電気特性に対する基板極性およびアクセプタ濃度の影響
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 富ヶ原一樹, 中沼貴澄, 溝端秀聡, 野崎幹人, 小林拓真, 志村考功, 渡部平司
2. 発表標題 紫外光照射によるGaN MOS構造における正孔トラップの評価
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 H. Watanabe, T. Hosoi, M. Nozaki, H. Mizobata, and T. Shimura
2. 発表標題 Gate Stack Technology for Advanced GaN-based MOS Devices
3. 学会等名 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 和田悠平, 溝端秀聡, 野崎幹人, 細井卓治, 加地徹, 志村考功, 渡部平司
2. 発表標題 p-GaN MIS電気特性評価に向けたAlGaInバリア層の検討
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 溝端秀聡, 和田悠平, 野崎幹人, 細井卓治, 志村考功
2. 発表標題 SiO ₂ /GaN MOSデバイスにおける水素ガスアニール起因の異常な固定電荷生成のアニール温度依存性
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 溝端秀聡, 和田悠平, 野崎幹人, 細井卓治, 志村考功, 渡部平司
2. 発表標題 水素ガスアニールに起因したSiO ₂ /GaN界面での異常な固定電荷生成とその物理的起源
3. 学会等名 先進パワー半導体分科会 第7回講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 溝端秀聡, 和田悠平, 野崎幹人, 細井卓治, 志村考功, 渡部平司
2. 発表標題 水素ガスアニールにより生じるSiO ₂ /GaN界面の異常な固定電荷の起源
3. 学会等名 電子デバイス界面テクノロジー研究会 - 材料・プロセス・デバイス特性の物理 - (第26回研究会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 富ヶ原一樹, 和田悠平, 溝端秀聡, 野崎幹人, 吉越章隆, 細井卓治, 志村考功, 渡部平司
2. 発表標題 GaN(0001)面上に形成したSiO ₂ /GaN MOSキャパシタの電気特性評価
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 溝端秀聡, 和田悠平, 野崎幹人, 細井卓治, 志村考功, 渡部平司
2. 発表標題 SiO ₂ /GaN MOSデバイスの性能向上に向けた堆積後熱処理条件の検討
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Wada, M. Nozaki, T. Hosoi, T. Shimura, and H. Watanabe
2. 発表標題 Insight into Ga Diffusion in SiO ₂ Dielectric Layer and Process Design for Improved Reliability of GaN-based MOS Devices
3. 学会等名 Dielectric Thin Films for Future Electron Devices -Science and Technology- (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 和田悠平, 野崎幹人, 細井卓治, 志村考功, 渡部平司
2. 発表標題 SiO ₂ 中へのGa拡散がSiO ₂ /GaN MOS特性に与える影響の評価
3. 学会等名 応用物理学会 先進パワー半導体分科会第6回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 溝端秀聡, 和田悠平, 加賀三志郎, 野崎幹人, 細井卓治, 志村考功, 渡部平司
2. 発表標題 SiO ₂ /GaN MOSデバイスにおける水素ガスアニール起因の異常な固定電荷生成の理解
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Watanabe, H. Mizobata, M. Nozaki, T. Kobayashi, T. Hosoi, T. Shimura
2. 発表標題 Interface science and engineering for GaN-based MOS devices
3. 学会等名 14th Topical Workshop on Heterostructure Microelectronics (TWHM 2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 H. Watanabe, T. Kobayashi, T. Hosoi, T. Shimura
2. 発表標題 Recent progress and challenges in SiC and GaN MOS devices: understanding of physics and chemistry near the MOS interface
3. 学会等名 19th International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM 2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大西健太郎, 小林拓真, 溝端秀聡, 野崎幹人, 吉越章隆, 志村考功, 渡部平司
2. 発表標題 スパッタSiO ₂ 成膜によるSiO ₂ /GaN MOS界面のGaO _x 層抑制
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大西健太郎, 小林拓真, 溝端秀聡, 野崎幹人, 吉越章隆, 志村考功, 渡部平司
2. 発表標題 スパッタ成膜 SiO ₂ /GaN 構造における Ga 拡散抑制効果
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Onishi, T. Kobayashi, H. Mizobata, M. Nozaki, A. Yoshigoe, T. Shimura, H. Watanabe
2. 発表標題 Suppression of GaO _x interlayer growth towards stable SiO ₂ /GaN MOS devices
3. 学会等名 International Conference on Solid State Devices and Materials(SSDM) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1 . 発表者名 T. Kobayashi, B. Mikake, H. Mizobata, M. Nozaki, T. Shimura, H. Watanabe
2 . 発表標題 Control of oxidation and reduction reactions at SiO ₂ /GaN interfaces towards high performance and reliability GaN MOSFETs
3 . 学会等名 International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 T. Kobayashi, K. Tomigahara, H. Mizobata, M. Nozaki, T. Shimura, H. Watanabe
2 . 発表標題 Evaluation of hole trap density at SiO ₂ /GaN MOS interfaces through capacitance-voltage measurements under ultraviolet light illumination
3 . 学会等名 International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 K. Onishi, T. Kobayashi, H. Mizobata, M. Nozaki, A. Yoshigoe, T. Shimura, H. Watanabe
2 . 発表標題 Fabrication of stable and low leakage SiO ₂ /GaN MOS devices by sputter deposition of SiO ₂ combined with post annealing processes
3 . 学会等名 International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 大西健太郎, 小林拓真, 溝端秀聡, 野崎幹人, 吉越章隆, 志村考功, 渡部平司
2 . 発表標題 酸素及び水素熱処理によるスパッタ成膜 SiO ₂ /GaN MOS 構造の界面特性及び絶縁性向上
3 . 学会等名 先進パワー半導体分科会 第9回講演会
4 . 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

渡部研究室ホームページ
<http://www-ade.prec.eng.osaka-u.ac.jp/>

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
---------	---------