

移動体通信用高効率パワーデバイス

High-efficiency Power Device for Mobile Communication

あらまし

次世代移動体通信(W-CDMA)に使用されるデバイスの最新技術について紹介する。移動体端末用デバイスとして開発したHBTパワーアンプモジュールは、歪みを相殺する設計技術を用いて、出力電力28 dBm点で隣接チャネル漏洩電力比(ACPR)-41 dBc、電力付加効率(PAE.)40.2%を達成した。

さらに基地局用高出力デバイスとしては、高耐圧化・低歪み化を図り、飽和出力150 WのGaAs FETを開発した。出力電力25 W時の特性は、隣接チャネル漏洩電力比 -39 dBc、電力付加効率25%を実現している。

Abstract

This paper outlines the latest technologies used to build devices for a next-generation mobile communication system called "Wide-band Code Division Multiple Access(W-CDMA)". First, it describes an HBT power amplifier module for a mobile terminal device. Because a low-distortion design technique was used, this module achieves an adjacent-channel leakage power ratio(ACPR) of -41 dBc and a power added efficiency(PAE.) of 40.2% at an output power of 28 dBm. Then, this paper describes a high-power GaAs FET output device for base stations which has a low distortion and a saturation output of 150 W. This device achieves an ACPR of -39 dBc and a PAE. of 25% at an output power of 25 W.



小原史郎(おはら しろう)

(株)富士通研究所基盤技術研究所化合物LSI研究部 所属
現在、GaAs HBTなどの化合物半導体の研究に従事。



蛸原 要(えびはら かなめ)

富士通量子デバイス(株)高速デバイス事業部第一設計部 所属
現在、基地局用GaAs FETの開発に従事。



深谷 潤(ふかや じゅん)

富士通量子デバイス(株)高速デバイス事業部第一設計部 所属
現在、GaAs FETなどの化合物半導体の開発に従事。

ま え が き

現在、移動体通信の通信方式は第三世代(IMT-2000)への移行が検討されている。この第三世代の移動体通信は、3GPP(3rd Generation Partnership Project)において、高速なデータ伝送を可能にすることと、全世界で共通の仕様になることを目的として、世界標準化が進められている状況である。

W-CDMA(Wide-band Code Division Multiple Access)方式は、第三世代の通信方式として非常に有力な方式である。この方式は、現在の第二世代の通信方式と比較すると、高速で大容量な通信を実現するため、システムの送信部に使われるパワーデバイスには、広帯域で隣接チャネル漏洩電力比ACPR(Adjacent Channel Leakage Power Ratio)が大きく取れ、かつ消費電力を抑えるために高効率な特性が要求されている。

本稿では、W-CDMA方式の移動体端末用に開発したHBT(Heterojunction Bipolar Transistor)パワーアンプモジュールと、基地局用に開発した150 W GaAs FETの最新技術について述べる。

移動体端末用 HBT パワーアンプモジュール

● 開発のポイント

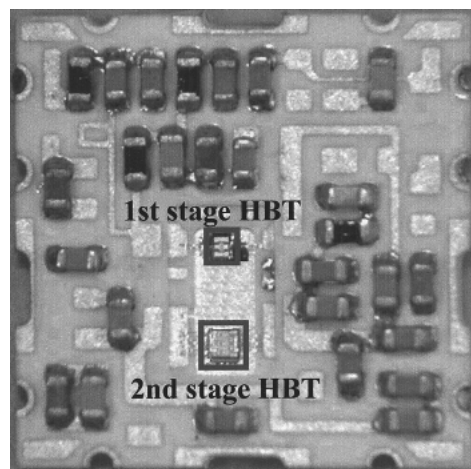
線形性の高いアンプというのは、一般に消費電力が大きくなってしまふ。しかし、移動体端末機はバッテリー駆動であり、受信待ち受け時間・連続通話時間を長くすることが必要であるので、端末機に使用される部品は、消費電力が少ないことが重要な条件である。移動体端末用パワーアンプモジュールとしては、線形性が高く消費電力が少ないという相反する二つの性能をいかに実現するかが、開発のポイントである。

● HBTの特長

ヘテロ接合を利用したバイポーラトランジスタは、負電源が不要であり、高い線形性を示すという特長がある。この特長を利用して、W-CDMA方式の端末機用パワーアンプモジュールの開発を行った。

● 回路設計概要

HBTパワーアンプモジュールの内部写真を図-1に示す。二段のHBTモジュールとして構成し、セラミック基板に実装したものである。入出力整合回路、段間整合回路およびバイアス回路は、チップコンデンサなどの表面実装部品で構成している。二段で構成されるトランジスタの初段と終段の間で、歪みを相殺する設計手法を取り入れ、線形性が高く、効率の良いパワーアンプモジュールを実現している。



モジュールサイズ：10 mm × 10 mm

図-1 0.2 cc HBTパワーアンプモジュール内部写真
Fig.1-Internal view of 0.2 cc HBT PA module.

表-1 HBTパワーアンプモジュール特性

項 目	シンボル	測定値
周波数	f	1.95 GHz
電源電圧	Vcc	3.5 V
隣接チャネル漏洩電力比 (5 MHz)	ACPR (5 MHz)	-41 dBc
隣接チャネル漏洩電力比 (10 MHz)	ACPR (10 MHz)	-56 dBc
出力電力	Pout	28 dBm
付随利得	Asso. Gain	26.2 dB
消費電流	I _{total}	448 mA
電力付加効率	PAE	40.2 %

モジュレーション条件：QPSK 4.096 Mcps
バイアス電流：62 mA

ルを実現している。

● HBTパワーアンプモジュールの特性

HBTパワーアンプモジュールの特性を表-1に示す。モジュールとしての規定出力電力(Pout = 28 dBm)時に効率40%を超える特性を示しており、これは世界でもトップレベルである。HBTパワーアンプモジュールの入出力特性およびACPR特性を図-2、図-3に示す。周波数1.95 GHzで小信号利得24.5 dB、飽和出力31 dBmが得られており、ACPR特性は低出力時にも安定した良好な値である。⁽¹⁾

● 今後の課題

移動体端末用デバイスについては、HBTチップの基板上に受動素子部品を集積したMMIC(Monolithic Microwave Integrated Circuit)化を行い、小型化を実現することが課題である。また、MMIC化は特性の均一化を図るためにも重要な技術である。

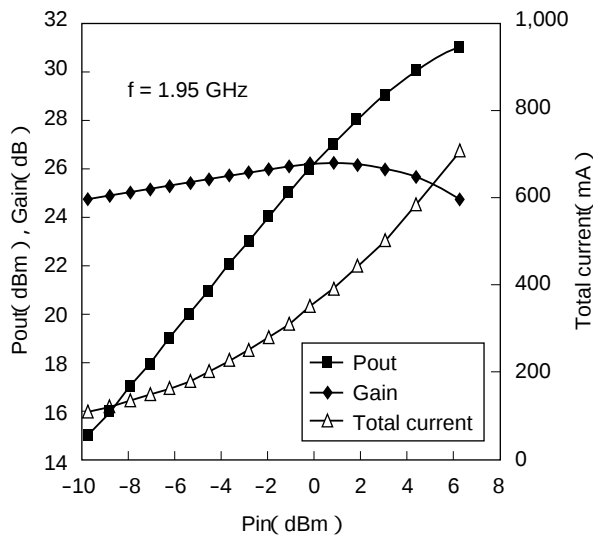


図2 HBTパワーアンプモジュールRF特性
Fig.2-RF characteristics of HBT PA module.

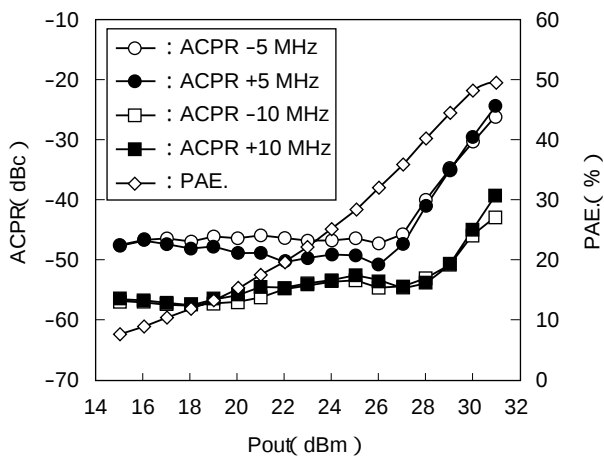


図3 HBTパワーアンプモジュールACPR特性
Fig.3-ACPR characteristics of HBT PA module.

基地局用高出力デバイス

- 基地局用高出力デバイスへの要求

W-CDMA基地局用に使われる高出力デバイスでは、送信周波数2.11~2.17 GHzにおけるACPRが大きく、かつ高出力で高効率な特性が要求される。

- 高出力FETの設計

【チップ設計】

通常、チップを設計する場合は、目標出力電力・利得・熱抵抗・量産性などを考慮して、総ゲート幅(Wgt)、ユニットゲート幅(Wgu)、ゲートピッチ間隔(Lgg)、チップサイズを決定している。今回、開発したW-CDMA方式用150 W GaAs FETに使用する高出力チップは、総ゲート幅が非常に大きくなるため、チップサイ

ズに注意して設計を行った。開発したFETチップを図-4に示す。Wgtは、Wguとゲートフィンガ本数により決定されるが、Wguの増加は、ゲート配線部の抵抗が大きくなり、さらにフィンガ内に位相差が生じることで利得の低下が発生する。また、ゲートフィンガ本数を増やした場合、チップサイズの制約からゲートピッチ間隔が狭くなるため、チップの熱抵抗が悪化する。Wguと最大単方向電力利得(Gumax.)、および熱抵抗(Rth)の関係を図-5に示す。実験結果からも分かるように、利得と熱抵抗はトレードオフの関係にある。本結果から、Wguは各々の目標値を満たす600 μm に決めた。また、ゲート・ドレイン間隔(Lgd)の最適化により、2端子耐圧(Vgdo)は24 V以上を確保している。これにより、GaAs FETとしては、初めて動作電圧(Vds) = 12 Vが可能となった。その他の特徴としては、接地インダクタンスを低減させるパイアホール構造や、熱抵抗を下げるためのPHS(Plated Heat Sink)構造を採用している。⁽²⁾また、信頼性の観点から、ゲート電極にはT型Auゲート構造を採用している。本ゲート構造を用いることにより、ゲート電流により発生するエレクトロマイグレーションを抑えている。

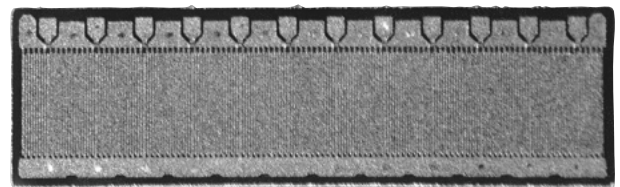


図4 FETチップ写真
Fig.4-Photograph of FET chip.

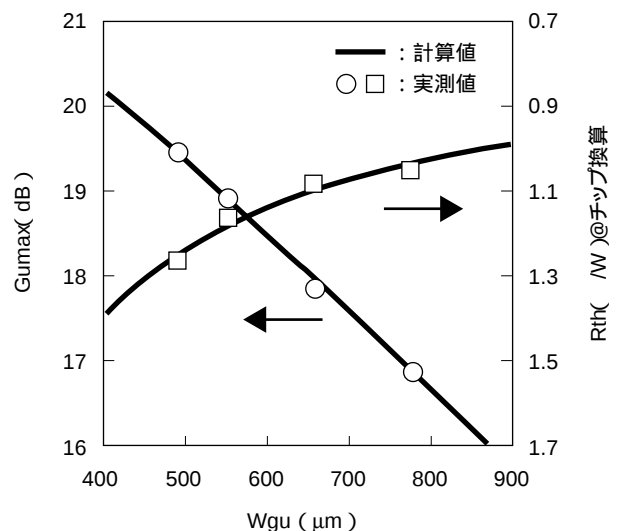


図5 Wgu vs. Gumax, Rth相関図
Fig.5-Correlation of Wgu vs. Gumax, Rth.

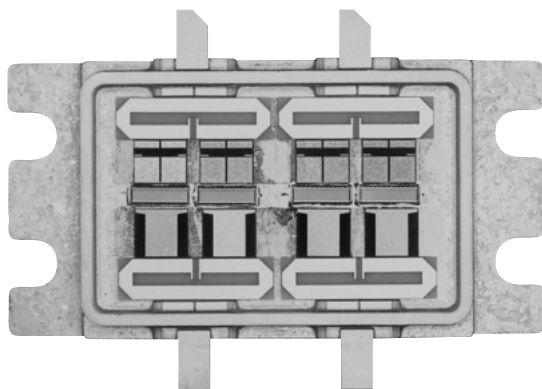


図-6 150 W GaAs FET内部写真
Fig.6-Internal view of 150 W GaAs FET.

【回路設計】

開発した基地局用高出力デバイスは、プッシュプル動作型の構造である。プッシュプル動作の優位点は、インピーダンス変換比が抑えられるため広帯域化が図れるほか、偶数次の非線形成分を打ち消す作用がある。回路設計を行う上で必要となる最適負荷インピーダンスは、ユニットチップのロードプル測定を行い、歪み特性・出力電力・効率を考慮して決定した。開発した150 W GaAs FETの内部写真を図-6に示す。回路構成は、ワイヤインダクタンスと誘電体基板上に作製した平行平板キャパシタおよびマイクロストリップラインで構成している。使用している回路基板は、電力損失を考慮して、材料および構造を選定している。

150 W GaAs FETの主要特性を表-2に示す。周波数 $f = 2.17$ GHzで、出力電力(P_{out}) = 51.8 dBm(150 W)、小信号利得(GL) = 12 dB、電力付加効率(PAE) = 48%の高出力・高利得で高効率な特性が得られた。また、W-CDMA信号入力時の特性(図-7)では、基地局で想定される出力電力44 dBm(25 W)において、電力付加効率25%、5 MHz離調のACPR - 39 dBc、10 MHz離調のACPR - 52 dBcと良好な結果が得られている。⁽³⁾

● 今後の課題

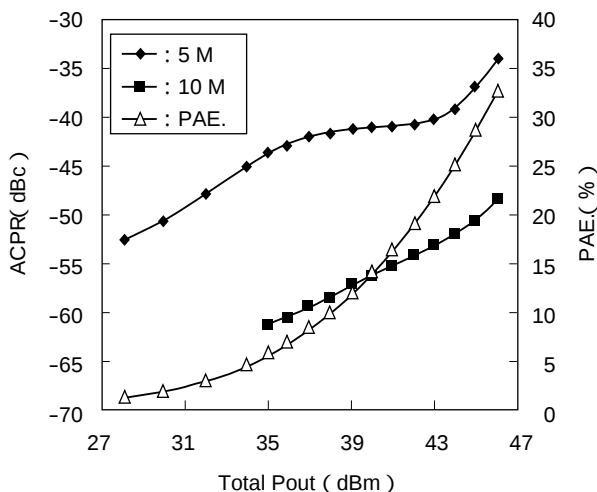
今後の基地局用高出力デバイスには、情報処理量の増加に伴って、さらに高出力で高効率な特性が要求されると考えられる。今回使用した技術をベースにして、さらなる高出力化と高効率化を図っていくことが今後の課題となる。

む す び

移動体通信は急速な進歩を遂げてきた。2001年には、次世代通信であるW-CDMAのサービス開始が予定されて

表-2 150 W出力FET主要特性

項目	標準値	試験条件
出力電力 (P_{out})	51.8 dBm	$V_{ds} = 12$ V $I_{DS}(DC) = 4.0$ A $f = 2.17$ GHz
小信号利得 (GL)	12 dB	
電力付加効率 (PAE)	48%	
熱抵抗 (R_{th})	0.55 /W	Channel to Case



Cond. : $V_{DS} = 12$ V, $I_{DS}(DC) = 4.0$ A, $f = 2.14$ GHz

図-7 150 W GaAs FET ACPR特性
Fig.7-ACPR characteristics of 150 W GaAs FET.

いることから、ますます移動体通信市場は活性化していくことであろう。

本稿では、移動体端末用デバイスとして開発したHBTパワーアンプモジュールと基地局用高出力デバイスとして開発した150 W GaAs FETの設計手法および特性を紹介し、富士通カンタムデバイスにおける移動体通信用デバイスの技術動向と今後の課題を説明した。

今後ますます多機能・多様化する移動体通信市場において、富士通カンタムデバイスの製品・技術をととして移動体通信市場の発展に貢献できれば幸いである。

参考文献

- (1) N. Miyazawa et al. : 0.2 cc HBT Power Amplifier Module with 40% Power-Added Efficiency for 1.95 GHz Wide-Band CDMA Cellular Phone. IEEE MTT-S Digest, pp.1099-1102(1999)
- (2) K. Ebihara et al. : L-Band 100 Watts Push-Pull GaAs FET. IEEE MTT-S Digest, pp.703-706(1998)
- (3) Y. Tateno et al. : A 150 W E-Mode GaAs Power FET with 35 % PAE for W-CDMA Base Station. IEEE MTT-S Digest, pp.1087-1090(1999)