

Title	Compound Semiconductor Field-Effect Transistors and Their Applications to Cellular Base Station Amplifiers
Author(s)	分島, 彰男
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48852
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	わけ じま あき お 分 島 彰 男
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 2 1 5 8 3 号
学位授与年月日	平成 19 年 9 月 26 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科システム創成専攻
学位論文名	Compound Semiconductor Field-Effect Transistors and Their Applications to Cellular Base Station Amplifiers (化合物半導体電界効果トランジスタとその移動体基地局増幅器への応用)
論文審査委員	(主査) 教 授 岡村 康行 (副査) 教 授 岡本 博明 教 授 永妻 忠夫

論 文 内 容 の 要 旨

移動体基地局において、高出力電力増幅器は重要なコンポーネントの一つであり、基地局のカバーエリアを拡大するためや変調方式の高度化による広いダイナミックレンジを有する信号を増幅するために、高出力化が強く望まれている。この高出力化の要求を満たすために、本論文では、化合物半導体電界効果トランジスタ (FET) の高電圧動作化を追及する。また、高電圧動作 FET を用いて作製した高出力移動体基地局増幅器について概観する。

まず、移動体基地局増幅器における高出力化の必要性について説明し、FET を用いた増幅器の高出力化の方法として高電圧動作化が有効であることを示す。また、高出力特性と併せて低歪特性が重要であることを説明する。次に、GaAs 系 FET (GaAs-FET) の高出力化のために、ゲート・ドレイン間の絶縁膜上に形成した第 4 の電極、フィールドモジュレーションプレート (FP) 電極を用いた FET (FP-FET) について述べる。特に、高電圧動作時に、表面準位に電子が捕獲されることによって空乏層が広がることを抑制する効果について議論した後、FP-FET における優れた RF 出力特性を示す。さらに、GaAs-FP-FET を用いた実用レベルの出力 (100 W) を発生する増幅器を作製し、移動体基地局増幅器としての特性を実証する。次に、ワイドバンドギャップ材料 (InGaP および GaN) をチャネル層とする FET (InGaP-FET、GaN-FET) を作製し、GaAs-FET より高電圧で動作する FET を実現する。特に、GaN-FET が GaAs-FET に替わる高出力増幅器用 FET として有望であることを示す。また、GaN-FET を用いた増幅器実証として、移動体基地局増幅器として世界最高である 400 W 出力をシンプルな回路構成で実現する。この増幅器に、歪補償が効率良く機能するように工夫したバイアス回路を設置し、歪補償技術と組み合わせて、実際の基地局で使用されるための必須条件となる低歪特性を満足することを示す。さらに、将来、移動体通信に用いられている周波数帯が従来の 2 GHz 帯と併せて 3.8~5 GHz 帯となることを鑑みて、高周波増幅器を作製するにあたり必須となる高精度な FET モデルパラメータを抽出する方法を提案する。また、抽出したパラメータを用いて 4 GHz 帯増幅器を作製し、その出力特性を示す。最後に、本論文で得た成果について総括し、移動体通信用増幅器の将来展望について記す。

論文審査の結果の要旨

ガリウム・ヒ素、インジウム・ガリウム・燐、チツ化ガリウムなどの化合物半導体を用いた電界効果トランジスタは、材料のすぐれた電子物性特性を利用してマイクロ波帯以上の高周波乱領域でのスイッチング素子や増幅器素子などの電子デバイスとして利用され、装置の小型化には必要不可欠な素子である。一方、移動体通信、特に携帯電話の発展が近年目覚ましく、周波数帯域効率がよいデジタル方式への移行が積極的に進められており、それに用いられる搬送波周波数はマイクロ波帯に位置するようになってきており、基地局エリアの拡大化と共に基地局の装置設備の小型化が望まれている。本論文は、これらの要求に応えるために、移動体通信基地局に用いる重要な電力増幅器の高出力、小型化を目指し、そのための素子として化合物半導体電界効果トランジスタに着目し、その高機能化についての研究成果をまとめたものである。

本論文では、まず移動体通信基地局に用いられる電力増幅器の高出力、小型化の必要性について概説したあと、化合物半導体電界効果トランジスタが有力な候補であることを示し、さらに増幅器の低歪特性が重要であることを述べている。特に電界効果トランジスタの高出力化には高電圧動作が重要であり、そのための素子構造を考察し、フィールド・モジュレーション・プレート形成による手法が有力であることを示している。これまで提案されてきた構造に比べより簡易かつ効果的な構造を提案し、その効果をガリウム・ヒ素系の電界効果トランジスタを作製することによって示すとともに、動作の物理的な機構を考究している。これにより実用レベルである出力 100 W クラスの移動体通信基地局用の 2 GHz 帯で動作する電力増幅器を実証している。ついでさらなる高出力化のために材料をインジウム・ガリウム・燐、チツ化ガリウムなどのワイドバンドギャップ化合物半導体に着目し、ガリウム・ヒ素系に比べ高電圧動作可能であることを素子作製とその特性測定より示している。特にチツ化ガリウムを用いた増幅器では、400 W を越える出力を得ており、非常に有望であることを示している。また、増幅器の低歪み化について検討を行っている。そのため、増幅器に用いるバイアス回路をあらたに提案し、その有効性を最も高出力が期待できるチツ化ガリウム系で実証している。その際、デジタル回路を用いた歪み補償技術を併用することにより、移動体基地局増幅器としての歪特性を満足していることを示している。さらにまた、次世代携帯電話通信システムに用いられる 3.8~5 GHz 帯において動作可能な増幅器の検討を行っている。そのために素子作製上重要な電界効果トランジスタモデルのパラメータ抽出手法を提案し、その有効性を作製した素子によって示している。

以上のように、本論文は、化合物半導体電界効果トランジスタを用いた増幅器の高出力、低歪み、小型化を実現し、移動体通信システムの発展に大きく寄与するものであり、博士(工学)の学位論文として十分価値あるものと認める。