

ハイコストパフォーマンス マイクロ波／ミリ波シグナルアナライザ MS2830A-044/045 の開発

Development of high cost performance signal analyzer MS2830A -044/045

岸 裕司 Yuji Kishi, 松田修一 Shuichi Matsuda, 富崎巧一郎 Koichiro Tomisaki, 横山晃三 Yokoyama Kozo,
安田芳昭 Yoshiaki Yasuda, 安井 吏 Tsukasa Yasui, 倉光康太 Kuramitsu Kota

[要 旨] 26.5 GHz, 43 GHz のマイクロ波, ミリ波帯周波数のシグナルアナライザを開発した。本装置は, コストを抑えたミドルクラスの価格でありながら 40 GHz で表示平均雑音-144 dBm/Hz 以下, TOI 特性+13 dBm 以上と世界最高クラスのダイナミックレンジを実現し, 最大 31.25 MHz の広帯域変調解析が可能なハイコストパフォーマンスのマイクロ波, ミリ波シグナルアナライザである。

[Summary] We have developed the 26.5 GHz and 43 GHz signal analyzer with a microwave and millimeter wave. This equipment is a middle class price in the design which held down cost. But it realized wide dynamic range of world-class at 40 GHz. (Displayed Average Noise level -144 dBm/Hz, TOI +13 dBm) This is best cost performance signal analyzer of microwave and millimeter wave.

1 まえがき

移動体をはじめとする各種無線通信機器の製造・保守やデバイス製造の市場において, シグナルアナライザ・スペクトラムアナライザは送信器試験やデバイス性能試験等の用途に幅広く活用されている。しかし近年, 通信システムのデジタル化, 広帯域化, 高密度化が進むにつれ, スペクトラムアナライザに対する広帯域信号解析や広ダイナミックレンジ化等の新たな機能, 基本性能や, 低コスト化への要求が強まっている。

それらの要求に答えるべく, 低価格かつ広ダイナミックレンジ・広帯域性能を備えたコストパフォーマンスに優れたシグナルアナライザ MS2830A を 2010 年 2 月に商品化した。

これまでに MS2830A-040/041/043 (3.6 GHz, 6 GHz, 13.5 GHz) をラインナップしている。

近年, 電波を利用するアプリケーションは増加の一途をたどり, 比較的空き周波数が多く, 広帯域の周波数利用が可能なミリ波帯を活用するアプリケーションが増加傾向にある。例えば近年のマイクロ波リンクや衛星通信等においては, 通信情報量の増大に伴い, より高周波かつ広帯域の変調信号が使用されるようになってきている。また, ITU-R の関連通告 (ITU-R 勧告 SM.329-10) の指針においてもミリ波帯域のスプリアス試験が必要とされ, キャリアから-60 dBc/1 MHz 以上のダイナミックレンジが要求 (送信電力 50 W の場合) されている。しかし, 従来のミリ波スペクトラムアナライザでは, マイクロバンドミキサの前段に挿入されるプリセクタでの帯域制限により広帯域変調信号解析は行えず, またスプリアス測定では, 表示平均雑音レベルの限界から十分なダイナミックレンジを確保することができなかった。



図 1 MS2830A-045 シグナルアナライザ正面図
Front view of MS2830A-045 Signal Analyzer

そこでこれらの問題を解決すべく, MS2830A シグナルアナライザの周波数オプションとして, 同軸入力で最大 43 GHz までのミリ波周波数帯をカバーし, そのミリ波帯において最大 31.25 MHz の広帯域変調解析が可能, かつ低雑音レベルを両立 (40 GHz において DANL-144 dBm) した, 高性能のシグナルアナライザ MS2830A-044/045 を開発, MS2830A シグナルアナライザのハイコストパフォーマンス性をさらに高めることに成功した。MS2830A-044 が 26.5 GHz まで, MS2830A-045 が 43 GHz までをカバーするシグナルアナライザである。本稿では MS2830A-044/045 の開発方針, 設計の要点, 主要性能について述べる。図 1 に MS2830A-045 の外観を示す。

2 開発方針

今後のミリ波アプリケーションに対応可能なシグナルアナライザとして求められる機能, 性能を持つことを目指し, 本製品では以下の開発方針を立てた。

(1) MS2830A プラットフォームを活かした低コスト設計

マイクロ波・ミリ波測定機においても低価格化が望まれている。そこで、低コストを追求した MS2830A シグナルアナライザをベースとして、既存ローカル発振器、ローカル信号経路回路などの低コストコンポーネントを最大限に活用し、必要最小限のコンポーネントの追加で周波数解析範囲を 43 GHz まで伸ばすことにより、低コスト化を目指す。

(2) ミリ波帯での高ダイナミックレンジ化

従来のミリ波帯ダウンコンバータでの高調波ミキサ方式を見直し、基本波またはサブハーモニクスミキサで 43 GHz までをカバーすることで高周波域でのミキサ損失を抑え、表示平均雑音レベルを下げることにより、高ダイナミックレンジ化を行う。また、プリアンプは 43 GHz まで対応した低雑音のプリアンプを用意する。

(3) ミリ波帯での変調解析対応

これまでの MS2830A が持つ最大 31.25 MHz の変調解析機能を MS2830A-044/045 で活かし、プリセレクタをバイパスする機構を配置することによりミリ波帯での変調解析に対応する。

(4) YTF 駆動回路の低消費電力化

マイクロ波・ミリ波スペクトラムアナライザにおいてプリセレクタである YTF 駆動回路の消費電力が大きく、また放熱のため、小型化が難しい。そこで、YTF 駆動回路を根本から見直し、低消費電力の新駆動方式を実現する。

3 回路構成

MS2830A-044/045 の回路構成を図 2 に示す。破線部が新規開発を行ったフロントエンド部である。26.5 GHz 版である MS2830A-044 では、アッテネータ、YTF は MS2692A と共通化、43 GHz 版である MS2830A-045 では、フロントコンネクタ、アッテネータは MG3694C 信号発生器と共通化を図りコストを抑える。ダイナミックレンジの鍵を握るダウンコンバータ、YTFを始めとしたフロントエンドコンポーネント制御とローカル信号処理および 2nd IF 生成の 2nd Converter を MS2830A-044/045 共通コンポーネントとして新規に開発した。またオプションとして 43 GHz 対応のマイクロ波帯プリアンプ (MS2830A-068)、およびプリセレクタである YTF をバイパスしミリ波帯の信号解析を可能とするマイクロ波プリセレクタバイパス (MS2830A-067) を同時に開発した。また、43 GHz 以上の周波数解析を可能なように、外部ミキサと組み合わせることで最大 325 GHz まで対応可能な機構を標準で用意した。このように、既存品を最大限流用し開発コストを抑え、性能を左右する部分は妥協なく新規開発を実施した。

4 設計の要点

4.1 バンド切り換えスイッチ

MS2830A-044/045 では、アップコンバージョンしてスプリアスを回避する低周波バンドと、プリセレクタを経由する高周波バンドを持ち、これらの経路をスイッチで切り換えている。このスイッチはフロア

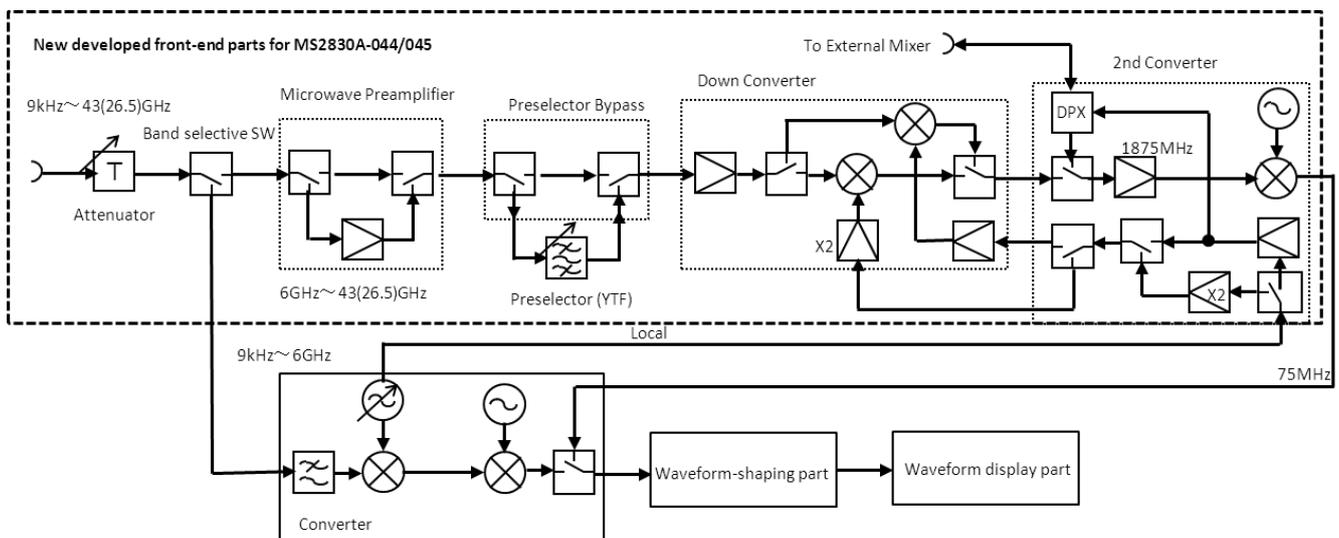


図 2 MS2830A-044/045 回路構成
Block diagram of MS2830A-044/045

特性を悪化させないように損失が小さく、また後段のプリセクタからの反射波によるレベル変動を低減するため、高いアイソレーション特性が要求される。本器ではカットオフ周波数 5 GHz のダイプレクサにアイソレーション確保するための PIN ダイオードスイッチを付加した構造を採用した。上限周波数が 43 GHz とミリ波帯域に及ぶものの、集中定数型の設計とすることで、バンドが切り替わる周波数である 6 GHz においても良好な特性が得られ、小型化にも寄与した。

4.2 マイクロ波帯プリアンプ

プリアンプ未実装時の 40 GHz における MS2830A-044/045 のフロア雑音の性能は、従来機 (MS2668C) と比較して 13 dB 改善した。しかし、さらなる低フロア雑音化のため 43 GHz まで対応したプリアンプをオプションとして開発した。プリアンプオフ時は内部の PIN ダイオードスイッチでアンプのない経路が選択され、プリアンプオン時にはアンプの経路が選択される構造である。アンプオフ時には 43 GHz まで周波数特性が平坦かつ低損失、アンプオン時には 40 GHz での表示平均雑音レベル -150 dBm/Hz 以下を達成している。図 3 に MS2830A-045 に MS2830A-068 マイクロ波帯プリアンプオプションを搭載した際の表示平均雑音レベル性能 (グラフ下段) を示す。

4.3 マイクロ波プリセクタバイパス

MS2830A-044/045 では、6 GHz 以上の周波数バンドで磁気同調型のバンドパスフィルタ (YTF) によるプリセクタを経由し、発生するスプリアスを除去している。しかし、このプリセクタにより通過帯域幅が制限され、また帯域内周波数特性の平坦性を悪化させる要因となり、変調解析時には悪影響を及ぼす。そこで、オプションとして YTF をバイパスする経路が選択できる機構 (マイクロ波プリセクタバイパス) の開発を行った。本オプションは PIN ダイオードを用いた電子式とし、バイパス回路部においてチョークコイルを使わずに伝送線路に形成した薄膜抵抗を介して電圧を印加することで低域から高域まで周波数特性を平坦にすることが可能となり、43 GHz まで周波数を伸ばすことに成功した。

4.4 ダウンコンバータ部

一般的な高周波スペクトラムアナライザは、プリセクタを経由する高周波バンドでは、限られた局部発振器を用い、高調波ミキサによりダウンコンバートしている。しかし、周波数が高い程ミキサのミキシング次数が大きく、ミキサ変換損失も大きくなるため、本体の表示平均雑音性能が悪化する。MS2830A-044/045 では、この悪化を抑えるために、6 GHz から 18.4 GHz までは 1 次変換ミキサ、18.4 GHz から 43 GHz まではサブハーモニックミキサ (2 次変換ミキサ)

の 2 つで測定周波数をカバーし、それぞれのミキサを駆動するローカル信号を周波数に応じて逡信して、ミキサの損失を最小限に抑えた。その結果、40 GHz で -144 dBm/Hz 以下の世界最高クラスの表示平均雑音レベルを達成した。図 3 に MS2830A-045 の表示平均雑音レベル性能 (グラフ上段) を示す。

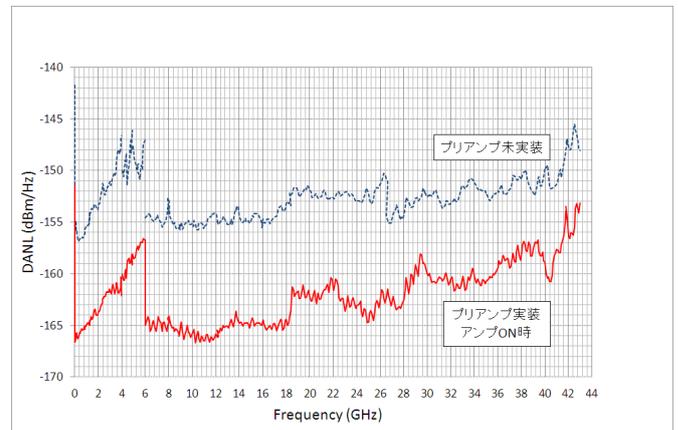


図 3 MS2830A-045 表示平均雑音レベル

Displayed average noise level of MS2830A-045

4.5 YTF 駆動回路

MS2830A-044/045 では 6 GHz を超える周波数バンドのプリセクタとして YTF (YIG Tuned Filter) を使用しているが、従来は YTF 駆動回路での消費電力と発熱が大きく、放熱機構も大型化するという問題があった。MS2830A-044/045 では YTF 駆動回路を低消費電力化し、発熱を減らすことで放熱構造を簡素化・小型化し、ひいてはコストダウンを図るため、新たな駆動方式を採用した。

従来の YTF 駆動回路は、一定の電源電圧で定電流回路を動作させており、電源電圧と YTF 同調コイルに加える電圧の差分を定電流回路で降下させるという方式である。この方式だと、差分電圧と同調コイルに流れる電流との積がそのまま定電流回路での損失となり、電力消費と発熱の原因となる。MS2830A-044/045 にて採用した YTF 駆動回路では従来の方式に対し、定電流回路へ供給する電圧を動的かつ連続的に変更することで、定電流回路での損失を最小限に抑えることを特徴とする。この YTF 駆動回路のブロック図と動作の概略を図 4 に示す。この方式を実現するためには、電力変換効率が非常に高いスイッチング方式で、しかも高速に出力電圧を変更できる電源回路が必要となる。この電源としては、近年の半導体技術の進歩により安価となってきたデジタル制御方式のスイッチング電源を用いた。デジタル制御方式のスイッチング電源では出力電圧制御のフィードバックループ内に A/D 変換器や DSP (Digital Signal Processor) が介在しており、制御ソフト

ウェアによって出力電圧の振る舞いを柔軟に制御することができるため、今回の駆動回路のように特殊な動作を要求される電源回路を実現するには最適である。上記の YTF 駆動回路を採用したことにより、MS2830A-044/045 の消費電力や発熱の低減、構造の簡素化による低コスト化に寄与した。

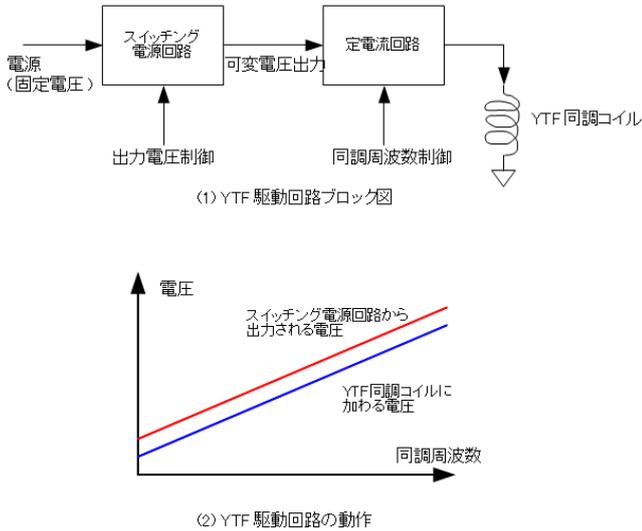


図 4 YTF 駆動回路ブロック図
Block diagram of YTF drive circuit

4.6 IF 部

MS2830A-044/045 の高ダイナミックレンジミリ波フロントエンドの性能を生かすため、IF 信号経路のレベルダイアグラムを詳細に検討し、低ノイズ・低歪みのデバイスを使用した。IF 部のブロックを図 5 に示す。1st IF 周波数は広帯域幅に対応するために 1875 MHz と高く設定しているのが特徴である。これにより 6 GHz を超えるバンド(外部ミキサを含む)にて 3 dB 帯域幅 1 GHz の IF 信号を外部へ出力することが可能となった。

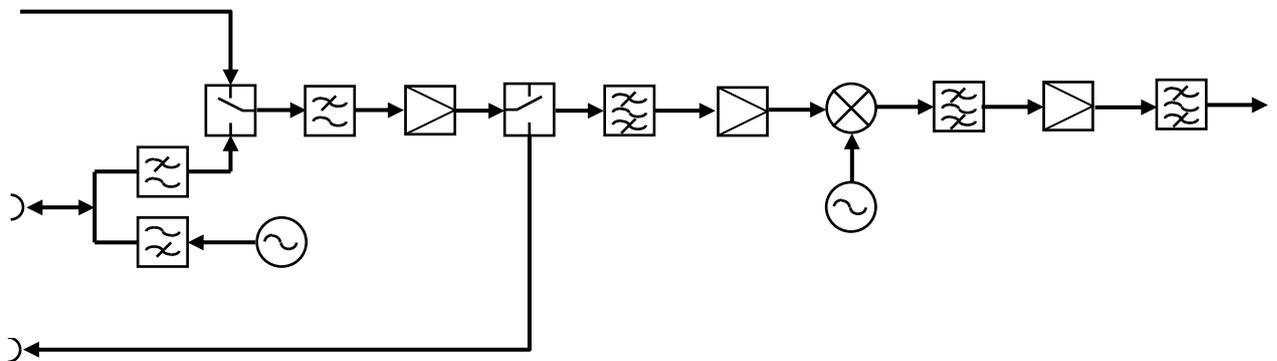


図 5 IF 部ブロックダイアグラム
Block diagram of IF circuit

4.7 外部ミキサ対応

MS2830A-044/045 では 43 GHz を超える周波数においてもスペクトラム解析ができる外部ミキサが使用可能である。正面パネルに用意した 1st LO ポートに対応した外部ミキサを接続することで、最大周波数 325 GHz までのバンドの外部ミキサが使用可能である。今回外部ミキサ対応するに当たり、駆動ローカル周波数範囲を 6.6 GHz から 9.9 GHz と従来機 (MS2668C, MS2687B) の 4 GHz から 6.9 GHz より高くすることにより、同じミリ波周波数バンドにおいて高調波ミキサである外部ミキサのローカル通倍次数をより低くすることが可能となり、変換損失を抑えた。また外部ミキサの IF 周波数を 1875 MHz と他社よりも高く設定することにより、外部ミキサによるミリ波広帯域の変調解析に対応可能とさせ、MS2830A-044/045 の背面に 1st IF 出力ポートを設け、ダウンコンバータとしても利用でき、1 GHz 帯域幅の変調信号をモニターすることが可能となった。

4.8 ソフトウェア

MS2830A シグナルアナライザのソフトウェア構造では、シグナルアナライザサービス・モジュールがシグナルアナライザの主要パラメータからハードウェア制御までのすべてを管理し、各アプリケーションソフトウェアはこのモジュールを呼び出す。従って、このモジュールに、ミリ波帯測定対応で追加されたハードウェアの制御を組み込むことにより、MS2830A の多彩なハードウェアオプション構成に対応させることができる。このソフトウェア構造ではミリ波帯測定機能追加におけるスペクトラムアナライザ機能やシグナルアナライザ機能、その他の各解析アプリケーションなどのソフトウェアの修正は極僅かですみ、またアプリケーションソフトウェアはどのハードウェアオプション構成においてもそのまま流用ができる。このソフトウェア構造により、外部ミキサ機能についても、スペクトラムアナライザに

において従来通りの機能を実現しつつ、シグナルアナライザ機能の多彩なトレースを使用した信号解析や、デジタイジングデータの保存、リプレイにもスムーズに対応することができた。

その他、速度に関しては、ミリ波帯測定におけるハードウェアの制御速度は周波数の切り替えで従来機(MS2668C)の約9倍を達成している。また、YTF制御で発生するヒステリシスの除去においては、周波数設定時に掃引スパンに応じてYTFの制御範囲を変える方法を採用することによって、マルチバンドにおける掃引スピードは従来機(MS2668C)の約6倍(43GHzのフルスパン)、シングルバンドの場合においては約66倍と大幅に改善した。

測定レベルの補正手法に関しては、MS2830Aシグナルアナライザには校正用の信号発生器を搭載しているが、これを用いてミリ波帯の周波数を補正することは不可能なため、出荷時の基礎校正において、常温時、高温時、低温時の測定結果から温度変化によって生じる誤差を補正する関数の係数を実機毎に求めて保持し、現在の温度によって補正値を算出する方法を採用した。

5 主要規格

表1にMS2830A-044/045の主要規格を示す。

6 むすび

今後のミリ波関連市場で要求される高周波数、広ダイナミックレンジ化、広帯域変調解析が可能なハイコストパフォーマンスのシグナルアナライザMS2830A-044/045を開発した。本器は、従来のアンリツマイクロ波スペクトラムアナライザを置き換えるだけでなく、マイクロ波リンク、衛星通信、レーダなどのマイクロ波・ミリ波広帯域アプリケーション等の製造コスト削減、市場拡大に寄与していきたい。

参考文献

- 1) 成井, 小田, シヤマ, 岸, 高橋:
“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”, アンリツテクニカル 79号, pp.71-78(1999.4)
- 2) 土井, 山田, 岸, 渡邊, 花屋, 小林, 遠藤:
“次世代通信システムに対応したシグナルアナライザMS269xAの開発”, アンリツテクニカル 86号, pp.3-12(2008.3)

執筆者



岸 裕司
計測事業グループ R&D 統轄本部
第1商品開発部



松田 修一
計測事業グループ R&D 統轄本部
第1商品開発部



富崎 巧一郎
計測事業グループ R&D 統轄本部
第1商品開発部



横山 晃三
計測事業グループ R&D 統轄本部
第1商品開発部



安田 芳明
計測事業グループ R&D 統轄本部
第1商品開発部



安井 吏
計測事業グループ R&D 統轄本部
第1商品開発部



倉光 康太
計測事業グループ R&D 統轄本部
第1商品開発部

表1 MS2830A-044/045 主要規格
Specification MS2830A-044/045

● 本体共通

周波数	周波数範囲	9kHz~26.5GHz[MS2830A-044]、9kHz~43GHz[MS2830A-045]
振幅	表示平均雑音レベル	<p>18~28℃、ディテクタ：Sample、VBW：1Hz (Video average)、入力アッテネータ：0dB</p> <p>MS2830A-067/068未搭載、周波数バンドモード：Normal</p> <p>-134dBm/Hz (100kHz)</p> <p>-144dBm/Hz (1MHz)</p> <p>-153dBm/Hz (30MHz≤周波数<1GHz)</p> <p>-150dBm/Hz (1GHz≤周波数<2.4GHz)</p> <p>-147dBm/Hz (2.4GHz≤周波数≤3.5GHz)</p> <p>-144dBm/Hz (3.5GHz<周波数≤4GHz)</p> <p>-144dBm/Hz (4GHz<周波数≤6GHz)</p> <p>-151dBm/Hz (6GHz<周波数≤13.5GHz)</p> <p>-149dBm/Hz (13.5GHz<周波数≤18.3GHz)</p> <p>-146dBm/Hz (18.3GHz<周波数≤26.5GHz)</p> <p>-146dBm/Hz (26.5GHz<周波数≤34GHz)</p> <p>-144dBm/Hz (34GHz<周波数≤40GHz)</p> <p>-140dBm/Hz (40GHz<周波数≤43GHz)</p> <p>MS2830A-067未搭載、MS2830A-068搭載、プリアンプ：Off、周波数バンドモード：Normal</p> <p>-134dBm/Hz (100kHz)</p> <p>-144dBm/Hz (1MHz)</p> <p>-153dBm/Hz (30MHz≤周波数<1GHz)</p> <p>-150dBm/Hz (1GHz≤周波数<2.4GHz)</p> <p>-147dBm/Hz (2.4GHz≤周波数≤3.5GHz)</p> <p>-144dBm/Hz (3.5GHz<周波数≤4GHz)</p> <p>-144dBm/Hz (4GHz<周波数≤6GHz)</p> <p>-147dBm/Hz (6GHz<周波数≤13.5GHz)</p> <p>-145dBm/Hz (13.5GHz<周波数≤18.3GHz)</p> <p>-141dBm/Hz (18.3GHz<周波数≤26.5GHz)</p> <p>-141dBm/Hz (26.5GHz<周波数≤34GHz)</p> <p>-135dBm/Hz (34GHz<周波数≤40GHz)</p> <p>-132dBm/Hz (40GHz<周波数≤43GHz)</p> <p>MS2830A-067未搭載、またはMicrowave Preselector Bypass：Off</p> <p>MS2830A-068搭載、プリアンプ：On、周波数バンドモード：Normal</p> <p>-147dBm/Hz (公称値、100kHz)</p> <p>-156dBm/Hz (1MHz)</p> <p>-163dBm/Hz (30MHz≤周波数<1GHz)</p> <p>-161dBm/Hz (1GHz≤周波数<2GHz)</p> <p>-159dBm/Hz (2GHz≤周波数≤3.5GHz)</p> <p>-155dBm/Hz (3.5GHz<周波数≤4GHz)</p> <p>-155dBm/Hz (4GHz<周波数≤6GHz)</p> <p>-160dBm/Hz (6GHz<周波数≤13.5GHz)</p> <p>-158dBm/Hz (13.5GHz<周波数≤18.3GHz)</p> <p>-156dBm/Hz (18.3GHz<周波数≤26.5GHz)</p> <p>-156dBm/Hz (26.5GHz<周波数≤34GHz)</p> <p>-150dBm/Hz (34GHz<周波数≤40GHz)</p> <p>-147dBm/Hz (40GHz<周波数≤43GHz)</p>
	1dB 利得圧縮	<p>MS2830A-008/068未搭載、またはプリアンプ：Off、ミキサ入力レベル</p> <p>≧+3dBm (300MHz≤周波数≤4GHz)</p> <p>≧-1dBm (4GHz<周波数≤13.5GHz)</p> <p>≧-1dBm (13.5GHz<周波数≤26.5GHz)</p> <p>≧-1dBm (公称値、26.5GHz<周波数≤40GHz)</p>
スプリアス応答	イメージ レスポンス	<p>8~28℃、≧300kHz Separation</p> <p>MS2830A-068未搭載、またはプリアンプ：Off、ミキサ入力レベル：-15dBm (1波あたり)</p> <p>≦-54dBc、TOI=+12dBm (30MHz≤周波数<300MHz)</p> <p>≦-60dBc、TOI=+15dBm (300MHz≤周波数<3.5GHz)</p> <p>≦-58dBc、TOI=+14dBm (3.5GHz≤周波数≤6GHz、周波数バンドモード：Normal)</p> <p>≦-56dBc、TOI=+13dBm (6GHz<周波数≤13.5GHz)</p> <p>≦-56dBc、TOI=+13dBm (13.5GHz<周波数≤26.5GHz)</p> <p>≦-56dBc、TOI=+13dBm (公称値、26.5GHz<周波数≤40GHz)</p>
測定機能		ACP, チャネルパワー, 占有帯域幅, スプリアスエミッション, スペクトラム エミッション マスク, パーストアベレージパワーの測定が可能

● シグナルアナライザ機能

機能	トレースモード	スペクトラム、パワー vs. 時間、周波数 vs. 時間、位相 vs. 時間、CCDF、スペクトログラム
	解析帯域幅	中心周波数からの取得解析帯域幅を指定 1kHz~10MHz (1-2.5-5シーケンス) (MS2830A-006搭載) 1kHz~25MHz (1-2.5-5シーケンス)、31.25MHz (MS2830A-005搭載、またはMS2830A-007搭載) *MS2830A-045 搭載時には、MS2830A-005 の搭載不可
	サンプリングレート	解析帯域幅に依存して自動設定 2kHz~20MHz (1-2-5シーケンス) (MS2830A-006搭載) 2kHz~50MHz (1-2-5シーケンス) (MS2830A-005 搭載、または MS2830A-007 搭載)
	取得時間	取得時間長を設定 最小取得時間長: 2 μ s~50ms (解析帯域幅に応じて決定) 最大取得時間長: 2s~2000s (解析帯域幅に応じて決定) 設定モード: Auto、Manual
	デジタル化機能	取得した波形データを内部 HDD へ保存、または外部に出力可能

● 共通仕様

RF 入力	18~28 ℃、入力アッテネータ: ≥ 10 dB MS2830A-044 コネクタ: N-J (正面パネル)、50 Ω (公称値) VSWR: ≤ 1.2 (公称値、40MHz \leq 周波数 \leq 3GHz) ≤ 1.5 (公称値、3GHz<周波数 \leq 6GHz) ≤ 1.6 (公称値、6GHz<周波数 \leq 13.5GHz) ≤ 1.9 (公称値、13.5GHz<周波数 \leq 26.5GHz) MS2830A-045 コネクタ: K-J (正面パネル)、50 Ω (公称値) VSWR: ≤ 1.2 (公称値、40MHz \leq 周波数 \leq 3GHz) ≤ 1.3 (公称値、3GHz<周波数 \leq 6GHz) ≤ 1.3 (公称値、6GHz<周波数 \leq 13.5GHz) ≤ 1.4 (公称値、13.5GHz<周波数 \leq 26.5GHz) ≤ 1.6 (公称値、26.5GHz<周波数 \leq 40GHz) ≤ 1.6 (参考値、40GHz<周波数 \leq 43GHz、RF コネクタに V-K 変換を付けそれを含んだ値)
IF 出力	コネクタ: SMA-J (背面パネル)、50 Ω (公称値) 周波数: 1875MHz ゲイン: -10dB (公称値、入力アッテネータ: 0dB、入力周波数: 10GHz にて)
1st Local Output	コネクタ: SMA-J (正面パネル)、50 Ω (公称値) 周波数: 5GHz~10GHz (ローカル信号出力)、1875MHz (IF信号周波数) ゲイン: -10dB (公称値、入力アッテネータ: 0dB、入力周波数: 10GHz)

● その他

外部ミキサ	周波数 周波数範囲: 26.5GHz~325GHz 周波数バンド構成 バンド周波数範囲ミキサハーモニック次数 [N] バンド A 26.5GHz~40GHz 4+ バンド Q 33GHz~50GHz 5+ バンド U 40GHz~60GHz 6+ バンド V 50GHz~75GHz 8+ バンド E 60GHz~90GHz 9+ バンド W 75GHz~110GHz 11+ バンド F 90GHz~140GHz 14+ バンド D 110GHz~170GHz 17+ バンド G 140GHz~220GHz 22+ バンド Y 170GHz~260GHz 26+ バンド J 220GHz~325GHz 33+ 振幅 ミキサ変換ロス 設定範囲: 0~99.9dB 最大入力レベル、平均雑音レベル、周波数レスポンス: 外部ミキサによる 入出力 適応ミキサ: 2ポートミキサのみ ローカル周波数: 5GHz~10GHz IF 周波数: 1875MHz
-------	---

公知