

# 最軽量，世界最高クラスの感度を実現したミリ波スペクトラムアナライザMS2668C

MS2668C - World's Lightest and Highest-Sensitivity Spectrum Analyzer for Millimeter Frequencies UDC 621.317.757 : 621.3.029.65

|               |                     |                      |
|---------------|---------------------|----------------------|
| 成井克己          | Katsumi Narui       | 計測器事業本部 計測器事業部 第2開発部 |
| 小田利一          | Toshikazu Oda       | 計測器事業本部 デバイス事業部 技術部  |
| ネディエンチャート・シヤマ | Nediyanchath. Shyam | 計測器事業本部 計測器事業部 第2開発部 |
| 岸裕司           | Yuji Kishi          | 計測器事業本部 計測器事業部 第2開発部 |
| 高橋幸宏          | Yukihiro Takahashi  | 計測器事業本部 計測器事業部 第2開発部 |

## 1 はじめに

ミリ波帯はマルチメディア移動アクセスやLMDS (Local Multi-point Distribution system), 高速無線LAN, ITS (Intelligent transport systems) の車両衝突防止レーダなどの通信関連市場で、今後飛躍的な利用拡大が見込まれている。これに伴い、これらの市場のフィールド保守用に小型・軽量でミリ波帯までカバーできるスペクトラムアナライザのニーズが増加している。

しかし、従来のミリ波スペクトラムアナライザは高価であり、かつ大きさ・重量などの面から保守での使用に、十分に應えることができなかった。また、マイクロ波スペクトラムアナライザと外部ミキサの組み合わせを用いてミリ波の信号を観測した場合、比較的安価になるが、測定に手間がかかる問題があった。

そこで今回、MS2650/60スペクトラムアナライザシリーズの最上位機種として、同軸入力で40GHzまでのミリ波周波数帯をカバーし、小型・軽量・高性能のスペクトラムアナライザMS2668Cを開発した。MS2668Cは40GHzをカバーするスペクトラムアナライザでは最軽量 (15kg)、周波数40GHzで世界最高クラスの感度 (-101dBm, @RBW: 1kHz) を実現している。

また、MS2668Cの姉妹機としてMS2667Cも同時に開発した。MS2667Cは、最高周波数30GHz、感度ではMS2668Cの性能に及ばないものの、他の性能についてはMS2668Cとほぼ同等で、小型・軽量・低価格を実現している。

本稿ではMS2668Cを中心に開発方針、設計の要点、主要性能について述べる。図1にMS2668Cの外観を示す。



図1 MS2668Cスペクトラムアナライザの外観  
External view of MS2668C Spectrum analyzer

## 2 開発方針

MS2668Cの開発方針は以下の6点である。

### (1) 同軸入力で40GHzの達成

ミリ波帯の信号観測は従来、外部ミキサとスペクトラムアナライザを組み合わせで行っていた。しかし、この測定系では、外部ミキサ入力の前段にプリセクタが存在しないため、外部ミキサで多数発生するイメージ、マルチプルレスポンスにより、実際に存在する信号をこれらのスプリアス信号から識別する操作が必要となる。また、外部ミキサバイアスを周波数毎に最適値に調整する操作も必要となり、測定には大変手間が掛かっていた。

40GHzまでのミリ波帯の信号を同軸でスペクトラムアナライザに直接入力することで、RF帯の信号と同じように簡単に観測できるようにする。

## (2) ミリ波領域での高感度の実現

ハーモニックミキサを内蔵しているマイクロ/ミリ波スペクトラムアナライザは、周波数バンドが高くなるに従い、ハーモニックミキサのミキシング次数増加による変換損の増加が主な原因で、感度が悪化する。マイクロ/ミリ波スペクトラムアナライザの差別化ポイントである感度で、従来機種を上回る性能を達成する。

## (3) ミリ波スペクトラムアナライザとしての使いやすさの追求

マイクロ/ミリ波スペクトラムアナライザでは、プリセクタであるYIG同調フィルタ (YTF : Yttrium Iron Garnet Tuned Filter) の同調周波数が、YTFのヒステリシス、温度ドリフトなどにより、スペクトラムアナライザの同調周波数に対してずれる現象が起こる。この現象をトラッキングエラーと呼ぶ。トラッキングエラーはYTFの掃引範囲が広帯域になる程、顕著となる。トラッキングエラーが顕著な場合、スペクトラムアナライザに入力された信号は、YTFのフィルタ特性により減衰されるため、スペクトラムアナライザでの表示レベルが実際のレベルより低下してしまう現象が起こる。このため、正確な信号レベルを見る場合、プリセクタオートチューンと呼ばれるYTFの同調調整を行う機能を頻繁に行う必要があった。

トラッキングエラーによるレベルの低下を最小限にする。またYTFのプリセクタオートチューンの高速化を図る。

## (4) RBW 10Hz, 高安定ローカルシンセサイザユニットの搭載

高安定ローカルシンセサイザユニットの搭載及びMS2660Cシリーズで開発したガウシャン型フィルタのIFユニットにRBW 10Hzを追加し、高性能化を図る。

## (5) 小型・軽量化

ミリ波保守市場での用途が増加してきた現在、ミリ波スペクトラムアナライザも小型・軽量が望まれる。このため、MS2650/2660シリーズの現状の筐体から最小限のサイズ・重量の増加で実現する。

## (6) 外部ミキサを用いて110GHzまでカバー

40GHz以上の信号は外部ミキサを用いて、110GHzまで観測可能とする。

# 3 回路構成

MS2668Cの回路構成を図2に示す。40GHzフロントエンド、RFフロントエンド、IF部、ローカル発振器部、掃引コントロール部、CPU制御部、表示部に大きく分かれる。

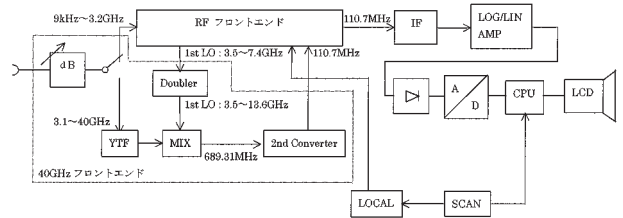


図2 MS2668Cの回路構成  
Block diagram of MS2668C

# 4 設計の要点

## 4.1 40GHzフロントエンド

40GHzフロントエンド部分の回路構成を図3に示す。40GHzフロントエンドはステップ減衰器、RFバンド (9kHz ~ 3.2GHz) とマイクロバンド (3.1 ~ 40GHz) のバンド切り替えスイッチ、YTF、ハーモニックミキサ、LO信号を2倍し増幅するダブラ、2ndコンバータで構成する。

同軸入力による40GHzまでの広帯域化は、40GHzでの良好な感度およびトラッキングエラーによる表示レベルの低下の最小化も同時に実現して、初めて価値あるものとなる。このため、40GHzフロントエンドは、この2点を主眼に置いて開発を行った。

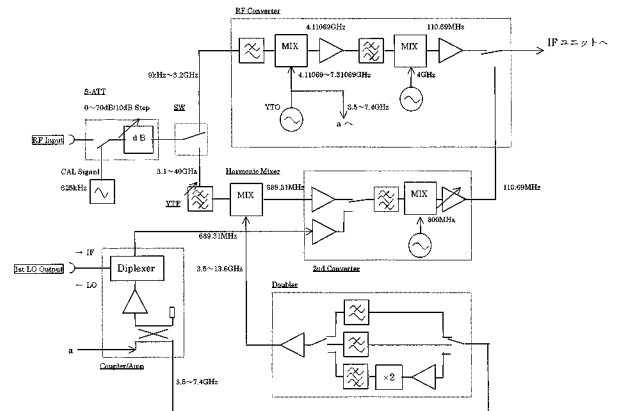


図3 MS2668C 40GHzフロントエンドの構成  
Constitution of MS2668C 40-GHz Front-end section

#### 4.1.1 高感度化

40GHzフロントエンドは、感度悪化の1つの要因となるミリ波信号の引き回しによる損失を最小にするため、3.1～40GHzのバンドを1つのコンバータでカバーする構成にしている。また、構成するすべてのコンポーネントについて低損失化を実施した。

高感度実現の最大の課題であるハーモニックミキサのミキシング次数の低減には、ダブルによりLO信号を2通倍する方法を採用している。この方法は、ハーモニックミキサへのLO信号経路にダブルを追加するだけで実現でき、既存のローカル周辺回路がそのまま使えるメリットがある。表1にMS2668Cのバンドとミキシング次数の関係を示す。RF周波数が3.1～8.1GHzまでのバンドでは、YTO出力のLO信号によるミキシング、7.9GHz以上のバンドでは、ダブルによりYTO出力を2通倍したLO信号によるミキシングを行う。このため、YTO出力のLO信号だけを使用する従来のミキシング方法では、ミキシング次数6になる26.5～40GHzのバンドが次数3に半減した。

図4に今回開発したMS2668C、MS2667Cと従来機（MS2802A：32GHzスペクトラムアナライザ）の平均雑音レベルを示す。なおMS2667Cと従来機は、YTO出力のみを用いた従来のミキシング方式である。MS2668Cは最大3のミキシ

表1 MS2668Cの周波数バンドとミキシング次数との関係

Relation between frequency band and mixing order of MS2668C

| RF周波数             | ミキシング次数 | ローカル高調波次数 |
|-------------------|---------|-----------|
| 9kHz ~ 3.2GHz     | 1       | 1         |
| 3.1GHz ~ 5.7GHz   | 1       | 1         |
| 5.5GHz ~ 8.1GHz   | 1       | 1         |
| 7.9GHz ~ 14.3GHz  | 1       | 2         |
| 14.1GHz ~ 26.5GHz | 2       | 4         |
| 26.2GHz ~ 40GHz   | 3       | 6         |

ング次数で40GHzまでをカバーするため、40GHzでの平均雑音レベルはMS2667Cのミキシング次数3となるバンド（15.2～22.4GHz）とほぼ同等である。この40GHzでの感度は40GHzをカバーするスペクトラムアナライザとしては世界最高クラス（規格値-101dBm @RBW:1kHz）を達成している。また、MS2667Cも30GHzフロントエンドの挿入損の低減を実施したことにより、同じミキシング方式である従来機と比較して、10dB以上の感度改善が達成されている。

#### 4.1.2 トラッキングエラーの改善

マイクロ/ミリ波スペクトラムアナライザ固有の問題であるYTFのトラッキングエラーは、信号表示レベルの低下を起こし、プリセクタオートチューンによるYTFの同調調整を必要とさせるため、マイクロ/ミリ波スペクトラムアナライザ固有の使いやすさを決定する最も重要な要素である。

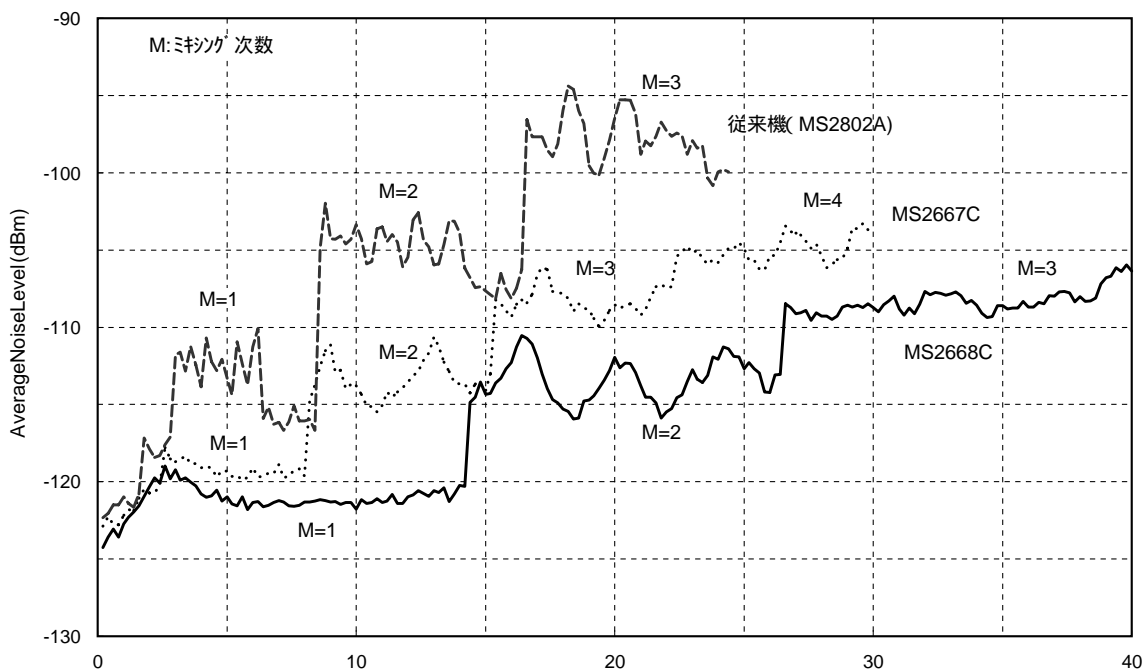


図4 MS2668C/2667Cと従来機の平均雑音レベル特性（代表値）

Average noise level of MS2668C/67C and conventional model (typical)

トラッキングエラーの主な原因は、YTF自体の特性であるヒステリシス、温度ドリフトである。また、YTFの感度が高いため、YTF駆動回路内にあるオペアンプのオフセット電圧・温度ドリフトなどもトラッキングエラーの原因の1つとなる。

ヒステリシスについては、YTFがどのような履歴を取っても、YTF同調周波数 - YTFコイル電流の関係が、決まったヒステリシスループの軌跡近くを通る掃引方法を考案した。

YTFの温度ドリフトについては、YTF駆動回路に温度補償回路を設け、また駆動回路内のオペアンプのオフセット電圧・温度ドリフトについても補正回路を設けることで改善した。

図5に、掃引条件がフルスパンでのトラッキングエラー特性を示す。このデータは、一定レベルの信号を入力した時の入力レベルに対する表示レベルのずれを表わしたグラフである。従来機種では $\pm 10$ dB程度あった常温時でのずれが $\pm 3$ dB以内に改善され、また全動作温度範囲でも目標とした $\pm 5$ dB以内のずれを実現した。

また、プリセクタオートチューンの実行時間も同時に改善を行った。この機能はスパン500MHz以下の設定において、YTFの通過帯域幅のピークを、指定された信号の周波数に自動的に合わせるもので、従来方式の実行時間は約11秒であった。

今回、プリセクタオートチューンの処理に必要な掃引回数を従来からの1/4に減らす方式を考案し、実行時間約2秒を達成した。

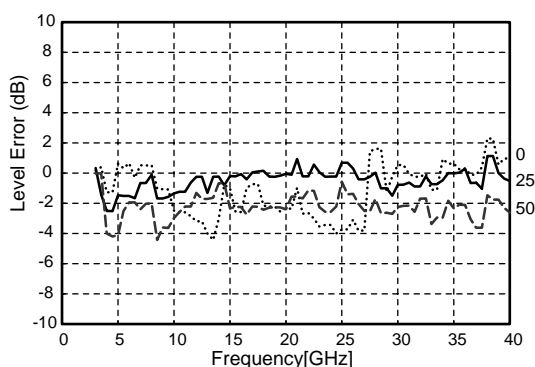


図5 フルスパン掃引時のトラッキングエラー特性（代表値）  
Tracking error characteristics at sweeping full span (typical)

## 4.2 フロントエンド用コンポーネント

主要コンポーネントについて説明する。

### 4.2.1 ハーモニックミキサ

従来機種のハーモニックミキサは、LO信号をカップラによ

りRF信号が伝送する主線路に結合させ、RF信号と共にミキサダイオードに入力するシングルエンドミキサを用いていた<sup>1)</sup>。しかし、この方式は主線路側の伝送特性との関係で、カップラの結合度を大きくできないことから、ミキサダイオードに入力されるLO信号レベルが小さくなってしまったため、ミキサの歪み特性が要求レベルを満足できない。また、RF周波数の広帯域化を行う上で、カップラがRF伝送線路上にある構造は、RF信号の伝送線路が長くなり、ミキサ回路周辺の空間が大きくなるなど特性に好ましくない影響を与える。

したがって、従来のシングルエンド方式に比べ、良好な歪み特性を持ち、フロアノイズの暴れの原因となるLOのAMノイズの影響が少ない利点を持つ、RFの広帯域化に適したシングルバランス方式のミキサを採用した。設計は次の点を留意して行った。

### シミュレーションによる広帯域バランの設計

2通倍したLO信号を用いて、ミキサのミキシング次数を下げる方法を実現するためには、LO周波数範囲に対応した広帯域なバランがミキサに要求される。今回設計したバランはマイクロストリップ - スロット変換型であるため、基板の表裏にあるマイクロストリップラインとスロットラインが結合する構造となる。このような複雑な構造の解析には電磁界シミュレータが必要となる。電磁界シミュレータは、構成された要素の電磁界分布を解析し電気特性を算出するツールである。これにより、仕様である帯域3.5 ~ 13.6GHzを満足する広帯域のバランを実現した。

### 部品の選定・実装方法

良好なミキサの変換特性を広帯域で実現するためには、使用する部品の選定・実装法が重要となる。40GHzと広帯域な範囲では、帯域内で自己共振を起こす高誘電率の部品がある。また、実装法によっては帯域内で共振を起こす大きさの寄生容量や寄生インダクタンスも発生する。今回、部品を構成する材質を考慮して、帯域内で自己共振を起こさない部品を選定し、寄生容量・インダクタンスを極力小さくするため、部品の取り付け方法の工夫を行い、コンパクトな部品実装を行った。

以上を留意し設計を行った結果、LO入力周波数範囲の広帯域化と40GHzまでの良好な変換特性を実現した。変換損失の代表特性を図6に示す。



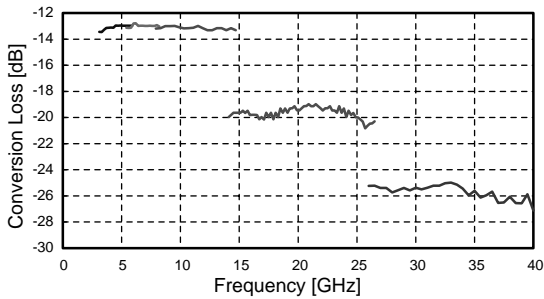


図6 40GHzハーモニックミキサの変換損失周波数特性（代表値）  
Conversion loss of 40-GHz harmonic mixer vs. frequency (typical)

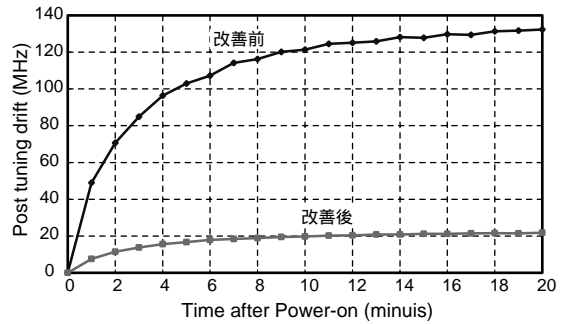


図7 YTF 起動時のポストチューニングドリフト特性  
Post tuning drift after power-on

### (b) ダブラ

ダブラはLO信号の基本波を増幅する経路とLO信号を2倍し増幅する経路の2経路で構成する。また、これらの経路の最終段には、ミキシングさせるLO信号以外の信号（高調波、低調波）を抑圧するLPFまたはBPFを置き、不要なハーモニクスレスポンスによるミキサ変換損の悪化を防いでいる。

### (c) 30GHz YTF

30GHzスペクトラムアナライザMS2667Cのプリセクタとして使われる30GHz YTFを開発した。性能の概要は、段数；3，同調範囲；3～30GHz，挿入損失；4dB，通過帯域幅；50～90MHzである。

当社で開発を行ってきた従来のYTFの上限周波数は24.5GHzである。今回の開発で上限周波数を30GHzに伸ばすため、フィルタ回路部の電磁界シミュレーションを実施した。この結果、フィルタ回路部を従来比で70%に小型化することにより、ループの共振周波数を31GHzから45GHzにずらすことができ、帯域外減衰量も30GHzにおいて77dB確保できる見通しが得られた。実測では30GHzにおける帯域外減衰量は79dBであり、ほぼシミュレーション通りの結果を得ることができた。

また、上限周波数の増大による磁気コイルの消費電力の増大に伴って、低い周波数から30GHz付近に同調周波数を変化させた時、同調周波数が短時間にドリフトする現象が発生した。これをポストチューニングドリフトと呼ぶ。図7にポストチューニングドリフト特性を示す。ポストチューニングドリフトは、磁気コイルによる熱の磁気回路内部での分布が不均一であることが原因で、磁気回路内部の熱膨張量に差が生じ、電磁石のギャップの寸法が変化するために起こる。今回、磁気回路内部の温度差を小さくする構造を開発し、ポストチューニングドリフトを130MHzから20MHzに改善することが

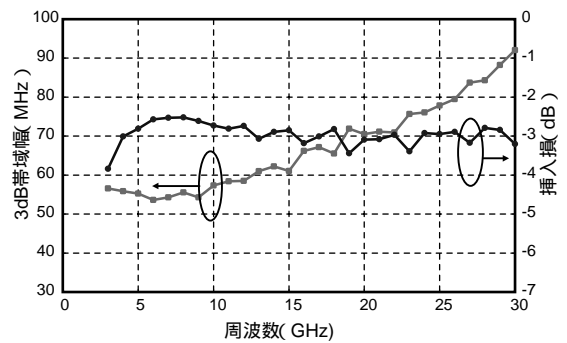


図8 YTFの挿入損失，3dBバンド帯域幅周波数特性（代表値）  
Insertion loss and 3dB bandwidth of YTF vs. frequency (typical)

できた。

図8に挿入損失，3dB帯域幅の周波数特性代表データを示す。

### 4.3 IFユニット

小型・軽量・低消費電力を追求して設計されたMS2661A型スペクトラムアナライザ<sup>2)</sup>では、IFフィルタにセラミックフィルタを採用していた。しかし、このフィルタは、優れた選択度特性を有する反面、その群遅延特性のため、高速な掃引に追従できない場合があった。そこで今回、MS2661AのIFフィルタと同じIF周波数、プリント板面積で、帯域幅可変範囲が3MHz～10Hzと広く、帯域幅やステップアップの安定度の優れたガウシアン型のIFフィルタを開発した。

シミュレータを用いて実現可能な帯域幅の検討を行い、クリスタルなどの主要部品に求められる特性を算出した。それに基づくIFユニットのブロックダイアグラムを図9に示す。帯域幅は3MHz～10Hzで可変であり、3MHzから100kHzまでを10.69MHzのLCフィルタ、30kHzから300Hzまでを10.69MHzのXtalフィルタ、そして、100Hzから10Hzまでは450kHzに周波数変換されたあと、Xtalフィルタを通し、10.69MHzに再変換して実現している。とくに10Hz分解能帯域幅は、局部発振器の高性能化に伴い、MS2660シリーズで初

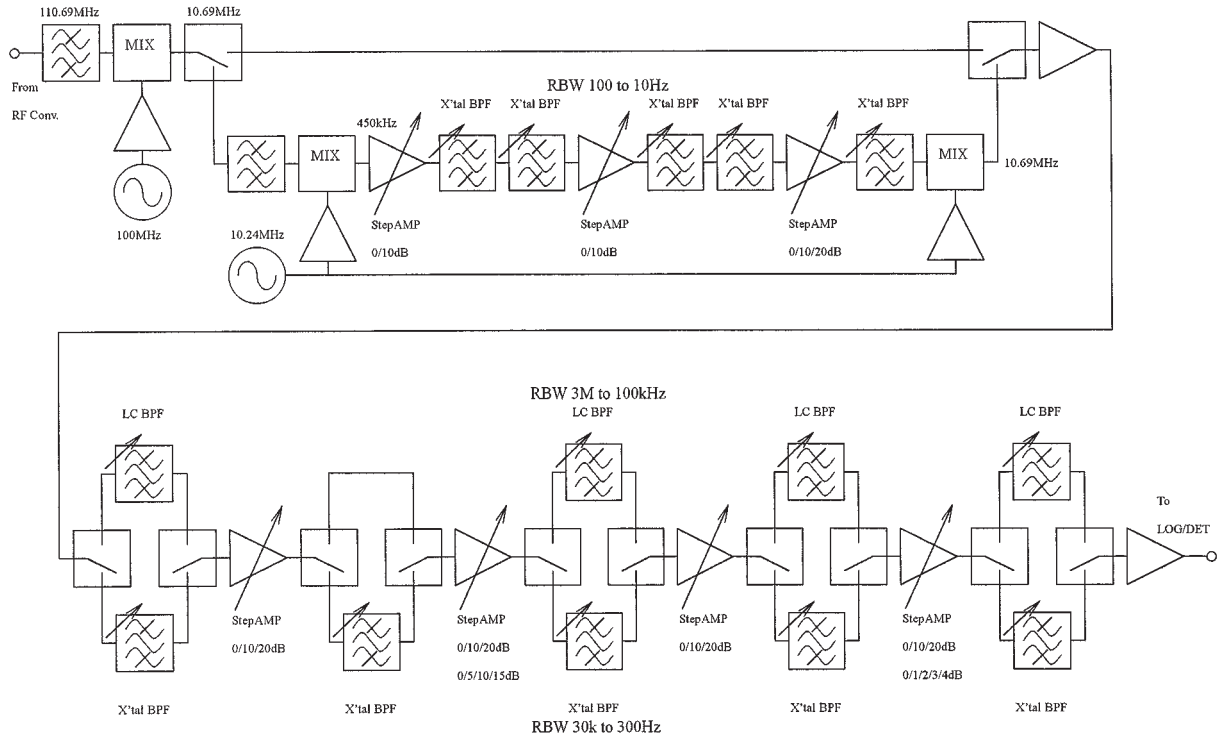


図9 IF BPF ブロックダイアグラム  
Block Diagram of IF BPF

めて搭載され、RFバンドにおいて - 135dBm という低雑音特性を得ている (@ 1GHz, RBW = 10Hz)

また、MS2661Aと同じプリント板寸法にするために、小型・高密度実装とする一方で、各フィルタ、アンプ間のアイソレーションにも十分配慮しなければならない。そこで、プリント板を6層基板とし、内層を信号線と電源・制御線とに分け、間に全面グラウンドを挿入することで、シールドケースと合わせて、十分なアイソレーションを得ている。

#### 4.4 高安定ローカルシンセサイザユニット

ローカルシンセサイザユニットのブロックダイアグラムを図10に示す。図10の中で点線に囲まれた部分は、MS2650/2660Aシリーズのローカルシンセサイザユニットと共通である。今回開発したシンセサイザユニットは、周波数関係をMS2650/2660Aシリーズと共通化して、メンテナンスを容易にする一方、1Hzの周波数設定分解能と100Hzまでの正確なアナログ掃引を可能とし、同時に局部発振器の短期安定度を向上させて、10Hz分解能帯域幅IFフィルタを実現している。また、AFC回路のリニアリティ特性<sup>2)</sup>はMS2650/2660Aシリーズと同様、1%以下の性能を確保している。

構造は2枚のプリント板をコネクタで結合した一体形状で構

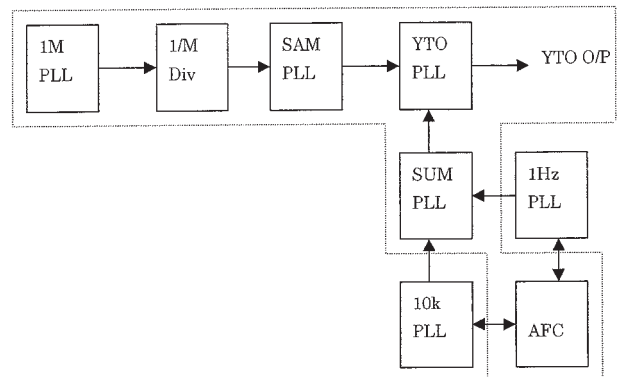


図10 ローカルシンセサイザのブロックダイアグラム  
Block diagram of local synthesizer unit

成し、従来の本体にも容易に追加できる構造としている。

#### 4.5 小型・軽量化

小型・軽量化を実現したMS2650/60シリーズの現状の筐体をベースとし、ミリ波フロントエンドだけを追加する構造で、現状の筐体のサイズから奥行きが3cm伸びるサイズに収めた。しかし、筐体の奥行きを伸ばしたことにより、筐体強度が不足するため、軽量化と共に筐体強度を上げる必要があった。今回、振動・衝撃による負荷が一番かかる場所を検証し、最小限の板金部分の強化で従来の強度と同等とした。

これにより、ミリ波スペクトラムアナライザでありながら、

大きさは177m m( H )× 320m m( W )× 381m m( D ) の小型化 ( 従来比63.6% , 従来機種 MS2802A ) , 質量は15kgの軽量化 ( 従来比58% ) を達成した。

#### 4.6 外部ミキサ

40GHz以上のミリ波の信号観測は、MA2740A シリーズ外部ミキサを用いて110GHzまでをカバーした。MA2740A シリーズはシングルダイオードミキサで、RF入力ポートの導波管とLO/IF入力ポートの2ポートで構成されている。感度は周波数バンドが高くなるに従い劣化するが、一番高い周波数バンドであるWバンド ( 75 ~ 110GHz ) で約 - 85dBm ( @RBW : 1kHz ) である。図 11 に外部ミキサ ( MA2746A ) を用いたWバンドのミリ波信号 ( 77GHz ) 観測の例を示す。

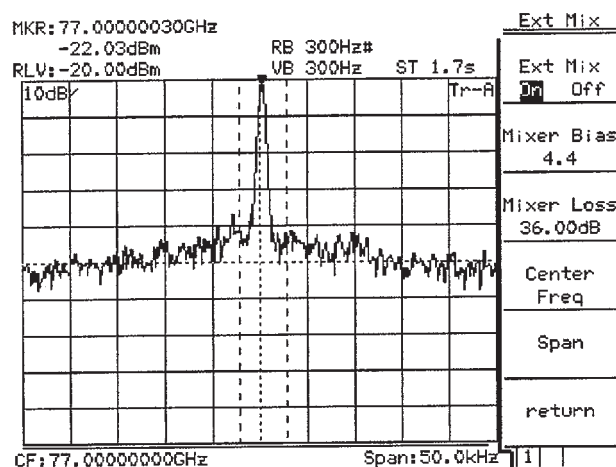


図 11 外部ミキサによるミリ波信号測定例  
Example of mm-wave signal measurement by External mixer

表 2 MS2668C/2667C 主要規格  
Major specifications of MS2668C/2667C Spectrum Analyzer

| 仕様項目     | MS2668C  | MS2667C  |
|----------|--|--|
| 周波数範囲    | 9kHz ~ 40GHz   | 9kHz ~ 30GHz   |
| 周波数スパン   | 0Hz, 1kHz ~ 40.1GHz  | 0Hz, 1kHz ~ 30.1GHz  |
| 分解能帯域幅   | 1kHz ~ 3MHz ( 1 - 3 - 10シーケンス )<br>Opt.02 : 30Hz, 100Hz, 300Hz, Opt.03 : 10Hz, 30Hz, 100Hz, 300Hz  |  |
| 基準発振器    | エージングレート : 1 × 10 <sup>-7</sup> /year, 2 × 10 <sup>-8</sup> /day, 温度特性 : ± 5 × 10 <sup>-8</sup> ( 0 ~ 50 )   |  |
| 最大入力レベル  | + 30dBm ( 入力 ATT 10dB ), 0V - DC   |  |
| 平均雑音レベル  | - 115dBm ( 1MHz ~ 1GHz )<br>- 115 + 1.5f [ GHz ] dBm ( 1 ~ 3.1GHz )<br>- 114dBm ( 3.1 ~ 8.1GHz )<br>- 113dBm ( 7.9 ~ 14.3GHz )<br>- 105dBm ( 14.1 ~ 26.5GHz )<br>- 101dBm ( 26.2 ~ 40GHz )<br>RBW : 1kHz, VBW : 1Hz, ATT : 0dB   | - 115dBm ( 1MHz ~ 1GHz )<br>- 115 + 1.5f [ GHz ] dBm ( 1 ~ 3.1GHz )<br>- 110dBm ( 3.1 ~ 8.1GHz )<br>- 102dBm ( 8 ~ 15.3GHz )<br>- 98dBm ( 15.2 ~ 22.4GHz )<br>- 102dBm ( 22.3 ~ 30GHz )<br>RBW : 1kHz, VBW : 1Hz, ATT : 0dB  |
| 基準レベル精度  | ± 0.4dB ( - 49.9dBm ~ 0dBm ), ± 0.75dB ( - 69.9dBm ~ - 50dBm, 0.1 ~ + 30dBm ), ± 1.5dB ( - 80dBm ~ - 70dBm )<br>( 校正後, 周波数 : 100MHz, スパン : 1MHz, Coupled : Auto設定時 )   |  |
| 周波数レスポンス | 相対フラットネス<br>± 1.5dB ( 9kHz ~ 3.2GHz )<br>± 1.0dB ( 100kHz ~ 3.2GHz )<br>± 1.5dB ( 3.1GHz ~ 8.1GHz )<br>± 3.0dB ( 7.9GHz ~ 14.3GHz )<br>± 4.0dB ( 14.1GHz ~ 26.5GHz )<br>± 4.0dB ( 26.2GHz ~ 40GHz )<br>ATT : 10dB, プリセクタチューニング後<br>絶対フラットネス<br>± 5.0dB ( 9kHz ~ 40GHz )<br>ATT : 10dB, 100MHzのレベルを基準にして,<br>プリセクタチューニング後 | 相対フラットネス<br>± 1.5dB ( 9kHz ~ 3.2GHz )<br>± 1.0dB ( 100kHz ~ 3.2GHz )<br>± 1.5dB ( 3.1GHz ~ 8.1GHz )<br>± 3.0dB ( 8GHz ~ 15.3GHz )<br>± 4.0dB ( 15.2GHz ~ 22.4GHz )<br>± 4.0dB ( 22.3GHz ~ 30GHz )<br>ATT : 10dB, プリセクタチューニング後<br>絶対フラットネス<br>± 5.0dB ( 9kHz ~ 30GHz )<br>ATT : 10dB, 100MHzのレベルを基準にして,<br>プリセクタチューニング後 |
| 目盛直線性    | ± 0.4dB/20dB, ± 1.0dB/70dB, ± 1.5dB/85dB, ± 2.5dB/90dB<br>Linear : ± 4%  |  |
| 2次高調波歪   | - 60dBc ( 10 ~ 200MHz )<br>- 70dBc ( 0.2 ~ 1.55GHz )<br>[ ミキサ入力レベル : - 30dBm ]<br>- 90dBcまたは平均雑音レベル ( 1.55 ~ 20GHz )<br>[ ミキサ入力レベル : - 10dBm ]   | - 60dBc ( 10 ~ 200MHz )<br>- 70dBc ( 0.2 ~ 1.55GHz )<br>[ ミキサ入力レベル : - 30dBm ]<br>- 90dBcまたは平均雑音レベル ( 1.55 ~ 15GHz )<br>[ ミキサ入力レベル : - 10dBm ]   |
| 2信号3次歪   | - 70dBc ( 10 ~ 100MHz )<br>- 80dBc ( 0.1 ~ 8.1GHz )<br>- 75dBcまたは平均雑音レベル ( 8.1 ~ 26.5GHz )<br>- 75dBcまたは平均雑音レベル ( 代表値, 26.5 ~ 40GHz )<br>[ ミキサ入力レベル : - 30dBm, 2信号の周波数差 : 50kHz ]  | - 70dBc ( 10 ~ 100MHz )<br>- 80dBc ( 0.1 ~ 8.1GHz )<br>- 75dBcまたは平均雑音レベル ( 8.1 ~ 26.5GHz )<br>- 75dBcまたは平均雑音レベル ( 代表値, 26.5 ~ 30GHz )<br>[ ミキサ入力レベル : - 30dBm, 2信号の周波数差 : 50kHz ]  |
| 寸法       | 177( H )× 320( W )× 381( D ) mm  |  |
| 質量       | 15kg ( オプション無し )   |  |

## 5 主要規格

表2にMS2668CおよびMS2667Cの主要規格を示す。

## 6 むすび

同軸入力で40GHzまでを実現したスペクトラムアナライザMS2668Cおよび30GHzスペクトラムアナライザMS2667Cを開発した。とくにMS2668Cでは40GHzスペクトラムアナライザでは最軽量に加え、世界最高クラスの感度を実現したことにより、ミリ波関連保守市場においての多くのニーズに応えるものと期待する。

## 参考文献

- 1) 川越, 戸田, 田中: “スペクトラムアナライザMS710C”, アンリツテクニカル, 51号, pp.42-51 (1986.3)
- 2) 高橋, 高橋: “質量10kgを実現したシンセサイズドローカル方式スペクトラムアナライザMS2650/2660シリーズ”, アンリツテクニカル, 72号, pp.62-69 (1996.9)