

## 論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	藤  嵐  辰也 (ふじしま たつや)
○学位の種類	博士 (工学)
○授与番号	甲  第 707 号
○授与年月日	2011 年 3 月 31 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項
○学位論文の題名	低消費電力化に向けた窒化物半導体パワーデバイスにおける 熱的・電気的特性の解析に関する研究
○審査委員	(主査) 名西  徳之 (立命館大学理工学部教授) 荒木  努 (立命館大学理工学部准教授) 今井  茂 (立命館大学理工学部教授) 前田  就彦 (NTT フォトニクス研究所)

### <論文の内容の要旨>

窒化ガリウム(GaN)は、省エネルギー化に貢献する次世代パワースイッチングデバイス材料として期待されている。本論文は、GaN 系電子デバイスの熱的、及び電気的特性を理論的に解析した結果、得られた成果を全 7 章にまとめたものである。

第 1 章では、GaN 電子デバイスに対する背景と本研究の目的について述べている。

第 2 章では、実用化が目前に迫っている AlGaN/GaN HEMT の発熱/放熱の問題を採り上げている。解析的 3D 定常熱分布計算を用いた温度分布解析を行い、測定では困難であったデバイス内部の温度分布状況の把握を可能にした。

第 3 章から第 6 章までトレンチゲート構造縦型 GaN-MOSFET について述べている。

第 3 章では、高耐圧かつ  $1 \text{ m}\Omega\cdot\text{cm}^2$  以下のオン抵抗を実現し、さらに閾値電圧を最適値に制御するトレンチゲート構造 GaN-MOSFET 構造設計指針を明らかにしている。

第 4 章では、理論計算による GaN-MOSFET の理想状態における室温・高温下でのオフリーク電流解析と p 層の電位変動について述べている。縦型 GaN-MOSFET は高温環境下でも低リーク電流が実現できる可能性があることが示された。

第 5・6 章では、世界初の GaN 基板上縦型トレンチゲート構造 GaN-MOSFET の特性について述べている。低オン抵抗化に向けた縦型 GaN-MOSFET の課題を抽出し、 $1 \text{ m}\Omega\cdot\text{cm}^2$  クラスの高耐圧・超低オン抵抗デバイスの実現が期待できることを明らかにしている。

本論文は、GaN 電子デバイスの高性能化・実用化に対して、学術的・産業的知見を大い

に与えるものであると考えられる。

#### <論文審査の結果の要旨>

本論文は、窒化ガリウム (GaN) を用いたパワーデバイスの熱的、及び電気的特性を理論的に解析した結果と、そのデバイス作製に関する研究成果をまとめたものである。GaN は高い絶縁破壊電界、移動度という特長を有しており、省エネルギー化の社会要請に応える次世代高耐圧・低オン抵抗・高速スイッチングデバイスとして期待されている。しかし、電流コラプスや発熱、ノーマリ・オフ化などの課題が残っている。本論文提出者は、実用化が目前に迫っている AlGaIn/GaN HEMT の発熱の問題に着目して、独自の手法による発熱予測を可能とし、発熱抑制の手法を提言している。また、ノーマリ・オフ動作を可能とする縦型トレンチゲート構造 GaN-MOSFET を世界で初めて実現し、縦型 GaN-MOSFET において世界最高性能のデバイス特性を示すなど、GaN 系パワーデバイスの発展に多大な貢献をしている。また、十分な理論的考察に基づくデバイス設計手法を構築するなど、学術的な面においても、当該研究分野に対して極めて重要な貢献をしたと評価できる。以下にこれらの点について具体的に述べる。

(1) 高耐圧かつ低オン抵抗の縦型トレンチゲート構造 GaN-MOSFET を作製する際に、閾値電圧が高くなる問題に対し、絶縁膜近傍のチャネル領域に n 型 GaN 層を導入することにより、閾値電圧を制御可能であることを示している。その層の濃度、膜厚により閾値電圧がどのように変化するかを明らかにしている。これは今後の縦型トレンチゲート構造 GaN-MOSFET 開発を進める上で極めて重要な知見を与えるものであり、本デバイス開発に携わる研究者の指針となる結果である。その成果は APL にも発表され、縦型構造デバイスの基本的設計手法を示すものとして国際的にも高く評価されている。

(2) この設計指針を基に世界初の縦型トレンチゲート構造 GaN-MOSFET の作製に成功している。得られた世界最高性能のデバイス特性から、縦型トレンチゲート構造 GaN-MOSFET が、省エネルギー化に貢献する超低オン抵抗・高耐圧デバイスとして充分期待できるデバイスであることを世界に先駆けて発信し、注目を集める成果を残した。

本論文の審査に関して、2011年2月2日(水)14時00分～15時40分学術フロンティア3階第2会議室において公聴会を開催し、申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者藤島辰也に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より、理論で示した構造の実際のデバイスへの適用方法や理論計算の妥当性に関する質問などがなされたが、いずれの質問に対しても申請者の回答は適切なものであった。よって、以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、本論文は博士の学位に値する論文であると判断した。

#### <試験または学力確認の結果の要旨>

本論文の主査は、本論文提出者と本学大学院理工学研究科総合理工学専攻博士課程後期

課程在学期間中に、研究指導を通じ、日常的に研究討論を行ってきた。また、本論文提出後、主査および副査はそれぞれの立場から論文の内容について評価を行った。

本論文提出者は、本学学位規程第 18 条第 1 項該当者であり、論文内容および公聴会での質疑応答を通して、十分な学識を有し、課程博士学位に相応しい学力を有していると確認した。また、本論文提出者は工学的な面においても学術的な面においても国際的に評価される研究を行っている。高いレベルの理論的考察に基づいたデバイス設計指針を学術的に構築し、それをもとにした世界初のデバイス作製および世界最高性能の実証に成功するなど、質的に優れた研究業績により後期課程 2 年在学での修了が適当と判断した。

以上の諸点を総合し、本論文提出者に対し、「博士（工学 立命館大学）」の学位を授与することを適当と判断する。