



第5章 低ひずみで電力増幅し、安定した出力をアンテナに供給する

高周波パワー・アンプの特徴と使い方

広畑 敦
Atsushi Hirohata

高周波パワー・アンプ(power amplifier)の主な役割は、送信信号を必要な出力まで増幅することです。小信号のトランジスタやFETの小信号/中電力増幅回路、高周波増幅MMIC(第4章で紹介)の出力の数mWから数十mWレベルの信号を増幅し、数百mW～数十Wに電力増幅してアンテナに供給します。

無線機器内部で使われるほかの回路は低電圧化、省電力動作での機能実現が進んでいますが、パワー・アンプは用途/仕様によって必要な高周波出力が決まり、効率は20～数十%程度であるため、必要な消費電力はほぼ決定されてしまいます。このため低電圧で動作させると電流が大きく、電力出力が大きくなればなるほど、高い電圧での設計が有利になります。

近年、数百mW程度の出力では、低電圧化が進んで約3Vで動作しますが、消費電流は増えています。

パワー・アンプは扱う電力が大きく消費電流/発熱が大きいこと、アンテナによる負荷変動を考慮する必要があることなど、安定な動作をさせるためにさまざまな注意が必要になります。

従来からV/UHF帯の移動体無線機などでは、設計

が簡単になるなどの利点から高周波パワー・モジュールが使われてきました。これらのモジュールに加えて、需要の多い無線LANやBluetooth、携帯電話、PHSなどに向けたモジュールやMMICが出ています。

今回は特に用途を限定せず、移動体無線機用パワー・モジュール、2.4GHz帯の無線LAN用として出ているICを紹介します。

高周波パワー・アンプの分類

● 形状による分類

▶ ディスクリット

写真1、写真2に示した以外にもさまざまな形状があります。低電力のものはプラスチック、高電力のものは放熱性からセラミック・パッケージが主体です。写真2(b)のように1～2W出力程度のは、形状をそのままに、プラスチック・モールド・パッケージを使用して、コストダウンしたのも増えています。

周波数が高くなると入出力の整合回路をディスクリットで設計するのは大変なので、整合回路を内蔵したものも多く出ています。整合回路が内蔵のものは、設計が容易になること、ばらつきが保証されるので有利です。反面、使用周波数範囲が規定されているため、

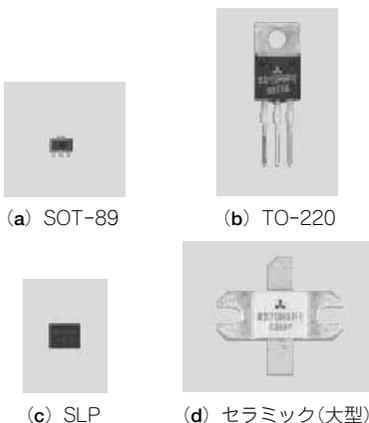


写真1 高周波用ディスクリット・デバイス(トランジスタ、FET)のパッケージ例

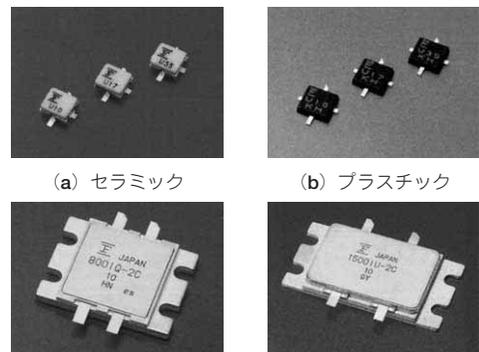


写真2 高出力GaAs-FETのパッケージ例

特定の周波数帯用途になります。

▶ MMIC(Microwave Monolithic IC)

小型ICのパッケージ形状で、2～4段程度のパワー・アンプを内蔵し20～40 dB程度のゲインをもっています。

整合回路を内蔵しているものといないものがあります。入力だけ、または整合回路の一部だけを内蔵しているものもあります。

無線LANやCDMA方式の携帯電話などの用途では、写真3のような数mm角以下の小型パッケージのMMICが主流です。

増幅段数を増やして高ゲインにしたものや、パワー検出回路、ON/OFF機能、さらには発振回路、変調回路など、送信機として必要なほとんどの機能を複合させて、製品としての特徴をもたせたものも多く出回

っています。目的に合った用途で使うと、設計が大変楽になります。

▶ モジュール

MMICやトランジスタ、FETなどを実装したセラミック基板に、整合回路を搭載して入出力を50Ωにしたものです。高電力のパワー・アンプでは、低インピーダンスの入出力に対する整合回路の設計が大変ですが、これらのモジュールは設計の手間、実装による調整、確認作業が大幅に軽減されます。

内蔵の整合回路により、使用周波数範囲が限定されるため、周波数帯域ごとに用意されます。各種の付加機能や増幅回路を搭載して特徴をもたせたものもあります。

表1、表2、表3に各社のパワー・アンプ・モジュールの仕様を、写真4にパッケージの例を示します。

表1 MOSFET高周波パワー・モジュール(三菱電機)

150 MHz/220 MHz/400 MHz/900 MHz帯のFM移動無線機用

型名	最大定格 V_{DD} [V]	使用できる周波数 f [MHz]		V_{DD} [V]	P_{in} [W]	$P_{o (min)}$ [W]	効率 (min) [%]
		min	max				
RA07M3340M	9.2	330	400	7.2	0.05	7	40
RA07M4047M	9.2	400	470	7.2	0.05	7	40
RA07M4452M	9.2	440	520	7.2	0.05	7	40
RA07N3340M	12.5	330	400	9.6	0.02	7.5	43
RA07N4047M	12.5	400	470	9.6	0.02	7.5	43
RA07N4452M	12.5	440	520	9.6	0.02	7.5	43
RA07H3340M	13.2	330	400	12.5	0.02	7	40
RA07H4047M	13.2	400	470	12.5	0.02	7	40
RA07H4452M	13.2	440	520	12.5	0.02	7	40
RA13H3340M	17	330	400	12.5	0.05	13	40
RA13H4047M	17	400	470	12.5	0.05	13	40
RA13H4452M	17	440	520	12.5	0.05	13	40
RA30H3340M	17	330	400	12.5	0.05	30	40
RA30H4045MR	17	400	450	12.5	0.05	30	40
RA30H4047M	17	400	470	12.5	0.05	30	40
RA30H4452M	17	440	520	12.5	0.05	30	40
RA45H4047M	17	400	470	12.5	0.05	45	35
RA45H4045MR	17	400	450	12.5	0.05	45	35
RA45H4452M	17	440	520	12.5	0.05	45	35

(a) 330M～520 MHz帯用 ($T_c = 25^\circ\text{C}$)

型名	最大定格 V_{DD} [V]	帯域 f [MHz]		V_{DD} [V]	P_{in} [W]	$P_{o (min)}$ [W]	効率 (min) [%]
		min	max				
RA03M8087M	9.2	806	870	7.2	0.05	3.6	32
RA03M8894M	9.2	889	941	7.2	0.05	3.6	32
RA06H8285M	17	820	851	12.5	0.001	6	35
RA13H8891MA	17	889	915	12.5	0.2	13	30
RA13H8891MB	17	880	915	12.5	0.001	13	35
RA20H8087M	17	806	870	12.5	0.05	20	25
RA20H8994M	17	896	941	12.5	0.05	20	25

(b) 900 MHz帯以上用 ($T_c = 25^\circ\text{C}$)

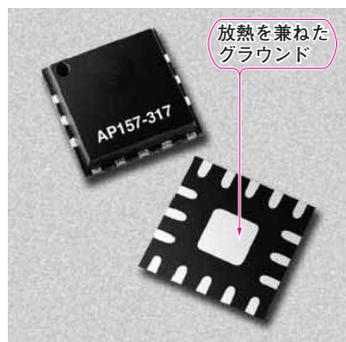


写真3 MMICタイプの高周波パワー・アンプの例 (AP157-317, 2.4 GHz帯無線LAN用途, Skyworks社)

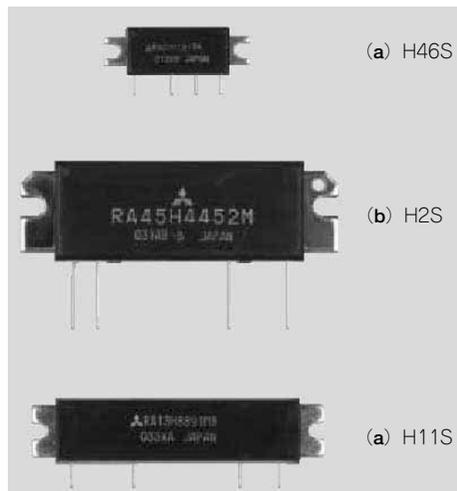


写真4 モジュール・タイプの高周波パワー・アンプの例 (V/UHF帯)