



シグナルアナライザ MS2830Aアプリケーションノート

ミリ波 測定方法 & 原理

26.5 GHz シグナルアナライザ MS2830A-044

43 GHz シグナルアナライザ MS2830A-045

外部ミキサ MA2740C/MA2750C シリーズ

Version 5.01



外部ミキサ(External Mixer)を用いることで、シグナルアナライザの測定可能周波数を最大325 GHzまで拡張できます。

本資料では、MS2830A-044/045(26.5/43 GHz)シグナルアナライザによるExternal Mixerを用いたミリ波測定方法とその原理をご紹介します。

また変調帯域幅 1 GHz といったミリ波の広帯域変調信号測定において、MS2830A-044/045(26.5/43 GHz)シグナルアナライザをダウンコンバートした場合の有利性についても合わせてご紹介します。

External Mixerを用いた測定

External Mixerによるミリ波の測定は、測定対象のミリ波信号をシグナルアナライザの局部発振器(LO)の高調波とミキシングし、シグナルアナライザのIF信号の周波数にダウンコンバートする測定法です。シグナルアナライザで直接測定する場合と比べると、測定のセットアップが複雑になり、また測定結果の解釈も必要になります。

これらの理解を深めるために、まず高調波ミキシングについて簡単に説明していきます。

1. 高調波ミキシングとは

MS2830A-044/045を含む一般的なマイクロ波のシグナルアナライザ(スペクトラムアナライザ)は、内部の1st周波数変換ステージで、周波数範囲により、基本波ミキシングと高調波ミキシングを使い分けています。基本波ミキシングは、高ダイナミックレンジ特性を簡素な内部構成で実現できます。しかし、カバーする周波数範囲よりも高い周波数をカバーする高性能な局部発振器LOが必要となり、周波数が高くなるマイクロ波領域の1st周波数変換方式としては、コストの面などから好ましくありません。したがって、多くのシグナルアナライザ(スペクトラムアナライザ)では、基本ミキシングは、下限周波数から4 GHz程度までの周波数範囲で主に用いられています。ちなみに、MS2830A-044/045の場合は、9 kHz ~ 4 GHzの周波数バンドが基本波ミキシングとなっています。

一般的なマイクロ波帯の周波数をカバーするシグナルアナライザ(スペクトラムアナライザ)は、マイクロ波領域のバンドの1st周波数変換方式で、高調波ミキシングが採用されています。また、External Mixerによるミリ波の測定でも高調波ミキシングを使用しています。高調波ミキシングは、高レベルのLO信号とMixerの非線形特性により、Mixer内部で発生するLO高調波を用いたミキシング方式です。関係式を以下に示します。入力信号は、LO信号の高調波とミキシングされ、IF周波数と等しい変換成分の応答がアナライザの管面に表示されます。

$$F_{RF} = n \times F_{LO} \pm F_{IF} \cdot \cdot \cdot \cdot (1)$$

n: LO高調波次数

F_{IF} はアナライザのIF周波数(MS2830A-044/045では1.875GHz)

マイクロ波のシグナルアナライザ(スペクトラムアナライザ)での内部、External Mixerによる高調波ミキシングでは、(1)のプラス又はマイナスのどちらかの極性を用いた周波数関係で測定表示を行っています。

2. 高調波ミキシングの特長(長所, 短所) (1/2)

高調波ミキシングは、Mixer内部で発生するLO高調波を利用したミキシング方式のため、ミリ波の測定においても、基本波ミキシングの測定バンドで用いられる局部発振器やIF回路を使用できる長所があります。しかし、高調波ミキシングであるがゆえの性能上の短所もあります。

①感度の低下

Mixer内部の高調波のパワーは高調波次数が上がると共に低下していきます。このことは、ミキシングに必要なLOドライブレベルの低下と等しいため、Mixerの周波数変換効率(変換損)が悪化していきます。従って、大きい高調波次数が必要となる高い周波数になるに従い、シグナルアナライザのDANLが悪化していきます。MS2830A-044/045からExternal Mixerに出力される1 st LO信号は、5 ~ 10 GHzと高い周波数を使用しているため、高調波次数を低く抑えます。これにより、変換損の悪化を抑え、DANLの悪化を最小限にします。

②不要な実際に存在しないMixerレスポンスの発生

シグナルアナライザの表示スパンに連動するLO周波数のすべてのLO高調波と入力信号がミキシングされるため、(1)式の関係が成り立つレスポンスはすべて表示されます。シグナルアナライザ(スペクトラムアナライザ)内部の1 st周波数変換方式で用いられる高調波ミキシングでは、Mixerの手前に同調可能なバンドパスフィルター(プリセクター)を配置し、これら不要なレスポンスの発生を抑圧しています。しかしExternal Mixerによる測定ではプリセクターが存在しないため、不要なレスポンス成分が表示されます。この不要なレスポンスの中から真の信号を識別するためには、5項で説明するSignal ID機能を用いる必要があります。

2. 高調波ミキシングの特長(長所, 短所) (2/2)

③複雑な測定セットアップ

External Mixerを使用した測定は、シグナルアナライザ内部のMixerを使用する通常の測定と比較すると、複雑なセットアップを必要とします。高調波ミキシングでは、ミキシング次数により変換効率が最適となるミキサダイオードのバイアス点が異なります。このため、External Mixerに最適なバイアス電流を供給する必要があります。またExternal Mixerの変換損やExternal Mixerとシグナルアナライザ本体を接続するケーブルのロスなどの補正值を入力して、振幅を校正する作業が発生します。また、高い周波数の信号経路がシグナルアナライザの外部にあるため、接続, ケーブル, 設定値といった諸条件を細かく合わせる必要があります。これらが不十分であると、測定結果の再現性が得られない場合があります。

3. External Mixerとの接続

MS2830A-044/045 シグナルアナライザの正面パネルにある1st LO Output端子はExternal Mixerに1st LO信号, Mixerバイアスを供給すると共に、External MixerからのダウンコンバートされたIF信号を入力します。

MS2830A-044/045 シグナルアナライザは、LO/IF双方向の信号を1ポートとする2ポートタイプのExternal Mixerのみに対応します。LO端子とIF端子が分離した3ポートタイプのExternal Mixerには対応していません。

External Mixerを用いた測定(5/14)

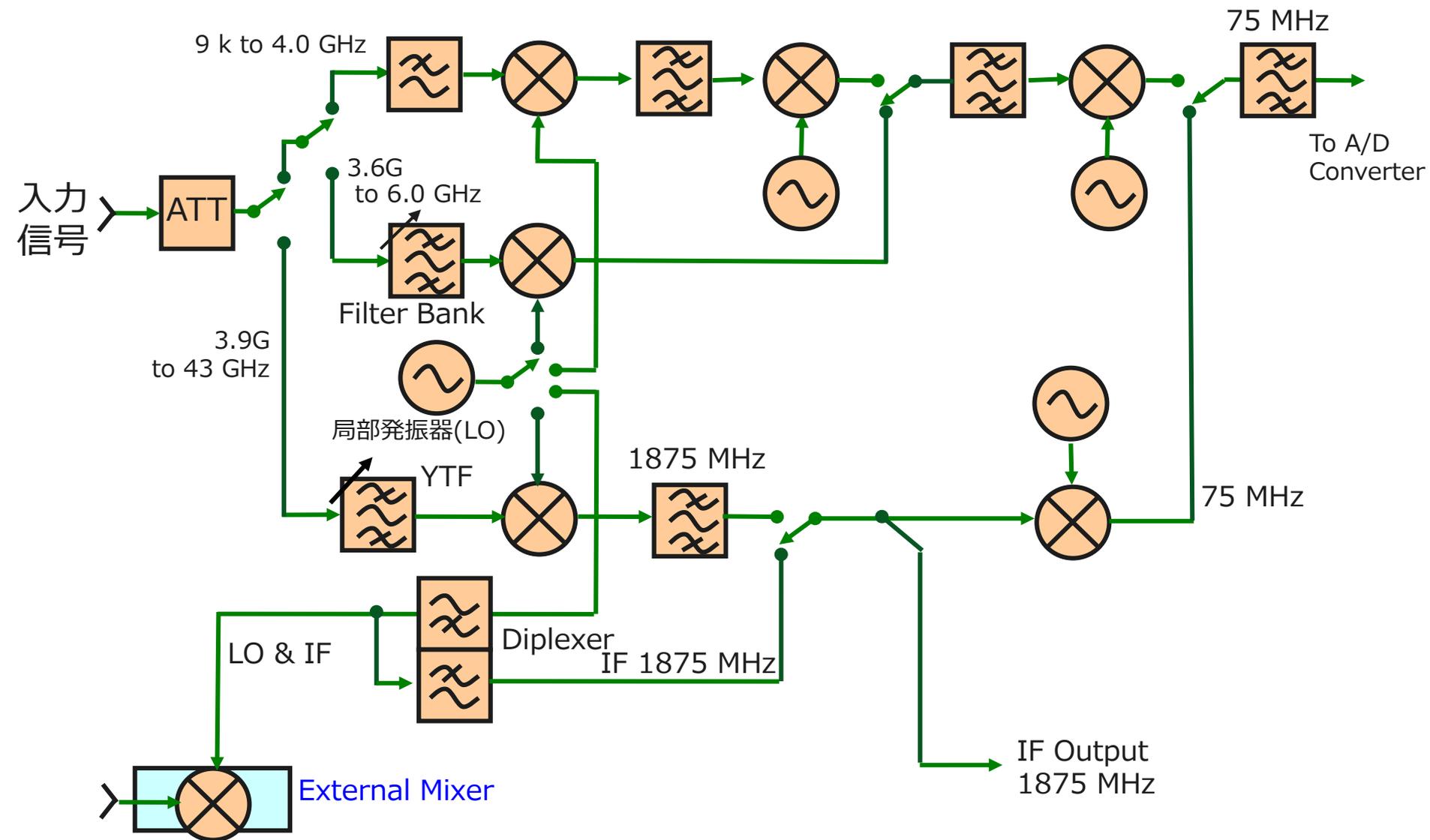


図1. MS2830A-044/045ブロック図

4. 測定例 (1/6)

ここでは、MS2830A-044/045によるExternal Mixerを用いた測定例を簡単に説明していきます。(被測定物からの信号は、Signal Generatorの周波数47 GHz, レベル-10 dBmのCW信号とします。)

4.1 External Mixerの接続

MS2830A-044/045の1st LO Output端子とExternal MixerをSMAケーブルで接続します。

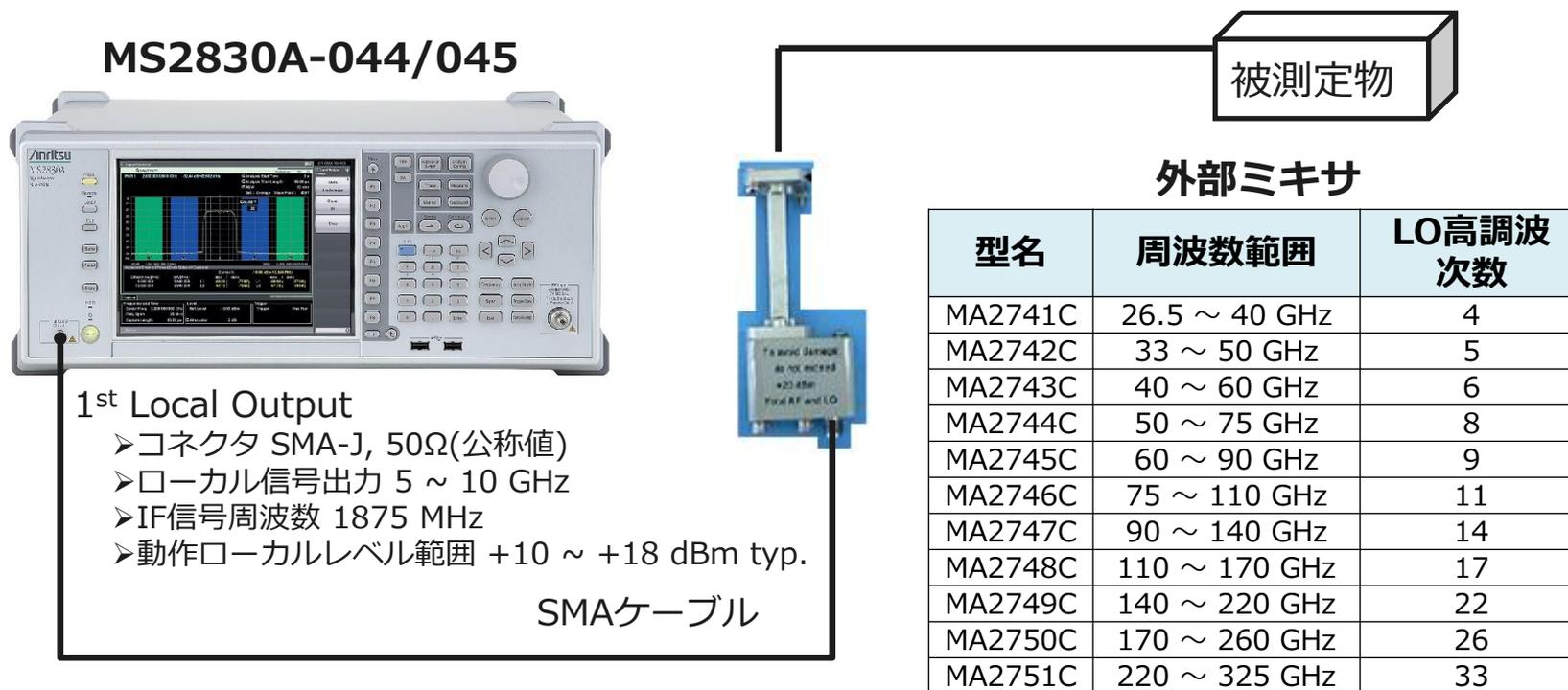


図2. External Mixerとの接続図

4. 測定例 (2/6)

4.2 MS2830A-044/045の設定

① Signal Generator からの信号を出力

② External Mixerモードの選択

[Frequency] > [Page 2 of 2] > [F1: External Mixer] > On

③ External Mixerバンドの選択

MS2830A-044/045はExternal Mixer Bandを選択すると、自動で最小のMixing Harmonic OrderとMixing Modeを設定します(尚、Mixing Harmonic Order, Mixing Modeは変更は出来ません)。この例では、Uバンド(40 ~ 60 GHz)を選択します。

[F2: External Mixer Band Select] > [Band U 40 - 60 GHz]

4. 測定例 (3/6)

4.2 MS2830A-044/045の設定

④信号の識別

本測定例では入力信号が47 GHzのCW信号であることが判っています。しかし、External Mixerは前述の通り、高調波ミキシングによる不要なミキシングレスポンスを測定結果に表示します。従って、測定する信号が未知の場合は、実際に存在する真の信号と実際には存在しない不要なレスポンスを識別する必要があります。識別手段の詳細い説明や操作は5項で説明します。

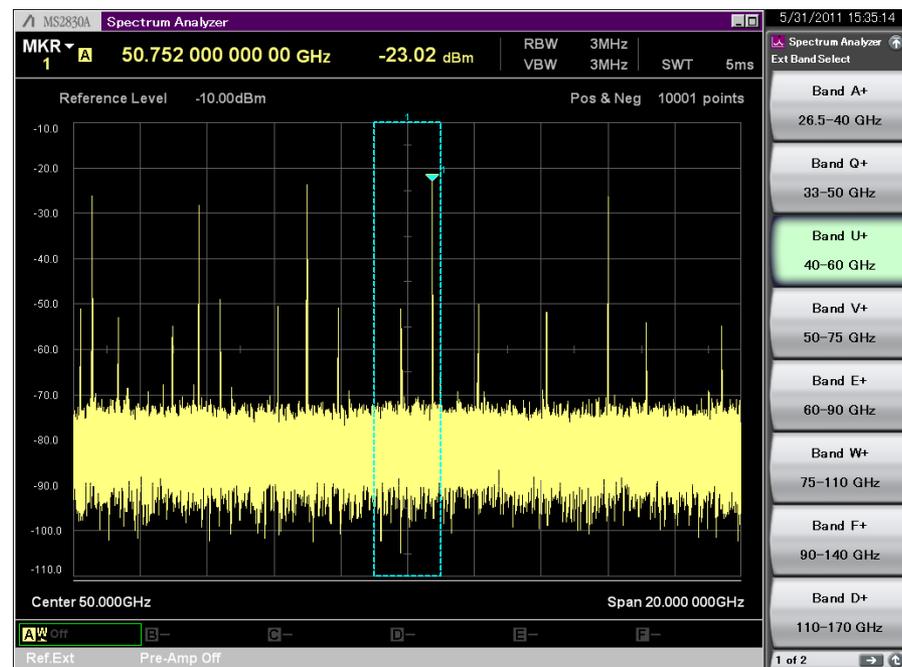


図3. MA2473Aによる47GHzの信号の測定例
不要なレスポンスが多数発生

4. 測定例 (4/6)

4.2 MS2830A-044/045の設定

⑤ 中心周波数, スパンなどの設定

測定する信号を識別手段により特定した後は、測定したいパラメータ(周波数偏差, 占有帯域幅など)の特長を表示するための中心周波数, スパン, リファレンスレベルを設定します。

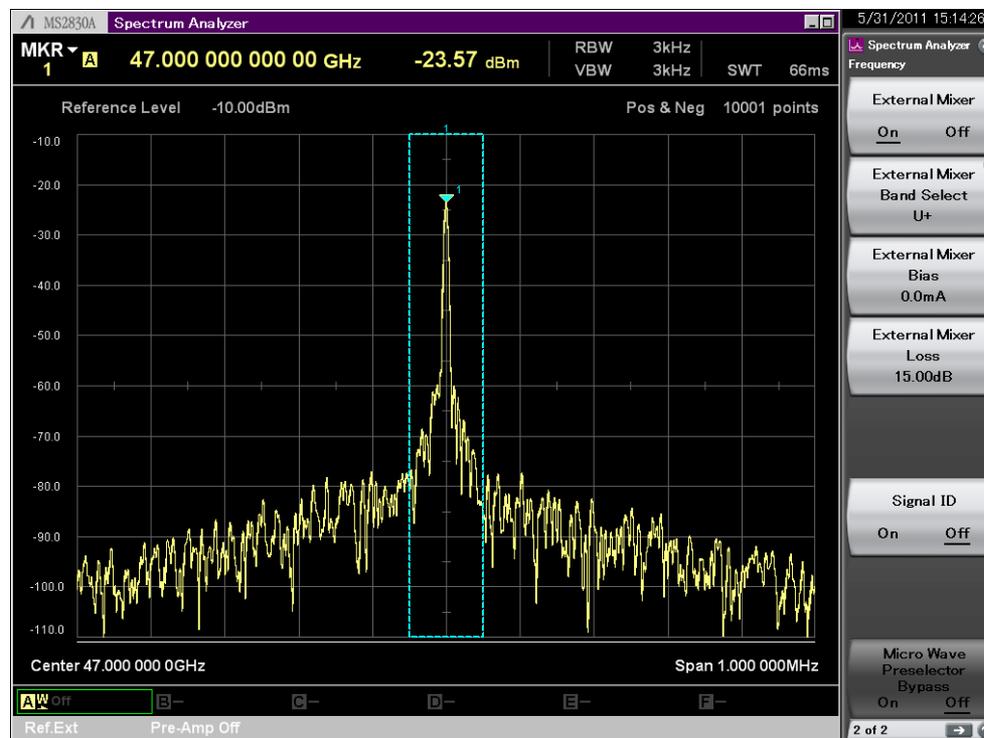


図4. 中心周波数, スパンの設定例

4. 測定例 (5/6)

4.2 MS2830A-044/045の設定

⑥ External Mixer Biasの設定, External Mixer Lossの入力

信号の表示レベルが最大になるようにExternal Mixer Biasを調整します。

External Mixerやケーブル損失などMS2830A-044/045本体入力までに生じるLossの合計を入力します(この場合、27.5 dBと入力)。尚、 External Mixer Lossのデフォルトの値は15 dBとなっています。

[F3: External Mixer Bias] > 最適なBias値に設定(最大20 mA)

[F4: External Mixer Loss] > 27.5 dB

4. 測定例 (6/6)

4.2 MS2830A-044/045の設定

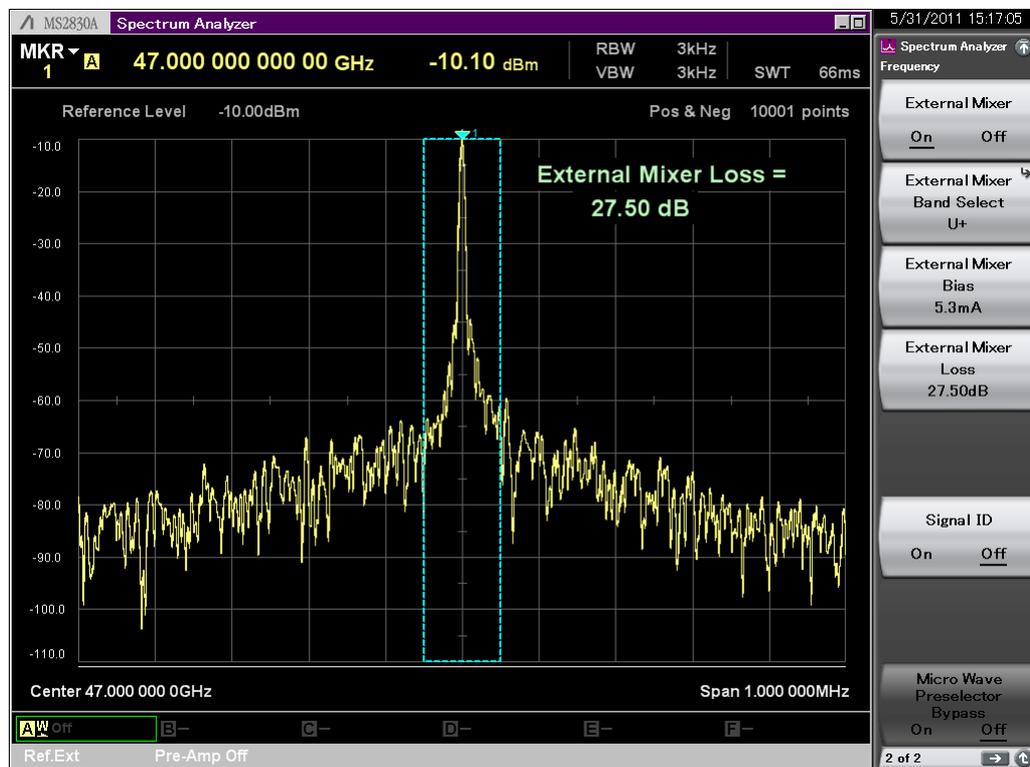


図5. External Mixer Bias, External Mixer Lossの設定例

5. シグナルID機能 (1/3)

External Mixerを用いた測定時のMS2830A-044/045の表示画面周波数と内部のLO信号は(1)式の関係になり、通常の掃引時は + のモードを使用しています。

$$F_{RF} = n \times F_{LO} \pm F_{IF} \cdot \cdot \cdot \cdot (1)$$

n: LO高調波次数

F_{IF} はアナライザのIF周波数(MS2830A-044/045では1.875GHz)

External Mixerの測定では、シグナルアナライザの表示スパンに連動するLO周波数のすべてのLO高調波と入力信号がミキシングされるため、(1)式の関係が成り立つレスポンスはすべて表示されます。この内、LO高調波次数が同じで、±の極性が反転し受信された信号をイメージレスポンス(MS2830A-044/045の場合は-で受信されたレスポンス)と呼びます。また正規のLO高調波ではない次数で受信された信号は、マルチプルレスポンスと呼ばれます。

Signal IDをONとすると、MS2830A-044/045は掃引ごとに、ローカル信号に対する極性を反転します。このLO掃引モードの変化により、イメージレスポンスやマルチプルレスポンスなどの偽の信号は、掃引ごとにMS2830A-044/045の画面に表示される周波数がシフトされます。一方、実在する真の信号は、画面に表示される周波数はシフトしないため、イメージレスポンスやマルチプルレスポンスなどの偽の信号と識別することができます。この様子を示したのが図6になります。

なお、Signal ID がON の場合、実在する真の信号のレベルが、外部ミキサの周波数特性の影響などによって、掃引ごとにレベル変動が起こる場合があります。信号の識別を完了し、レベルなどの信号特性を測定する段階に移る場合は、必ずSignal IDをOFFにしてください。

5. シグナルID機能 (2/3)

MS2830A-044/045ではDANLを最小にすることを優先し、通常のLO掃引モードの各External Mixerバンドに設定するLO高調波次数を最小の値に設定しています。このため、シグナルIDがON時のもう一方のLO掃引モード(極性が-のモード)のLO高調波次数が、内部のLO信号の周波数設定可能範囲の関係で、通常掃引モードの次数よりも1大きくなっています。従って、同じ高調波次数で行う同様の識別機能とイメージレスポンスやマルチプルレスポンスのシフト量が異なる場合がありますが、信号を識別する効果については変わりありません。

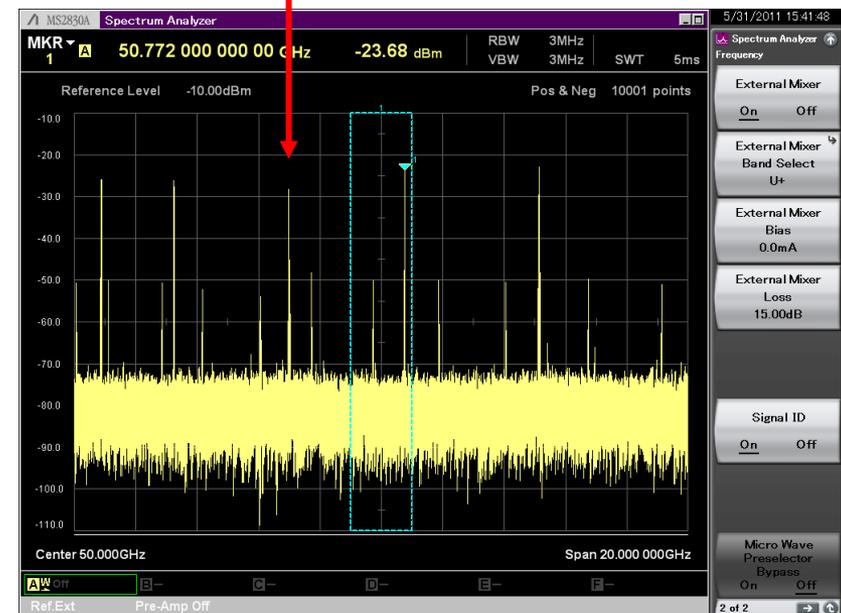
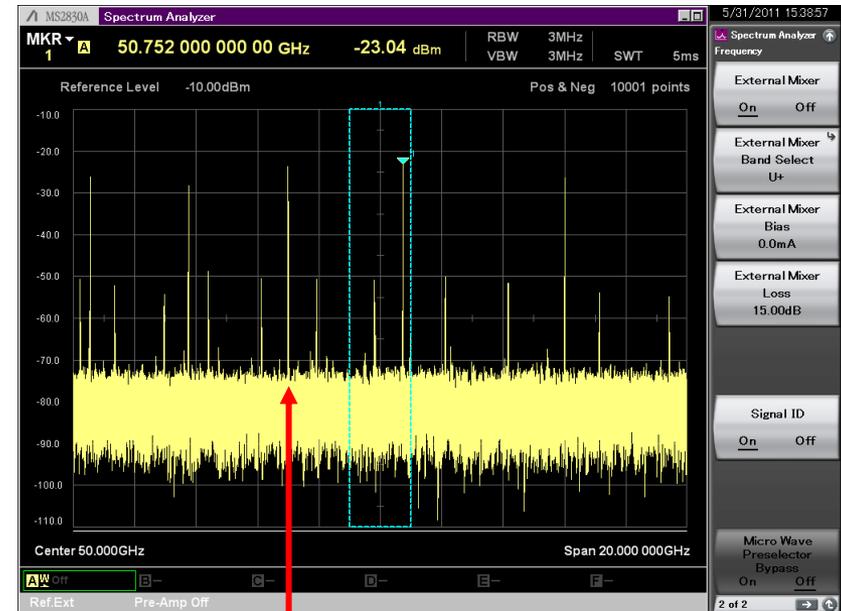


図6. シグナルID機能: ON時(交互掃引)の測定例

上: 通常のLO掃引モード

下: 変更したLO掃引モード

赤矢印は、実際の信号(47 GHz)の位置を示します。

5. シグナルID機能 (3/3)

シグナルID機能は(1)式で表される2つのLO掃引モード(1つは通常の掃引モード)を交互に掃引します。このため、真の信号以外のレスポンスの周波数は掃引毎に変化します。この特性を利用し、シグナルIDをON時にStorage ModeをMin Holdに設定することにより、真の信号以外の不要なレスポンスを表示から除去することが出来ます。

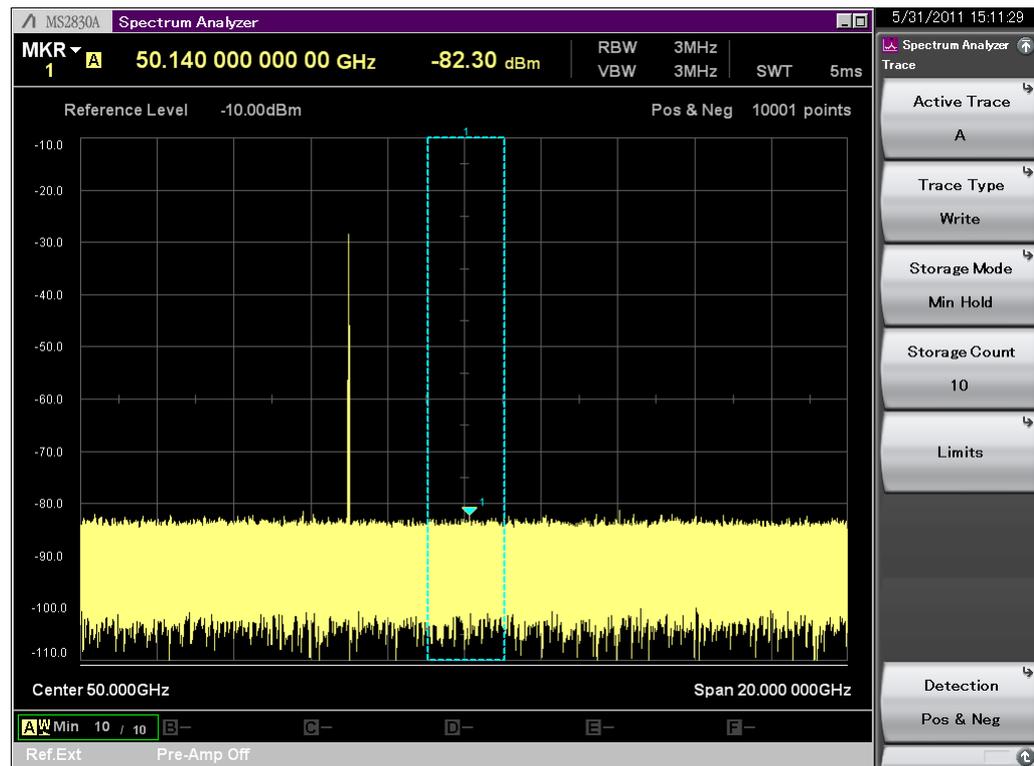


図7. Signal ID: ON時にMin Holdを設定した47 GHzの信号の測定例

広帯域ミリ波信号の解析(1/2)

最大125 MHz解析帯域幅(Opt.005/006/009/077*1/078*1)オプションを実装することにより、シグナルアナライザによるミリ波信号の変調解析を行えます。また高調波ミキシングの内部バンドとExternal Mixer時のIF信号は、背面のIF Output端子から取り出すことができます。IF周波数が1.875 GHzと高いため、1 GHz*2 帯域幅といった広帯域ミリ波変調信号を解析するためのダウンコンバータとしても使用することができます。

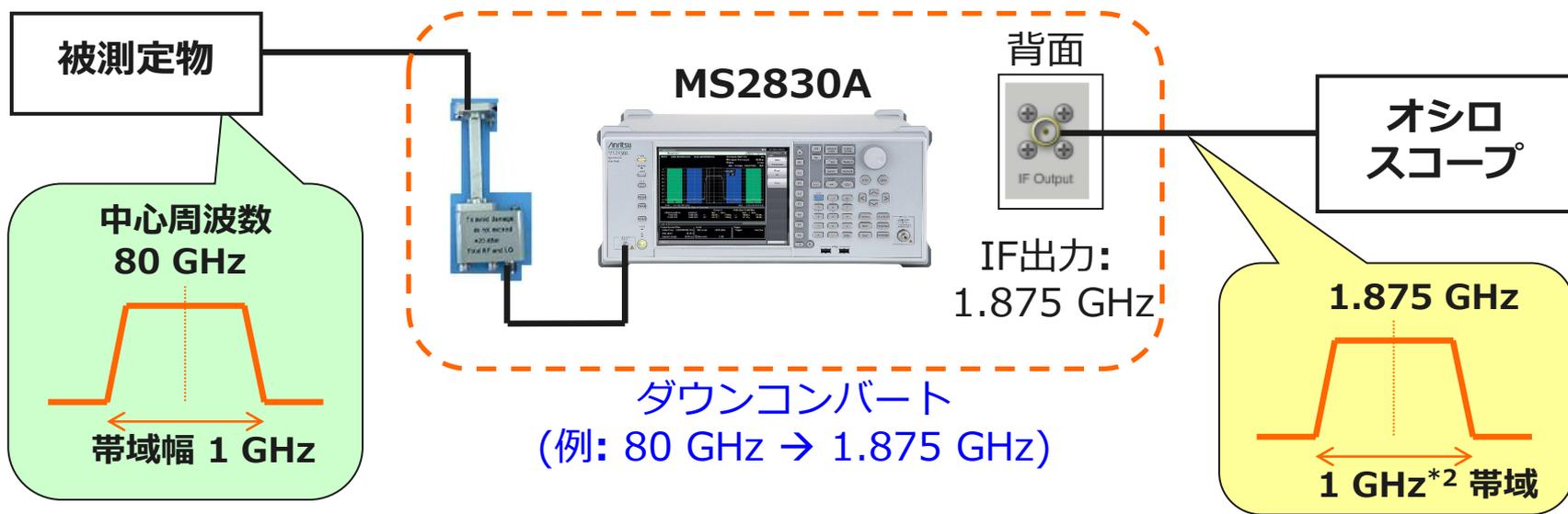


図8. 中心周波数 80 GHz, 帯域幅1 GHz* の信号を1.875 GHzにダウンコンバートした使用例

- *1: 帯域幅 > 31.25 MHz 設定時には、イメージレスポンスを受信します。MS2830Aの解析帯域外（最大解析帯域幅125 MHz）の周波数の信号が入力されない場合に使用できます。
- *2: 外部ミキサバンド使用時、または本体内部のマイクロバンド(Band3~9)でプリセレクトバイパスオプションを搭載かつONの場合。

下記にIF Output(1.875 GHz)の周波数特性の参考特性を示します。1 GHz の帯域内としては、約+1/-2 dBの特性を示します。

この周波数特性はMS2830A-044/045内部のみの特性であり、実際の測定結果には、External MixerやExternal Mixer とMS2830A-044/045 IF Output端子間に接続されるケーブルなどアクセサリ類の周波数特性も加わります。

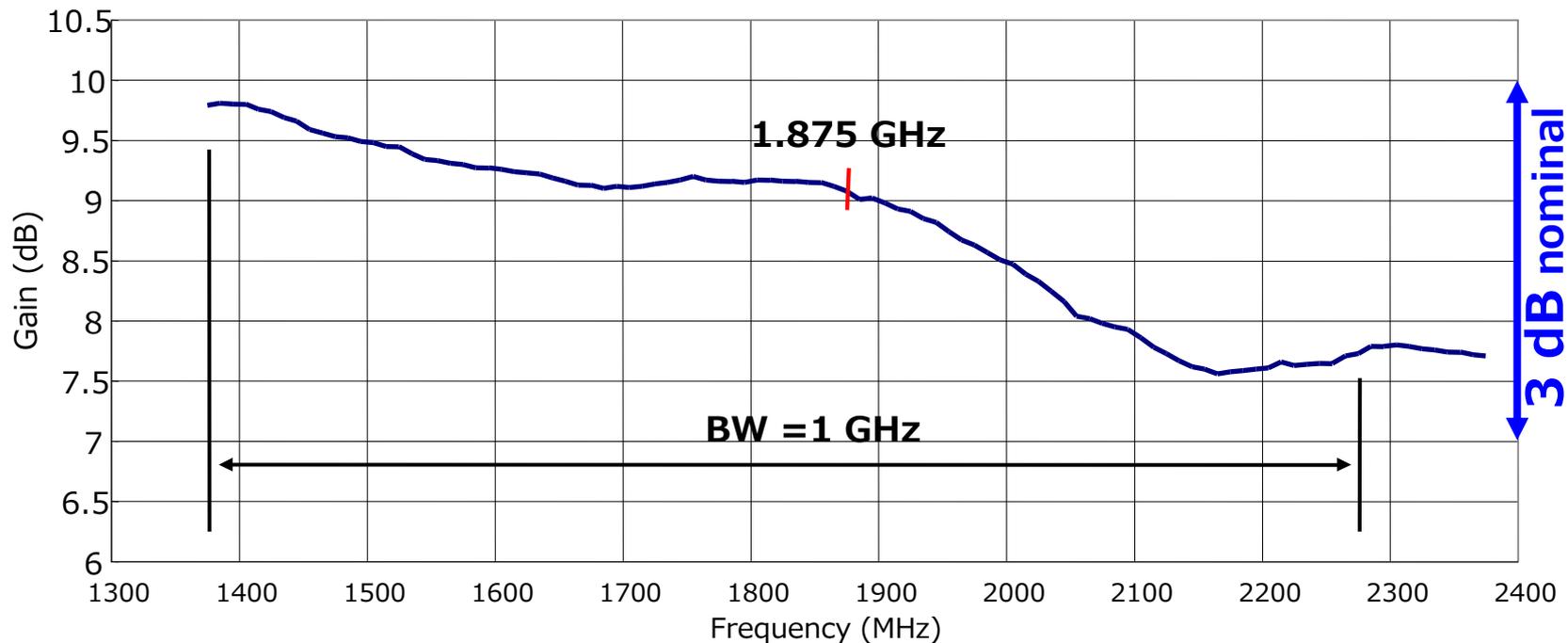


図9. IF Outputの周波数特性の参考値 (MS2830A-044/045内部のみ)

External Mixerの製品ラインナップ

アンリツはMA2740C/MA2750CシリーズのExternal Mixerを用意しています。

これらのExternal Mixerを使用することにより、325 GHzまでの観測が可能になります。

表1. External Mixer Band List

形名	品名	周波数バンド	周波数範囲	LO高調波次数	ミキシングモード	変換損失* (dB)	導波管フランジ		導波管サイズ
								UG-xxx/U Equivalent	
MA2741C	外部ミキサ	Aバンド	26.5~40 GHz	4	+	23	MIL-DTL-3922/54-003	UG-599U	WR28
MA2742C	外部ミキサ	Qバンド	33~50 GHz	5	+	26	MIL-DTL-3922/67D-006	UG-383U	WR22
MA2743C	外部ミキサ	Uバンド	40~60 GHz	6	+	28	MIL-DTL-3922/67D-007	UG-383U-M	WR19
MA2744C	外部ミキサ	Vバンド	50~75 GHz	8	+	32	MIL-DTL-3922/67D-008	UG-385/U	WR15
MA2745C	外部ミキサ	Eバンド	60~90 GHz	9	+	36	MIL-DTL-3922/67D-009	UG-387/U	WR12
MA2746C	外部ミキサ	Wバンド	75~110 GHz	11	+	39	MIL-DTL-3922/67D-010	UG-387/U-M	WR10
MA2747C	外部ミキサ	Fバンド	90~140 GHz	14	+	40	MIL-DTL-3922/67D-M08	UG-387/U-M	WR08
MA2748C	外部ミキサ	Dバンド	110~170 GHz	17	+	45	MIL-DTL-3922/67D-M06	UG-387/U-M	WR06
MA2749C	外部ミキサ	Gバンド	140~220 GHz	22	+	50	MIL-DTL-3922/67D-M05	UG-387/U-M	WR05
MA2750C	外部ミキサ	Yバンド	170~260 GHz	26	+	65	MIL-DTL-3922/67D-M04	UG-387/U-M	WR04
MA2751C	外部ミキサ	Jバンド	220~325 GHz	33	+	70	MIL-DTL-3922/67D-M03	UG-387/U-M	WR03

*: 変換損失は各バンドの中心付近の代表値であり、その値を保証するものではありません。

