

第3章 携帯電話用高出力

このPDFは、CQ出版社発売の「実用マイクロ波技術講座-集積回路と応用-第6巻」の一部分の見本です。内容・購入方法などにつきましては是非以下のホームページをご覧ください。
<http://www.cqpub.co.jp/hanbai/books/79/79761.htm>

最近の日本の携帯電話市場では、新規加入者の伸びが頭打ちになってきたものの、Personal Digital Cellular (PDC)方式の携帯電話でのメール機能、iモードに代表されるインターネットアクセス機能や写メールに代表される写真撮影送付機能などの付加により、買い替え需要を発掘しつづけることに成功している。また第3世代携帯電話 (NTT DoCoMoのFOMA) の商用も開始され、新しい需要の喚起も期待されている。

第3世代携帯電話にはWide-Band Code Division Multiple Access (W-CDMA)方式が採用されている。この方式は、広い周波数帯域を用いるため高いデータ通信速度を特長とするが、隣接チャネル漏洩電力 (Adjacent Channel Leakage Power Ratio: ACLRまたはACLR)規格が厳しい。送信電力増幅用のパワーアンプは、付加電力変換効率 (Power Added Efficiency: PAE)の高い出力電力が飽和する動作領域では、信号歪が生じACLRが悪化するため使用できない。そこで、低いPAEしか得られない線形動作領域での使用が強いられる。第3世代携帯電話では、高度なベースバンド用ICやその他付加的機能のためのCPU搭載が進むであろうから、省電力化技術は最大の関心事である。また、この方式は帯域当たりの使用者数を増やすために、基地局から遠い端末の送信電力を高く、一方近い端末の送信電力を低く制御するシステムも特徴である。これを実現するパワーコントロール機能は、端末用パワーアンプモジュールに必須の機能である。従って、幅広い出力電力範囲に渡って高効率動作が可能な超小型パワーアンプを安価で実現することが強い要求である。この要求の厳しいパワーアンプのトランジスタ候補としては、海外のGlobal System for Mobile Communication (GSM)方式の携帯電話で実績のあるヘテロ接合バイポーラトランジスタ (Heterojunction Bipolar Transistor: HBT) とPDC方式の携帯電話で実績のあるダブルドープ構造のヘテロ接合電界効果トランジスタ (Heterojunction Field Effect Transistor: HJFET) が挙げられる。

一方、基地局用パワーアンプには、Laterally Diffused Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor (LDMOSFET) がこれまで一般的に用いられてきたが、小型化と高効率化の要求が高まるにつれて、GaAs デバイスでのソリューションが検討

されている。W-CDMA方式ではの信号を束ねた尖塔電力値の高い信号の増幅となるため、高出力化と低歪化が特に求められる。

この章では GaAs デバイスに絞って、PDC 及び W-CDMA 方式の携帯電話の端末と基地局で用いられる高効率パワーアンプを中心に、開発実例を基に解説する。

3.1 携帯電話端末用デバイス

携帯電話端末に用いられる GaAs デバイスは、一般的には図 3.1 に示すとおり、受信部でローノイズアンプ、ミキサなど、送信部ではパワーアンプ、ドライバアンプとアンテナ及び送受切り替え用のスイッチである。2GHz 程度までは Si デバイスでも使用上問題の無い特性が得られるので、集積化してメリットがでるローノイズアンプとミキサは Si デバイスの利用がある。しかしながら、パワーアンプとアンテナスイッチは特性面で差があるため、GaAs デバイスの適用が一般的である。

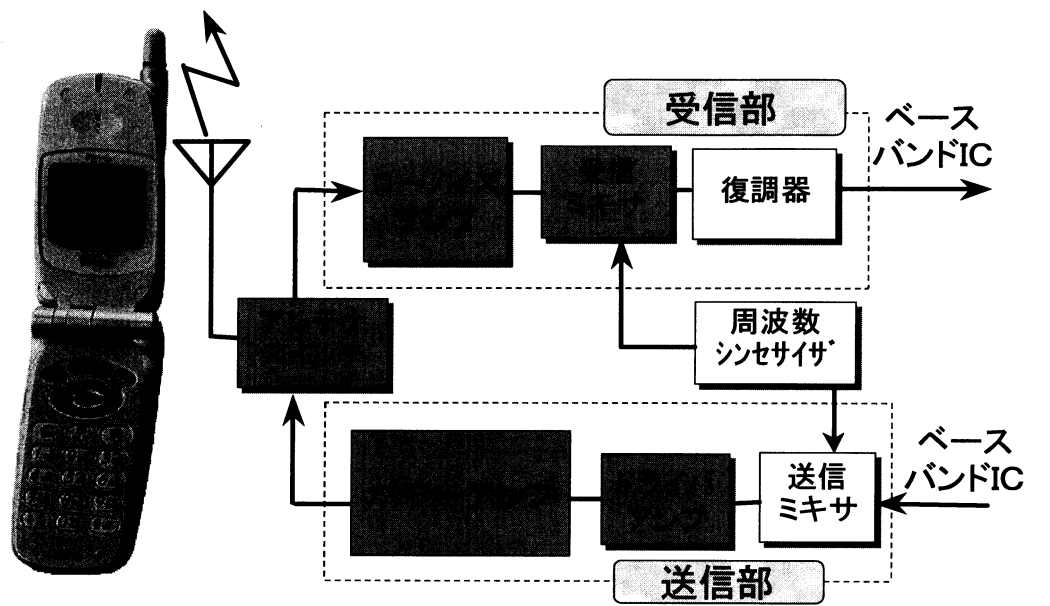


図 3.1 一般的な携帯電話の RF 部構成 (ハッチング部が GaAs デバイス)

ところで携帯電話端末に求められる要求は、小型軽量であること、長時間の通話(使用)が可能であること、通話品質が高いこと(伝送速度が速いこと)に加えて価格が安い

見本

ことなどである。今後は端末の多^①あろう。これらの要求を満たす端末の実現には、キーデバイスである高性能な送信マイクロ波電力増幅用のパワーアンプ、デジタル変調と復調を行うベースバンド用 I C および多機能化やシステム制御用の I C 開発が必須である。パワーアンプを携帯電話端末のキーデバイスと位置づける理由は、電池で駆動する端末にとって、消費電力の大きなパワーアンプの特性が端末性能に直接反映されるからである。携帯電話端末への要求をブレークダウンすると、パワーアンプには

1. 小型であること、
2. 低電圧動作であること、
3. 低歪高効率であること、
4. 低コストであること、

が要求される。

「小型であること」は、たとえば P D C 携帯電話では小型軽量の端末ほど販売数を伸ばした経緯があったことや、今後はマルチバンド化が進むことから強い要求である。また、パワーアンプ用 GaAs チップ面積の削減は、一枚の半導体ウェーハから得られるチップ収量を増やすことができるという観点から、「低コスト」の主要な手法でもある。

「低電圧動作」の要求は、充電が可能な二次電池の特性や価格と密接に関係している。すなわち、現在最も普及している Li イオン電池が、体積および重さ当たりのエネルギー密度が最も高い部類の二次電池(充電可能な電池)であるため、同じ消費電力の携帯電話端末を想定した場合、この電池の利用により端末の小型軽量化が最も図れるからである。したがって、ほとんどすべての P D C 携帯電話端末が Li イオン電池を使用しており、比較的安価にしかも容易に入手可能である。しかしながら、Li イオン電池は放電電圧の時間依存特性が若干悪い^②ため、携帯電話端末内の回路は、充電直後の放電開始電圧である 4V 程度から放電終了直前の 3V 程度まで、動作対応が求められる。したがってパワーアンプは、3.4V から 3.6V での動作が規格要求されることが一般的である。一方、最近では携帯電話端末の低周波側の処理(音声やそのデジタル処理)を行うベースバンド部の Si I C の動作電圧が 2V 程度に下がってきた。また、学会では 1V 以下の可能性が議論されている。携帯電話端末での複雑なデジタル演算処理を行う状況が増えるにしたがって、このベースバンド Si I C の消費電力の割合が端末の中で相対的に増加してきた。パワーアンプが 1V で動作可能となれば、パワーマネーজে

見本

ントがより一層容易になり、電源ることから端末使用の長時間化が図れる。そこで、Ni 水素電池などを用いた 1V で動作する携帯電話端末を想定したパワーアンプの開発も注目されている。

「低歪高効率」は、現在の P D C 携帯電話規格でも要求されている項目であるが、最近サービスを開始した W-C D M A 方式でも、より一層の低歪特性が要求される。パワーアンプにおいて厳しい歪規格をクリアする場合、歪の少ない A 級動作させようとえに飽和出力電力から大きく出力電力を絞った線形領域(バックオフ)で動作させることが一般的である。この場合、定常的に D C バイアスが消費する電力と比較すると出力電力の割合が低くなるため、効率は大きく低下する。このトレードオフの関係にある低歪特性と高効率特性の両立は、大きな課題である。これの克服には、デバイスの線形性向上や整合条件の最適化を中心に検討が必要である。

「低コスト」の要求は、携帯電話が民需的な性格の製品であるから、永遠の課題である。逆に言えば、衛星放送受信用の低雑音 F E T を除けば、マイクロ波帯用 GaAs デバイスは官需や大企業からの注文が多く、コストに対してそれほど積極的な検討がなされてこなかったとも言える。現在、携帯電話のパワーアンプの多くが GaAs デバイスであるが、この携帯電話と衛星放送チューナは GaAs デバイスの製造コストを大幅に引き下げた製品である。主な低コスト化の方策は、製造プロセスの簡易化、ステップ数削減、歩留まりの向上とウェーハの大型化やチップの小型化による収量の増加である。

以上の観点を踏まえ、この節では、携帯電話のキーデバイスであるパワーアンプモジュールに、InGaP エミッタ H B T とダブルドープ H J F E T を用いた開発例を示す。

3.1.1 H B T パワーアンプモジュール

G S M 方式の携帯電話で実績のある H B T は、Si バイポーラトランジスタと動作原理は同じであるが、エミッタとベースのヘテロ接合により、ホールがベース層に閉じこめられるため、より高い直流電流増幅率が得られるなどの特長がある。また、原理的に正電源だけで動作が可能(単一電源動作)であり、F E T と異なり負電源が要らない。シャットオフ時のリーク電流も低いことから、バイアススイッチの除去も可能である。加えて電力密度や利得も高い。これらの特長を併せると、安価で小型パワーアンプモジュールの実現が可能である。世界市場では、n-AlGaAs エミッタ/P⁺-GaAs ベ