

# GPS用低雑音増幅器

塚原良洋\*  
中本隆博\*  
伊藤正康\*\*

## Low Noise Amplifier for GPS

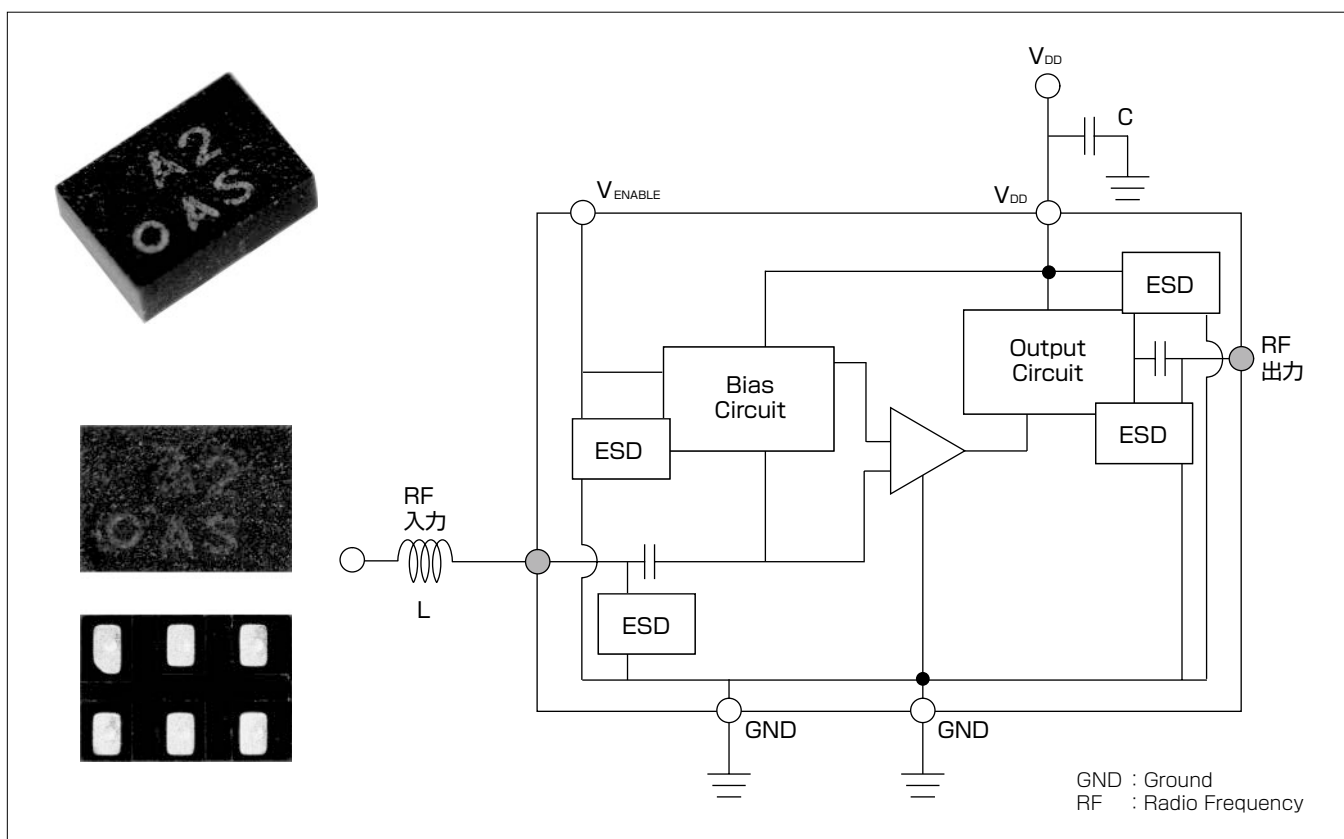
Yoshihiro Tsukahara, Takahiro Nakamoto, Masayasu Itoh

### 要旨

グローバルポジショニングシステム (Global Positioning System : GPS) は、米国の衛星を利用した位置情報を測位するシステムであり、近年、ナビゲーション機器の普及が進み、GPS機能を標準搭載したスマートフォン市場も急速に拡大している。GPS衛星からの微弱な信号を受信し位置情報を測位するため、受信用の増幅器には、低雑音性と高利得性が要求される。また、スマートフォンなどの携帯端末に搭載されることから、単一電源動作、低消費電力、小型、低コスト、高集積化が要求されている。

三菱電機は、これらの要求に対応するために、エンハンスメントモードの低雑音性に優れたGaAs HEMT (砒化(ひか)ガリウムHigh Electron Mobility Transistor) プロセ

スを開発・採用した。また、入力端子部と出力端子部のDCカットコンデンサを集積化することによって、外部に必要な部品点数は、入力側の整合用インダクタと電源 ( $V_{DD}$ ) 端子のデカップリング用キャパシタの2つとし、さらに、静電気 (ElectroStatic Discharge : ESD) 保護回路を含む整合回路を構成、回路レイアウトの最適化によって、パッケージサイズ  $1.0 \times 1.45 \times 0.5$  (mm) の小型化と、雑音指数  $0.75$  dB の低雑音化を達成した。今回開発したGPS用低雑音増幅器“MGF7301”は、利得  $19$  dB、動作電流  $5$  mA の高利得、低電流を実現し、外部からの制御電圧によるスタンバイモードへの切り換え機能を備えた、6ピンリードレスプラスチックパッケージ型の低雑音増幅器である。



### GPS用低雑音増幅器の製品外形と回路構成

開発したGPS用低雑音増幅器の製品外形と回路図を示す。今回開発したMGF7301は、衛星からのGPS信号受信用低雑音増幅器として、入力端子部と出力端子部のDCカットコンデンサ、及び出力側の整合回路を集積し、小型で低雑音特性を実現した。

1. ま え が き

グローバルポジショニングシステム(GPS)は、米国の衛星を利用した位置情報を測位するシステムの名称である。衛星を利用した測位システムには、例えば、ロシアの衛星測位システム(Global Navigation Satellite System : GLONASS)、欧州連合(EU)によるガリレオ、さらに、日本で計画中の準天頂衛星システム等があり、これらを総称して、全世界的航法衛星システム(Global Navigation Satellite System : GNSS)と一般に定義されている。

近年、ナビゲーション機器の普及が進み、GPS機能を標準搭載したスマートフォン市場も急速に拡大している。GPS衛星からの微弱な信号を受信し位置情報を測位するため、受信用の増幅器には、低雑音性と高利得性が要求される。また、スマートフォンなどの携帯端末機にも搭載されることから、単一電源動作、低消費電力、小型、低コスト、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、エンハンスメントモードの低雑音性に優れたGaAs HEMTプロセスを開発・採用した。また、入力端子部と出力端子部のDCカットコンデンサを集積化し、出力側は50Ωに整合することによって、外部に必要な部品点数を、入力側の整合用インダクタと電源(V<sub>DD</sub>)端子のデカップリング用キャパシタの2つとしたことで、システム全体での小型化、低コスト化に貢献した。さらに、静電気保護回路を含む整合回路を構成し、回路レイアウトの最適化によって、パッケージサイズ1.0×1.45×0.5(mm)の小型化と、雑音指数0.75dBの低雑音化を達成した。

今回開発したGPS用低雑音増幅器“MGF7301”は、利得19dB、動作電流5mAの高利得、低電流を実現し、外部からの制御電圧印加によるスタンバイ機能を備えた、6ピンリードレスプラスチックパッケージ型の低雑音増幅器である。

2. 低雑音増幅器の構成

図1に開発した低雑音増幅器の構成を示す。入力端子部と出力端子部のDCカットコンデンサを集積化し、動作電流は制御電圧(V<sub>ENABLE</sub>)をOFF(0V)にすることでスタンバイモードへの移行が可能である。次に設計に際して配慮した項目について述べる。

2.1 エンハンスメントモードHEMT

単一電源動作に対応するため、エンハンスメントモードのGaAs HEMTを開発した。図2に今回開発したHEMTのドレイン電圧(V<sub>d</sub>) = 3V時のV<sub>g</sub>-I<sub>d</sub>特性を示す。飽和ドレイン電流(I<sub>max</sub>)は300mA/mm、しきい値電圧(V<sub>th</sub>)は0.3Vである。

2.2 HEMTサイズと整合回路の最適化

衛星からの微弱な信号を受信するため、増幅器には低雑

音性と高利得性が要求される。このためHEMTの微細化によって低雑音化を、カスコード接続型によって高利得化を図った。図3に増幅器部の等価回路を示す。HEMTサイズについては、低い動作電流で十分な利得を満足しつつ、低雑音指数を得るための最適化を行った。整合回路については、雑音整合のためのHEMTのソース電極部、及び出

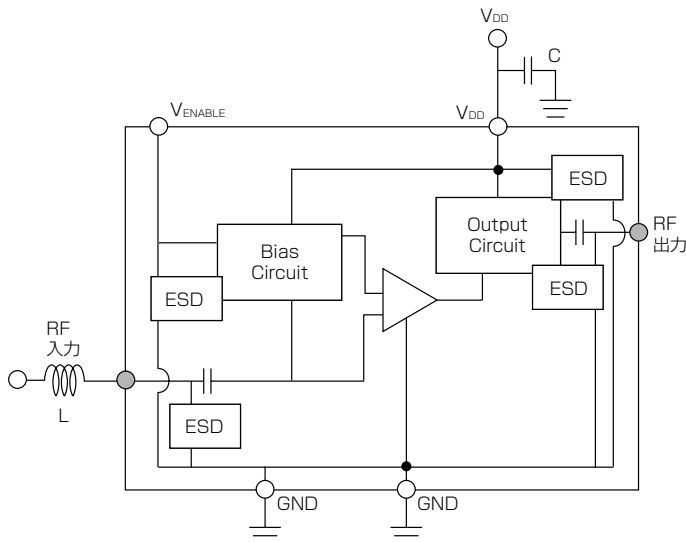


図1. 低雑音増幅器の構成

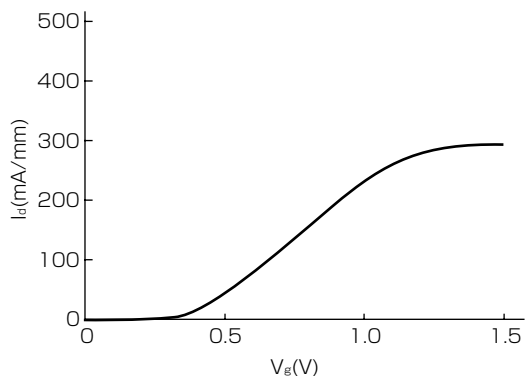


図2. エンハンスメントモードHEMTのV<sub>g</sub>-I<sub>d</sub>特性

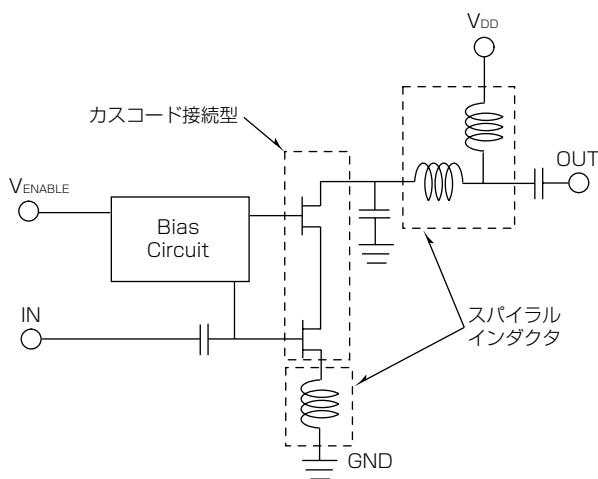


図3. 増幅器部の等価回路

力側整合回路にスパイラルインダクタ<sup>(1)</sup>を用いた。さらに、スパイラルインダクタの微細化によるチップサイズの小型化を実施した。衛星測位システム未使用時の携帯端末の消費電力低減のため、外部からの制御電圧( $V_{ENABLE}$ )によってスタンバイモードへ移行できるバイアス回路を内蔵した。さらに、入力部と出力部のDCカットコンデンサをチップ内に内蔵し、外部の回路部品を入力整合用インダクタと電源端子のデカップリング用キャパシタの2つとしたことで、システム全体での小型化、及び低コスト化に貢献した。

### 3. 低雑音増幅器の基本特性

図4に開発した低雑音増幅器“MGF7301”の外観を示す。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。6ピンリードレスパッケージの外形サイズは、 $1.0 \times 1.45 \times 0.5$  (mm)と小型化を達成した。表1にその基本特性を示す。

図5、図6にそれぞれ電源電圧( $V_{DD}$ )2.7V時と1.8V時の雑音指数(Noise Figure : NF)と動作利得(Gain)の周波数特性の評価結果を示す。入力側の整合用インダクタ値は12nHである。GPSの周波数帯域である1.575GHz帯で、それぞれ電源電圧2.7V時にはNF = 0.75dB, Gain = 19dB, 1.8V時には、NF = 0.75dB, Gain = 18.5dBが得られた。

また、GLONASSの周波数帯域である1.602GHz帯でも、電源電圧2.7V時の特性は、NF = 0.7dB, Gain = 19dB, 1.8V時はNF = 0.75dB, Gain = 18.5dBの特性が得られた。

図7、図8にそれぞれ電源電圧2.7V時と1.8V時の1.575GHz帯における入出力特性の評価結果を示す。電源電

圧2.7V時の1dB利得抑圧時入力電力 $P_i$ (P1dB)は-15dBm, 1.8V時の $P_i$ (P1dB)は-17dBmである。

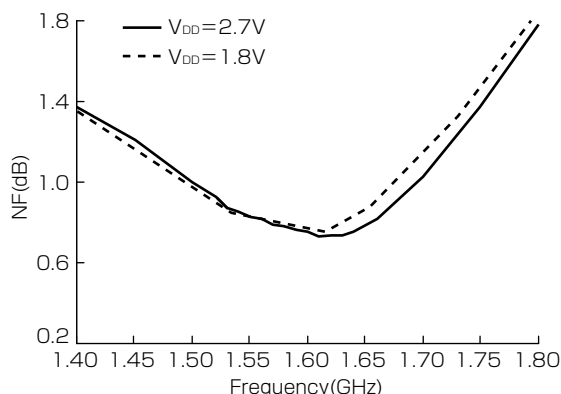


図5. 雑音指数の周波数特性

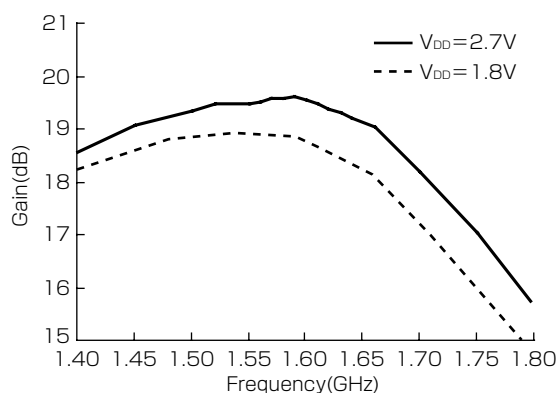


図6. 利得の周波数特性

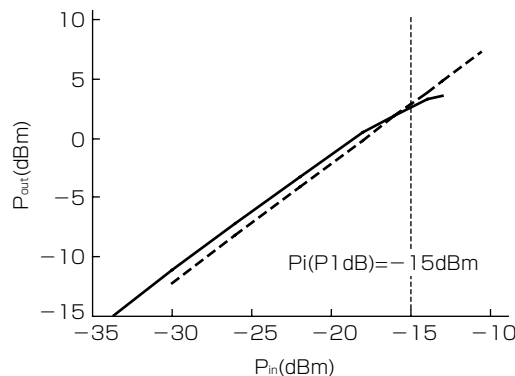


図7. 入出力特性( $V_{DD}=2.7V$ )

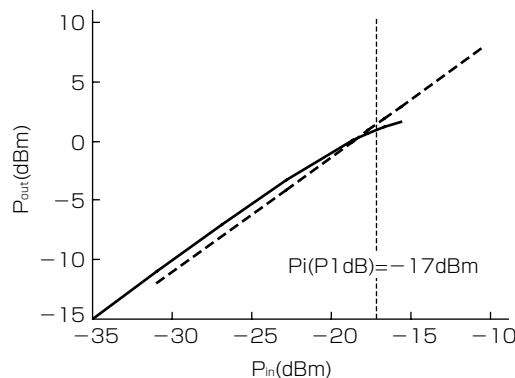


図8. 入出力特性( $V_{DD}=1.8V$ )

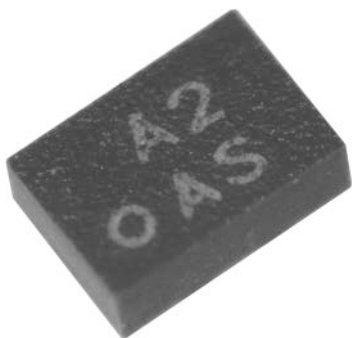


図4. 低雑音増幅器の外観

表1. 増幅器の基本特性

型名	MGF7301		
周波数	1.559~1.610GHz		
推奨条件	$V_{DD}$	2.7V	1.8V
	$V_{ENABLE}$	>1.2V	>1.2V
雑音指数	NF	0.75dB	0.75dB
利得	Gain	19.0dB	18.5dB
動作電流	$I_{DD}$	5mA	4.5mA
スタンバイモード時	$V_{ENABLE}$	<0.35V	
	$I_{DD}$ (最大値)	10uA	

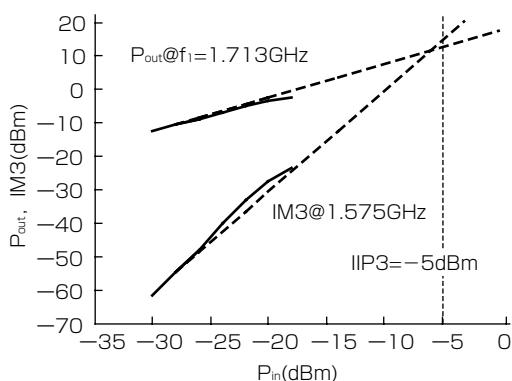


図9. 相互変調歪特性( $V_{DD}=2.7V$ )

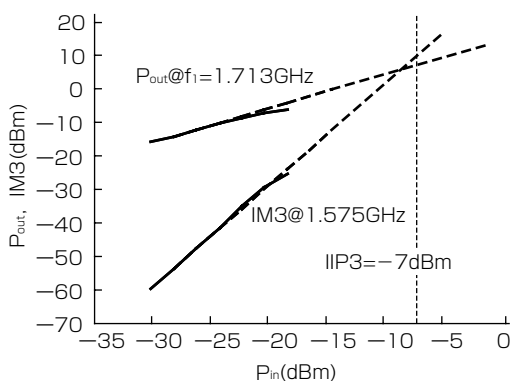


図10. 相互変調歪特性( $V_{DD}=1.8V$ )

GPSは衛星からの微弱な信号を受信し位置情報を測位するため、データ通信機能を持つパーソナル機器やスマートフォンなどに搭載される場合には、ワイヤレスLANなどのデータ通信信号の影響を受けやすく、位置情報を測位する機能を低下させる場合がある。図9、図10にそれぞれ、電源電圧2.7V時と1.8V時について、データ通信時の信号周波数を想定した $f_1=1.713GHz$ 、 $f_2=1.851GHz$ 入力時の $1.575GHz(=2f_1-f_2)$ における、3次相互変調ひずみ特性の評価結果を示す。 $V_{DD}=2.7V$ 時の3次入力インターセプトポイントIIP3は $-5dBm$ 、 $V_{DD}=1.8V$ 時のIIP3は $-7dBm$ が得られた。

#### 4. むすび

エンハンスメントモードの低雑音性に優れたGaAs HEMTプロセスを開発・採用し、内蔵したバイアス回路によるスタンバイ機能を備え、入力端子と出力端子部のDCカットコンデンサを集積化し、出力側は $50\Omega$ に整合することによって外部に必要な部品点数を2つに削減した、パッケージサイズ $1.0 \times 1.45 \times 0.5(mm)$ 、雑音指数 $0.75dB$ のGPS用低雑音増幅器“MGF7301”を開発した。この低雑音増幅器は、GPSシステムの小型化、低コスト化に有効である。

#### 参考文献

- (1) Shin Chaki, et al.: Experimental Study on Spiral Inductors, 1995 IEEE MTT-S Internal Microwave Symposium Digest, 2, 753~756 (1995)