

技術解説

5GHz 無線 LAN 用パワーアンプ MMIC

Power Amplifier MMIC for 5GHz Wireless LAN

原 信 二*

Shinji Hara

要 旨

本稿では、高速モバイルインターネットアクセス、高画質家庭内 AV 無線伝送システムを可能とする技術として近年注目されている、5GHz無線LANシステム向けのパワーアンプを中心に、当社における、ガリウム砒素MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuit) の紹介を行う。

5GHz無線LANにおいては、直交周波数多重分割とよばれる変調方式を用いているため、パワーアンプに高い線形性が要求される。このため、高出力、低消費電流のパワーアンプを実現することが困難であった。我々は、54Mbps送信時の線形性の規格を満たしつつ、出力19dBm、消費電流160mAのパワーアンプを開発した。

This paper introduces GaAs-based MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuit) technologies of Sharp Corporation, focusing on a power amplifier for the 5GHz wireless-LAN-system. It attracts many attentions recently for mobile internet-access and wireless home-AV-transmission system, with high-speed and high-quality.

The 5GHz wireless-LAN-system requires the high linearity to the power amplifier, because it uses OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) modulation scheme. Therefore, it is difficult to realize the power amplifier with high output power and low current consumption. We have developed the power amplifier, which outputs 19dBm with 160mA current consumption, satisfying the linearity required for the 54Mbps transmission.

まえがき

当社においては、1992年よりガリウム砒素 (GaAs) を用いたマイクロ波デバイスの量産を行っている。12GHz帯衛星放送受信超低雑音トランジスタを手始めに、これまで、ダブルバランスミキサ、スイッチ等の、電界効果トランジスタ (FET) を用いたマイクロ波集積回路 (MMIC) を量産してきた。また、第2世代 (デジタル) 携帯電話、コードレス電話の立ちあがりに伴い、業界に先駆け、1995年より GaAs HBT (Hetero-junction Bipolar Transistor) を用いた携帯電話用パワーアンプ MMIC の量産を行っている。現在は、携帯電話用を中心に GaAs HBT を用いたパワーアンプ MMIC、パワーアンプモジュールを商品化している。GaAs HBT は、単一電源動作、低電圧 / 高効率動作が可能のためバッテリー動作に適しており、現在、携帯電話用のパワーアンプとして広く用いられるように

なっている¹⁾。

パワーアンプは、変調された信号をアンテナを介して電波として送信するために用いられる。従って、セット内で最大の電力を扱い、セットの消費電力に占める割合が大きい。また、パワーアンプで生じた歪みを原因とする信号の劣化や不要波の放出は、無線機器の性能、品質を直接左右する。このため、パワーアンプは、高性能化 (低歪み化)、低消費電力化 (高効率化) が最も望まれている基幹部品の一つである。パワーアンプにおいては、入力電力の増大によって出力電力が飽和に近づくほど動作効率が高くなるが、同時に歪みも増大するため、一般に、パワーアンプでの高効率動作と低歪み動作とはトレードオフの関係にある。この難易度は、用いられる変調方式によって異なる。5GHz無線LANにおいては、直交周波数多重分割 (OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 方式が用いられている。OFDMは、反射波によるマル

* IC事業本部 アナログIC事業部 第2商品開発部

チパス干渉に強いという特長を有する反面、送信系に高い線形性(低歪み特性)を要求するため、高効率なパワーアンプを実現することが一層難しくなっている²⁾。今回、W-CDMA用パワーアンプに適用している小型の歪み補償回路を5GHz無線LANに適用し利得カーブの最適化を行うとともに、GaAs基板に貫通孔をあけて基板裏面でグランドをとる、いわゆるVIAホールプロセスの導入によるグランドインダクタ低減等により、19dBm出力時のEVM(Error Vector Magnitude: 信号歪みに関する指標の一つ)5%以下、消費電流160mAという高性能、低消費電流のパワーアンプMMIC,IRM038Nを開発した。本稿では、これら高性能を実現するために用いた手法と評価結果、また現在のラインアップと今後の展開について述べる。

1. HBTの基本構造

図1に基本トランジスタの断面構造概略図を示す。GaAs基板の上に、アルミニウムGaAs(AlGaAs)等の層を形成させて、異種接合(Hetero-junction)のバイポーラトランジスタ、すなわちHBTを形成している。GaAs基板においては、シリコン基板と異なり熱伝導度が悪く、自己発熱による不均一動作による性能劣化に対する対策が必要である。この対策として、エミッタ層の上にAlGaAs層を利用したバラスト抵抗を形成している。さらに、複数のフィンガーのエミッタを厚膜メッキ配線により相互に接続して熱の分散を効果的に行うことにより、GSM用パワーアンプにおいてマルチスロット動作(GPRSクラス12)への対応も可能としている。

2. 開発にあたっての課題と対策

5GHz無線LAN用パワーアンプにおいては、米国におけるIEEE802.11aの規格、チップセットの消費電力、パソコンからPCMCIAカードへの供給可能電力等の

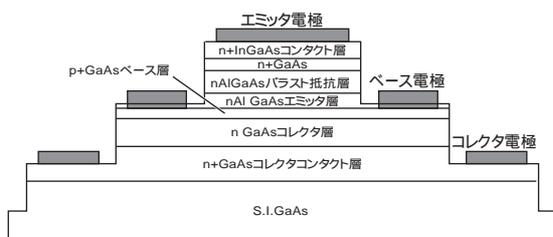


図1 HBTの基本構造図
Fig. 1 Basic structure of the HBT.

要因から、IEEE802.11aにおける54Mbps送信時の歪みの規格を満たした状態で、19dBm以上の出力を、200mA以下の消費電流(電源電圧3.3V)で実現することが求められていた。また、チップセットの出力電力レベルから25dB程度の利得が求められた。IRM038Nの開発にあたっては、短期間での商品化を実現させるため、既に携帯電話用パワーアンプで実績のあるデザインルールの範囲内での高性能化を行った。開発にあたっての課題としては、パワートランジスタの周波数特性の改善と、変調特性から要求される増幅回路の線形性向上があった。前者に対しては、VIAホールプロセスの導入ならびにエミッタ幅の縮小、後者に対しては、W-CDMA用パワーアンプ用に開発した歪み補償回路の適用、2段アンプの各段の利得カーブの調整による利得平坦化により解決を図った。

まず、高周波特性の改善について述べる。携帯電話においては、0.8~2GHzの周波数が主として用いられている。これらの周波数帯においては、接地用のワイヤの持つグランドインダクタの影響が無視できないため、一般にはVIAホールプロセスが用いられている。しかしながら、このプロセスは、VIAを用いないプロセスに比べてコストアップとなるため、我々は、パッケージの接地メタルパターン、ワイヤレイアウトの工夫により、VIAホールプロセスを用いることなく、通常のワイヤボンディングによる接地で、携帯電話用パワーアンプとして十分な性能を実現してきた。しかしながら、5GHz帯を用いる無線LANにおいては、ワイヤで生じる接地インダクタによる利得劣化が著しく、上記手法では要求性能を実現する事ができない。従って、5GHz無線LAN用パワーアンプの開発にあたっては、VIAホール構造を採用した。さらに、HBTのエミッタ電極からVIAホールまでの配線長(インダクタ成分)によって生じる位相回転を極力小さくするために、素子間VIA技術を導入した³⁾。素子間VIAにおいては、マルチフィンガー構成のHBT間にVIAホールを形成し、エミッタ電極直近でグランドを取る事により、電氣的、熱的特性を改善している。

次に線形性向上(低歪み化)について述べる。携帯電話や無線LAN用パワーアンプで問題となる歪みは、入力信号レベルと出力信号レベルが線形でない、すなわち出力レベルに対して利得が一定ではない、振幅歪みが主な原因である。我々は、W-CDMA用パワーアンプ(IRM031G)の開発時に、バイアス回路を兼ねた小型の歪み補償回路を開発し、小型、高性能なパワーアンプを実現している⁴⁾。IRM038Nの開発においても、本技術を適用した。図2に、IRM038Nの概略の回路図を示す。出力整合回路は外付けとしている。

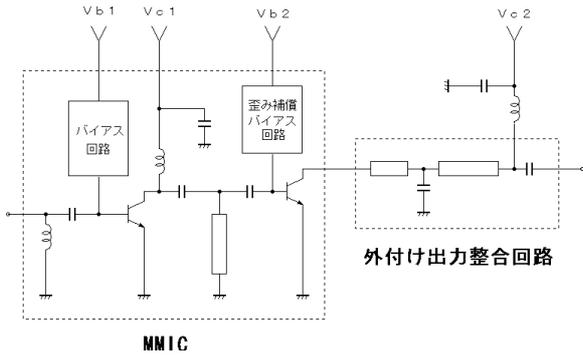


図2 IRM038N 概略回路図
Fig. 2 Simplified circuit schematics of IRM038N.

チップは2段アンプ構成であり、2段目のバイアス回路部に歪み補償回路を用いている。

歪み補償回路の導入と合わせて、出力レベルに対する利得変化を抑圧し振幅歪みを低減するため、2段アンプの各段のバイアス点が最適な組み合わせとなるように設計している。パワーアンプにおいては、出力段のHBTでは、バイアス点として、通常高効率動作の可能なB級もしくはB級に近いAB級が用いられる。これらバイアス点では入力電力が増加すると利得が増加する特性を有する。これは、B級動作では、増幅された出力信号の電流波形が半波整流波形になるため、出力電流振幅の増大に伴ってコレクタ電流の直流成分が増加するとともに、そのコレクタ電流の増加によりHBT自体の利得が増加するためである。一方、A級バイアスでは小信号利得が最大値であり、入力電力が増加すると利得が単調減少する特性を有する。従って、各増幅段のバイアス点を最適に組み合わせることにより、図3に示されているように2段アンプの中、高出

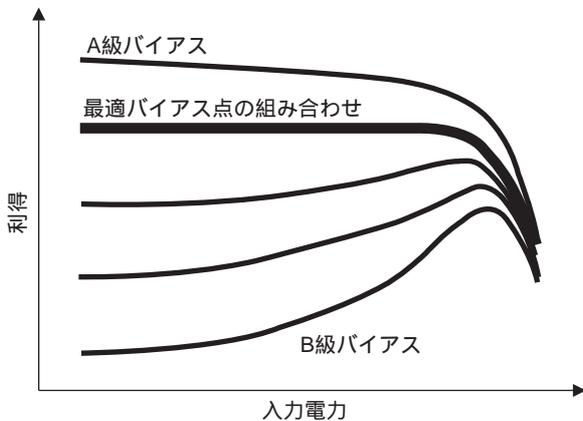


図3 各増幅段のバイアス点最適化による利得の平坦化
Fig. 3 Gain flatness improvement by bias optimization of each amplifier stage.

力時の利得変化をより平坦化することができる。

3. 特性

図4、5に、IRM038Nの基本特性を示す。図4は5.25GHzにおける出力特性を示す。横軸が出力電力Pout、縦軸が利得Gain、信号歪みEVM、消費電流Iccである。IEEE802.11aにおける送信系の歪みに関する規格の中で最も厳しい数値は、54Mbps(64QAM変調)送信時のEVMであり、アンテナ端で5.6%以下でなくてはならない。従って、図4においては、54Mbps時のEVMをプロットしてある。図4より、19dBm出力時のEVM5%、消費電流160mAであり、目標性能を十分満たしている事がわかる。

図5に周波数特性を示す。5GHz無線LANに使用される周波数は地域によって異なり、図6の様になっている。IRM038Nは、それら全周波数帯で使用可能であり、特に5.15-5.35GHz帯域で良好な特性を示す。

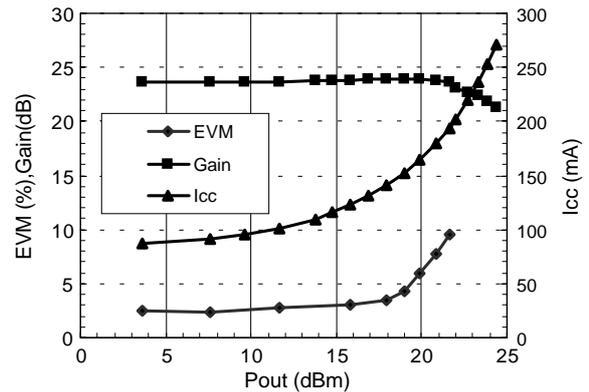


図4 IRM038Nの出力特性(周波数=5.25GHz)
Fig. 4 Output characteristics of IRM038N (Frequency=5.25GHz).

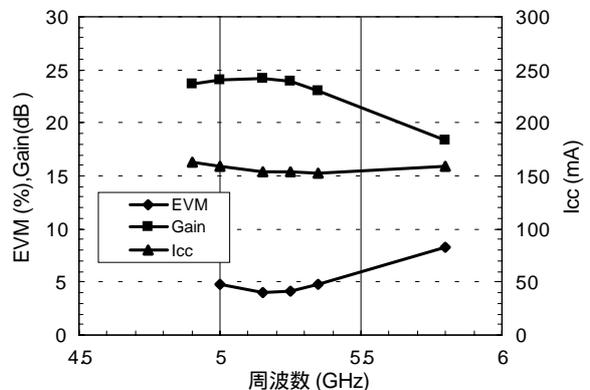


図5 IRM038Nの周波数特性(出力19dBm)
Fig. 5 Frequency characteristics of IRM038N (Pout=19dBm).

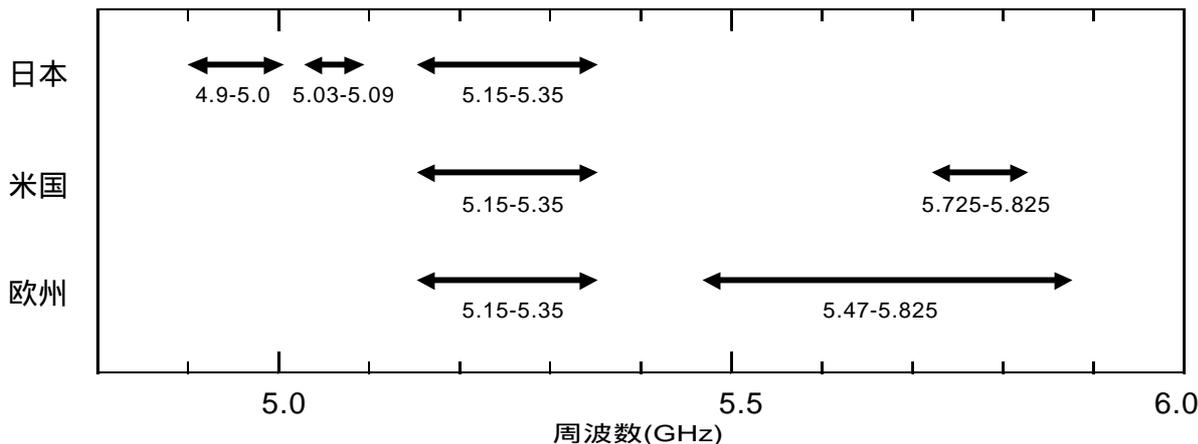


図6 各地域における5GHz無線LAN用周波数帯(検討中も含む)

Fig. 6 Frequency allocation for 5GHz wireless LAN in each region (including under study).

4. 他の機種と今後の展開

表1に現在商品化している主な機種をまとめた。無線LAN用としては、5GHz帯のみではなく、2.4GHz帯の無線LAN規格であるIEEE802.11b, IEEE802.11gに対応したパワーアンプIRM037Nも商品化している。高速伝送可能な新しい規格であるIEEE802.11aはアクセスポイントが十分に広まっていない為、既に市場に浸透しているIEEE802.11bにも対応可能なデュアルバンド無線LAN機器が求められており、IRM037NとIRM038Nを組み合わせる事で、それに対応できるようにしている。また、IRM037Nは、IEEE802.11bと互換性を保ちつつ高速通信可能な規格であるIEEE802.11gにも対応可能である⁵⁾。

第3世代携帯電話や無線LAN等モバイルマルチメディアアクセスに対応したシステムにおいては、線形変調方式が主流であり、今後ますます、高線形化、高効率化が重要となってくる。我々は、このような状況を受けて、今後、線形性に優れ、高電流密度動作が可能な新たなトランジスタ構造の開発とともに、これまで培ってきた素子設計技術、回路設計技術を駆使し、さらなる高性能化を図っていく予定である。また、4mm角の小型パッケージ1つでデュアルバンド無線LANに対応できる、新たなパワーアンプの製品化を進めている。

表1 商品化しているパワーアンプの主な機種
Table 1 Main product line-up.

型番	用途
IRM023N	GSM/DCS/PCS用パワーアンプMMIC
IRM031G	W-CDMA用パワーアンプモジュール
IRM037N	IEEE802.11b/g用パワーアンプMMIC
IRM038N	IEEE802.11a用パワーアンプMMIC

むすび

高速モバイルインターネットアクセスとして注目されている5GHz無線LAN用パワーアンプの技術を中心に、当社におけるGaAs MMIC技術の紹介を行った。開発した5GHz無線LAN用パワーアンプIRM038Nは、EVM<5%での出力19dBm、19dBm出力時の消費電流160mAという高線形、高出力、低消費電流特性を有する。今後は、これまで培った技術に新たなデバイス技術を組み合わせ、無線LAN用パワーアンプの更なる高出力化、高性能化に加え、cdma2000、UMTS(W-CDMA)を始めとする3G携帯用パワーアンプの性能向上にも展開する予定である。

謝辞

本パワーアンプ開発において、ご協力いただいた技術本部基盤技術研究所無線通信デバイス研究グループの皆様へ深謝致します。

参考文献

- 1) 菊地, "W-CDMA向けパワーアンプ HBT構造の製品が相次ぐ付加効率は40%超で競う", 日経エレクトロニクス, No.812, p.47 (2002.1.7)
- 2) 田中 蓬田, "ブロードバンドを塗りかえる,それがOFDM", 日経エレクトロニクス, No.819, pp.101-127 (2002.4.8)
- 3) Koh et.al, "A High Efficiency InGaP/GaAs HBT Power Amplifier MMIC for the 5GHz Wireless-LAN Application", 32nd European Microwave Conference Proceedings, pp. 469-472 (2002.9)
- 4) 作野他, "W-CDMA用小型・高効率HBTパワーアンプMMIC", シャープ技報, No.79, pp.22-25 (2001.4)
- 5) 菊地, "2.4GHzか5GHzか 無線LANの本命は誰に?", 日経エレクトロニクス, No.803, pp.57-64 (2001.8.27)

(2002年9月26日受理)