

卓越した精度：粒子加速器 用のソリューション

- ▶ 電子計測
- ▶ 高出力アンプ

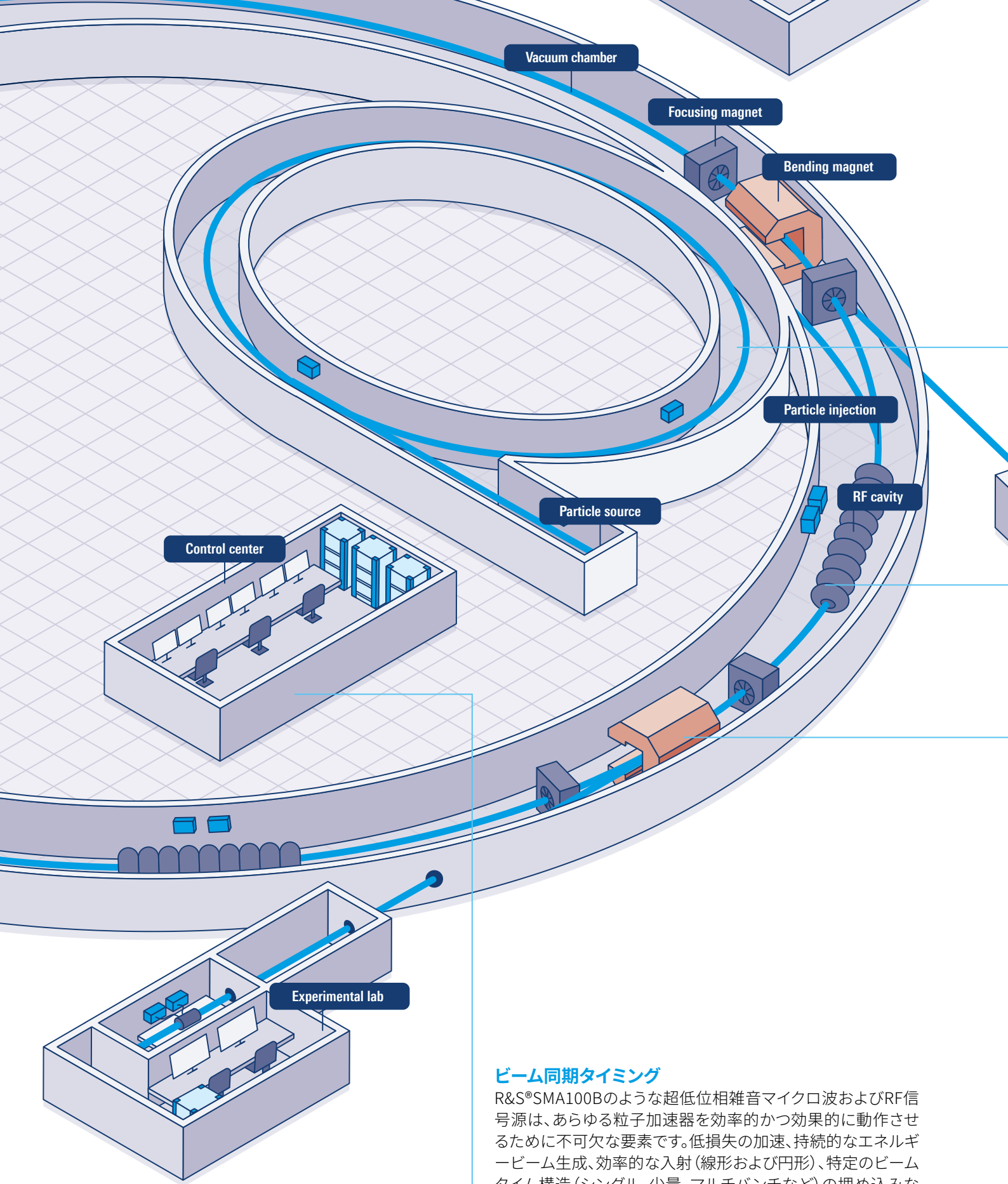


Flyer
Version 04.00

ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real



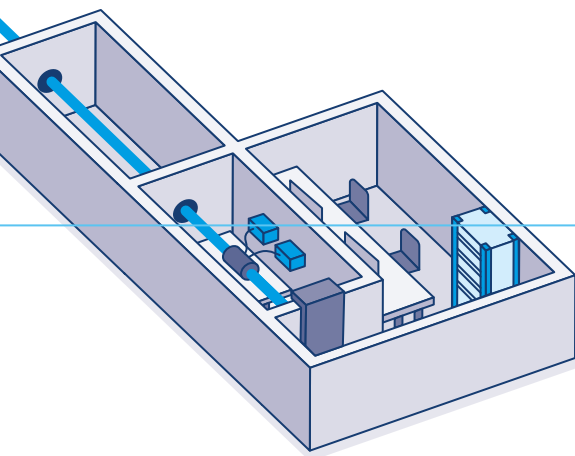


ビーム同期タイミング

R&S®SMA100Bのような超低位相雑音マイクロ波およびRF信号源は、あらゆる粒子加速器を効率的かつ効果的に動作させるために不可欠な要素です。低損失の加速、持続的なエネルギービーム生成、効率的な入射（線形および円形）、特定のビームタイム構造（シングル、少量、マルチバンチなど）の埋め込みなどの各種アプリケーションに対して、R&S®FSWP 位相雑音アナライザは非常に高い感度による位相雑音測定および監視が可能です。

RF信号伝送と増幅における精度と効率

10 kHz～50 GHzの周波数範囲と、10 kW～2 MWの電力範囲をカバーする高出力RF信号源は、真空管（テトロド、クライストロンなど）、高出力VHF/UHFトランスミッター、および増幅器を直列接続することで得られます。ローデ・シュワルツの高効率トランスミッターや広帯域アンプは、このような課題に対応し、最高の振幅／位相安定度、最小の位相雑音、最高のエネルギー効率、小さな設置面積、モジュール設計など、お客様の要求に幅広くお応えします。



ビーム測定およびデータ解析

加速器物理学における実験では、パルスパラメータや、2つの信号間のジッタを正確に測定する必要があります。たとえば、加速器のクライストロンまたは双極子磁石のいずれかの損傷を防ぐために、RFパルスのパルス形状が連続的に監視されます。このため、1つ1つのパルスを捕捉して、データを連続的に記録する必要がありますが、最新の自由電子レーザーの高い繰り返し周波数を考えると、これは困難な作業です。素粒子物理学の実験では、大量の信号を正確に読み取り、監視することが極めて重要です。ここで、最大8個の測定チャンネルを備え、チャンネル密度の高いアプリケーションに焦点を当てたMXO 5シリーズ オシロスコープが最適なソリューションを提供します。

ビームモニタリング

より高いビームエネルギーと高輝度への需要の高まりにより、ビーム品質の要件はますます厳しくなっています。加速器の一部にわずかなビーム損失が発生しただけでも、真空破裂や双極子磁石の損傷などの重大な問題につながる可能性があります。その結果、修理に多額の費用がかかり、ダウンタイムが長引く恐れがあります。さらに、シンクロトロン光源の連続的なトップアップ運転には、完全に自動化された入射プロセスが求められます。これらの要因により、制御システムに大きな変化がもたらされ、極めて高い信頼性を備えたビーム監視システムの必要性が一層高まります。R&S®NRPxx パワーセンサとR&S®NRX パワーメータを用いた電力束の正確かつ高速な監視により、加速器の運用全体を通して最適なビーム品質を確保できます。

ローデ・シュワルツ はお客様の課題に 精通！

粒子加速器は、基礎科学研究、材料科学や医学などの応用分野を含む最先端研究分野の多くで重要な要素です。粒子加速器の技術的なコンポーネントのすべて、特に信号発生、信号増幅、電子計測に関しては、最高水準を満たす必要があります。

この冊子では、粒子加速器の要求事項を満たす、ローデ・シュワルツの計測器、装置、およびソリューションの概要をご説明します。ローデ・シュワルツは、他にも研究アプリケーション専用の幅広い測定器を提供しています。

詳細については、www.rohde-schwarz.com/particle-accelerationをご覧ください。



はじめに

ローデ・シュワルツには80年以上にわたる豊富な実績から、その経験と知見を生かした定評のある高エネルギーRF信号発生器、信号増幅、最先端の電子計測ソリューションを提供しています。

ローデ・シュワルツは、70を超える世界中の子会社および現地法人と協力して、世界的な研究コミュニティと長期にわたる関係を築いてきました。技術的なイノベーションと研究開発への好奇心を原動力にして、弊社は提携ネットワークを常に拡大し、専門知識と最先端のソリューションをパートナーに提供し続けています。

グローバル企業としての立ち位置と世界中のサービス／サポートネットワークは、各地域で専門知識やオンサイトサポートを提供する際に決定的なメリットになります。当社はグローバルな活動範囲と技術的な専門知識を生かすことで、今日の国際的なプログラムと世界的なプロジェクトにおける信頼できるパートナーとしてお客様を支援しています。

お客様の抱える課題が、以下のいずれの分野であっても対応します。

- ▶ 素粒子の研究
- ▶ 粒子線治療アプリケーション
- ▶ 材料の特性評価

あるいは、以下の分野におけるサービスの提供においてもサポートします。

- ▶ 高エネルギー粒子加速器
- ▶ 粒子ビームの形成と監視
- ▶ 信頼性の高い安全な粒子貯蔵

ローデ・シュワルツは実証済みのソリューションによって非常に高度な要件のすべてに対応し、信頼できる長年のパートナーとしてお客様を支援します。支援内容の詳細については、以下のウェブページをご覧ください。

詳細情報: www.rohde-schwarz.com/particle-acceleration

位相雑音アナライザ

R&S®FSWP 位相雑音アナライザ/VCOテストは、シンセサイザー、OCXO、DRO、VCOなどの発振器の精密な測定に最適なテストソリューションです。R&S®FSWPは、要求されるアプリケーションのニーズに合わせて容易に構成することができ、測定器の相互相関を利用する低ノイズ内蔵局部発振器を最大限に活用したり、パルスドソースでもボタンを押すだけで正確な位相雑音測定を実行したりできます。

詳細については、R&Sのウェブサイトを参照してください。

- ▶ R&S®FSWP製品カタログ (PD 3683.7719.12)
- ▶ R&S®FSW-K30/R&S®FSWP-K30 雑音指数測定 (PD 5214.6339.22) の仕様
- ▶ R&S®FSPN 製品カタログ (PD 3683.7925.12)

詳細については、当社ウェブサイトを参照してください。



R&S®FSWP



R&S®FSPN

主な特長

- ▶ 周波数レンジ: 1 MHz~8/26.5/50 GHz (外部ミキサー使用時は最大500 GHz)
- ▶ 相互相関と極めて低ノイズの内蔵基準信号源による高感度の位相雑音測定
 - 代表値 -172 dBc (1 Hz) (キャリア周波数1 GHz、オフセット10 kHz)
 - 代表値 -153 dBc (1 Hz) (キャリア周波数10 GHz、オフセット10 kHz)
- ▶ 振幅雑音と位相雑音の同時測定
- ▶ ボタンを押すだけのパルスド信号源の位相雑音測定
- ▶ パルスド信号を含めた相加性位相雑音を測定するための内蔵信号源
- ▶ シグナル・スペクトラム・アナライザおよび位相雑音アナライザを一体化
 - ハイエンド・シグナル・スペクトラム・アナライザ、10 Hz~8/26.5/50 GHz
 - -156 dBm (1 Hz) (ノイズキャンセルなし) の低い表示平均雑音レベル (DANL) と、25 dBm (代表値) の高いTOIによる、広いダイナミック・レンジ
 - 320 MHzの信号解析帯域幅
 - 総合測定不確かさ: <0.3 dB (3.6 GHzまで)、 <0.4 dB (8 GHzまで)



R&S®FSWP 位相雑音 アナライザ



R&S®FSPN 位相雑音アナライザ/VCOテスト

オシロスコープ

加速器物理学（シンクロトロンラボや自由電子レーザーなど）における実験では、多くの場合、パルスパラメータや、2つの信号間のタイミングジッタを非常に正確に測定する必要があります。このデータは、動作中の連続監視と同様に、実験開始時や、機器の設定時における性能試験において測定する必要があります。ビーム監視のために、例えば、100 Hzで動作する自由電子レーザーのすべてのパルスを捕捉するためには、データを高速な更新レートで保存／ダウンロードする必要があります。

ローデ・シュワルツのオシロスコープの特長

- ▶ 100 Hzでのビーム品質連続監視（R&S®RTO6の場合）
- ▶ RFパルスと加速度測定
- ▶ レーザパルスおよびシンクロトン・アプリケーションのジッタ測定
- ▶ 内蔵OCXOとデジタルトリガ・アーキテクチャーをベースとするトリガ分配回路による正確なタイミング測定

MXO 5シリーズ

新世代オシロスコープ: 新たな挑戦に向けた進化

MXO 5は、最大8個のチャンネル、プロセスの高速化、メモリ機能の拡張により、MXOアーキテクチャーを強化しています。この測定器は450万回／秒の収集により99 %のリアルタイム捕捉率をすでに達成していますが、さらに複数のチャンネルと最大1,800万回／秒の収集により高速な捕捉を維持することができます。15.6インチのフルHD静電容量式タッチスクリーンを搭載し、処理能力と応答性が向上しているため、快適に測定器を使用することができます。

R&S®RTO6

高速解析による詳細な原因究明

R&S®RTO6は、信頼できるオシロスコープです。多くの研究者が、本器の優れた確度を高く評価しています。さらに、R&S®RTO6のデジタルトリガ・アーキテクチャーにより1 ps (RMS) の低トリガジッタを実現しています。オープン制御水晶発振器 (OCXO) を搭載すれば、タイムベース確度を0.2 ppmに高めることができます。これは、長期ドリフトを最小限に抑えるために重要です。R&S®RTO6 オシロスコープシリーズの豊富な測定ツールセットと使いやすいユーザーインターフェースを組み合わせることで、単純なものから複雑なものまでさまざまな回路の問題をすばやく解決できます。

R&S®RTP

リアルタイムのシグナルインテグリティ

R&S®RTP ハイパフォーマンス・オシロスコープは、最高水準のシグナルインテグリティと高速な捕捉レートを兼ね備えています。カスタマイズされたフロントエンドASICとリアルタイム処理ハードウェアにより、コンパクトな形状ながら、極めて正確な測定をこれまでにない速度で実行できます。

詳細については、R&Sのウェブサイトを参照してください。

- ▶ R&S®RTO6ファクトシート (PD 3609.7848.32)
- ▶ R&S®RTO オシロスコープによる波形データの高速ダウンロード (PD 3607.2132.92)
- ▶ 加速器物理学用のR&S®RTO/RTP (PD 3606.9740.92)



MXO 5とMXO 5Cシリーズ オシロスコープ



R&S®RTO6 オシロスコープシリーズ



R&S®RTP ハイパフォーマンス・オシロスコープ

詳細については、当社ウェブサイトを参照してください。



R&S®RT06



MXO 5



MXO 5C



R&S®RTP



	MXO 4	MXO 5, MXO 5C	R&S®RT06	R&S®RTP
最大帯域幅	1.5 GHz	2 GHz	6 GHz	16 GHz
チャンネル数	4	4, 8	4	4
最大サンプリングレート	5 Gサンプル/秒	5 Gサンプル/秒	20 Gサンプル/秒	40 Gサンプル/秒
垂直軸分解能	12ビット (最大18ビット)	12ビット (最大18ビット)	8ビット (最大16ビット)	8ビット (最大16ビット)
最大メモリ	800 Mポイント	1 Gポイント	2 Gポイント	3 Gポイント
更新レート (波形/秒)	>450万	>450万	100万	750 000
タイムベース確度	2 ppm	0.2 ppm	0.2 ppm	0.2 ppm
主な特長	9.7-ENOB (有効ビット数) により極めて高いシグナルインテグリティを実現	複数チャンネルで超高速収集を実現	周波数ゾーントリガ	リアルタイムディエンベディング

ハイパワートランスミッター／ アンプ

ローデ・シュワルツのハイパワートランスミッターと広帯域アンプは、最高の振幅／位相安定度、最小の位相雑音、最高のエネルギー効率、小さな設置面積、モジュール設計など、お客様の要求に幅広くお応えします。R&S®BBA150/R&S®BBA300 広帯域アンプファミリーは、9 kHz～6 GHzの周波数範囲でパワーを出力します。このコンパクトなアンプは、堅牢で可用性に優れています。R&S®BBL200 広帯域アンプは、ハイRFパワーを必要とするアプリケーションに最適です。これらのアンプは、9 kHz～250 MHzの周波数範囲で最大10 kWのパワーを出力します。水冷式のR&S®Tx9 ハイパワー・トランスミッター・ファミリーは、元々最新の地上波放送の要件に合うように設計されたもので、優れたエネルギー効率と柔軟性を実現しながら最大100 kWの増幅パワーを出力可能です。

詳細については、R&Sのウェブサイトを参照してください。

- ▶ R&S®THR9 製品カタログ (PD 3606.8595.12)
- ▶ R&S®THU9evo/THV9evo 製品カタログ (PD 3607.5860.12)
- ▶ R&S®BBA150 製品カタログ (PD 3606.7247.12)
- ▶ R&S®BBA300 製品カタログ (PD 3609.5797.12)
- ▶ R&S®BBL200 製品カタログ (PD 3606.9456.12)

アンプファミリー	周波数レンジ	最大CW出力パワー
R&S®BBA150	9 kHz～6 GHz	2.5 kW/200 W
R&S®BBA300	380 MHz～6 GHz	300 W
R&S®BBL200	9 kHz～250 MHz	10 kW
R&S®THR9	87.5 MHz～108 MHz	60 kW
R&S®THV9evo	170 MHz～254 MHz	32 kW
R&S®THU9evo	470 MHz～680 MHz	100 kW

主な特長

- ▶ 100 % ミスマッチ耐性
- ▶ 振幅変調、周波数変調、位相変調、およびパルス変調に最適
- ▶ 世界中を網羅するサービスネットワークとスペアパーツのグローバルサポート



詳細については、当社ウェブサイトを参照してください。



R&S®BBL200

R&S®BBL200
広帯域アンプ

UHFLI 600 MHz ロックイン増幅器とUHF-BOX ボックスカーアベレージャ

シンクロトロンビームラインでのポンププローブ分光法など、粒子加速器に関する実験では、デューティーサイクルの低い信号の情報を取得するために膨大なデータを処理する必要があります。UHFLI 600 MHz ロックイン増幅器にUHF-BOX ボックスカーアベレージャ・オプションを搭載すれば、研究者や施設の時間が大幅に短縮されメモリ効率も高まり、このプロセスが革新されます。

ボックスカーアベレージャと内蔵の周期波形アナライザにより、各周期の信号を確認でき、リアルタイムで信号を収集および平均化するタイムウィンドウを選択できるため、残りの周期に含まれるノイズは除去されます。これにより、測定時間が短縮されてS/N比が向上し、イメージングなどの分野に大きな違いをもたらします。

信号解析において卓越した性能を発揮するように設計されたUHF-BOX ボックスカーアベレージャは、2つの測定チャンネルに加え、2つの周期波形アナライザ、ベースライン抑制、ゼロ収集デッドタイムなどの高度な機能を搭載しており、市場の他のソリューションをはるかに上回る性能を実現しています。また、UHF-BOXは、UHFLI ロックイン増幅器のその他の機能（ロックイン検出、フィードバックループ動作など）と併用可能で、新しい実験ごとに最適な結果が得られるように調整できます。ボックスカー測定用のLabOne制御ソフトウェアは、タイムドメインと周波数ドメインの解析向けに柔軟なツールセットを提供し、複雑なスキームや手法を簡素化します。

主な特長

- ▶ ベースライン抑制機能を備えた2つのボックスカーユニット
- ▶ 2つの周期波形アナライザ
- ▶ ボックスカーおよびベースラインウィンドウのグラフィカル選択
- ▶ 最大450 MHzの繰り返しレートに対応するゼロ収集デッドタイム
- ▶ タイムドメインと周波数ドメインのフル解析を可能にするLabOneツールセット

利点

- ▶ 時間を短縮しながらデューティーサイクルの低い信号を高品質に測定し、リアルタイムで結果を取得
- ▶ 実験ごとに最適な手法を選択：ボックスカーアベレージング、ロックイン検出、またはその両方
- ▶ LabOneツールセットが提供する複数の相互接続型信号解析手法により、複雑な手法を簡素化

UHFLI 600 MHz ロックイン増幅器とUHF-BOX ボックスカーアベレージャは、信号解析の新しい標準を確立し、要求の厳しい研究環境においても高精度かつ効率的な性能を発揮します。

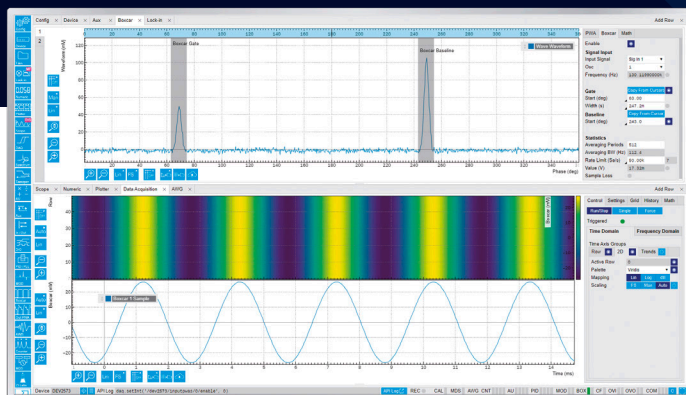
詳細については、当社ウェブサイトを参照してください。



UHF-BOX ボックスカーアベレージャ¹⁾

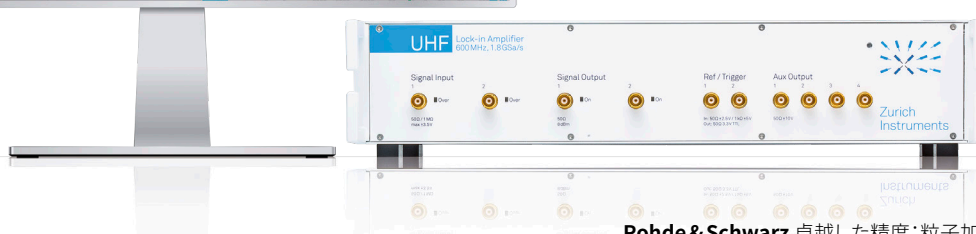


LabOne制御ソフトウェア¹⁾



LabOne

¹⁾ Zurich Instrumentsの製品。



UHF

BOX
Boxcar
Averager

信号発生器

R&S®SMA100B RF/マイクロ波信号発生器

R&S®SMA100B RF/マイクロ波信号発生器は、妥協のない最高の性能を提供します。信号純度が極めて高い出力信号を提供し、高調波を最小限に抑えながら高い出力パワーレベルを維持する点で、他社の製品よりもはるかに優れています。本器は業界最高の信号発生器として、最も要求の厳しいモジュールおよびシステムの電子計測タスクに対応します。

位相雑音が高いと、粒子ビーム内でエネルギー拡散が大きくなり、粒子加速器の動作効率が低下します。

R&S®SMA100Bは、近接SSB位相雑音が極めて低いマイクロ波信号を生成し、非常に低いジッタと広いスプリアスフリー・ダイナミックレンジ (SFDR) を持つ信号を出力します。

R&S®SMA100Bを使用すると、信号純度と出力パワーの高さのどちらを優先すべきか検討する必要がなくなります。本器は極めて高い出力パワーでありながら、高調波信号成分を極めて低いレベルで抑えた信号を発生できる唯一の製品であり、新しい標準を確立するハイエンドアナログ信号発生器です。

そのため、R&S®SMA100Bは、ストレージリングの中心となる理想的なマスター発振器として使用できます。

主な特長

- ▶ 周波数レンジ: 8 kHz~3/6/12.75/20/40/50/67 GHz
- ▶ 超低位相雑音と極めて低い高調波
- ▶ 信頼性に優れた使いやすいソリューション
- ▶ 出力信号の長期的な周波数および位相安定度を実現
- ▶ 位相の連続周波数スイッチングにより、極めて安定した長期的なビーム制御が可能
- ▶ 柔軟な基準入力により、微調整が可能

アナログ信号発生器アプリケーションに最適

- ▶ 粒子加速器用のマスター発振器

詳細については、当社ウェブサイトを参照してください。



R&S®SMA100B



R&S®SMA100B
RF/マイクロ波信
号発生器

パワーセンサおよびパワーメータ

ビームラインで最高の品質と安定性を確保するためには、RF給電システムのパワーを精密に測定することが極めて重要です。同時に、流束およびエネルギーに関する損失レベルをできるだけ低く抑える必要があります。つまり、ビームの発生方法を最適化することが最も重要です。この作業には、効率的で正確な高速測定が不可欠です。どのパワー測定原理が目的に最適なのかは、測定アプリケーションに依存します。ローデ・シュワルツは、サーマル・ダイオード・センサ、アベレージ・ダイオード・センサ、RF帯域幅ダイオードセンサを提供することで、これに対応しています。

最大の精度が求められる場合、R&S®NRPxxT サーマル・パワーセンサを使用します。こちらの測定範囲は、DC~110 GHzです。優れたダイナミックレンジ、感度、測定速度が重視される場合は、R&S®NRPxxS マルチパスセンサを使用すれば、ピーク対アベレージ比がかなり高い信号でも最大93 dBのレンジ全体で非常に高速にパワー測定を実行することができます。R&S®NRPxxP パルス・パワーセンサは、RFパルスの測定が求められるアプリケーションに最適です。パルスを50 nsの時間まで分解することができます。センサの結果を同時に評価できるように、R&S®NRX パワーメータ・ベースユニットは、最大4個の測定チャンネルをサポートしています。各チャンネルは、柔軟に設定可能なタッチ式スクリーンで直感的なGUIを介して操作することができます。多くのパワーセンサのモデルにはLANバージョンがあり、物理的な距離が長い場合にも対応可能で、PoEによる電源供給も可能です。これらのセンサは、ウェブGUIも提供していて容易に操作することができます。

パワーセンサ／パワーメータ・アプリケーション

- ▶ 超伝導加速器構造の測定および監視
- ▶ パワーアンプのテスト
- ▶ ビーム操作中のアンプと共振器間の電力束の監視

主な特長

- ▶ 高精度
- ▶ 高速
- ▶ 平均パワー測定
- ▶ 粒子加速器ビームの監視に必要な低レベル（最小-70 dBm）で、優れた確度と測定速度を実現

詳細については、当社ウェブサイトを参照してください。



R&S®NRX



R&S®NRPxx



R&S®NRX パワーメータ



R&S®NRP パワーセンサ・ファミリー

ローデ・シュワルツのサービス 安心してお任せください！

- ▶ 世界に広がるサービス網
- ▶ 各地域に即した独自性
- ▶ 個別の要望に応える柔軟性
- ▶ 妥協のない品質
- ▶ 長期信頼性

ローデ・シュワルツ

ローデ・シュワルツはテクノロジーグループとして、電子計測、テクノロジーシステム、ネットワーク／サイバーセキュリティの分野の最先端ソリューションを提供することで、安全でつながり合った世界の実現を先導する役割を果たしています。創業から90年を超えるこのグループは、全世界の産業界と政府機関のお客様にとっての信頼できるパートナーです。本社をドイツのミュンヘンに構え、独立した企業として、70か国以上で独自の販売／サービスネットワークを展開しています。

www.rohde-schwarz.com/jp

永続性のある製品設計

- ▶ 環境適合性と環境負荷の低減
- ▶ 高エネルギー効率と低排出ガス
- ▶ 長寿命かつ所有コストの最適化

Certified Quality Management

ISO 9001

Certified Environmental Management

ISO 14001

ローデ・シュワルツ トレーニング

www.training.rohde-schwarz.com

ローデ・シュワルツ カスタマーサポート

www.rohde-schwarz.com/support

