

外部ミキサを用いた ミリ波スペクトラム測定方法

シグナルアナライザ MS2830A/MS2840A

高性能導波管ミキサ(50~75 GHz)/(60~90 GHz) MA2806A/MA2808A

ハーモニックミキサ(26.5~325 GHz) MA2740C/MA2750C Series

目次

1. はじめに	2
2. ミリ波帯利用の価値	2
3. ミリ波の測定方法	3
4. 測定システムに要求される性能	8
5. プリセクタを用いない場合のスプリアス発生原理	9
6. 実際の測定例	16
7. ミリ波測定の不確かさとその改善方法	20
8. まとめ	24

1. はじめに

ミリ波とは、波長が 1~10 mm の周波数を指し、具体的には、30 GHz~300 GHz の電波に対する呼称です。

ミリ波の特性として、周波数が上がるにつれ信号の直線性が強くなり、指向性が高いことが挙げられます。また、空間での減衰が大きく雨や霧による影響を強くうけ、あまり遠くへ伝わることはできません。このため、既存のアプリケーションで使用されている 800 MHz 帯や 2 GHz 帯に比べ非常に使いにくい周波数であると言えます。

一方で、800 MHz 帯や 2 GHz 帯に代表される 6 GHz 以下の周波数帯はさまざまなアプリケーションで使用されているため、周波数資源が不足してきているのに対し、ミリ波帯のアプリケーションはまだ少ないこともあり、使用可能な周波数範囲を広くとることができます。このことから、近年、通信速度の高速化や使用機会の増加が続く無線通信において、ミリ波が大変魅力的な周波数であるといえます。

本アプリケーションノートでは、今後、用途が拡大するであろうミリ波の測定における課題と、アンリツが提供する新しいミリ波測定方法について解説します。

2. ミリ波帯利用の価値

携帯電話に代表される無線通信システムでは、情報量が年々増加傾向にあります。特に第 5 世代移動通信方式（5G）では LTE の 1000 倍の大容量通信を目指した研究・開発がすすめられています。大容量通信のための要素技術として、広帯域信号を用いることが考えられますが、ミリ波帯は広帯域信号を取り扱える周波数帯として注目を集めています。

情報理論における通信容量に関する定理：シャノン・ハートレーの定理によると、伝送信号の帯域を広くとることで、通信容量を大きくできることが示されています。（下記式）

$$C = B \times \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

C：通信容量[bps]

B：帯域幅[Hz]

S：帯域幅における信号の総電力[W]

N：帯域幅におけるノイズの総電力[W]

S/N：信号の SNR。S と N の単純な比

近年の無線通信アプリケーションでは、使用可能な周波数帯域の制限から、信号の多重化に偏重した無線システム開発が行われていますが、周波数資源の豊富なミリ波帯では、単純に信号の帯域を 2 倍、3 倍にすることで従来システムでは実現しえなかった大容量の無線通信の可能性を有しています。

3. ミリ波の測定方法

本項ではミリ波帯のスペクトラム測定方法について解説します。

いくつかの測定方法の紹介と、各測定方法の特徴について解説します。

3.1. ハーモニックミキサを使用する方法

ミリ波帯での一般的な測定に、ハーモニックミキサを使用する方法があります。この方法では、スペクトラムアナライザから LO 信号をハーモニックミキサに供給し、ミキサ内部で発生するこの LO 信号の高調波を利用して測定対象信号の周波数変換を行います。そして周波数変換後の IF 周波数をスペクトラムアナライザへ戻し解析します。高調波を使って周波数変換を行うため、ミリ波帯の測定対象信号に比べると低い周波数である LO 信号で解析することができ、他の測定方法に比べて比較的安価にシステムを構成できる点が特徴です。

一方で、この方法はミキサ前段にプリセクタ（Pre-Selector）を使用することができないため、ミキサレスポンスに起因したスプリアスを除去できず、用途が限定されます（4 章参照）。また、ミキサの高調波レスポンスを利用した周波数変換方法のため、変換次数に伴って変換損失が大きくなり、結果として測定器の感度が悪くなる点にも注意しなければなりません。

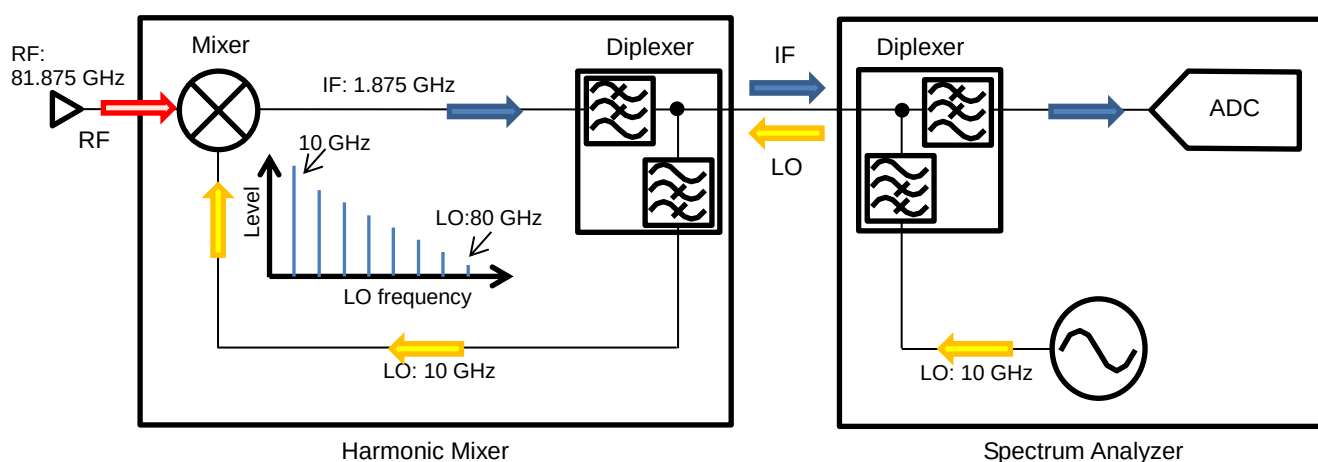


図 1：ハーモニックミキサ 概略図

シグナルアナライザ MS2830A/MS2840A では、下記のハーモニックミキサを専用の外部ミキサとしてラインアップしており、ユーザの必要とする周波数に合わせて選択できます。

表 1 : MA2740C/50C シリーズ 外部ミキサ一覧

Model Name	Frequency Range	Band	Conversion Factor	Conversion Loss (typ.)	Waveguide size
MA2741C	26.5 GHz to 40 GHz	A	4	23	WR28
MA2742C	33 GHz to 50 GHz	Q	5	26	WR22
MA2743C	40 GHz to 60 GHz	U	6	28	WR19
MA2744C	50 GHz to 75 GHz	V	8	32	WR15
MA2745C	60 GHz to 90 GHz	E	9	36	WR12
MA2746C	75 GHz to 110 GHz	W	11	39	WR10
MA2747C	90 GHz to 140 GHz	F	14	40	WR08
MA2748C	110 GHz to 170 GHz	D	17	45	WR06
MA2749C	140 GHz to 220 GHz	G	22	50	WR05
MA2750C	170 GHz to 260 GHz	Y	26	65	WR04
MA2751C	220 GHz to 325 GHz	J	33	70	WR03

3.2. 外部ダウンコンバータを使用する方法

外部ダウンコンバータを使用する方法は、スペクトラムアナライザの前段にダウンコンバータと LO 信号供給のためのシンセサイザを備えた構成です。ダウンコンバータに使用するミキサは一般的にハーモニックミキサではなく基本波ミキサを使用します。そのため LO 信号経路に逡倍器を加え LO 信号の周波数を高くします。

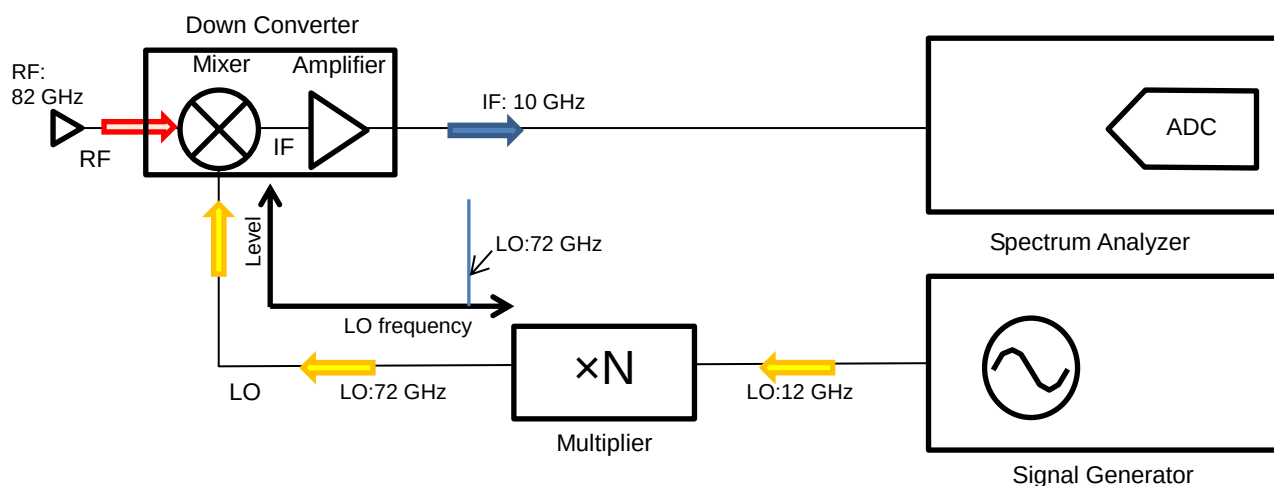


図 2 : ダウンコンバータ 概略図

外部ダウンコンバータを使用した場合、ダウンコンバータの IF 周波数を、後段に接続するスペクトラムアナライザの入力周波数上限まで高くすることができます。このため外部ダウンコンバータで発生する不要なレスポンスを低減した条件での信号観測が可能となります。

一方で、外部ダウンコンバータを用いた測定方法の場合、IF 周波数を任意に選べるため外部ダウンコンバータの周波数特性のみではなく、後段のスペクトラムアナライザへ接続するケーブルを含めた周波数特性の補正が必要です。ダウンコンバータ用のミキサの他に LO 信号用の信号発生器や逡倍器を用意する必要があるなど、測定のためのコストと煩雑さが課題となります。

また、LO 信号経路の逡倍器に起因する不要なレスポンスが発生するため、スプリアスの発生周波数を考慮し、測定する周波数に合わせた個別のシステムアップが必要となります。

3.3. スペクトラムアナライザを使用する方法

スペクトラムアナライザはプリセクタを内蔵しており、ミキサで発生する不要なレスポンスを取り除くことができるのが特徴です。技術の進歩とともにプリセクタの対応周波数は高くなってきており、現在ではミリ波帯でのスペクトラムアナライザが登場しています。

一方で使用する周波数が高くなるほど、スペクトラムアナライザ内部の雑音指数は増加し、所望の測定感度を得ることが難しくなります。コネクタが導波管ではなく同軸コネクタのため、コネクタ部分での損失も多く、測定感度を悪化させる要因となるとともに、コネクタの傷や汚れなどの影響が大きくなるため取り扱いも難しくなります。

加えて前述のとおり、スペクトラムアナライザはプリセクタを内蔵しているため、その帯域により測定可能な帯域幅に制約を受けます。

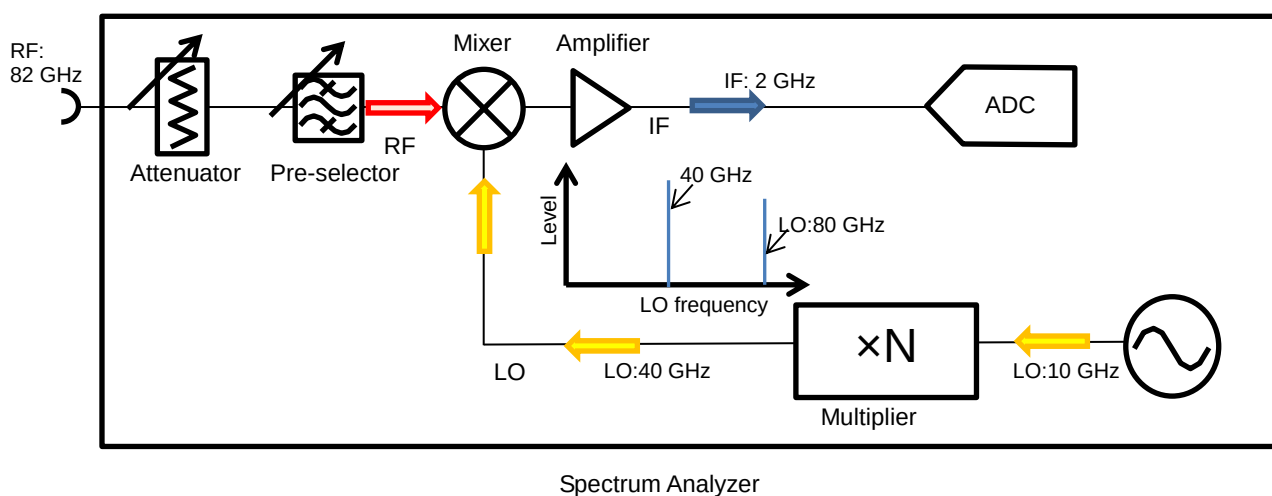


図 3 : スペクトラムアナライザ 概略図

3.4. 高性能導波管ミキサを使用する方法

高性能導波管ミキサ MA2806A/08A の接続方法は、ハーモニックミキサを使用した場合と同じくスペクトラムアナライザの LO 信号源を用います。基本波ミキサを使用しているため、内部に LO 信号の逡倍器を備えています。この点は外部ダウンコンバータと同じ構成です。

接続はハーモニックミキサを使用した場合と同じため、IF 周波数はスペクトラムアナライザに依存します。

しかしながら、スペクトラムアナライザ MS2840A は IF 周波数が 1.8755 GHz と高いため、ミキサで発生するスプリアス成分を低減します。

高性能導波管ミキサはダウンコンバータの性能の良さ、ハーモニックミキサの扱いやすさ、両方を兼ね備えた方法です。

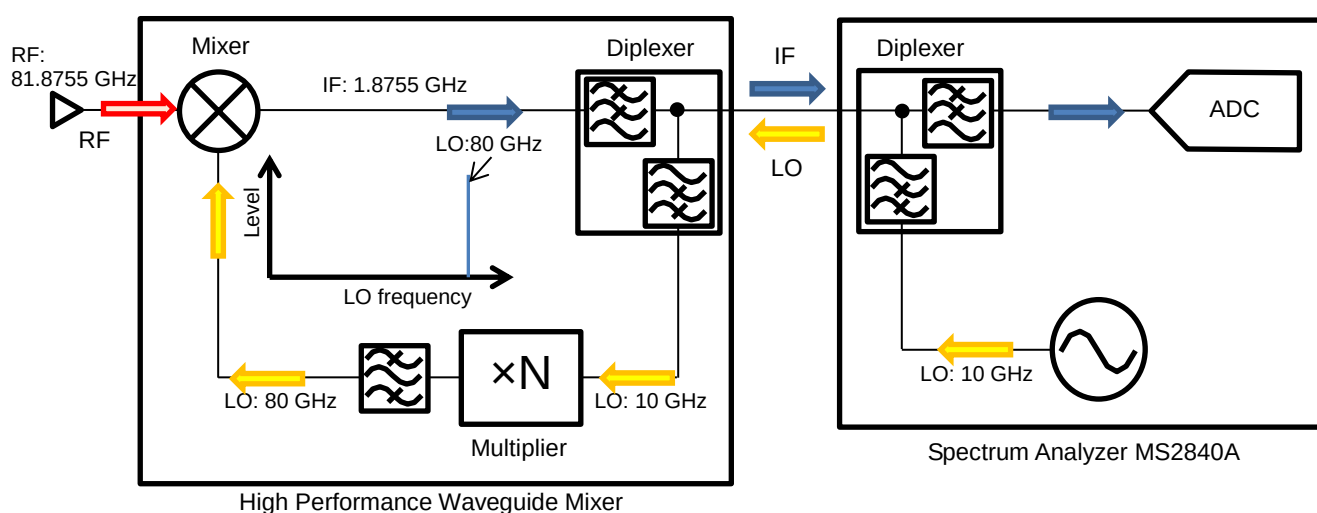


図 4：高性能導波管ミキサ 概略図

MS2830A の場合、IF 周波数は 1.875 GHz になります。

4. 測定システムに要求される性能

4.1. ダイナミックレンジ性能

ミリ波帯では広帯域な信号を取り扱うため、他のアプリケーションよりもダイナミックレンジ性能が要求されます。

一例として、総電力：-10 dBm、帯域幅：2 GHz の信号を考えた時、1Hz あたりに正規化された信号の電力（Spectrum Density）は-103 dBm/Hz となります。（ $-10 \text{ dBm} - 10 \cdot \log(2 \text{ GHz}) = -103 \text{ dBm/Hz}$ ）

このような信号を正しく測定するためには、-103 dBm よりも十分に低いレベルを測定可能な高感度な測定器が必要です。

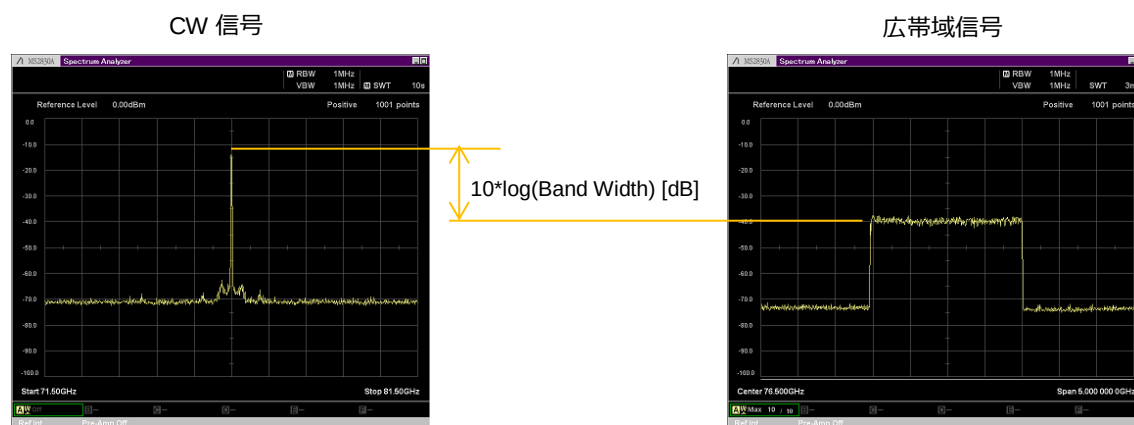


図 5：CW 信号と広帯域信号の Spectrum Dencity

4.2. スプリアス性能

ハーモニックミキサや外部ダウンコンバータを使用したミリ波測定では、スプリアス性能についても注意する必要があります。これらの測定方法では、プリセクタを有しないため、イメージレスポンスに代表されるさまざまなスプリアスが生じます。ユーザは所望の周波数範囲でスプリアスが観測された場合に、それが測定系に起因するものか、もしくは非測定物（DUT）が生じている信号なのかを適切に判断しなくてはなりません。

また広帯域信号を取り扱う場合に、入力信号に近接する位置にスプリアスが生じた場合、図 6 に示すように、所望信号とスプリアスが重複することが懸念されます。

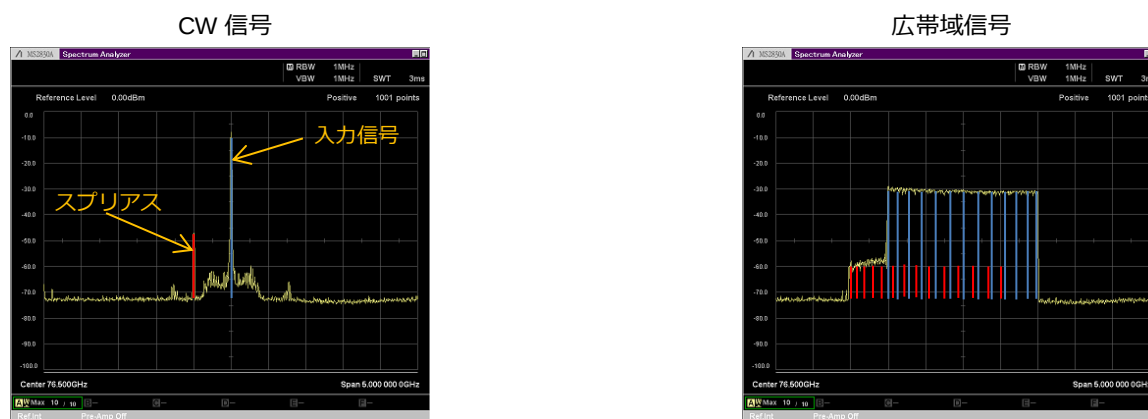


図 6：CW 信号と広帯域信号のスプリアス応答

5. プリセクタを用いない場合のスプリアス発生原理

5.1. スプリアス発生原理

プリセクタを用いない測定で生じるスプリアスの多くは、ミキサ応答が原因です。

本項では、ミキサ応答の解説と、スペクトラムアナライザとして使用した場合にスプリアスが発生する原因を解説します。

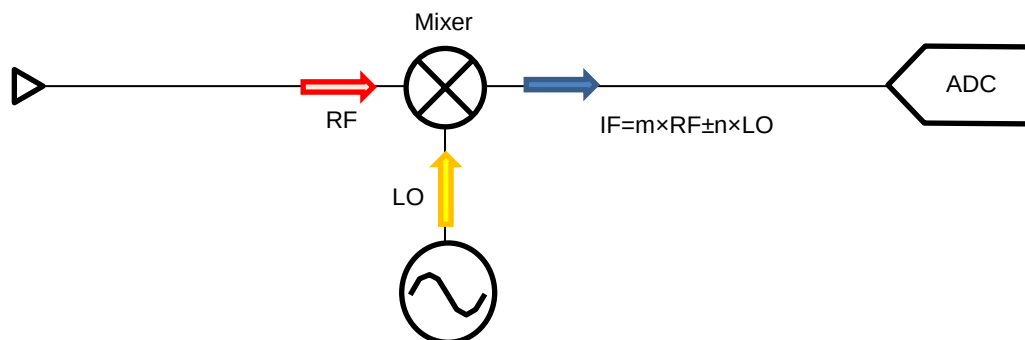


図 7 : ミキサ応答とスプリアスの発生原理

プリセクタを用いない場合に、最も大きなスプリアスとなるのはミキサで生じるイメージレスポンスです。

一例をあげると、RF : 60 GHz、IF : 1 GHz とした時に、LO 周波数は 59 GHz となりますが、一方で LO : 61 GHz の場合においても IF : 1 GHz が生成されます。スペクトラムアナライザは、LO : 59 GHz の時のレスポンスを 60 GHz のスペクトラムとして管面上に表示し、LO : 61 GHz 時のレスポンスを 62 GHz のスペクトラムとして表示する動作を行います。前述のレスポンスにより、60 GHz の信号しか入力していないにもかかわらず、管面上には 60 GHz と 62 GHz の信号が表示されることとなります。この時、管面上に表示される 62 GHz のスペクトラムをイメージレスポンスと呼びます。

また、主要なスプリアスはイメージレスポンスだけではありません。ミキサでの応答は下記の式で示されるように、ミキシング次数に応じて、無数の信号が生じます。下記式において、IF 周波数になりうる応答はすべて、イメージレスポンスの例で説明した動作により、管面上にスプリアスとして表示されることとなります。

$$IF=m\times RF \pm n\times LO$$

これらのスプリアスをミキサのマルチプルレスポンスと呼びます。(イメージレスポンスもミキサのマルチプルレスポンスの 1 つですが、所望信号と同等のスプリアスとなることから、分けて表現されます)

一般的にミキシング次数が小さいほど、変換損失は小さいことが知られており、次数の小さい応答ほど、大きな不要信号となります。

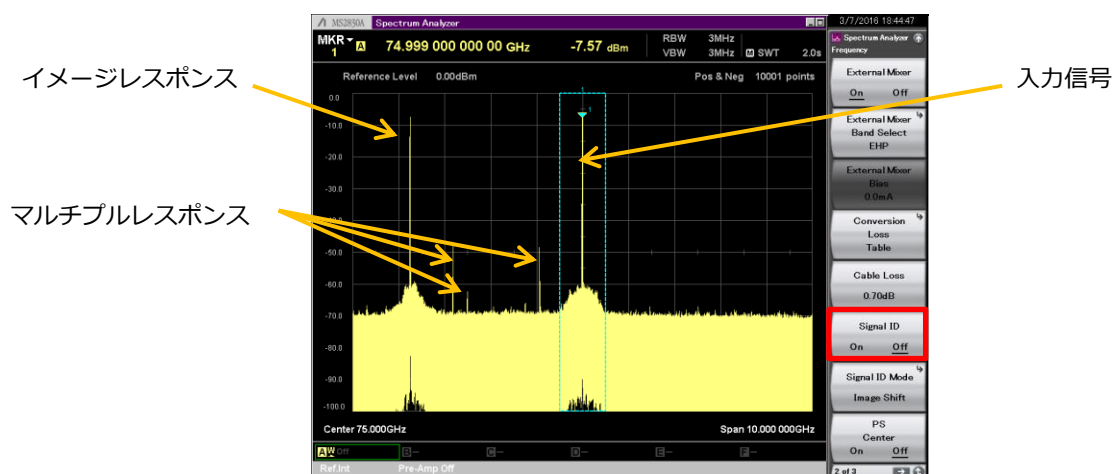


図 8 : イメージレスポンスとマルチプルレスポンス 表示例

5.2. 信号識別機能

プリセクタを有しないハーモニックミキサ、外部ダウンコンバータの測定では、不要な信号も同時に生成されます。このため、MS2830A/MS2840A は信号識別のための機能として、Signal ID 機能および PS 機能を備えています。ユーザはこれらの機能を使用することで、管面に表示された信号が測定系に起因した信号か、非測定物（DUT）が生成している余剰信号かの切り分けが可能となります。本項では、各機能の解説を行います。

5.2.1. Signal ID 機能

Signal ID 機能には、Image Shift と Image Suppression の 2 つのモードがあります。

両機能とも、ミキシング条件を変えて測定を実施することで、その違いが見えるようにしています。ミキシング条件を変えた場合、周波数条件が変わることで、測定系に起因した信号は管面表示される周波数が変わりますが、入力された信号は周波数が変化することなく応答します。この動作を利用して、測定器に入力されている信号を正しく判別することができます。

Image Shift モードと Image Suppression モードはともにミキシング条件を変えた測定を行うモードですが、Image Shift モード時は、ミキシング条件を変えた時の結果を交互に表示するのに対し、Image Suppression モード時には、1 回ずつの測定結果のうち、値の低い方の結果を表示します。

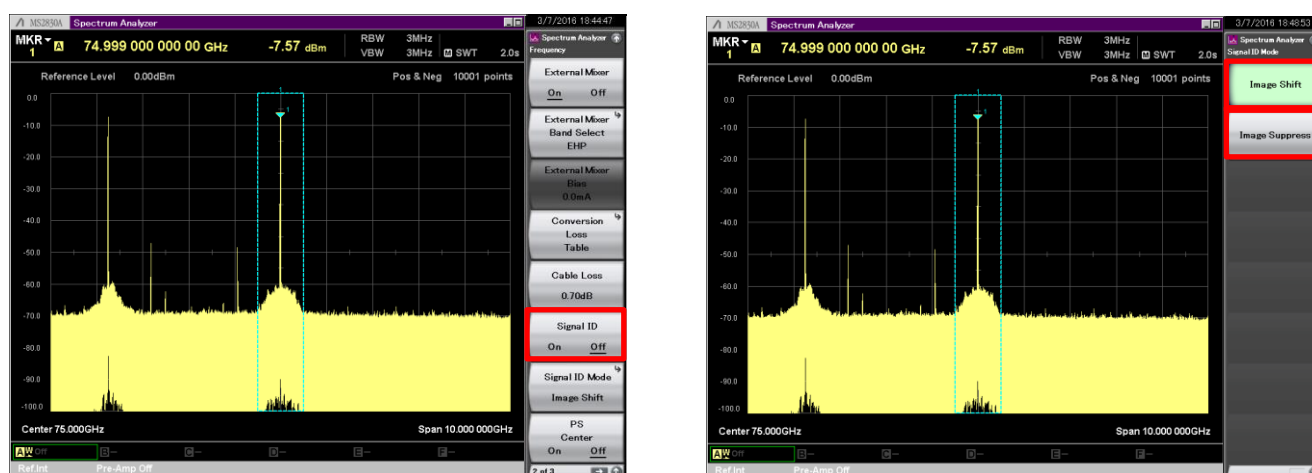


図 9 : Signal ID 機能の設定画面

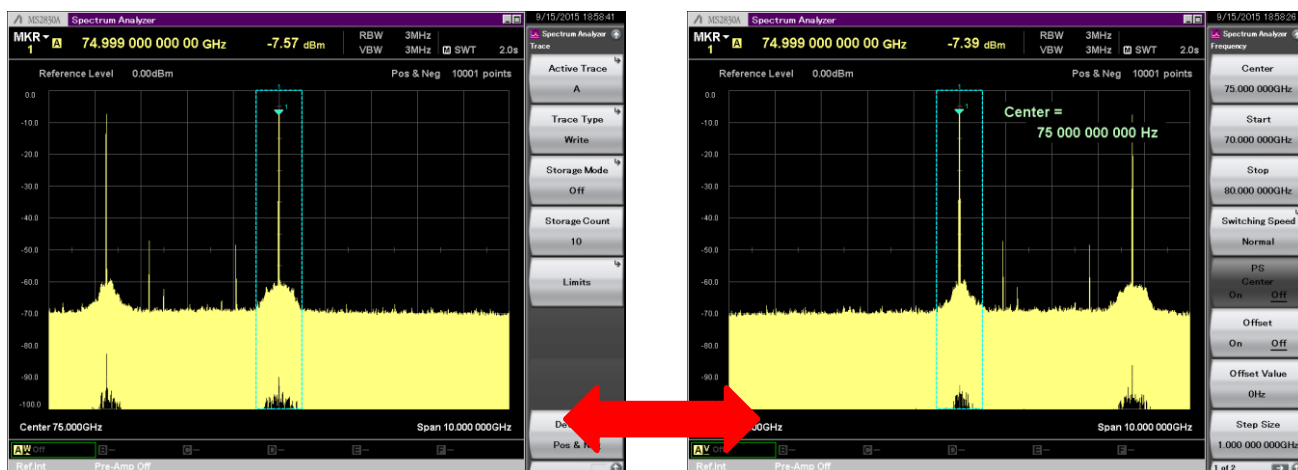


Image Shift 機能を使用した場合、各掃引ごとにミキサ応答条件が変更され、測定系に起因したスプリアスは管面表示位置がずれます

図 10 : Signal ID Image Shift 機能使用時の Spectrum 観測例

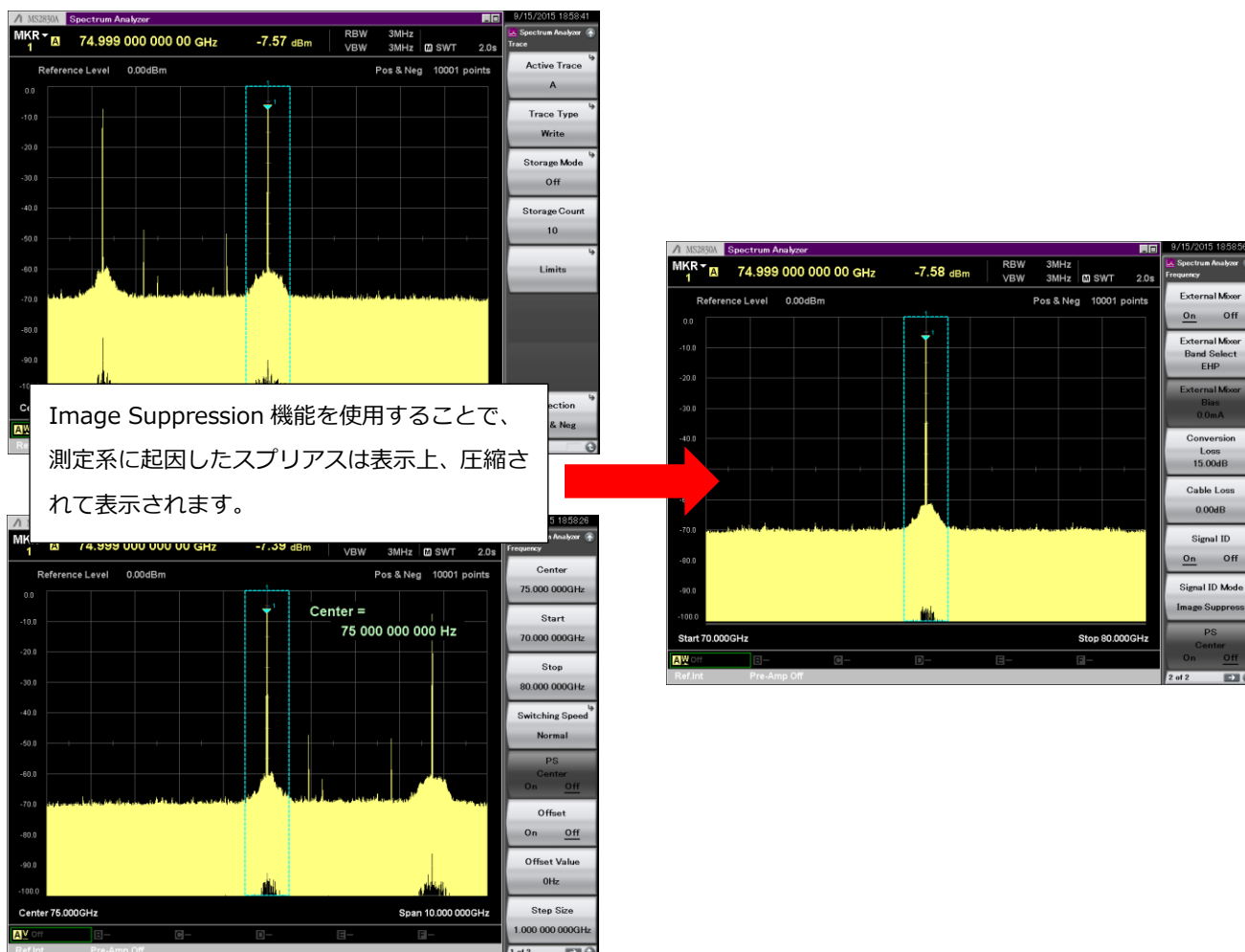


Image Suppression 機能を使用することで、測定系に起因したスプリアスは表示上、圧縮されて表示されます。

図 11 : Signal ID Image Suppression 機能使用時の Spectrum 観測例

5.2.2. PS 機能

MS2830A/MS2840A および MA2806A/08A を使用した場合、スプリアスなく信号を測定するためのユニークな機能として PS 機能を有しています。PS 機能はあらかじめ入力する信号の周波数を知っておく必要がありますが、測定系に起因したスプリアスを原理的に回避することが可能となります。PS 機能により、Signal ID 機能を使用しても判別が困難な信号測定においても、正しいスペクトラム情報を得ることが可能となります。

あらかじめ入力する信号の周波数を把握するためには、前述の Signal ID 機能を使用することを推奨します。

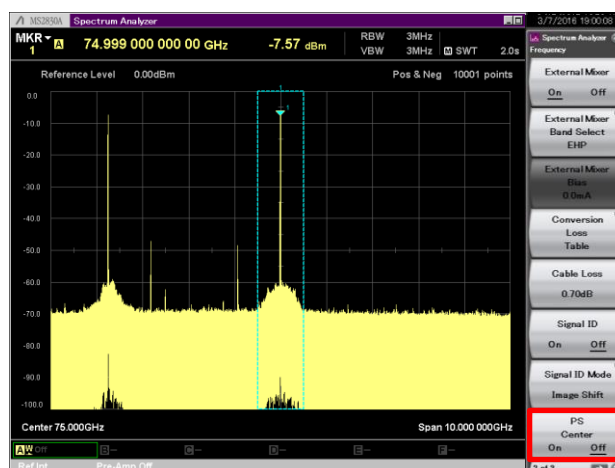


図 12 : PS 機能の設定画面

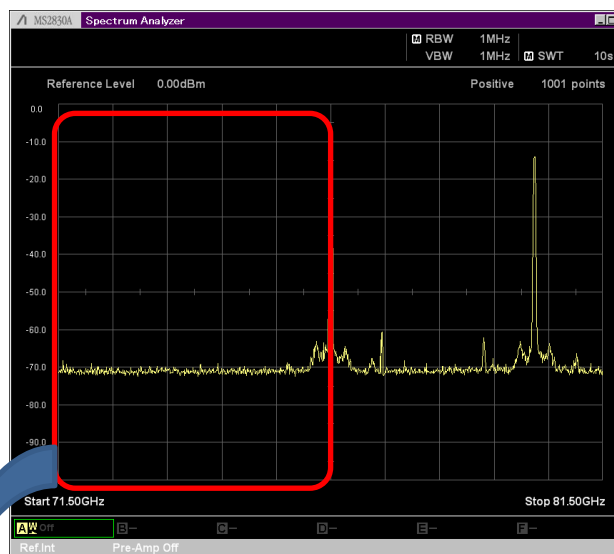
PS 機能は高性能導波管ミキサ : MA2806A/08A の特徴を最大限に活かすための機能です。

MA2806A/08A は要求されるダイナミックレンジ性能を達成するために、ハーモニックミキサを用いず、LO 信号経路の通倍器で LO 信号を通倍したのちに、基本波ミキシングによる周波数変換を行う構成を取っています。基本波ミキシングを採用したことにより高ダイナミックレンジを実現しただけでなく、ミキサで生じるレスポンスを限定することにもなりました。この結果、ミキサ応答の極性に応じて、生じるスプリアスを入力信号の上側/下側のいずれかに限定することが可能となり、任意の周波数でミキサ応答の極性を変えることで、原理的にスプリアスを回避できます。

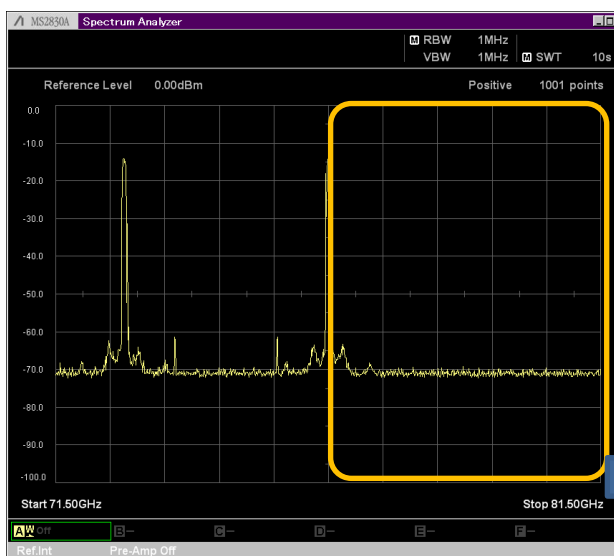
たとえば、極性がマイナスの場合(Lo 周波数が入力周波数より高い場合)、イメージレスポンスは入力周波数より高い周波数に出現します。一方、極性がプラスの場合(Lo 周波数が入力周波数より低い場合)、イメージレスポンスは入力周波数より低い周波数に出現します。したがって、測定画面の中心より左側では極性をマイナスにし、右側では極性をプラスにすることでイメージレスポンスを表示せずに測定します。

PS 機能は基本波ミキサだからこそ使用できる機能です。ハーモニックミキサではその他のレスポンスが測定範囲内に入ってくる可能性があるため、スプリアスを回避することができません。

LO 極性 : プラス



LO 極性 : マイナス



PS 機能 On

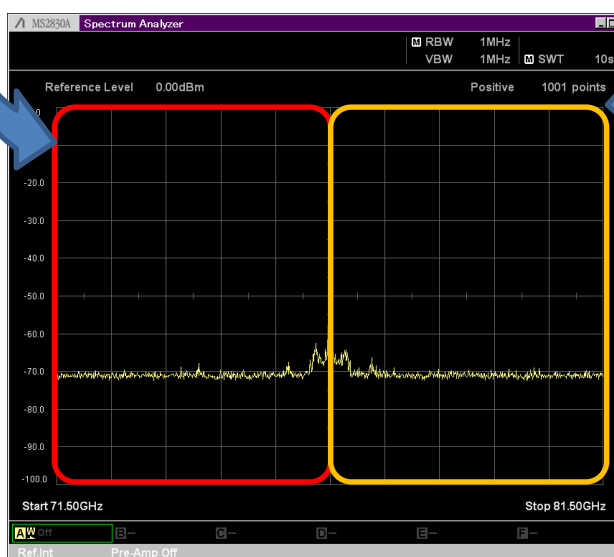


図 13 : PS 機能 概念図

5.2.3 Signal ID 機能と PS 機能の違いについて

Signal ID 機能と PS 機能は、測定系に起因したスプリアスと所望信号を切り分けるという点では同じですが、その機能上、いくつかの相違点があります。ユーザは機能の効果を正しく理解することで、最適な測定方法を手に入れることができます。

表 2 : Signal ID 機能と PS 機能の違い

	Signal ID (Image Suppression) 機能	PS 機能
長所	ミキシング条件を変えて測定するため、測定系に起因したスプリアスの判別が可能	原理的にスプリアスを回避しているため、時変動する信号（例：Chirp 信号など）測定が可能となる。
短所	Minimum Hold 処理を行うため、時変動する信号の測定において、信号のピークレベルが下がるもしくは消えてしまう可能性がある。 CW の場合は、スプリアスとの切り分けが可能だが、帯域を持った信号の場合、ミキシング条件を変えても信号が重複する可能性がある。（4 項参照）	原理的に回避していないスプリアスは表示される。 ※高次のスプリアスは-50 dBc 程度で表示される場合がある。

6. 実際の測定例

本項では、シグナルアナライザ MS2830A/MS2840A および、高性能導波管ミキサ MA2806A/08A を用いた実際のミリ波測定方法の例について説明します。MS2830A/MS2840A はハーモニックミキサ MA2740C/50C シリーズを用いた測定にも対応していますが、本項では MA2806A/08A を用いた場合の測定方法に限定して解説します。

6.1. 接続

MA2806A/08A は、MS2830A/MS2840A の LO output ポートへ接続して使用します。

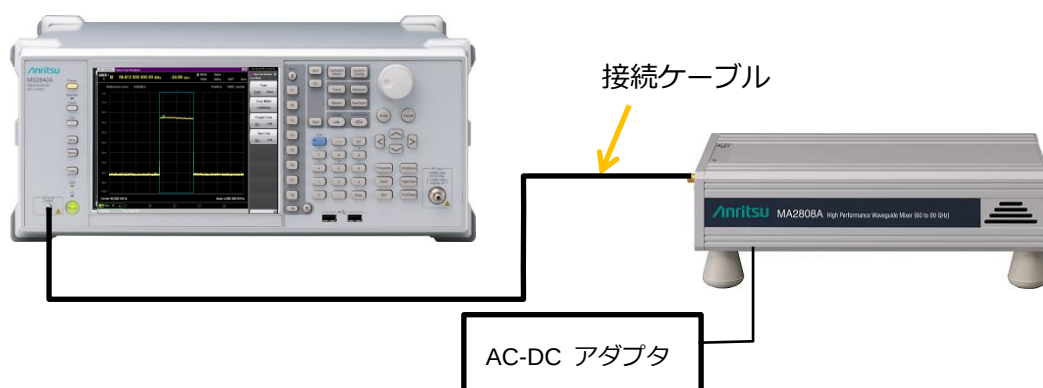
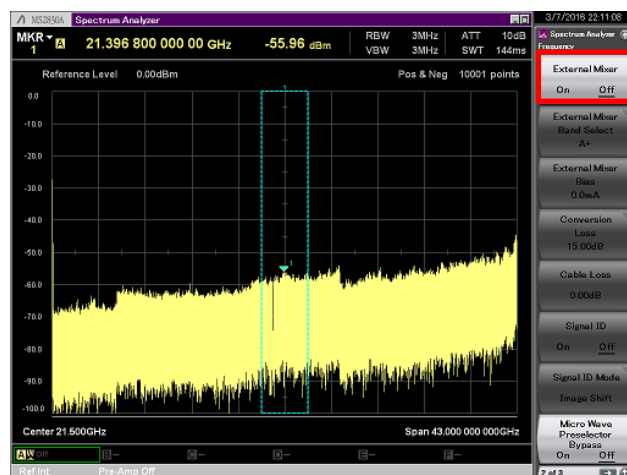
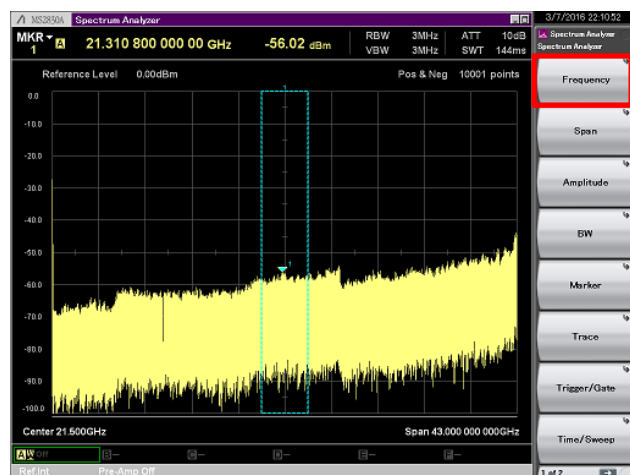


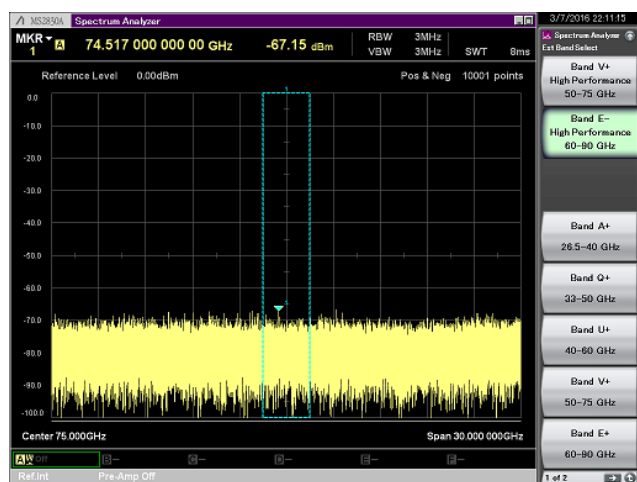
図 14 : MA2808A 高性能導波管ミキサ 接続図

6.2. 外部ミキサ機能の設定方法

MS2830A/MS2840A の外部ミキサ機能は、Frequency の 2 ページ目にある External Mixer: On/Off ファンクションで、外部ミキサ機能を有効にすることにより使用できます。



外部ミキサ機能を選択後、使用するミキサに合わせて適切な Band 選択を行うことで、MS2830A/MS2840A から各 Band に合わせて LO 信号が供給され、スペクトラム観測が可能となります。



6.3. 信号解析機能

MS2830A/MS2840A は、外部ミキサ使用時にも Spectrum Analyzer の Measure 機能や、Signal Analyzer 機能を使用することができます。

Spectrum Analyzer の Measure 機能では、SEM 測定や OBW 測定等をサポートする機能を備えています。また、Signal Analyzer 機能を使用した場合は、Chirp 信号などの解析が可能となります。

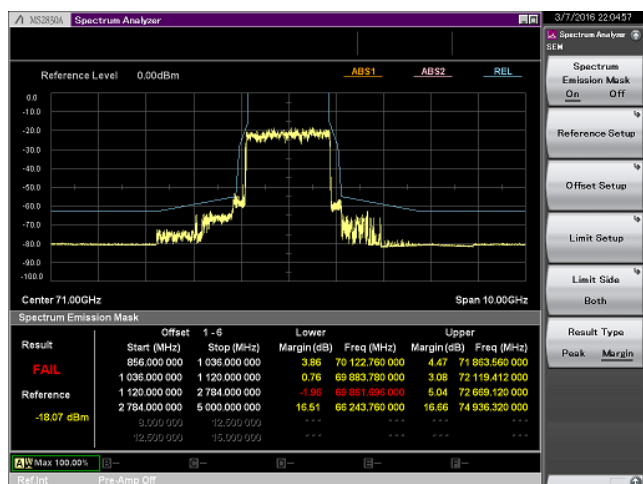


図 15 : SEM 測定機能 (Measure 機能)

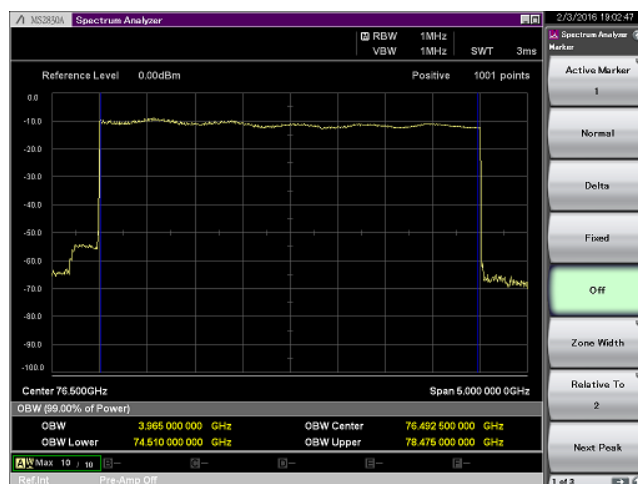


図 16 : OBW 測定機能 (Measure 機能)

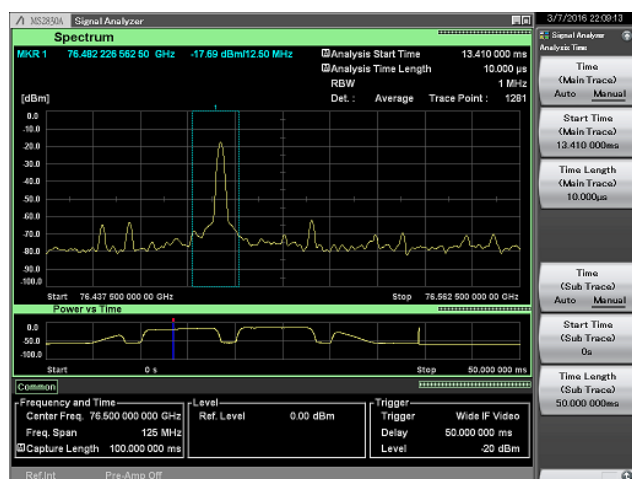


図 17 : SA 機能(Spectrum)

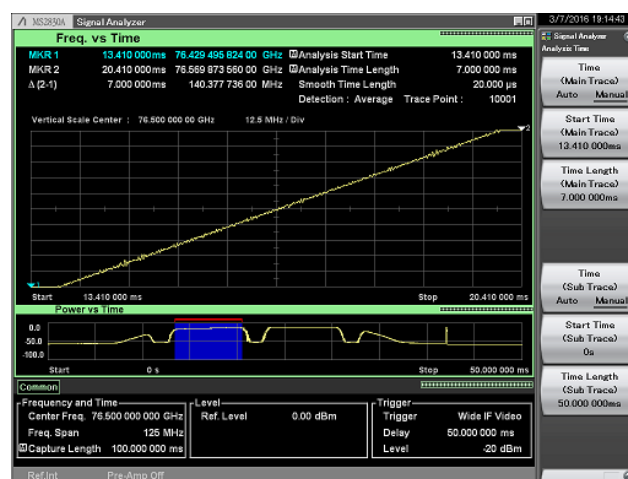


図 18 : SA 機能(Frequency vs Time)

6.4. 位相雑音測定機能

MS2830A/MS2840A では、位相雑音測定機能オプション (Opt-010) を実装することで位相雑音測定が可能となります。この位相雑音測定機能は、MA2806A/08A 接続時にも使用可能であり、V-band (50~75GHz)、E-band (60~90GHz) での位相雑音測定を簡易に実現できます。

MS2840A の位相雑音性能は、中心周波数 : 1GHz において、-123dBc/Hz (10 kHz、100 kHz offset 時) となりますが、高性能導波管ミキサを使用した位相雑音の測定では、各モデルの内部通倍回路構造に依存し、 $20 \cdot \log(\text{通倍数})$ [dB] の性能悪化が生じます。

MA2806A では 8 通倍、MA2808A では 12 通倍分の内部通倍回路構造を有しているため、それぞれ約 18 dB、約 22 dB 分、位相雑音が悪化します。

図 19 に 75 GHz の信号を入力した場合の、位相雑音測定結果例を示します。

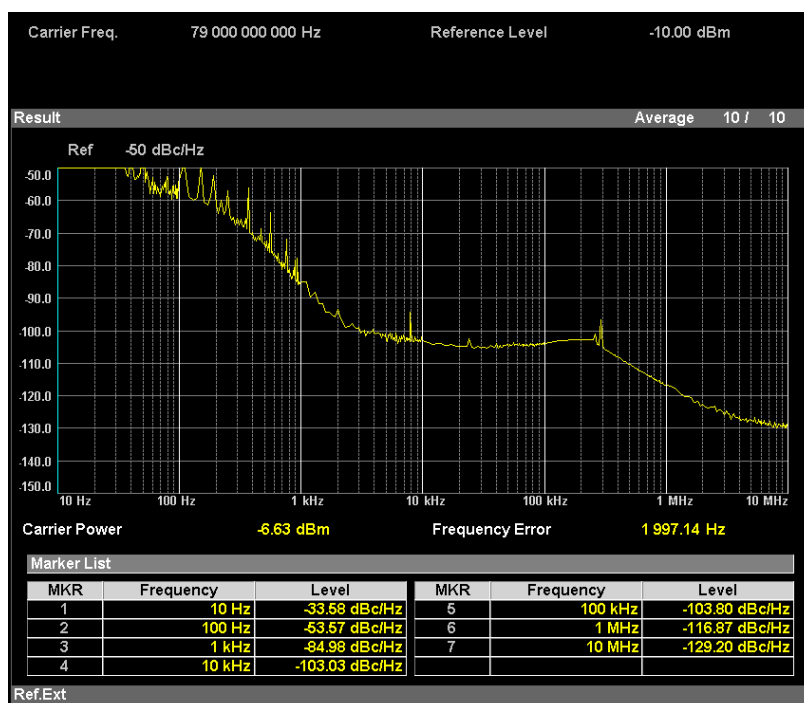


図 19 : 位相雑音測定結果例 (入力信号 : 75 GHz)

7. ミリ波測定の不確かさとその改善方法

7.1. インピーダンス不整合

ミリ波測定に限らず、インピーダンス不整合による不確かさを把握することは、正確な測定を行う上で重要です。

MA2806A/08A は、RF ポートの入力 RL<15dB の性能を有しており、インピーダンス不整合による測定時の不確かさを低減しています。

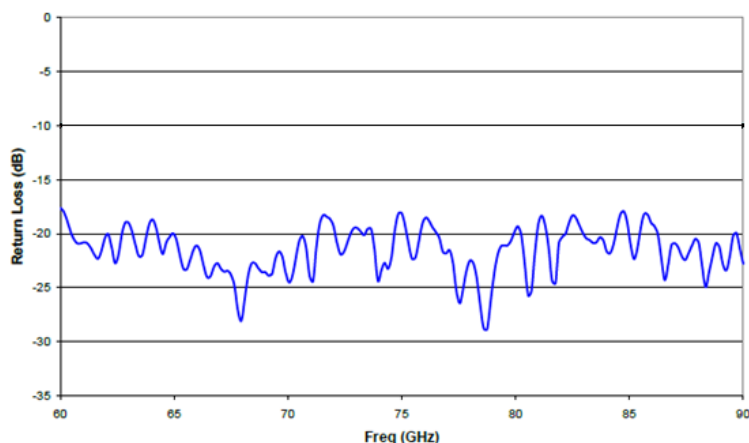


図 20 : MA2808A の RF ポート RL 特性

7.2. パワー測定誤差

パワーの測定にはパワーメータを用いることが一般的です。パワーメータを用いたパワー測定ではパワーメータが受信可能な周波数範囲すべての総電力を測定します。このため、所望信号以外に、所望信号に影響を与える信号が存在した場合、その信号により正確なパワー測定ができません。

多くのユーザは、スペクトラムアナライザにより、あらかじめ所望信号以外のスペクトラム成分を確認することによって、より正確なパワー測定を実施することが可能となります。

7.3. 接続誤差

ミリ波帯では I/F として主に導波管が用いられます。導波管はその構造から、接続面に隙間などが生じた場合に、周波数特性の悪化などを引き起こします。再現性の高い測定のために、導波管 I/F では、指定の方法での接続を行う必要があります。

7.4. Correction 機能

MS2830A/MS2840A の外部ミキサ機能では、下記の Correction 機能を有しています。

- Conversion Loss
- Cable Loss
- Level Offset
- User Correction

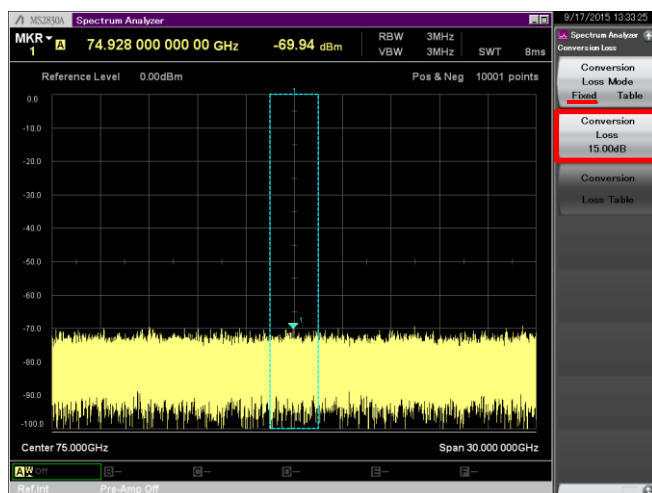
各 Correction 機能を使用することで、ユーザはミリ波帯の測定における測定精度、汎用性を向上させることができます。

• Conversion Loss

Conversion Loss 値は、使用するミキサにより固有の値を持ちます。このため、Conversion Loss を入力することで、管面に表示されるスペクトラムの表示レベルを補正することが可能です。

Conversion Loss 値の入力では、Fixed モードと Table モードの 2 通りの機能を有していますが、MA2806A/MA2808A を組み合わせて使用する場合には、Table モードが使用可能となります。

ユーザは MA2806A/08A の製品ごとの変換損失特性データを読み込ませることで、ミキサの周波数特性を補正することが可能です。データは MA2806A/08A に添付される USB から自動で読み込むことができます。



Fixed モード選択時は、任意の Conversion Loss 設定値を、全周波数に適用します。

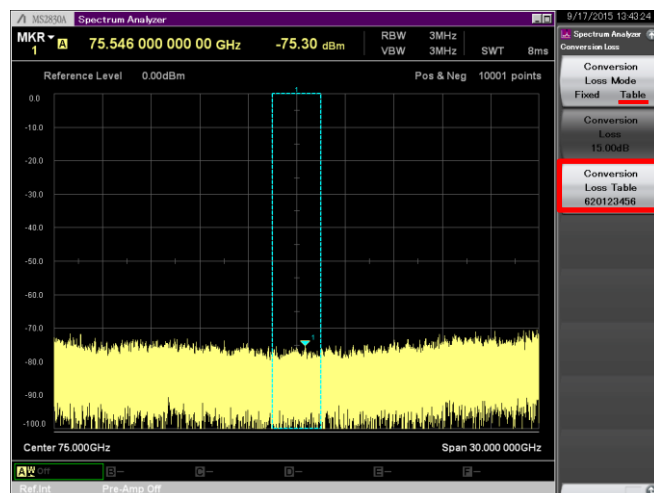
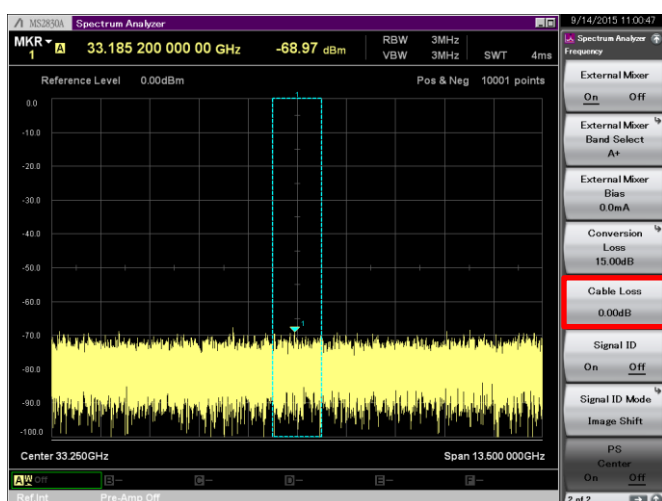


Table モード選択時は、Correction Table を参照して、各周波数に Conversion Loss 値が適用されます。

・ Cable Loss

MS2830A/MS2840A と高性能導波管ミキサ : MA2806A/08A を組み合わせて使用した場合に、変換損失のパラメータについては、上記の機能で調整が可能となりますが、実使用条件を想定した場合、MS2830A/MS2840A とミキサを接続するケーブルは、用途によってさまざまな条件で使うことが想定されます。

このため、あらかじめ接続するケーブルの損失を確認しておくことで、測定結果にケーブルの損失を反映することができます。



・ Level Offset

Level Offset 機能は MS2830A/MS2840A の標準の機能であり、管面表示値に任意の Offset 値を設定する機能です。この機能を使用することで、より正確なレベル表示を行わせることが可能です。

また、前項の Cable Loss の設定についても本機能で兼ねることができます。

・ User Correction

MS2830A/MS2840A は、基本機能として User Correction 機能を備えています。

この機能は、他の機能でカバーできない外付けモジュール（減衰器やアンテナなど）の周波数特性を補正する機能です。

User Correction 機能は、System Configuration メニュー（2 ページ目）から設定が可能です。

また、User Correction データとして、最大 4096 ポイントのデータを入力可能です。

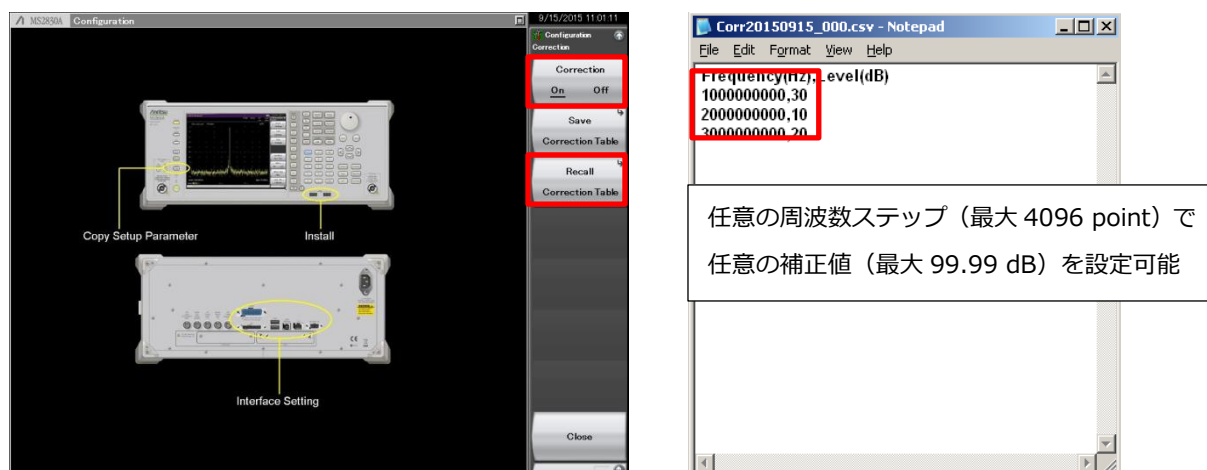


図 21 : User Correction 機能の設定画面と設定ファイル

User Correction 機能を使用した例を図 22 に示します。

図 21 で示した Correction Table の作成例のデータを反映した場合、設定した各周波数に Offset 値を加えた結果として表示されます。設定した周波数間は、設定した Offset 値を線形補間した値が適用され、設定した下限周波数以下、上限周波数以上の領域では、下限周波数/上限周波数での Offset 値が反映されます。

この機能は、測定器の外部に取り付けるデバイスの周波数特性の補正に活用できる他に、ユーザ自身がより正確な周波数特性の補正を行いたい場合にも応用することができます。

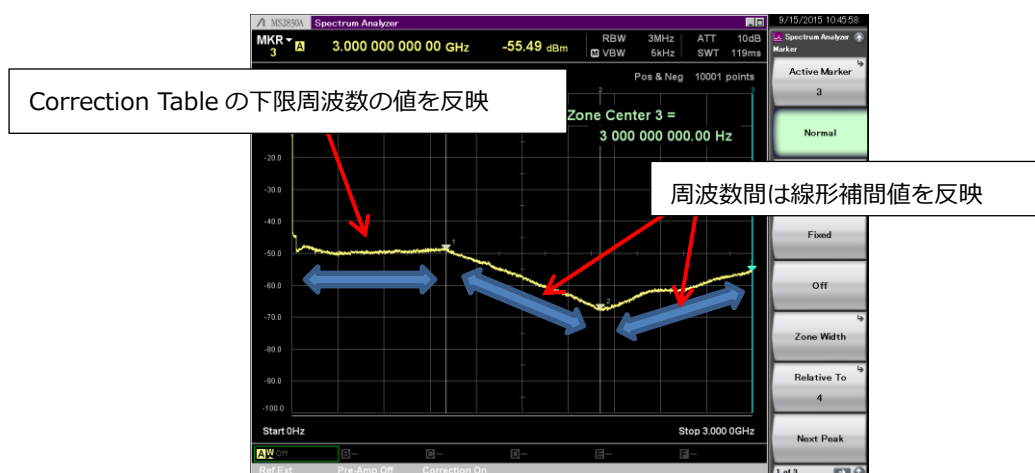


図 22 : User Correction 機能の設定画面と設定ファイル

8. まとめ

このアプリケーションノートでは、ミリ波帯で測定器に要求される性能および測定方法を解説し、ミリ波帯プレイヤーが要求する測定項目に対する最適な測定方法と測定器を紹介しました。

また、ミリ波帯の測定における注意事項と、アンリツのソリューションを使った改善方法の紹介を行いました。

アンリツは、シグナルアナライザ MS2830A/MS2840A と高性能導波管ミキサ MA2806A/08A を用いたミリ波帯の測定機能により、今後活性化が見込まれるミリ波帯アプリケーションの設計者をサポートいたします。



お見積り、ご注文、修理などは、下記までお問い合わせください。
記載事項は、おことわりなしに変更することがあります。

アンリツ株式会社

<https://www.anritsu.com>

本社	〒243-8555 神奈川県厚木市恩名5-1-1	TEL 046-223-1111
厚木	〒243-0016 神奈川県厚木市田村町8-5	
	計測器営業本部	TEL 046-296-1202 FAX 046-296-1239
	計測器営業本部 営業推進部	TEL 046-296-1208 FAX 046-296-1248
仙台	〒980-6015 宮城県仙台市青葉区中央4-6-1	SS30
	計測器営業本部	TEL 022-266-6134 FAX 022-266-1529
名古屋	〒450-0003 愛知県名古屋市中村区名駅南2-14-19	住友生命名古屋ビル
	計測器営業本部	TEL 052-582-7283 FAX 052-569-1485
大阪	〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1-23-101	大同生命江坂ビル
	計測器営業本部	TEL 06-6338-2800 FAX 06-6338-8118
福岡	〒812-0004 福岡県福岡市博多区榎田1-8-28	ツインスクエア
	計測器営業本部	TEL 092-471-7656 FAX 092-471-7699

■カタログのご請求、価格・納期のお問い合わせは、下記または営業担当までお問い合わせください。
計測器営業本部 営業推進部

☎ TEL: 0120-133-099 (046-296-1208) FAX: 046-296-1248
受付時間/9:00~12:00、13:00~17:00、月~金曜日(当社休業日を除く)
E-mail: SJPost@zy.anritsu.co.jp

■計測器の使用方法、その他については、下記までお問い合わせください。
計測サポートセンター

☎ TEL: 0120-827-221 (046-296-6640)
受付時間/9:00~12:00、13:00~17:00、月~金曜日(当社休業日を除く)
E-mail: MDVPOST@anritsu.com

■本製品を国外に持ち出すときは、外国為替および外国貿易法の規定により、日本国政府の輸出許可または役務取引許可が必要となる場合があります。
また、米国の輸出管理規則により、日本からの再輸出には米国商務省の許可が必要となる場合がありますので、必ず弊社の営業担当までご連絡ください。

ご使用の前に取扱説明書をよくお読みのうえ、正しくお使いください。

1804