

Title	ガリウムひ素電界効果トランジスタとそのマイクロ波集積回路への応用に関する研究
Author(s)	志賀, 信夫
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3129089
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	志賀の信夫
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第13190号
学位授与年月日	平成9年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科通信工学専攻
学位論文名	ガリウムひ素電界効果トランジスタとそのマイクロ波集積回路への応用に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 森永 規彦 教授 池田 博昌 教授 倉藺 貞夫 教授 児玉 裕治 教授 小牧 省三 教授 長谷川 晃 教授 前田 肇 教授 元田 浩

論文内容の要旨

本論文は、ガリウムひ素 (GaAs) 電界効果トランジスタとそのマイクロ波集積回路への応用に関する研究成果をまとめたものであり、7章より構成されている。

第1章は序論であり、本論文に関する研究分野について述べ、本研究の背景と位置付けならびに本研究の目的を明らかにしている。

第2章では、まず本研究の基礎となるパルスドープ構造 GaAs 電界効果トランジスタについて述べ、その優れた雑音特性と線形性について明らかにしている。また、この高い線形性に着目して、パルスドープ構造 GaAs 電界効果トランジスタが電力増幅器用トランジスタとしても優れた特徴を有することを示している。そして、従来の電力増幅器用電界効果トランジスタの問題点および通常の低雑音応用のためのパルスドープ構造の問題点について明らかにし、デバイス構造の簡単な設計変更によって、電力増幅器用トランジスタとして、より適したパルスドープ構造を実現している。

第3章では、パルスドープ構造 GaAs 電界効果トランジスタの優れた低雑音特性の応用として、衛星放送受信用ダウンコンバータを構成するための4種類のモノリシックマイクロ波集積回路 (MMIC)、すなわち、12GHz帯低雑音高周波 (RF) 増幅器、12GHz帯ミキサ回路、10GHz帯発振回路、1GHz帯中間周波 (IF) 増幅器に関し、その設計および試作結果について述べ、さらにこれらの MMIC を用いて行った衛星放送の受信実験の結果について述べている。

第4章では、上記の12GHz帯低雑音 RF 増幅器 MMIC をさらに高性能化するための方法について明らかにしている。まず設計の段階から雑音指数の製造ばらつきを予測するための新しい設計手法について述べ、また RF 増幅器をさらに低雑音化させるために、ゲート長がより短い $0.3\mu\text{m}$ のパルスドープ構造 GaAs 電界効果トランジスタを基本構成素子として適用するとともに、低雑音増幅器の雑音指数を支配する要因を明らかにし、初段増幅器および後段増幅器の設計方法およびその試作結果について述べている。

第5章では、低雑音 GaAs 電界効果トランジスタの素子構造の設計やこれらを用いた回路設計において重要なモデル化技術について述べている。まず雑音係数のモデル化に関して、最近の非常に優れた性能を有する CAD (Computer Aided Design) システムを用いた解析に便利な新しい雑音等価回路の提案を行い、その回路を用いたシミュレーション手法について述べている。そして、この手法に基づいてパルスドープ構造 GaAs 電界効果トランジスタにおけ

る雑音係数のふるまいを解析し、その優れた低雑音特性の理論解釈を与えている。また最適雑音指数のモデル化に関し、パルスドープ構造 GaAs 電界効果トランジスタにおける最適雑音指数のばらつきを支配する要因を明らかにし、ゲート長の製造ばらつきの分布から最適雑音指数の確率密度関数を導出し、実験結果とよく一致することを示している。

第6章では、パルスドープ構造 GaAs 電界効果トランジスタのもう一つの重要な特長である高い線形性に着目した電力増幅器への応用について述べている。この線形性に優れた電力増幅器用パルスドープ構造 GaAs 電界効果トランジスタのロードプル特性を明らかにし、消費電力のより小さい電力増幅器の設計手法について言及している。そして 1.5GHz 帯携帯電話システムにおいて、電波の不感地帯を補完するために適用される基地局やブースタに用いられる 2 種類の電力増幅器の設計およびその試作結果について述べ、その優れた性能を実証している。

第7章は結論であり、本研究で得られた成果を総括している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、ガリウムひ素電界効果トランジスタとそのマイクロ波集積回路への応用を目指して行われた研究をまとめたものであり、主に以下のような成果をあげている。

- (1) パルスドープ構造 GaAs 電界効果トランジスタ (パルスドープ FET) について、デバイス構造の簡単な設計変更によって、電力増幅器用トランジスタにより適したパルスドープ構造を実現している。
- (2) パルスドープ FET の低雑音性に注目し、衛星放送受信用ダウンコンバータを設計、受信実験することにより、MMIC への適用性とその低雑音性を実証している。
- (3) 回路設計の段階で雑音指数のばらつきを予測するための新しい手法を開発し、より高歩留りに、より低雑音化する回路設計法を考案している。
- (4) CAD システムを用いた解析に便利な新しい雑音等価回路を提案し、その回路を用いたシミュレーション結果から、パルスドープ FET の優れた低雑音特性に対する理論解釈を与えている。
- (5) パルスドープ FET の高い線形性に着目した電力増幅器への応用について考究し、その低消費電力特性を実証することによって、移動体通信システムの基地局の小型化にとって極めて有用なデバイスであることを明らかにしている。

以上のように本論文は、ガリウムひ素電界効果トランジスタとそのマイクロ波集積回路への応用に関する多くの知見を得ており、通信工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。