

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	ミリ波増幅器向けGaN-HEMTの高出力・高周波化技術およびデバイスモデル構築
Title(English)	
著者(和文)	牧山剛三
Author(English)	Kozo Makiyama
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10318号, 授与年月日:2016年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:宮本 恭幸,小田 俊理,浅田 雅洋,波多野 睦子,鈴木 左文,福田 浩一
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10318号, Conferred date:2016/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	牧山 剛三		
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名
	主査	宮本 恭幸	教授	審査員	鈴木 左文	准教授
	審査員	小田 俊理	教授		福田 浩一	特定教授
		浅田 雅洋	教授			
		波多野 睦子	教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「ミリ波増幅器向け GaN-HEMT の高出力・高周波化技術およびデバイスモデル構築」と題し、和文 8 章からなっている。

第 1 章「序論」では、本研究の背景を示し、無線通信やレーダー等の用途におけるミリ波増幅器の必要性や、このミリ波増幅器に GaN-HEMT を用いることのメリットについて述べている。さらに高出力 GaN-HEMT デバイスを実現するための課題(デバイス構造・諸元、過渡応答現象の抑制およびデバイスシミュレータを用いた電気特性予測手法)の提示を行っている。

第 2 章「ミリ波増幅器向け AlGaIn/GaN-HEMT 構造設計」では、まず、ミリ波増幅器を実現するためのデバイス性能ターゲットについて述べ、さらに、MMIC を実現するための新規高歩留まり Y 型ゲート構造製造技術について述べている。デバイス構造設計では、エピ構造の最適化やデバイス諸元(ゲート長、ゲート-ドレイン間距離等)の最適化を行っている。さらに、ミリ波増幅器向けデバイスで重要なショートチャネル抑制効果を達成するために、AlGaIn バックバリアの効果実証実験を行い、微細ゲートでのピンチオフ特性およびオフ耐圧特性の観点から、基礎的な構造決定を行ったと述べている。

第 3 章「ミリ波増幅器向け AlGaIn/GaN-HEMT 表面パッシベーション技術」では、絶縁膜/半導体界面トラップ低減を目的として、高い Si-H 含有濃度 SiN 膜(還元性 SiN)による表面酸化物還元効果により、電流コラプスが大幅に改善できる技術を開発したと述べている。さらに、第 2 章および第 3 章に記載した開発デバイス技術をミリ波増幅器 MMIC に適用し、1.3W(動作周波数 75GHz)出力を実証したと述べている。

第 4 章「ミリ波増幅器向け AlGaIn/GaN-HEMT 高性能化技術の開発」では、ミリ波増幅器向け GaN-HEMT で初めて、安定したデバイス作製技術とデバイスシミュレーション技術によるオフセットオーバーハングゲート構造を開発したと述べている。この技術により、電流コラプス改善効果が確認された。さらに、さらなるゲート電極の微細化をにらみ、InGaIn バックバリアの構造設計を行い、AlGaIn バックバリアよりも優れたショートチャネル抑制効果を実証したと述べている。

第 5 章「高出力化を実現する次世代 InAlGaIn/GaN-HEMT 技術」では、増幅器の高出力・高周波化を実現するための、In 系窒化物半導体デバイスの研究開発について述べている。InAlGaIn 障壁層材料の優位性を明らかにし、かつさらなる電流コラプスの改善を可能にする新規の絶縁膜技術(耐酸化性 SiN 技術)およびその効果について述べている。この技術により作製された InAlGaIn/GaN-HEMT で、ほぼコラプス問題を解決し、W 帯で単体 HEMT 出力：3.0W/mm(MMIC 出力：3.6W/mm)の非常に優れた出力特性を実現したと述べている。さらに開発したデバイスでの初期的信頼性試験を実施し、商用デバイスとしての足掛かりとなる結果を得たと述べている。また、デバイスシミュレーションを、InAlGaIn/GaN-HEMT のような高電流デバイスに対応させ、低電流コラプスの要因の一つが InAlGaIn の大きな伝導帯不連続である可能性を指摘したと述べている。

第 6 章「GaN-HEMT 増幅器におけるトラップの影響に関する考察」では、W 帯増幅器の動作状態に着目したキラートラップに関する考察を述べている。結論として、100GHz 程度の増幅器では、増幅器のオフ状態およびアイドル状態での電子捕獲が、出力特性に大きな影響を与えると述べている。さらに、RF 入力時に起こりうる強いオフストレス状態に関して、InAlGaIn/GaN-HEMT ではその影響が軽減される根拠を示したと述べている。

第 7 章「今後の課題」では、ゲート長 60nm 以下に対応するバックバリア技術の重要性、ゲート電極ドレイン側端の電界集中を緩和する絶縁膜構造の重要性、さらに InAlGaIn/GaN-HEMT の出力特性を大幅に改善しうるオーミック技術の重要性を述べ、今後の課題として研究を進めていくと述べている。

第 8 章「結論」では、本研究で得られた結果を総括している。

以上を要するに、本論文は、最先端要素技術を集積させた高出力ミリ波増幅器向けデバイスの実現およびデバイス内部でのトラップ現象の解析を行ったものであり、工学上ならびに工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士（工学）の学位論文として十分価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。