

広帯域ミリ波信号発生と解析 アプリケーションノート

プロダクト:

- | | |
|---------------|-----------------|
| ┆ R&S®SMW200A | ┆ R&S®FSW |
| ┆ R&S®SMB100A | ┆ R&S®FSW-B2000 |
| ┆ R&S®SMF100A | ┆ R&S®FSW-B21 |
| ┆ R&S SZU100A | ┆ R&S®FSW-K70 |
| ┆ R&S®RTO | ┆ R&S®VSE |
| | ┆ R&S®FS-Z75 |
| | ┆ R&S®FS-Z90 |

V-band 以上での広帯域デジタル変調信号の発生は、困難なタスクであり、典型的に複数の機器のセットが必要です。本書では、タスクを簡素化することを目的とし、解析パートも検討します。最新の R&S®FSW67 および R&S®FSW85 シグナル/スペクトラム アナライザは、外部周波数変換せず 67 GHz までの V-band および 85 GHz までの E-band で使用できます。R&S®FSW-B2000 オプションと R&S®RTO デジタルオシロスコープを使用することで、2 GHz までの変調帯域幅をカバーできます。R&S®FSW26/43/50/67/85 に対応しています。

アプリケーションノート 1MA217 には、500 MHz 変調帯域幅までの V-band 信号発生と解析を記述しています。本書では、2 GHz まで変調帯域幅を拡張し、V-band と E-band の例をカバーしています。

注記:

最新のオリジナル英文ドキュメント: <http://www.rohde-schwarz.com/appnote/1MA257>

目次

1	はじめに	4
2	セットアップ	5
2.1	V-band のセットアップ	5
2.2	E-band のセットアップ	6
2.2.1	マルチプライヤのハーモニクスによるスプリアス	7
2.2.2	ミキシングによるスプリアス	7
2.3	ハーモニクスミキサの使用	8
2.3.1	ハーモニクスミキサによるスプリアス	8
3	テスト結果	10
3.1	提案したテストセットアップの代表性能	10
3.2	商用 802.11ad TX のテスト	11
3.3	バックホールアプリケーション用 V-band と E-band トランシーバ (サプライヤ: "Infineon Technologies AG")	12
3.3.1	TX 部分	12
3.3.2	RX 部分	15
4	文献	20
5	オーダー情報	21
	AE-band アップコンバータ用推奨パーツ	23

本書では、Rohde & Schwarz プロダクトに以下の略語を使用します:

- R&S®SMW200A ベクトル シグナル ジェネレータを SMW と表記
- R&S®SMB100A RF/マイクロ シグナル ジェネレータを SMB と表記
- R&S®SMF100A マイクロ シグナル ジェネレータを SMF と表記
- R&S®FSW シグナル/スペクトラム アナライザを FSW と表記
- R&S®RTO デジタル オシロスコープを RTO と表記
- R&S®FSW-B2000 2 GHz 解析帯域幅を FSW-B2000 と表記
- R&S®FSW-B21 外部ミキサ用 LO/IF 接続を FSW-B21 と表記
- R&S®FSW-K70 ベクトル信号解析を FSW-K70 と表記
- R&S®FS-Zxx ハーモニックミキサを FS-Zxx と表記
- R&S®SZU100A IQ アップコンバータを SZU100A と表記
- R&S®SMW-B13XT ワイドバンド メインモジュールを SMW-B13XT と表記
- R&S®SMW-B9 ワイドバンド ベースバンド ジェネレータ, ARB, 500MHz RF 帯域幅を SMW-B9 と表記
- R&S®SMW-K526 2000 MHz RF 帯域幅にベースバンド拡張を SMW-K526 と表記

Rohde & Schwarz® は、Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG の登録商標です。

1 はじめに

自動車レーダや "5G" モバイル通信アプリケーションなどに、2 GHz 以上の広帯域変調帯域幅が提案されています。

802.11ad WLAN スタンドは、1.76 GHz 変調帯域幅 (シングルキャリアモード) で V-band 周波数をすでに使用しています。表 1-1 は、通信や自動車レーダアプリケーションで既使用されているミリ波バンドをハイライトしています。

Frequency bands in the mm-wave range (license light or unlicensed)		
V-band (57 GHz to 64 GHz)	unlicensed spectrum in many countries	Already used for Wireless LAN according to 802.11ad standard Potential use for "5G" applications
Lower E-Band (71 GHz to 76 GHz)	License-light spectrum	Potential use for "5G" applications
Middle-E-band (77 to 81 GHz)		Used by high-resolution automotive radar applications.
Upper E-band (81 GHz to 86 GHz)	License-light spectrum	Potential use for "5G" applications
W-band (92 to 95 GHz)	Indoor uses are unlicensed in many countries; outdoor use is "license-light"	Potential use for "5G" applications except 94 GHz to 94.1 GHz which is in use for radio astronomy

表 1-1: 通信や自動車レーダアプリケーションで既使用されているか、アンライセンスや "license-light" バンドとしての "5G" に興味深く考えられているミリ波レンジのバンド

図 1-1 には、周波数軸において V-, E-, W-band で利用できる license-light やアンライセンス周波数レンジを示します。

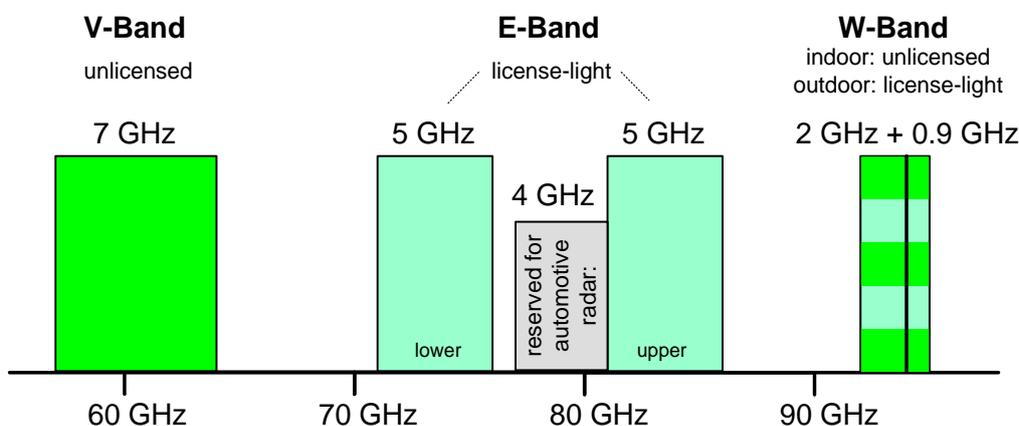


図 1-1: V-, E-, W-Band のアンライセンスや license-light 周波数レンジ

V-band 以上での広帯域デジタル変調信号の発生は、困難なタスクであり、典型的に複数の機器のセットが必要です。最新の FSW67 および FSW85 シグナル/スペクトラム アナライザは、外部周波数変換せず 67 GHz までの V-band や 85 (86¹⁾) GHz までの E-band で使用できます。デジタルオシロスコープ RTO と FSW-B2000 オプションを搭載した FSW26 から FSW85 までのアナライザは、2 GHz までの変調帯域幅をカバーします。本書では、V-band および E-band での広帯域デジタル変調信号発生セットアップについて記述し、広帯域 V-band および E-band アプリケーション用に FSW67 と FSW85 の使用と、57 GHz から 80

GHz を超えるレンジでの FSW26/43/50 + FS-Zxx ミキサの使用についても示します。

¹⁾ FSW-K70 VSA モードでのみ

2 セットアップ

2.1 V-band のセットアップ

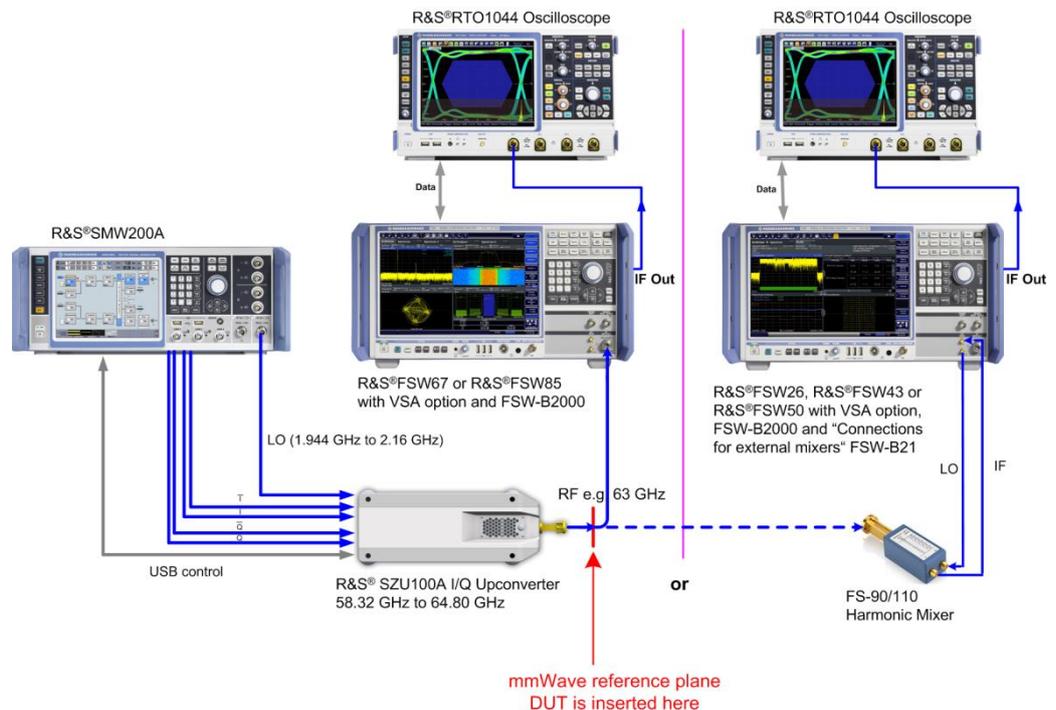


図 2-1: 広帯域 V-band 信号発生と解析のセットアップ

2 GHz までの変調帯域幅を搭載する SMW200A がテスト変調信号を発生します。差動 I/Q 接続で、アナログ I, I_{inv} と Q, Q_{inv} 信号が SZU100A アップコンバータの I, I_{inv} と Q, Q_{inv} 入力に供給されます。差動モードは、シングルエンド接続より良好なコモンモードノイズ抑圧のために推奨されています。

アップコンバージョン用 LO 信号として SZU100A の LO 入力に供給される CW 信号 (1.944 GHz から 2.16 GHz) を SMW200A が発生します。操作を簡単にするために USB 接続を経由して、SMW200A が SZU100A をリモートコントロールします。SMW200A ユーザインタフェースにて周波数およびレベルを設定できます。

■ シグナル解析:

広帯域シグナル解析は、いずれかによって提供されます:

- FSW67、VSA オプション FSW-K70 とオプション FSW-B2000 (67 GHz まで) 付き
- FSW85、VSA オプション FSW-K70 とオプション FSW-B2000 (86 GHz まで) 付き
- FS-Z75 ハーモニックミキサと FSW26/43/50、VSA オプション FSW-K70 とオプション "外部ミキサ接続" FSW-B21 と FSW-B2000 付き

プラス:

- ・ RTO オシロスコープ、OCXO オプション RTO-B4 と IQ ソフトウェアインタフェース オプション RTO-K11

2 GHz 帯域幅までの RF 変調信号を解析するために、FSW が 2 GHz の IF にダウンコンバートし、RTO オシロスコープにて 10 GHz のサンプルレートでデジタル化されます。FSW がデジタル信号をイコライズし、サンプリングレートをアジャストします。オシロスコープを含む信号パス全体が校正されます。操作を簡単にするために、FSW が RTO をリモートコントロールします。

2.2 E-band のセットアップ

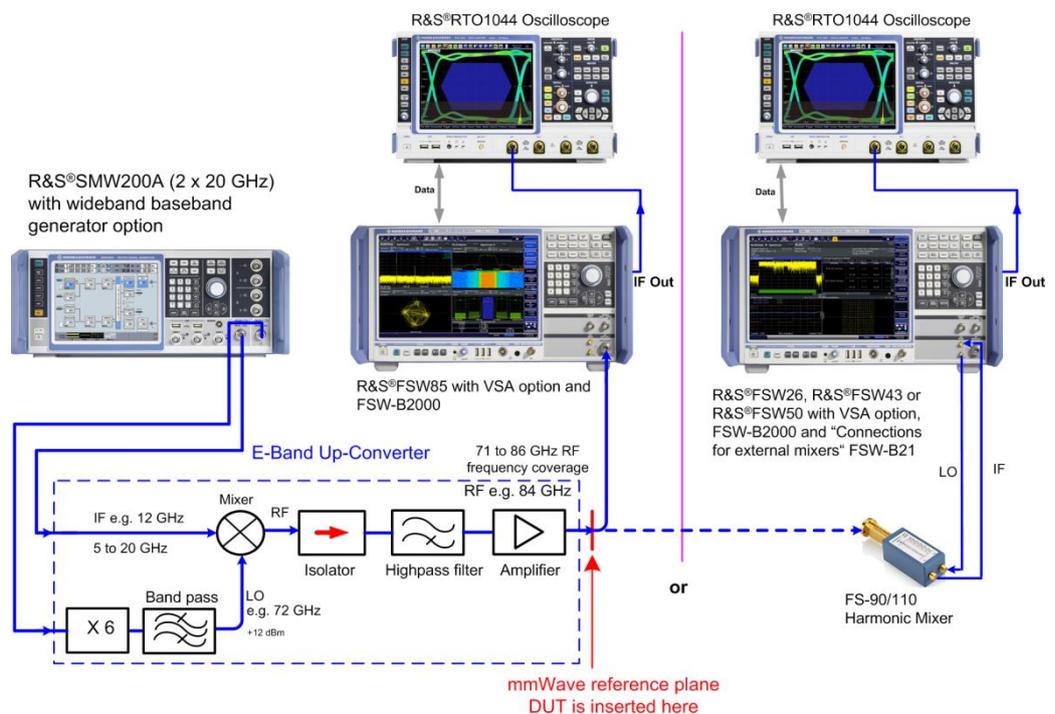


図 2-2: 広帯域 E-band 信号発生と解析のセットアップ

信号発生では、E-band アップコンバータが個別部品を用いて実現されます。ここでは、6 通倍マルチプライヤが使用され、必要な周波数範囲に応じて他の部品が選択されます。

特に、アップコンバータ出力信号にスプリアス問題を引き起こす可能性があるため、ミキサ LO ポートからの高次ハーモニクスを除去するために、BPF を慎重に選択します (エラー! 参照元が見つかりません。および エラー! 参照元が見つかりません。を参照)。

- ・ IF 変調信号 5 ~ 20 GHz:

内部広帯域ベースバンドジェネレータで 2 GHz までの変調帯域幅を搭載する SMW200A (20 GHz モデル) が IF 変調信号を発生します。E-band 導波管ミキサの IF 入力に供給されます。

- ・ アップコンバージョン用 LO 信号の発生

SMW200A のもう一方の RF(B) ポート (あるいは、適切な SMB100A または SMF100A) が アクティブマルチプライヤの入力に供給される CW 信号 12 GHz を発生します。マルチプライヤの出力 72 GHz が BPF フィルタされ、E-band アップコンバータミキサ用 LO 信号として使用されます。

■ アップコンバージョン

ミキサが IF 入力信号から RF (ミリ波周波数範囲) に次式でリニアにアップコンバートします:

$$f_{RF} = f_{LO} \pm f_{IF}$$

アップコンバータミキサの RF 出力は、終端付きアイソレータを通り、下方側波帯 (LSB) $f_{LO} - f_{IF}$ と LO フィードスルーを抑圧する HPF に続きます。アイソレータがパスバンドのリプルを低減します。使用する上方側波帯 (USB) $f_{LO} + f_{IF}$ がアンプされて、E-band トランシーバや、アンプのような E-band トランシーバ部品のテスト用に “ミリ波基準面” で利用できます。

解析側では、FSW67 の代わりに FSW85 を使用する必要があります。または外部ミキサでは、FS-Z75 の代わりに FS-Z90 を使用する必要があります。

ミリ波信号発生と解析のための推奨セットアップを使用することは非常に簡単です。しかし、周波数設定によって、いくつかの重要ポイントと克服する方法を、以下にハイライトします。

2.2.1 マルチプライヤのハーモニクスによるスプリアス

E-band アップコンバータは、6 通倍マルチプライヤを使用します。マルチプライヤの不完全性により、出力信号には入力信号のハーモニクスが含まれており、BPF フィルタする必要があります。66 GHz LO 周波数のためには、6 通倍マルチプライヤ入力信号が 11 GHz です。7 倍ハーモニクスが 77 GHz で E-band 内にあり、フィルタされなければなりません。

2.2.2 ミキシングによるスプリアス

前に記述したアップコンバージョンに起因するミリ波基準面で考えられるスプリアスが次の法則です:

$$f_{SP} = n \cdot f_{IF} \pm m \cdot f_{LO} \quad // \quad n = \pm 0, 1, 2, 3, \dots, \quad m = \pm 0, 1, 2, 3, \dots$$

f_{LO} 成分の倍数以外にも、IF デジタル変調信号の輪郭にスプリアスが現れます。これらの帯域幅が $n \cdot (f_{IF}$ での帯域幅) です。

典型的に、 $2 \cdot f_{LO} - 3 \cdot f_{IF}$, $2 \cdot f_{LO} - 4 \cdot f_{IF}$, $3 \cdot f_{LO} - 4 \cdot f_{IF}$, ... のように低次スプリアスは、高次スプリアスと比べて高いパワーレベルです。

低次スプリアスが、対象のバンドに陥るか、所望の出力信号に近いと、深刻になることがあります。この場合には、所望の信号の EVM などの変調パラメータが著しく低下する可能性があります。

おそらく、LO と IF 周波数が互いに近接している魅力的な選択は、低次 (および強い) スプリアスが所望の信号の近傍に陥る状況につながります。

例 (E-band):

E-band 周波数 71 ~ 86 GHz に 84 GHz デジタル変調信号を発生すると、12 GHz IF 周波数と 72 GHz LO 周波数を使用します:

- $2 \times 72 \text{ GHz} - 3 \times 12 \text{ GHz} = 108 \text{ GHz}$: 重大なレベル (3 倍 IF ハーモニクス) だがバンド外にはるかに乖離
- $2 \times 72 \text{ GHz} - 4 \times 12 \text{ GHz} = 96 \text{ GHz}$: バンド外にまだ 10 GHz 離れているが適度に低レベル (4 倍 IF ハーモニクス), 監視が必須
- $3 \times 72 \text{ GHz} - 4 \times 12 \text{ GHz} = 168 \text{ GHz}$: バンド外にはるかに乖離

経験則:

カバーされるバンド内で高い方の IF 周波数が、より深刻になる傾向があります。

IF の低次ハーモニクスがより深刻になります。

$3 \times f_{\text{LO}}$, $4 \times f_{\text{LO}}$ およびそれ以上とミキシングして、対象のバンドに陥る周波数は、高次 IF ハーモニクスであり、一般的に低パワーレベルです。

2.3 ハーモニクスミキサの使用

R&S®FSW85 は、85 GHz までの測定をカバーしています。公称 85 GHz リミットを超えてスペクトラム測定をするために FSW を使用するには、FS-Z ファミリの外部ハーモニックミキサで可能です。85 GHz 以下の周波数で、FSW85 の代わりにハーモニックミキサを使用することも、予算に関して魅力かもしれません。

2.3.1 ハーモニクスミキサによるスプリアス

FS-Z ファミリのハーモニックミキサを使用するときには、追加の検討事項があります。

FS-Z ミキサは、スペクトラムアナライザの LO 出力信号を逡倍し、DUT のミリ波信号をアナライザの IF にダウンコンバートするために、適切なハーモニックを使用しています。しかし、ミキサで生成されるハーモニクス数と入力信号およびそのハーモニクスにより、スペクトラム上で多数の信号成分を産出します。さらに、プリセクタがありませんので、イメージ周波数レンジが抑圧されません。

FSW-B21 オプション (外部ミキサ用 LO/IF コネクタ) 付き FSW シグナル/スペクトラムアナライザは、従来の機器に比べて大きな利点を持っています。1.3 GHz IF (スペクトルアナライザモード、VSA モードで 2 GHz IF) で、FSW アナライザは、2.6 GHz のイメージフリー周波数レンジを有します。これにより、変調帯域幅が GHz レンジに達しても、広帯域変調信号を測定しやすくなります。FS-Z90 (60 GHz ~ 90 GHz) など最新 R&S ハーモニックミキサと使用することで、実に素晴らしいダイナミックレンジを達成できます。ミキサは、80 GHz で Typ. 23 dB の変換ロスであり、ミキサとアナライザが寄与して約 -150 dBm/Hz の表示平均ノイズレベル (DANL) という結果になります。

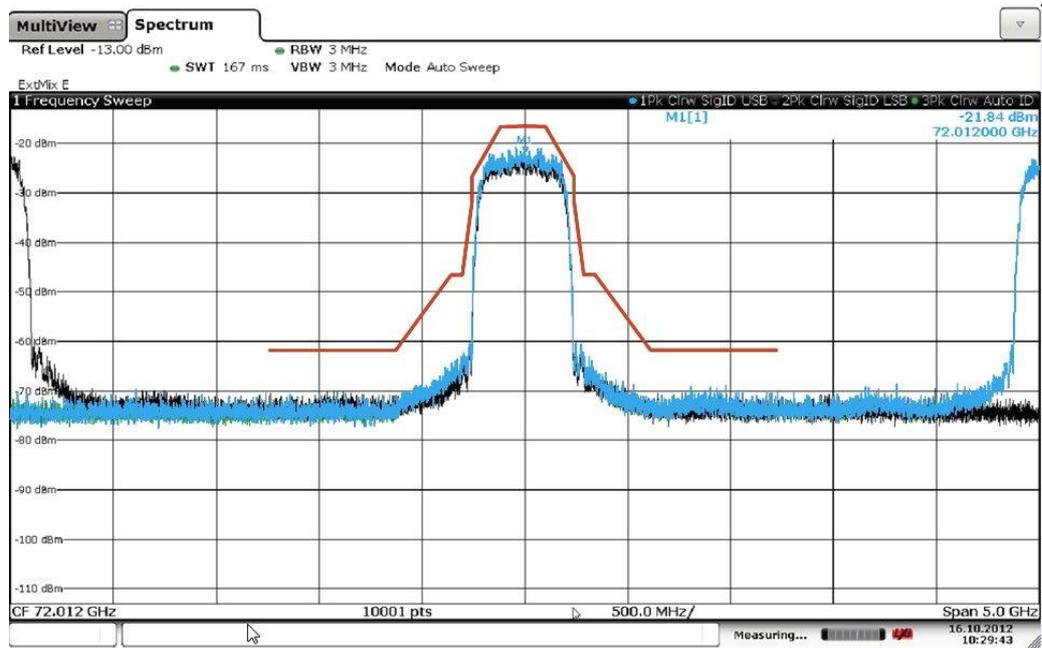


図 2-3: FS-Z90 ハーモニックミキサと FSW シグナル/スペクトラムアナライザで 500 MHz 帯域幅の E-band 入力信号の測定。入力およびイメージ周波数信号が 2.6 GHz 離れています。スペクトルマスク測定や、大幅な広帯域信号の変調解析に難なく可能です。

3 テスト結果

本章では、本書でカバーしたミリ波帯で、R&S 信号発生と信号解析の代表性能を検証し演示します。以降のすべての変調測定では、FSW のイコライザは、VSA モードにおいてアクティブで、変調帯域内の周波数スロープの影響を排除しています。VSA モードにおいてイコライザ機能を使用せずに測定した EVM は、4 ~ 5 倍に大きくなります。しかし、OFDM のような代表的広帯域デジタル変調システムでは (IEEE802.11ad シングルキャリアモードでも)、EVM 測定結果が運用実態に相当するように、周波数スロープをイコライズして、EVM が定義されています。

3.1 提案したテストセットアップの代表性能

図 3-1 に、オプション "2 GHz 解析帯域幅" FSW-B2000 付き FSW85 を使用して、図 2-1 に示した提案セットアップの代表 EVM 性能を示します。SMW200A が SZU100A アップコンバータ用 LO 信号を発生します。内部ベースバンドジェネレータが 1.2 Gsym/s シンボルレートで 16QAM 変調信号を発生します。この I/Q ベースバンド信号が SZU100A で 59 GHz にアップコンバートされます。FSW は、59 GHz 信号を解析し、EVM 3.6% を測定します。

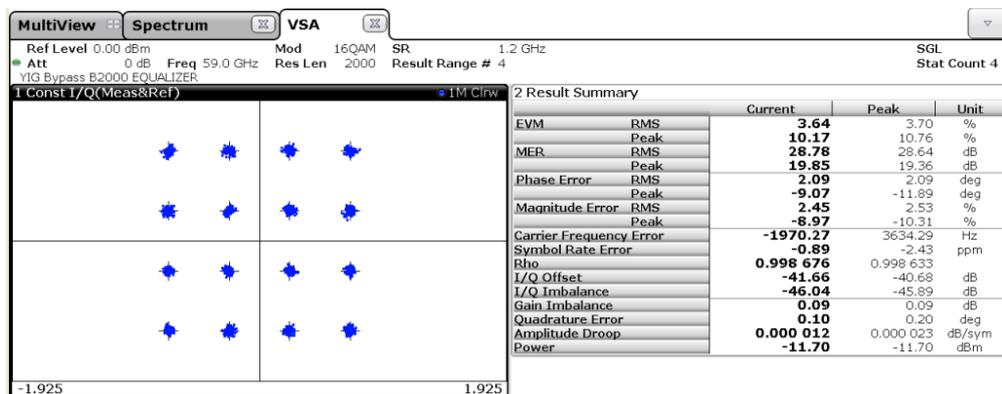


図 3-1: 内部ベースバンドジェネレータで変調され SMW200A シグナルジェネレータから 59 GHz にアップコンバートされた広帯域 16QAM 信号のコンスタレーションダイアグラムと EVM 測定

図 3-2 に別の例を示します。1.76 Gsym/s で $\pi/2$ -QPSK シングルキャリア変調の IEEE 802.11ad (WiGig) 信号チャネル 2 (60.48 GHz) を発生し解析したテストセットアップの性能です。この高速変調レートでも EVM < 5% を達成できます。FSW は、コンスタレーションダイアグラム、結果サマリ、キャプチャバッファ、イコライザの周波数レスポンスを表示しています。(FSW タッチスクリーンを使用して表示結果の構成を都合よく設定できます。)

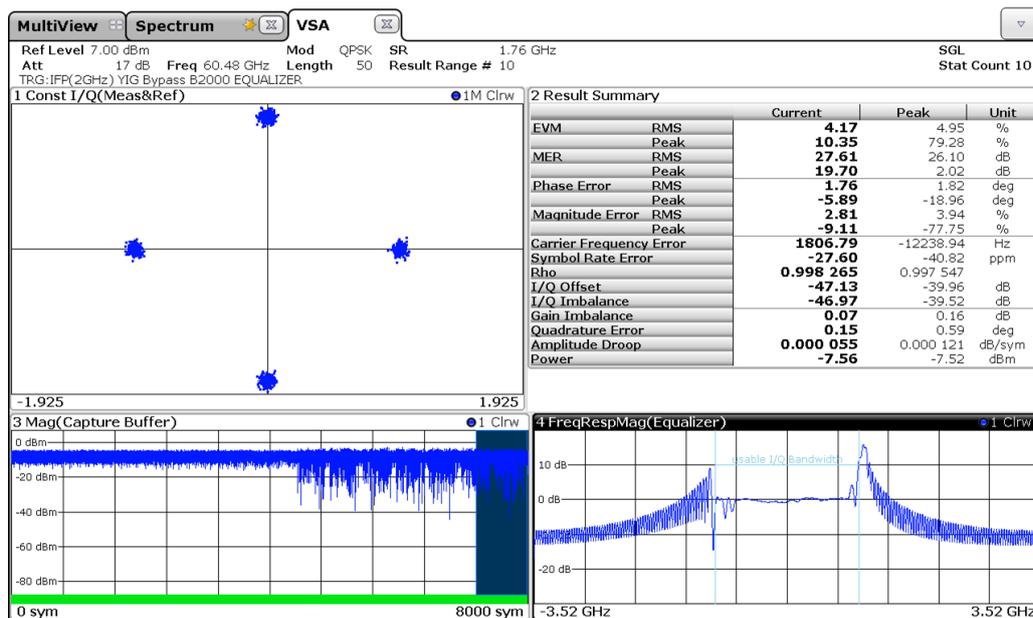


図 3-2: IEEE 802.11ad (WiGig) 信号の FSW 変調解析

以降では、2 つの異なるテストデバイスでのテスト結果とセットアップをデモします。

- 商用 802.11ad TX
- 商用 V-band バックホール用トランシーバ

3.2 商用 802.11ad TX のテスト

図 3-3 には、IEEE 802.11ad チャンネル 2 送信デバイスの FSW67 スペクトラムエミッションマスク測定結果を示します。スペクトラムの左スロープがスペクトラムマスクに FAIL (否) を表示し、デバイスの再調整を促しています。

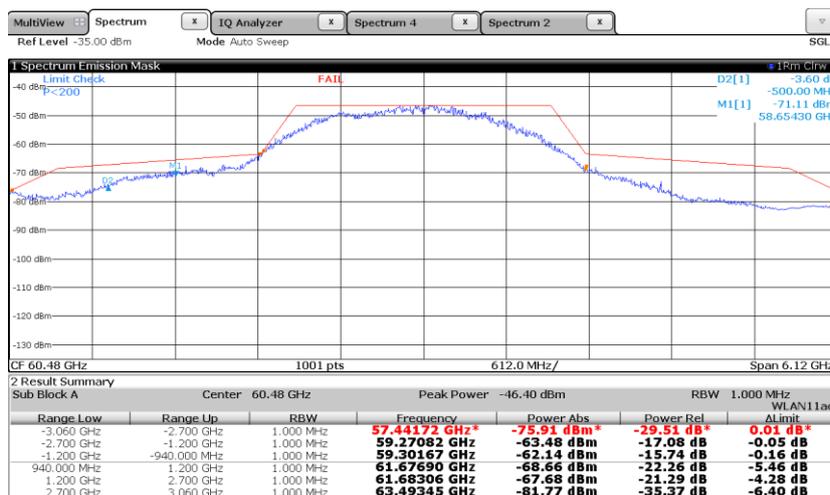


図 3-3: IEEE 801.11ad (WiGig) チャンネル 2 送信デバイスの FSW67 SEM 測定

図 3-4 には、IEEE 802.11ad チャンネル 2 で送信しているデバイスの FSW67 変調解析を示します。コンスタレーションダイアグラム、結果サマリ、キャプチャバッファの振幅、フェーズエラーが表示されています。

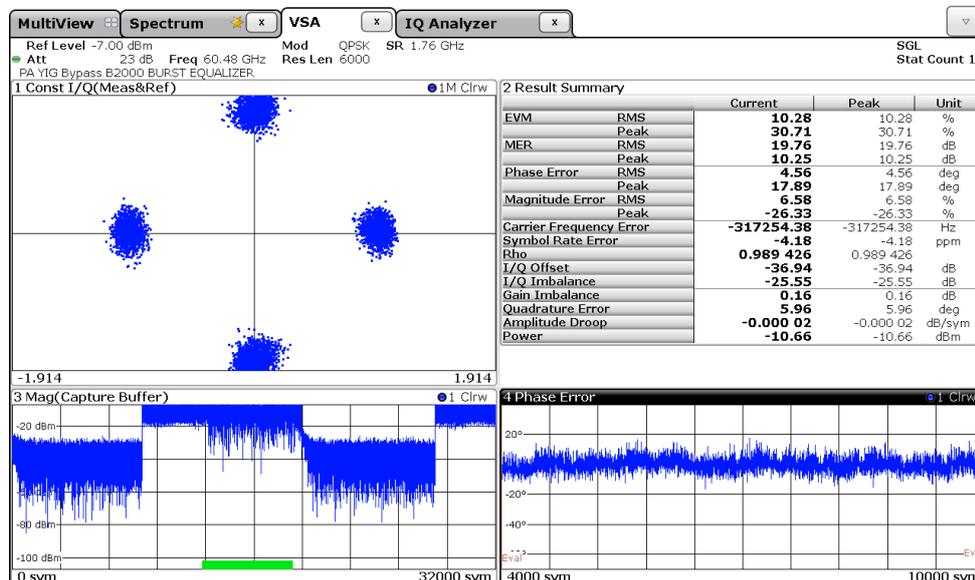


図 3-4: 801.11ad チャンネル 2 で送信しているデバイスの FSW67 変調解析 (コンスタレーションダイアグラム、結果サマリ、キャプチャバッファの振幅、フェーズエラーを表示)。

3.3 バックホールアプリケーション用 V-band と E-band トランシーバ (サプライヤ: "Infineon Technologies AG")

以降では、V-band と E-band トランシーバの RX と TX 部分のテストで、テストセットアップを記載しています。バックホールアプリケーション用商用 V-band と E-band トランシーバの測定結果を示します。

3.3.1 TX 部分

図 3-5 には、広帯域変調で V-band あるいは E-band トランシーバの TX 部分をテストするために、2 種類の可能なセットアップを示します。広帯域ベースバンド I-Q 信号を SMW200A で発生し、トランシーバの I-Q 入力に供給します。

TX の RF 出力は、VSA オプションと FSW-B2000 付き FSW67 あるいは FSW85 の RF 入力に直接接続されています。

もう一方では、適切なアッテネータを介して、FS-Zxx シリーズのハーモニックミキサに接続できます。VSA オプションと FSW-B2000 付き FSW43 と、外部ミキサオプション (FSW-B21) とで、RF 信号解析に使用します。

TX の出力信号を測定するためにハーモニックミキサが使用される場合、過入力しないように注意しなければなりません。FS-Zxx ハーモニックミキサは、Typ. -6 dBm で 1-dB 圧縮ポイントを有しています。ACLR や EVM に関して測定信号の性能を劣化させないように、ミキサ

入力で信号のピークレベルを 1-dB 圧縮ポイント未満にする必要があります (経験則: 15 ~ 20 dB 以下)。ハーモニックミキサの前に、最適なダイナミックレンジを得るための調整用に導波管レベルセッティングアッテネータを推奨します。

双方どちらの場合でも、FSW の IF 出力信号をサンプリングするために、RTO1044 デジタルオシロスコープが使用され、サンプリングデータを FSW が信号解析します。デジタイザとして RTO を使用することは、いかなる方法でもシグナルアナライザの操作に影響しません。スタンドアロン FSW 一体型のように FSW/RTO コンビを操作します。

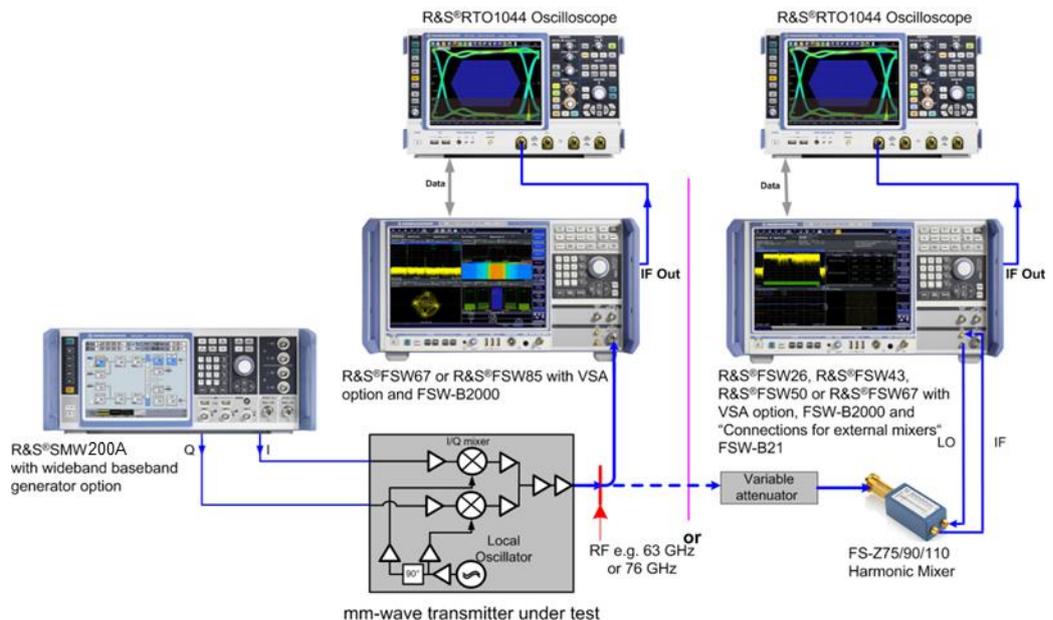


図 3-5: 広帯域変調で V-band あるいは E-band トランシーバの TX 部分をテストするために可能なテストセットアップ

図 3-6 には、バックホールアプリケーション用商用 V-band TX 57 ~ 64 GHz の FSW85 のスペクトラムとチャンネルパワー測定を示します。TX は、1.35 GHz 広帯域変調スペクトラムにつながる 1.2 Gsym/s シンボルレートで 16 QAM ベースバンド信号によって変調されています。

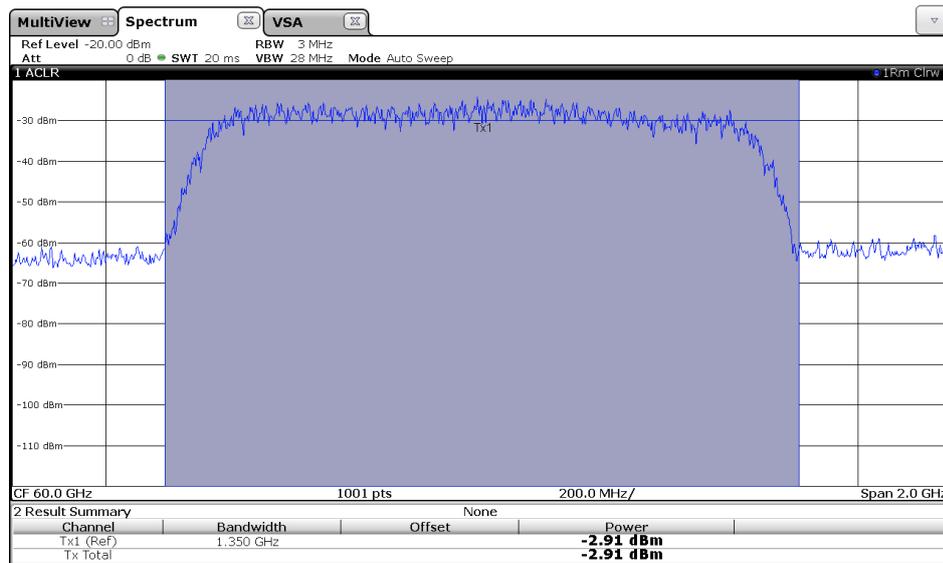


図 3-6: バックホールアプリケーション用商用 V-band トランシーバの FSW67 のスペクトラムとチャンネルパワー測定

図 3-7 には、16QAM シンボルレート 1.2 Gsym/s で変調された V-band トランシーバの変調解析を示します。コンスタレーションダイアグラム、結果サマリ、キャプチャバッファの振幅が表示されています。ここでも、FSW の VSA 測定オプションのイコライザがアクティブでした。

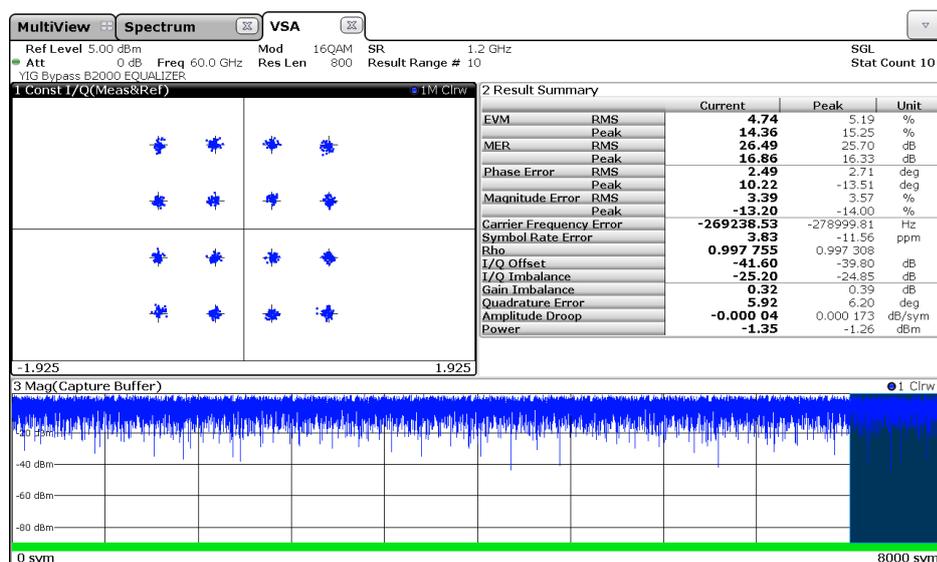
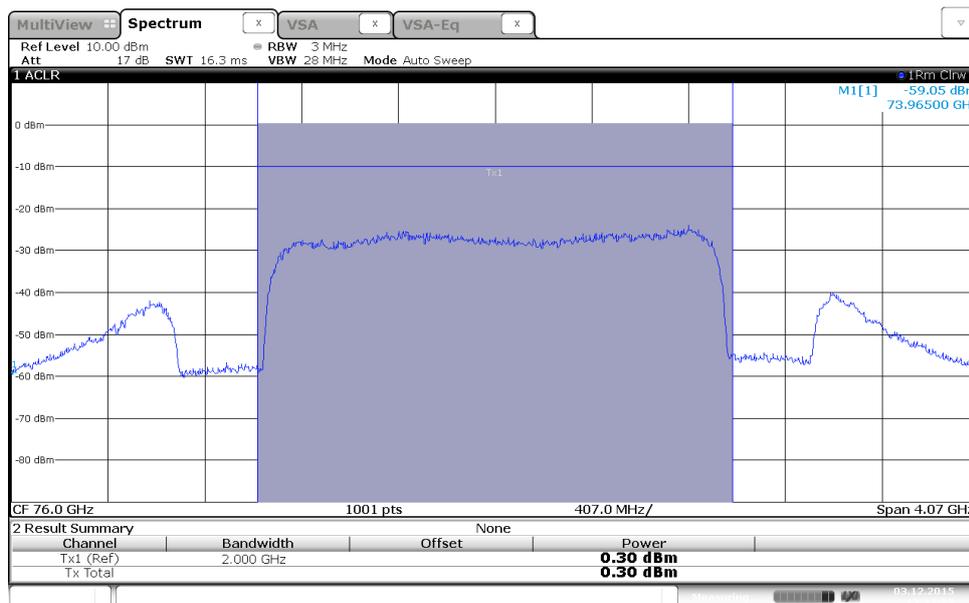


図 3-7: バックホールアプリケーション用商用 V-band トランシーバ 16QAM (シンボルレート 1.2 Gsym/s)の FSW85/RTO コンビの変調解析

図 3-8 には、バックホールアプリケーション用商用 E-band TX 71 ~ 76 GHz の FSW85 のスペクトラムおよびチャンネルパワー測定を示します。TX は、76 GHz センタ周波数で 2 GHz 広帯域変調スペクトラムにつながる 1.8 Gsym/s シンボルレートで QPSK ベースバンド信号によって変調されています。



Date: 3 DEC 2015 13:47:55

図 3-8: バックホールアプリケーション用商用 E-band トランシーバ 76 GHz の FSW85 のスペクトラムおよびチャネルパワー測定

図 3-9 には、E-band TX 16QAM 1.8 Gsym/s レートの FSW85 変調解析を示します。コンスタレーションダイアグラム、結果サマリが表示されています。

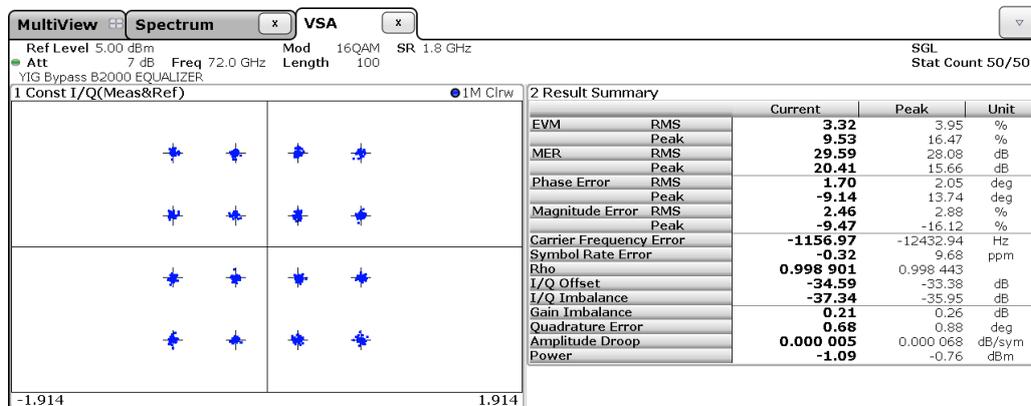


図 3-9: 商用 E-band トランシーバ 72GHz で 16QAM シンボルレート 1.8 Gsym/s の FSW85/RTO コンビの変調解析

図 3-10 には、別のトランシーバ 84 GHz の変調解析を示します。

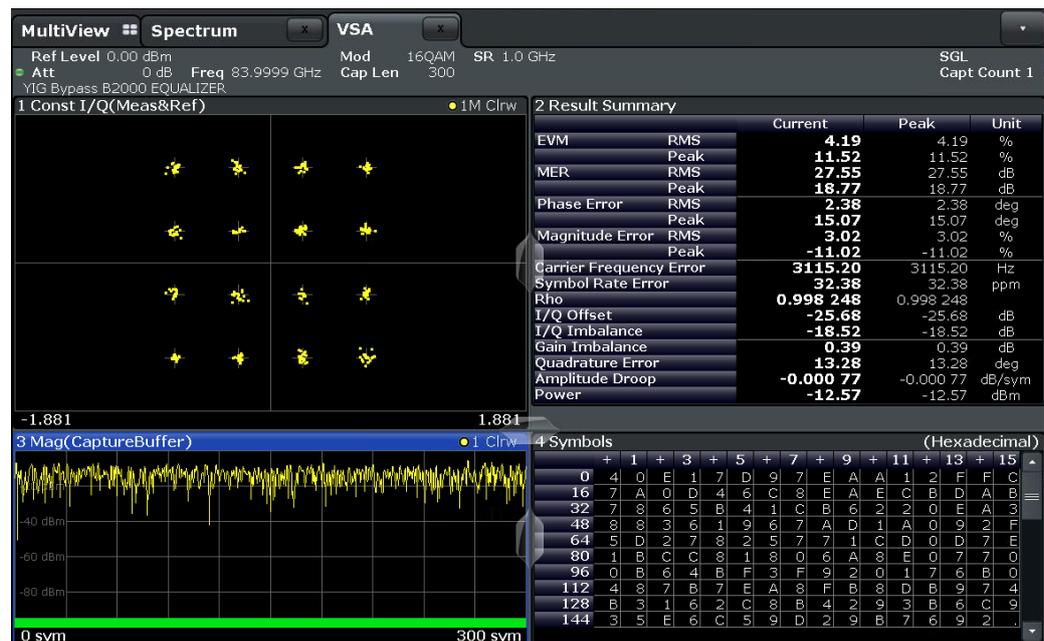


図 3-10: 商用 E-band トランシーバ 84GHz で 16QAM シンボルレート 1.0 Gsym/s の FSW85/RTO コンビの変調解析

3.3.2 RX 部分

図 3-11 に示すように、V-Band RX のテスト信号を発生します。SMW200A の出力レベルを変更することで、RX の入力レベルを変更します。

テスト RX の I/Q 出力は、RTO のチャンネル 1 と 2 に接続されます。変調信号のシンボルレートの 4 倍にサンプルレートを設定し、RTO が I-Q モードでデータをキャプチャします。キャプチャデータを VSA オプション付き FSW にエクスポートし (USB メモリなどを経由)、キャプチャデータを変調解析します。

代案として、R&S VSE ソフトウェアと R&S VSE-K70 VSA オプションにより、RTO 上 (図 3-12) あるいは外部 PC を介して、ダイレクトにオンラインデータのキャプチャと解析ができます。

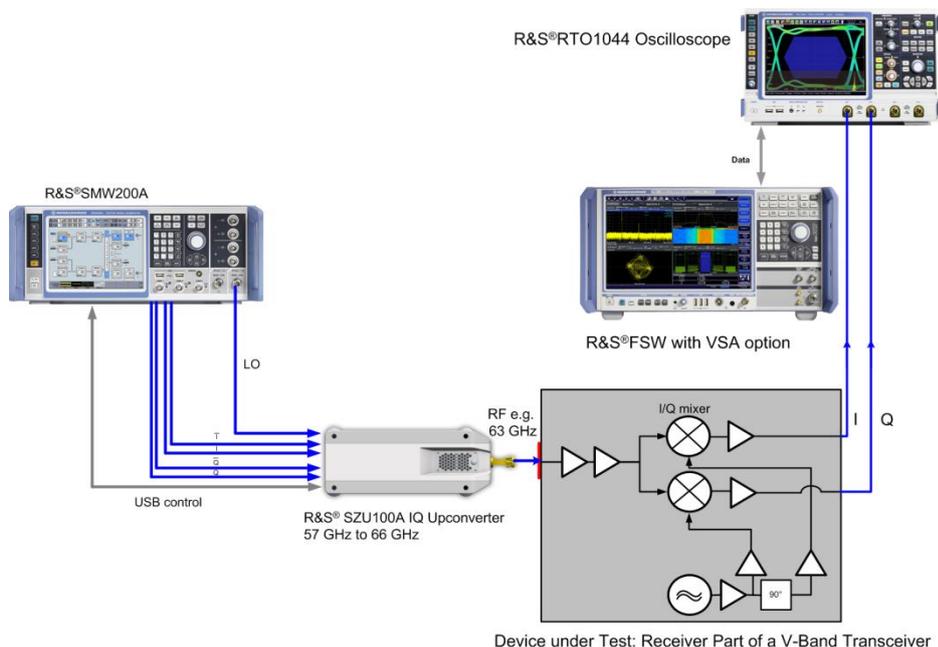


図 3-11: V-band トランシーバの RX 部分をテストするためのセットアップ模式図 (FSW で変調解析)

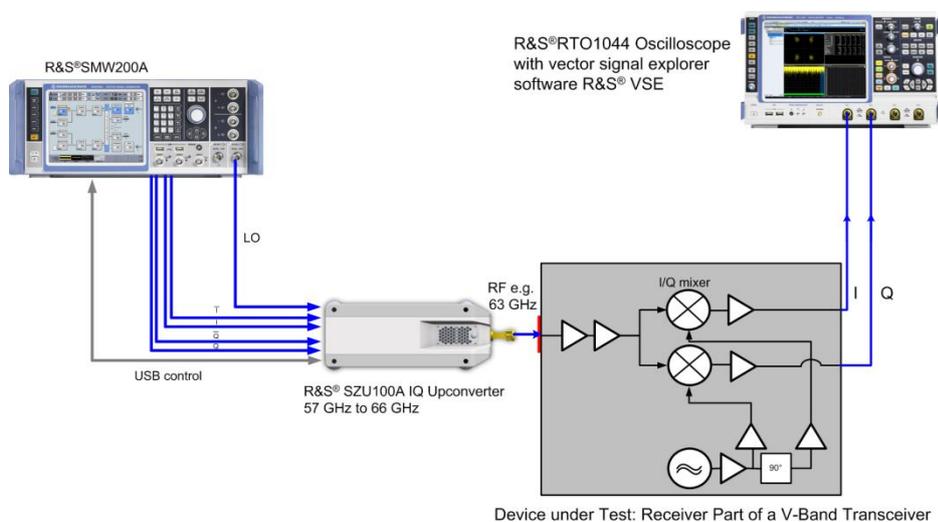


図 3-12: V-band トランシーバの RX 部分をテストするためのセットアップ模式図 (R&S VSE で変調解析)

図 3-13 には、ミリ波トランシーバの RX 部分をテストするためのセットアップのフォトを示します。コンバータ出力導波管からテスト RX の入力に、V-band テスト信号が供給されています。I/Q 出力が RTO のチャンネル 1 と 2 に接続されています。

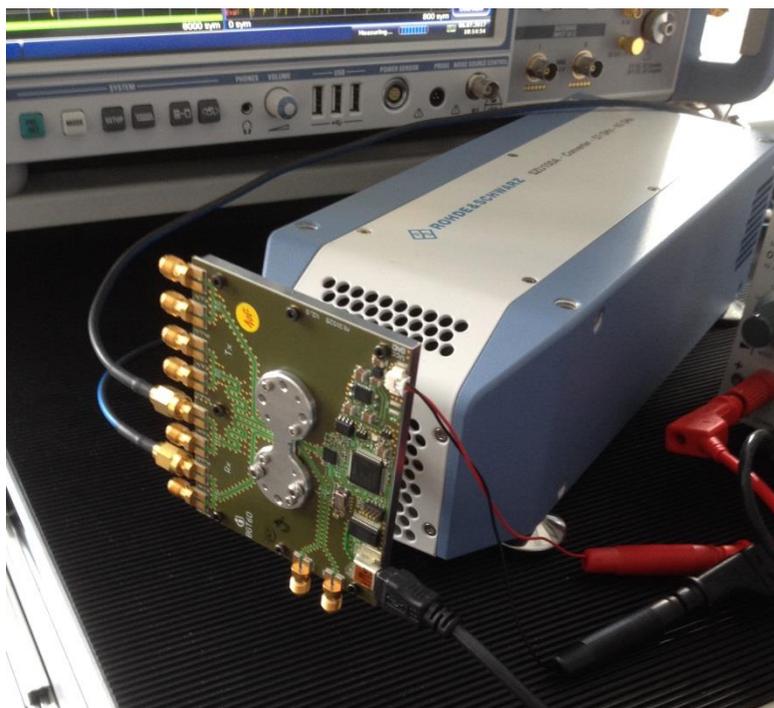


図 3-13: V-band トランシーバの RX 部分をテストするための SZU100A アップコンバータでの実用テストセットアップのフォト (サプライヤ: "Infineon Technologies AG")

図 3-14 には、1.2 Gsym/s の QPSK 信号を、4.8 Gs/s のサンプリングレートで RTO のチャネル 1 と 2 を介してキャプチャした、テスト RX の EVM 性能を示します。サンプリングデータが FSW に USB メモリ経由などでエクスポートされ、解析されています。測定した EVM が約 15 % rms です。I/Q コンスタレーションダイアグラムに見られるように、この程度の EVM では、低いエラー確率で様々な状態をまだ検出できます。図 3-15 には、RTO にインストールされた VSE ソフトウェアでの同じ測定を示します。

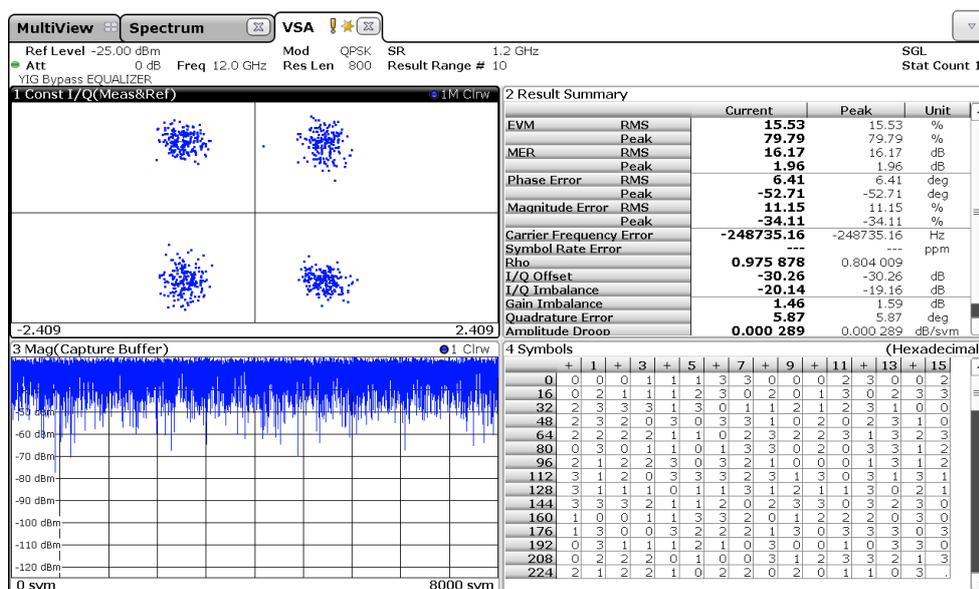


図 3-14: V-band レシーバの IQ 出力で FSW の EVM 測定 (変調パラメータ: QPSK 1.2 Gsym/s)

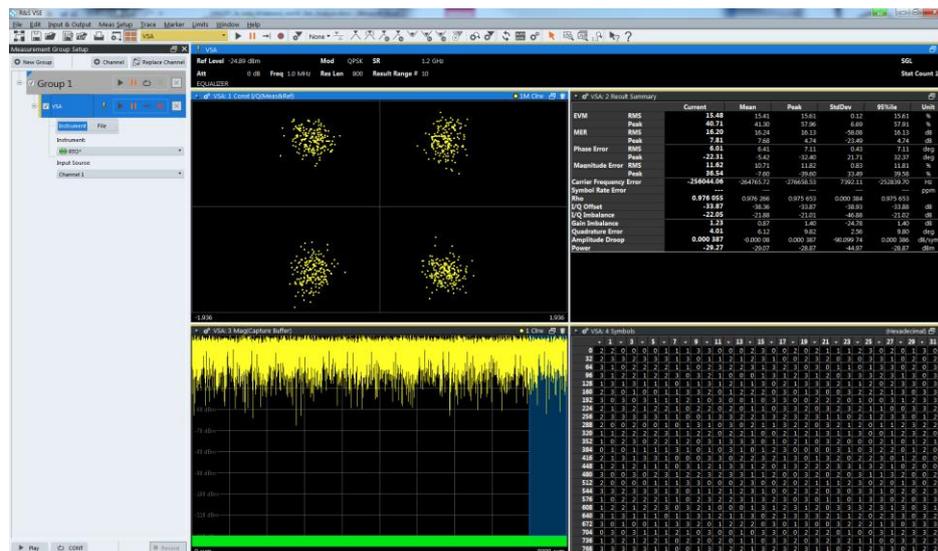


図 3-15: V-band RX の IQ 出力で R&S VSE の EVM 測定 (変調パラメータ: QPSK 1.2 Gsym/s)

E-band テストでは、E-band に適したコンバータを使用しなければならないというポイントを除いて、プロセスは同様です。RX は、通常低入力パワーレベルでテストされるため、HPF 後のアンプがセットアップから除外されるかもしれません。

E-band テスト信号は、コンバータ出力導波管からテスト RX 入力に供給されます。I/Q 出力は、RTO のチャンネル 1 と 2 に接続されます。

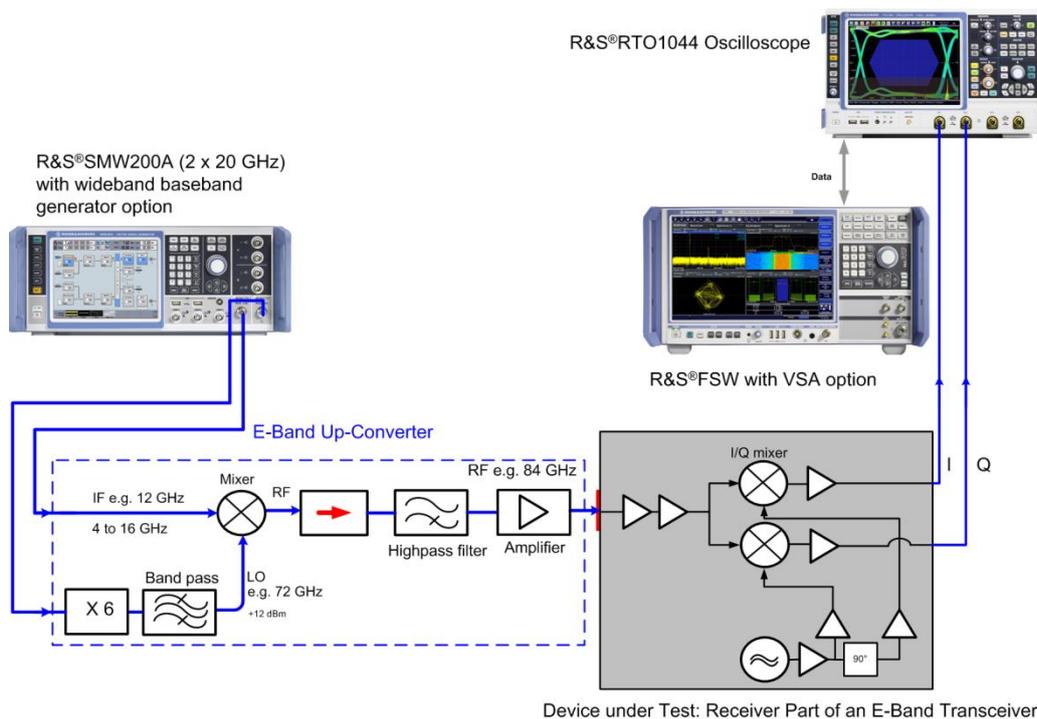


図 3-16: E-band トランシーバの RX 部分をテストするためのセットアップ模式図

図 3-17 には、E-band テスト RX の EVM 性能を示します。変調信号が QPSK シンボルレート 1.0 Gsymb/s で 84 GHz にコンバートされます

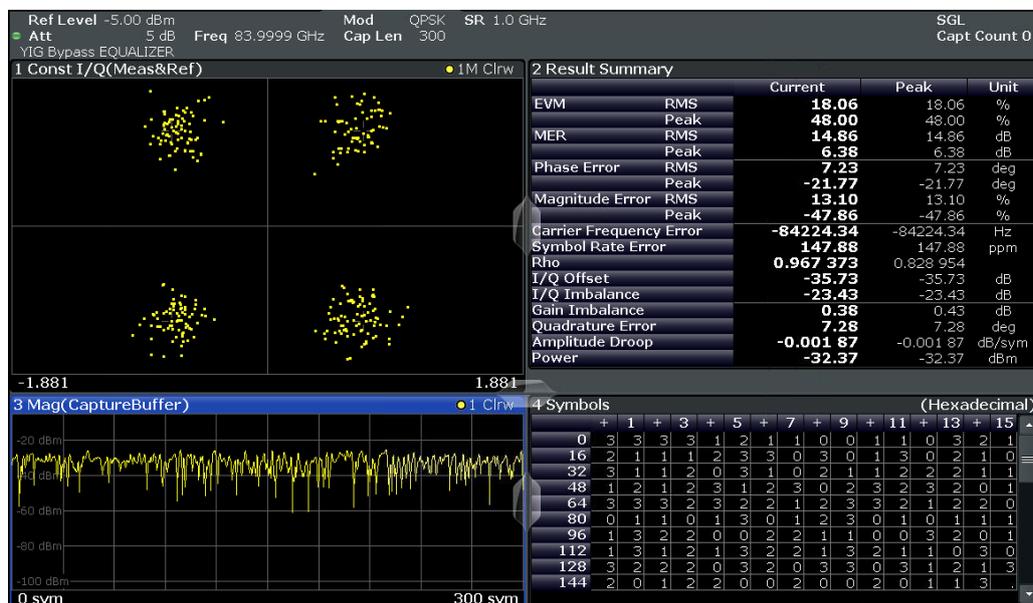


図 3-17: E-band RX の IQ 出力で EVM 測定 (84 GHz からの復調信号)

4 文献

- [1] [Roland Minihold, Application Note 1MA217 "mm-Wave Signal Generation and Analysis"](#)
- [2] "R&S®FSW signal and spectrum analyzer: measuring E band microwave connections", Dr. Wolfgang Wendler, News from R&S 208
- [3] [Dr. St. Heuel, Dr. S. Michael, M. Kottkamp, Application Note 1EF92 "Wideband Signal Analysis"](#)

5 オーダー情報

型番	製品名	オーダー番号
シグナル ジェネレータ		
R&S®SMW200A	ベクトル シグナル ジェネレータ	1412.0000.02
R&S®SMW-B120	周波数オプション, RF パス A, 100 kHz ~ 20 GHz	1413.0404.02
R&S®SMW-B220	周波数オプション, RF パス B, 100 kHz ~ 20 GHz	1413.1100.02
R&S®SMW-B13XT	ワイドバンドベースバンドメインモジュール, 2 x I/Q パスを RF に	1413.8005.02
R&S®SMW-B9	ワイドバンドベースバンドジェネレータ, ARB (256 Msamples), 500 MHz RF 帯域幅	1413.7350.02
R&S®SMW-K515	ARB メモリ拡張, 2 Gsample	1413.9360.02
R&S®SMW-K526	ベースバンド拡張, 2000 MHz RF 帯域幅	1413.9318.02
R&S®SMW-K17	ワイドバンド差動アナログ I/Q 出力	1414.2346.02
R&S®SMB100A	RF/マイクロ波 シグナル ジェネレータ	1406.6000.02
R&S®SMB-B120	RF 周波数オプション, 100 kHz ~ 20 GHz, メカステップアッテネータ	1407.2209.02
R&S®SMF	マイクロ波 シグナル ジェネレータ	1167.0000.02
R&S®SMF-B122	周波数オプション, 1 GHz ~ 22 GHz	1167.7004.03
V-band アップコンバータ		
R&S®SZU100A	IQ アップコンバータ	1425.3003.02
R&S®SZU-B1066	周波数オプション, 57 GHz ~ 66 GHz, WR15	1425.3110.02
R&S®SZU-Z1	R&S®SZU100A 用 USB+IQ ケーブル (2m), 差動 IQ/trigger/USB ケーブル (アクセサリ)	1425.4851.02
シグナル/スペクトラム アナライザ		
R&S®FSW67*	シグナル/スペクトラム アナライザ 2 Hz ~ 67 GHz	1312.8000.67
R&S®FSW85*	シグナル/スペクトラム アナライザ 2 Hz ~ 85 GHz	1312.8000.67
R&S®FSW-B24	RF プリアンプ, 100 kHz ~ 67 GHz	1313.0832.67
R&S®FSW-B2000	2000 MHz 解析帯域幅	1325.4750.02
R&S®FSW-K70	ベクトル信号解析	1313.1416.02
R&S®FSW-B21	外部ミキサ用 LO/IF 接続	313.1100.26
R&S®FS-Z75	ハーモニックミキサ, 50 GHz ~ 75 GHz	1048.0271.02
R&S®FS-Z90	ハーモニックミキサ, 60 GHz ~ 90 GHz	1048.0371.02
R&S® VSE	ベクトル シグナル エクスプローラ ソフトウェア	1320.7500.06
R&S® FSPC	ライセンスシングル	1310.0002.03
R&S® VSE-K70	ベクトル信号解析	1320.7522.02
オシロスコープ		
R&S®RTO1044	デジタル オシロスコープ, 4 GHz, 20 Gsample/s, 20/80 Msample, 4 チャンネル	1316.1000.44
R&S®RTO-B4	OCXO 10 MHz	1304.8305.02
R&S®RTO-K11	I/Q Software Interface	1317.2975.02

* その他のシグナル/スペクトラム アナライザで構成しても適しています。さらに多くのオプションを利用できます。本書に必要な最小構成を表に示していますが、FSW26/43/50 アナライザと FS-Z シリーズ ハーモニクスミキサの組合せでは、利便性と性能がわずかに劣りますが、大幅にコスト削減できます。必要に応じて適切な構成について、ローデ・シュワルツにお問い合わせください。

付録

A E-band アップコンバータ用推奨パーツ

- ┆ ミキサ
 - Sage Millimeter Balanced Upconverter, V-Band SFU-12-N1
- ┆ BPF
 - BSC Filters Waveguide Band Pass Filter 64 – 72 GHz WB 8853 (Specification WB8853/01)
- ┆ マルチプライヤ
 - AFM6 60 -90 +10 Radiometer Physics GmbH
- ┆ アイソレータ
 - Radiometer Physics WFI-90
- ┆ HPF
 - BSC Filters Waveguide Band Pass Filter 71 – 91 GHz WB 8852 (Specification WB8852/01)
- ┆ E-band アンプ
 - Radiometer Physics E MPA 67-87 16 14 WR12 medium power amplifier

Rohde & Schwarz について

Rohde&Schwarz エレクトロニクスグループは、試験および計測、放送およびメディア、安全な通信、サイバーセキュリティ、ラジオモニタリングおよび無線標定の分野において革新的なソリューションを提供しています。80 年以上も前に設立されたこの独立系グローバル企業は、広範な販売およびサービスネットワークを有しており、70 カ国以上に拠点を構えています。

エレクトロニクスグループは、確立されたビジネス分野における世界のマーケットリーダーです。同社は、ドイツのミュンヘンに本社を置いています。また、シンガポール、コロンビアおよび米国のメリーランド州に地域本社を置いており、これらの地域での事業運営を管理しています。

本社 〒160-0023 東京都新宿区西新宿 7-20-1
住友不動産西新宿ビル 27 階
URL : <http://www.rohde-schwarz.co.jp>

ご購入に関するお問い合わせ

TEL : ☎ 0120-190-721
FAX : 03-5925-1290/1285
E-mail : Sales.Japan@rohde-Schwarz.com

技術・仕様に関するお問い合わせ

TEL : ☎ 0120-190-722
E-mail : Technical-Support.Japan@rohde-Schwarz.com

修理・校正・サービスに関するお問い合わせ

TEL : ☎ 0120-138-065
E-mail : service.rsjp@rohde-Schwarz.com
電話受付時間 9:00 ~ 18:00

(土・日・祝・弊社休業日を除く)

持続可能な製品設計

- ┆ 環境適合性およびエコフットプリント
- ┆ エネルギー効率および低排出ガス
- ┆ 長寿命および最適化された総所有コスト

認定品質管理
ISO 9001

認定環境管理
ISO 14001

R&S®は Rohde&Schwarz GmbH&Co. KG の登録商標です ; 商号は所有者の商標です。 .