

WiMAX用小型電力増幅器 “MGFS38Eシリーズ”

宇土元純一*
久留須 整*
宮下美代**

Power Amplifier "MGFS38E Series" for WiMAX Applications

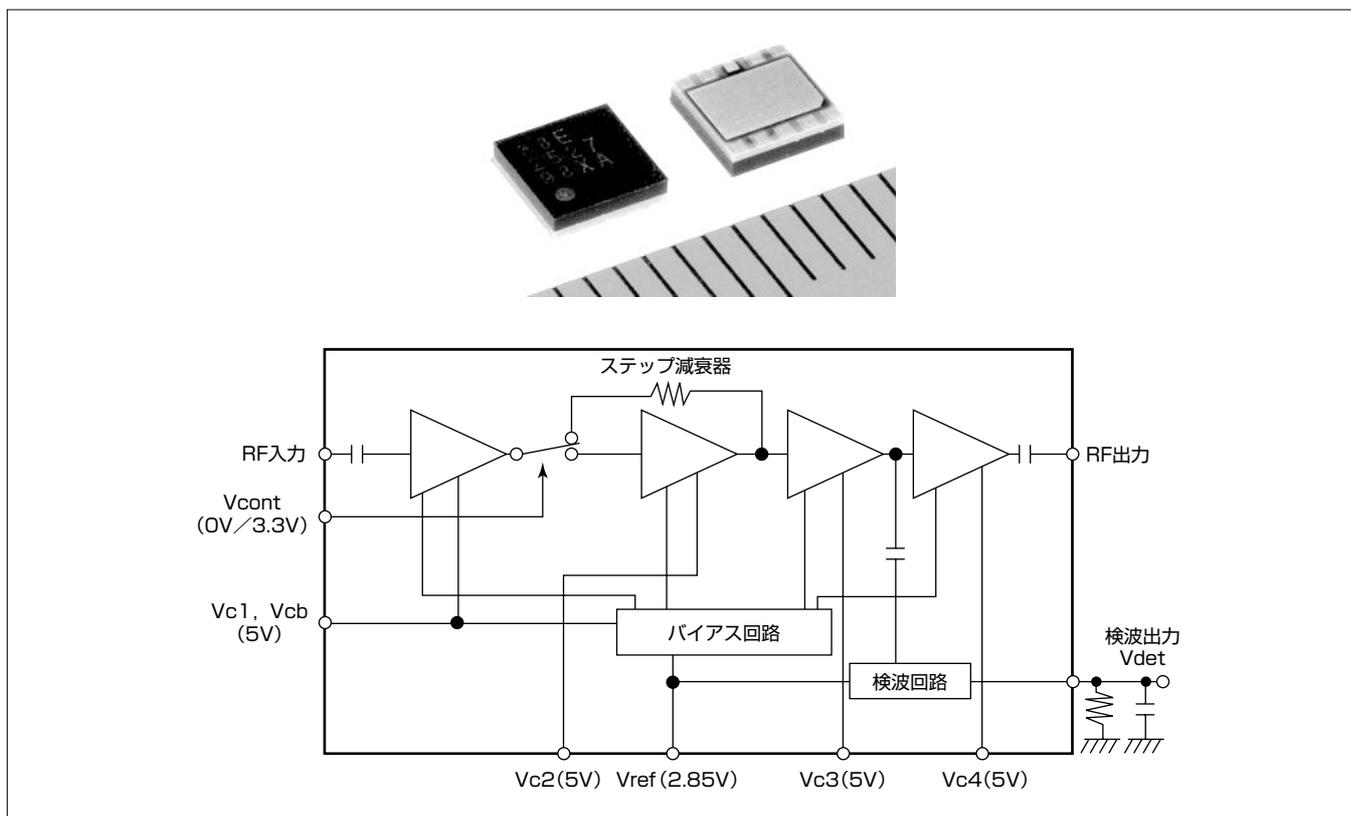
Junichi Udomoto, Hitoshi Kurusu, Miyo Miyashita

要 旨

WiMAX^(注1) (Worldwide Interoperability for Microwave Access: ワイマックス)は無線通信技術の規格の一つであり、当初は家庭やオフィスと通信事業者の基地局間を接続する固定ワイヤレスアクセスとして策定され、デジタルデバインド(情報格差)解消の手段として期待された。さらに近年は、高速移動体通信用の規格も定められている。WiMAXで用いられる変調方式であるOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing: 直交周波数分割多重方式)は、平均出力電力に対して瞬時出力電力が極めて高いので、電力増幅器には高い飽和電力特性と低歪(ひず)み特性が要求される。さらに、加入者端末(Customer Premises Equipment: CPE)用としてパソコンカードや携帯電話機にも搭載されるため、小型、低コスト、単一電源動作、高集積化が要求されている。

三菱電機では、これらの要求に対応するために、携帯電
(注1) WiMAXは、WiMAX Forumの登録商標である。

話用増幅器で実績のあるInGaP/GaAs HBT(リン化インジウムガリウム/砒化(ひか)ガリウムHeterojunction Bipolar Transistor)プロセスを採用し、平均出力電力27dBmのHBT電力増幅器モジュールを既に開発してきた。今回、2.3GHz、2.5GHz、3.5GHzそれぞれの周波数帯域に対して通信品質向上のため、さらに高出力化を図った電力増幅器“MGFS38Eシリーズ”3品種を開発した。所望出力を得るためのHBTサイズの最適化と整合回路レイアウトの最適化によって、パッケージサイズの小型化と高出力化を達成した。4mm角のパッケージ内に増幅部及びバイアス回路に加え、当社独自の増幅段バイパス型ステップ減衰器や出力電力検波回路を集積化した。この増幅器は2.3GHz帯“MGFS38E2325”、2.5GHz帯“MGFS38E2527”、3.5GHz帯“MGFS38E3336”で出力電力28.5dBmにおけるEVM(Error Vector Magnitude)が2.5%と、高出力かつ低歪み特性を実現した。



WiMAX用小型増幅器の製品外形と回路構成

開発したWiMAX用小型増幅器の製品外形と回路図を示す。今回開発したMGFS38E2325, MGFS38E2527, MGFS38E3336は、WiMAX CPE用電力増幅器として必要な機能を集積し、高出力で低歪み特性を実現した。

*高周波光デバイス製作所 **同製作所(工博)

1. ま え が き

WiMAXは無線通信技術の規格の1つであり、当初は過疎地帯や、高速通信(光・メタル)回線の敷設やDSL(Digital Subscriber Line)等の利用が困難な地域で、いわゆるラストワンマイルの接続手段として策定された。WiMAXは中長距離エリアをカバーする無線通信を目的としており、WiMAXアクセス網は“Wireless MAN(Metropolitan Area Network)”と定義される。さらに近年は、高速移動体通信の規格も定められており、異なる機器間での相互接続性確保のため、IEEE 802.16作業部会と業界団体のWiMAX Forumで規格標準化されている。WiMAXで用いられる変調方式であるOFDMは、平均出力電力に対して瞬時出力電力が極めて高いので、電力増幅器には高い飽和電力特性と低歪み特性が要求される。さらに、加入者端末用としてパソコンカードや携帯電話機にも搭載されるため、小型、低コスト、単一電源動作、高集積化が要求されている。

当社では、これらの要求に対応するために、携帯電話用増幅器で実績のあるInGaP/GaAs HBTプロセスを採用し、平均出力電力27dBmのHBT電力増幅器モジュール“MGFS36Eシリーズ”を開発済みである⁽¹⁾。今回、2.3GHz、2.5GHz、3.5GHzそれぞれの周波数帯域に対して通信品質向上のため、さらに高出力化を図った電力増幅器MGFS38Eシリーズ3品種を開発した。この増幅器は2.3GHz帯(MGFS38E2325、帯域2.3~2.5GHz)、2.5GHz帯(MGFS38E2527、帯域2.5~2.7GHz)、3.5GHz帯(MGFS38E3336、帯域3.3~3.6GHz)で出力電力28.5dBmにおけるEVMが2.5%と、高出力かつ低歪み特性を実現した。

本稿では、この電力増幅器の構成と基本特性について述べる。

2. 電力増幅器の構成

図1に開発した2.3GHz帯、2.5GHz帯、3.5GHz帯の電力増幅器の構成を示す。所望利得35dBを得るために4段構成

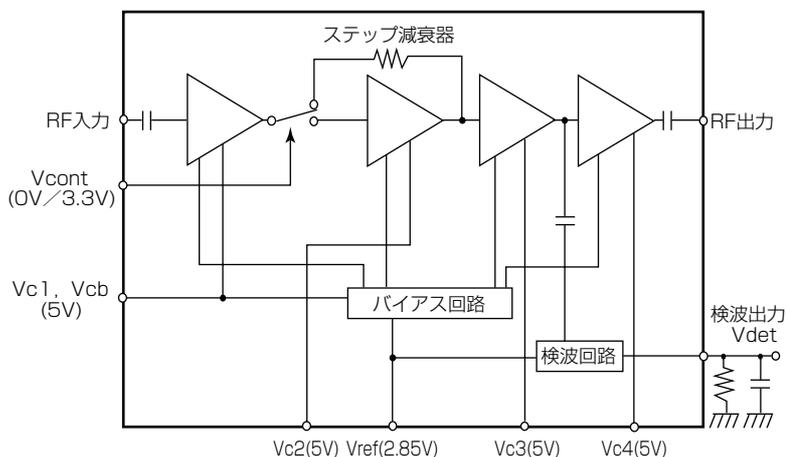


図1. 電力増幅器の構成

とし、ステップ減衰器とその制御回路及び出力電力検波回路を同一チップ上に集積化した。各回路のバイアス電流は、レファレンス電圧(Vref)をOFFにすることでシャットダウンが可能である。次に設計に際して配慮した項目について述べる。

2.1 HBTサイズと整合回路の最適化

先に述べたとおり、WiMAXではOFDM変調信号を用いるので、増幅器を使用する出力でEVMが2.5%の低歪み特性を得るためには、平均出力電力が飽和出力に対して9dB程度のバックオフをとる必要がある。そのための最終出力段の総エミッタ面積を最適化した。次に、所望の低歪み特性が得られるよう、前段(1~3段)のHBTサイズと各段の整合回路及びバイアス回路パラメータの最適化を行った。

2.2 ステップ減衰器

図2(a)に今回適用した増幅段バイパス型ステップ減衰器の構成図を示す⁽²⁾。また、図2(b)に増幅段バイパス型ステップ減衰器の従来例を示す。今回適用した減衰器は、2つのダイオードによって増幅部と減衰部をRF(Radio Frequency)的に分離しているため、従来例のRFトランジスタにRC(Resistor Capacitor)を並列接続した減衰器に比べ、①増幅器部分と減衰器部分が個別に設計しやすい、②減衰ON状態とOFF状態で入出力反射損失を最適化しやすい利点を持つ。ステップ減衰器の制御は、外部制御端子(Vcont)の印加電圧切り換え(0V/3.3V)によって行われるが、制御回路内に電源スイッチトランジスタを設けることで、Vref電圧がOFFの時に電流を消費しないようにした。

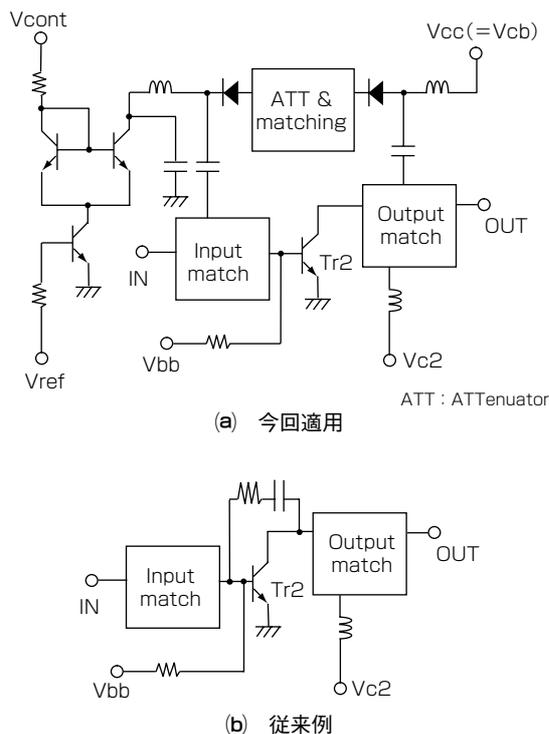


図2. ステップ減衰器の構成

2.3 出力電力検波回路

出力電力検波回路にはダイオード検波回路を適用した。出力電力レベルが20~30dBmの範囲で、出力電力検波電圧(Vdet)の変化量が1V以上となるようにした。この回路でも、Vref端子より直接バイアスしているの、レファレンス電圧をOFFすることによってシャットダウンが可能である。

3. 電力増幅器の基本特性

図3に開発した電力増幅器MGFS38E2527の外形写真を示す。MGFS38Eシリーズでは、パッケージ構造として、一度に複数の成型が可能で、量産性と信頼性に優れたトランスファーモールド構造を採用した。外形サイズは、MGFS38Eシリーズの3品種すべて4×4×1(mm)であり、パッケージ上の整合回路レイアウトの最適化によって、従来のMGFS36Eシリーズの外形サイズ(4.5×4.5×1(mm))に対して小型化を達成した。また、ピン配置についても3品種すべて共通である。

次に、開発した電力増幅器の基本特性について述べる。図4に、電源電圧5V時の利得減衰ON/OFF時における電力増幅器MGFS38E2527及びMGFS38E3336の利得の周波数特性を示す。減衰のON/OFFは、それぞれVcont端子の電圧を3.3V、0Vにして切り換えることによって制御する。MGFS38E2527及びMGFS38E3336では、線形利得35dB及び36dB、減衰量24dB及び22dB以上が得られた。また、MGFS38E2325でも同様な線形利得36dB、減衰量25dBが得られた。

図5にMGFS38E2527及びMGFS38E3336の大信号特性を示す。MGFS38E2527、MGFS38E3336における出力電

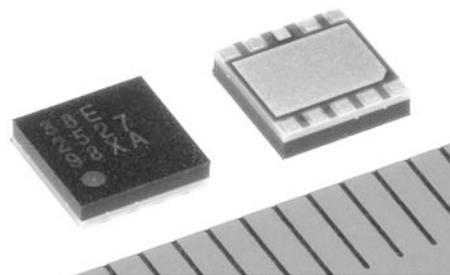


図3. MGFS38E2527の外形

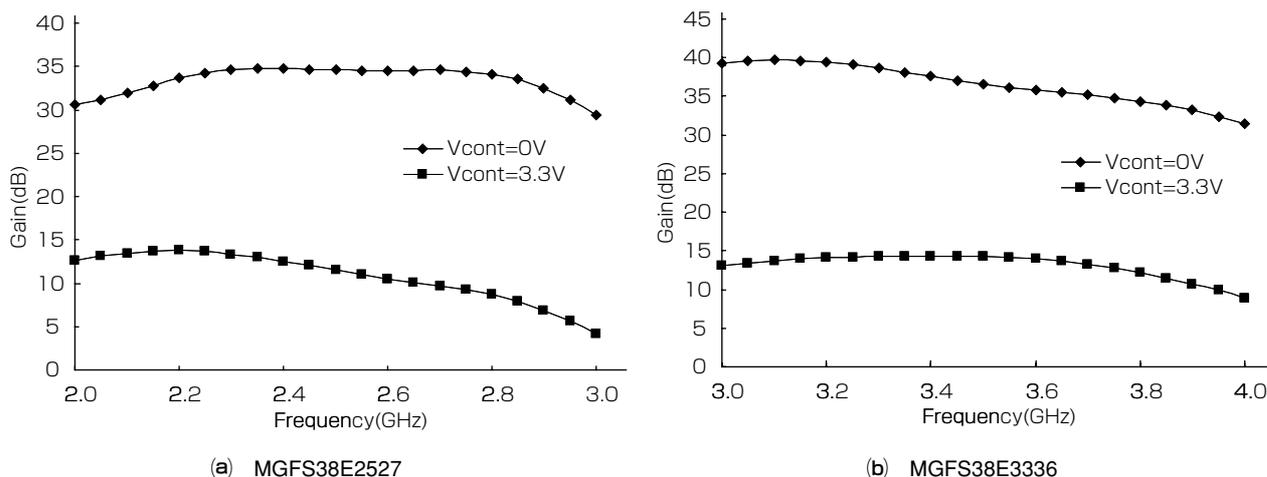


図4. 減衰ON/OFF時の利得周波数特性

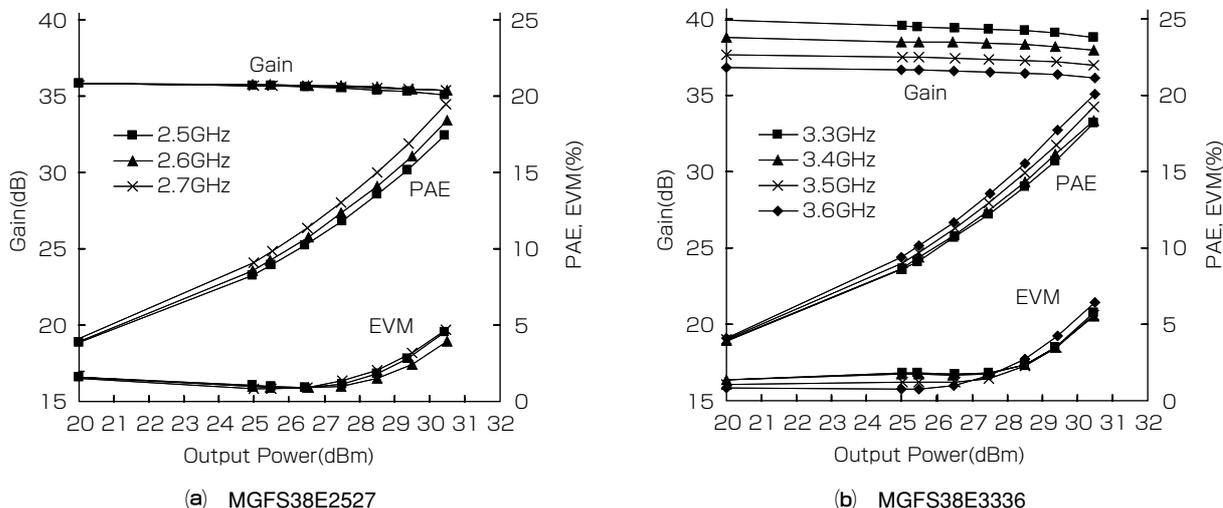


図5. 増幅器の大信号特性

表 1. 増幅器の特性

項目(単位)	測定条件	MGFS38E2325	MGFS38E2527	MGFS38E3336
周波数 (GHz)	V _c =5V V _{ref} =2.85V IEEE802.16 OFDM P _{out} =28.5dBm	2.3~2.5	2.5~2.7	3.3~3.6
利得 (dB)		36	35	36
効率 (%)		14	14	14
EVM (%)		2.5	2.5	2.5
減衰量 (dB)		25	24	22
検波電圧 (V)		1.5	1.6	2
総コレクタ電流 (mA)		950	950	950
モジュールサイズ(mm)		4 × 4 × 1		

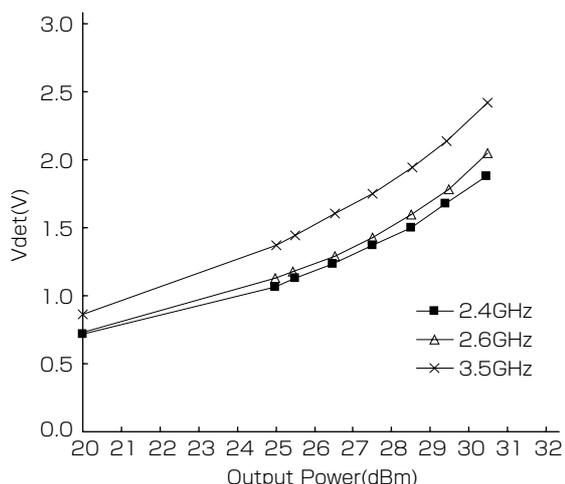


図 6. 出力電力検波器の特性

力28.5dBm時の電力付加効率 (PAE) 及びEVMはともに14%及び2.5%が得られた。また、MGFS38E2325でも、出力電力28.5dBm時のPAE及びEVMは14%及び2.5%の同様の特性が得られた。

図 6 に出力電力検波回路の特性を示す。MGFS38E2325, MGFS38E2527, MGFS38E3336について、2.4GHz, 2.6GHz, 3.5GHzの特性を示す。各品種とも、出力電力レベル20~30dBmにおける出力電力検波電圧 (V_{det}) の変化量 1 V以上が得られた。

4. む す び

当社では、InGaP/GaAs HBTプロセスを採用し、平均出力電力27dBmのHBT電力増幅器モジュールを開発済みである。今回、2.3, 2.5, 3.5GHzそれぞれの周波数帯域に対して通信品質向上のため、さらに高出力化を図った電力増幅器MGFS38Eシリーズ 3 品種を開発した。表 1 に各品種の特性を示す。この増幅器は2.3GHz帯 (MGFS38E2325), 2.5GHz帯 (MGFS38E2527), 3.5GHz帯 (MGFS38E3336) で出力電力28.5dBmにおけるEVMが2.5%と、高出力かつ低歪み特性を実現した。この増幅器モジュールは、WiMAX 端末の小型化、低コスト化に有効である。

参 考 文 献

- (1) 久留須整, ほか: WiMAX CPE用高出力HBT電力増幅器モジュール, 三菱電機技報, 82, No.6, 377~380 (2008)
- (2) 山本和也, ほか: 増幅段バイパス型利得切替HBT増幅器に関する検討, 電子情報通信学会総合大会講演論文集, C-10-16 (2008)