

Technical Support
Knowledge Center Open

ネットワーク・アナライザによる 雑音指数の測定に関するFAQ

Notices

© Keysight Technologies Incorporated, 2002-2020

1400 Fountaingrove Pkwy., Santa Rosa, CA 95403-1738, United States All rights reserved.

No part of this documentation may be reproduced in any form or by any means (including electronic storage and retrieval or translation into a foreign language) without prior agreement and written consent from Keysight Technologies, Inc. as governed by United States and international copyright laws.

Restricted Rights Legend

If software is for use in the performance of a U.S. Government prime contract or subcontract, Software is delivered and licensed as "Commercial computer software" as defined in DFAR 252.227-7014 (June 1995), or as a "commercial item" as defined in FAR 2.101(a) or as "Restricted computer software" as defined in FAR 52.227-19 (June 1987) or any equivalent agency regulation or contract clause.

Use, duplication or disclosure of Software is subject to Keysight Technologies' standard commercial license terms, and non-DOD Departments and Agencies of the U.S. Government will receive no greater than Restricted Rights as defined in FAR 52.227-19(c)(1-2) (June 1987). U.S. Government users will receive no greater than Limited Rights as defined in FAR 52.227-14 (June 1987) or DFAR 252.227-7015 (b)(2) (November 1995), as applicable in any technical data.

Portions of this software are licensed by third parties including open source terms and conditions.

For detail information on third party licenses, see [Notice](#).

Contents

PNA-Xによる雑音指数の測定に関するFAQ	4
測定	4
校正機能.....	10
ハードウェア	16
Sパラメータレシーバ（オプション028）の使用	21
構成	23
ソリューション・パートナー	24
その他.....	24

PNA-Xによる雑音指数の測定に関するFAQ

最新リビジョン：2014年1月27日（DJB）

目次

測定

校正

ハードウェア

Sパラメータレシーバ（オプション028）の使用

構成

ソリューション・パートナー

その他

測定

質問：PNA-Xはどのように雑音指数を測定しているのですか？ノイズ・ソースは必要ですか？

回答：PNA-Xは雑音指数測定にコールド・ソース法を採用しています。Yファクタ法（ホット / コールド・ソース法）とは異なり、DUTを測定する際にノイズ・ソースを使用しません。コールド・ソース法は、ノイズ・ソースから2通りのノイズ条件をDUTに入力して出力ノイズ・パワーを測定するのではなく、Sパラメータの測定と1回のDUT出力ノイズ・パワー測定を行い、その結果を組み合わせます。最初に、内蔵正弦波信号源と標準Sパラメータレシーバを用いてDUTのSパラメータを測定します。このデータから、アンプの利得、または、周波数コンバータの変換利得 / 変換損失を計算します。その後、正弦波信号源をオフにして、公称50 Ω のターミネータをDUT入力に接続し、出力雑音パワー測定を1回行います。Sパラメータと雑音パワーデータからDUTの雑音指数を計算します。使用する入力ノイズ・パワーレベルは1つだけなのでノイズ・ソースは必要ありません。PNA-Xはベクトル・ノイズ補正という独自の測定手法により、不完全なシステム・ソース・マッチによって生じる測定誤差を除去します。この手法では、DUT入力でソース・インピーダンスをさまざまに変化させ、ソース・インピーダンスごとに出力雑音パワー測定を行います。これらの雑音パワー測定からより正確な50 Ω 雑音パワーを計算することができ、その計算結果によりさらに正確な50 Ω 雑音指数を得ることができます。

質問：どのようにソース・インピーダンスを変化させるのですか？

回答：PNA-Xの信号源とテスト・ポート・カップラの上にインピーダンス・チューナが挿入されています。Sパラメータの測定中は、チューナはスルー状態に設定されています。雑音パワー測定中は、チューナのインピーダンスが変化し、DUTに対するソース・マッチを変化させます。13.5/26.5 GHzモデルには、インピーダンス・チューナとして外部N4690シリーズ ECalモジュールを使用します。43.5/50/67 GHzモデルの場合、雑音指数測定オプション（029）によって内蔵チューナが追加されます。どちらの場合も、インピーダンス・チューナをバイパスして利得圧縮や相互変調歪み（IMD）などの他の測定を最適に行えます。

質問：なぜ、PNA-Xの測定手法はYファクタ法よりも正確なのですか？

回答：PNA-Xの手法により、2つの大きな誤差要因である不整合と雑音パラメータの影響を排除できるからです。不完全なシステム・ソース・マッチによる、不整合誤差はPNA-Xベクトル・ネットワーク・アナライザ標準のベクトル誤差補正によって除去され、雑音パラメータの影響は雑音パワー測定中にインピーダンス・チューナを使用することにより除去されます。これらの手法は、スペクトラム・アナライザ（SA）や雑音指数アナライザ（NFA）のようなスカラ測定器では行うことができません。

質問：PNA-Xで測定できる最小雑音指数は？

回答：理論上や実践上の制限はなく、0 dBまでの雑音指数を測定できます。測定確度は雑音指数によって変化することはありませんが、一般的に、ノイズ・レシーバの特性評価に使用される校正標準の不確かさの影響をうけます。測定雑音指数が0.2 dBでも10 dBでも、不確かさは同じです。

質問：PNA-Xは高利得LNAを測定できますか？

回答：測定できます。PNA-Xは利得（dB）と雑音指数（dB）の和が60 dB程度のアンプを測定できます。より利得が高い場合は、アンプ出力にアッテネータを追加することをお勧めします。出力アッテネータを追加しても、出力信号と雑音の比（S/N比）は変わらないため、アンプやコンバータの雑音指数に影響はありません。しかし、利得には影響します。この場合、アッテネータを取り外せば、利得を正しく測定できます。

質問：PNA-Xで、TWTAなどパルス・バイアスが必要なデバイスを測定できますか？

回答：測定できます。この場合、24 MHz雑音帯域幅使用時の最小パルス幅は300 μ sです。

質問：PNA-Xで損失の高いデバイスを測定できますか？利得と雑音指数の和が小さいデバイスも測定できますか？

回答：コールド・ソース手法は、光リンクなど損失の高いデバイスの測定でも正常に機能します。さらに、低利得で雑音指数が小さいデバイスでも正常に機能します。この場合、測定確度を上げるために、比較的多くの回数で雑音平均を行い、雑音指数のトレース雑音を最小にすることをお勧めします。アッテネータを測定したときに測定雑音指数とアッテネータの損失が近い値になることから、この機能を確認できます（290 Kで測定した場合、値は完全に等しくなります）。アッテネータ損失の合計値にもよりますが、Yファクタ手法でこれを行うのは困難で不可能な場合もあります。これは、ノイズ・ソースからの入力雑音パワーの差が、アッテネータによって小さくなったり、除去されたりするためです。

質問：PNA-Xで、入出力整合が劣っているデバイスの雑音指数を正確に測定できますか？

回答：測定できます。Sパラメータ測定 of ベクトル誤差補正と、雑音パワー測定のインピーダンス・チューナによるソース・マッチの補正を併用すれば、DUTの整合が全体的な測定誤差に対してほとんど寄与しなくなります。

質問：PNA-Xは、ミキサやコンバータの雑音指数測定に対応していますか？

回答：オプション082または083を追加すれば対応できます。PNA-Xは1個または2個の局部発振器（LO）を制御でき、そのうち1個のLOを掃引して固定入力または固定出力を測定できます。周波数基準がないLO内蔵デバイスもオプション084を追加すれば測定できます。

質問：PNA-Xで、平衡デバイスや差動デバイスの雑音指数を測定できますか？

回答：測定できます。測定からディエンベディングされるバランまたは0/180度のハイブリッド・カップラを使用する必要があります。バランやハイブリッド・カップラの差動性能はPNA-Xで測定でき、s2pファイルとして保存されます。

質問：デバイスの雑音パラメータを測定できますか？

回答：測定できます。ただし、整合が公称されているデバイスで使用することを前提としています。これは、PNA-Xのテスト・セットと外部ケーブルの損失の和により、DUTに適用されるインピーダンスの範囲がスミス・チャートの中心部分に制限されるためで、通常は、測定の周波数範囲に依存して、ガンマが0.5以下のインピーダンスのクラスタが生成されます。これを使用すれば、正確な50 Ω雑音指数を計算して整合デバイスの雑音パラメータを取得できます。LNAのデザインが良好であれば雑音指数がFmin（最小雑音指数）に近くなりますが、この機能によってそれを確認できます。ベア・トランジスタのような不整合デバイスで正確に雑音パラメータを測定するには、一般に高いガンマが必要になります。さらに、測定の分散を小さくするには、Ecalモジュールや内蔵チューナで生成できる7個のステートよりも多いインピーダンス・ステートが必要です。不整合デバイス向けには、Maury Microwave社などのソリューション・パートナーが扱っている雑音パラメータ・システムを選択することをお勧めします。

質問：周囲温度は何度に設定すれば良いですか？

回答：コールド・ソース手法では、出力雑音パワー測定時の入力ターミネータの温度を知る必要があります。この温度はテスト・ポート1に関連するすべてのコンポーネントの平均温度です。校正がスカラ・ノイズ校正なのかベクトル・ノイズ校正なのかによって温度は多少異なります（デフォルト値は295 K）。どちらの校正方法でも、最初はPNA-Xの周囲温度に設定するのが適切で一般的に298 Kです。PNA-X内部の加熱により内部コンポーネントの温度は周囲よりも若干高くなりますが、内部終端とDUTの間の損失によって温度上昇分はキャンセルされます。この損失は主にテスト・ポートのケーブルによるもので、一般に周波数に依存し、高い周波数で損失が大きくなります。298 Kの周囲温度でスカラ・ノイズ校正を行った場合は、低い周波数に適する温度は299 Kまたは300 K程度です。298 Kと300 Kの差はわずか0.7 %で、雑音指数の差に換算すると0.03 dBにしかならないことにご注意ください。この不確かさの総量は、他の寄与よりも非常に小さいものです。ベクトル・ノイズ校正の場合、ターミネータとしてEcalか内蔵チューナを使用します。これらは内部で304 Kまで加熱されますので、測定周波数によって299 K～303 Kの温度を設定することをお勧めします。

質問：使用する雑音帯域幅は測定に関係しますか？

回答：一般に、帯域幅が広くなるほど雑音測定のジッタが減少します（ジッタは低い方が優れていま

す)。ただし、測定器の帯域幅はDUTの帯域幅より狭くなければいけません。狭帯域のデバイスを測定する際は、PNA-Xにおいて狭い雑音帯域幅を設定する必要があります。

質問：測定する増幅器の利得が高すぎることを、PNA-Xは表示/しますか？

回答：インジケータを点灯します。。PNA-Xには2個のインジケータがあり、1つはノイズ・レシーバのIF ADCでオーバレンジが発生した際に点灯し、もう1つはノイズ・レシーバのフロント・エンド・ディテクタが超過RFパワーを検出した際に点灯します。これらのインジケータは、過負荷の状態にあるとき、画面上に点灯します。プリント基板上の非シールド増幅器を測定しているときに一時的に過負荷が発生することがあります。例えば、DUTが無線LANや携帯電話の信号をとらえて増幅した場合です。これを防止するために、シールドされた室内で測定を実行することをお勧めします。ノイズ・レシーバ利得が最小 (0 dB) に設定されているにも関わらず高利得増幅器で過負荷状態になる場合には、増幅器の出力にアッテネータが必要になる可能性があります。レシーバの過負荷は、増幅器のバンド外発振、周波数コンバータ、ミキサ、LOフィードスルーなどのスプリアス信号出力によっても生じる場合がありますので注意してください。

質問：過負荷インジケータが点灯した場合、すべての測定が不良ですか？

回答：測定中に過負荷インジケータが継続して点灯する場合は、雑音指数データが疑わしくなるため、詳細な調査が必要です。ノイズ・レシーバのフィルタはフロント・エンドの増幅器よりかなり後段にあるため、干渉信号によってフロント・エンドの増幅器の利得が圧縮されて雑音測定が歪むことがあります。過負荷インジケータの点灯が短時間の場合、それ以降のデータに対する干渉信号の影響がなくなれば問題ありませんが、再度、インジケータが点灯した場合は注意が必要です。測定結果にスパイクを生じさせるような干渉信号もよく見られますが、この信号では過負荷ディテクタは動作しません。例えば、非シールド電源ケーブルやPCボードは携帯電話や無線LANルータからの信号をとらえてしまうことがありますが、この場合、スパイク間やスパイク周辺のデータは概ね正確です。

質問：メカニカル・スイッチを使用せずに雑音指数とSパラメータを同時に測定できますか？

回答：測定できます。雑音指数測定チャンネルでサポートされるのは、Sパラメータ、雑音指数、実効入力雑音温度、雑音パワー・パラメータ (DUTとシステムの相対雑音パワー [kTBを超える出力パワー (dB)]、DUTとシステムの雑音パワー密度 [出力パワー (dBm/Hz)]) です。

質問：雑音指数、Sパラメータ、利得圧縮、IMDを同じセットアップで測定できますか？

回答：測定できます。複数の測定チャンネルを設定して実行します。1つ目のチャンネルがSパラメータと雑音指数用、2つ目のチャンネルが利得圧縮用、3つ目のチャンネルがIMD用です。利得圧縮とIMDのチャンネル構成でスイッチやアッテネータの設定が異なる場合がありますので、一度に1チャンネルずつ測定して、スイッチやアッテネータが過度に摩耗しないようにします。高調波や位相対入力などの別の測定用に測定チャンネルを追加してセットアップできます。複数チャンネルのセットアップは、PNA-XのCal All機能を使用して容易に校正できます。すべての測定チャンネルと関連校正を、同じ測定器ステートに保存できます。

質問：Sパラメータ測定にはノイズ・レシーバを使用しているのですか？

回答：使用していません。ノイズ・レシーバは、ノイズ・パワーの測定にのみ使用します。このノイズ・パワーを使用して、雑音指数、実効雑音温度などの計算を行います。雑音指数チャンネルでSパラメータを測定する場合は標準測定レシーバを使用します。このとき、ノイズ・レシーバは大CW信号によって破損しないように保護モードに切り替わります。

質問：ノイズ・ソースのENRを測定できますか？

回答：測定できます。パワー・メータでノイズ・レシーバを校正し、ノイズ・ソースのホット・ステートを直接測定してENRの結果を取得できます。パワー・メータ校正法は非常に正確なため、ノイズ・ソースのENR校正表を作成するためにPNA-Xを使用できます。PNA-X雑音指数の不確かさ計算機<http://www.agilent.com/find/nfcalc>を利用してENR表にENR測定の不確かさを含めることができます。

質問：雑音指数測定でフィクスチャやウェーハ・プローブのディエンベディングは可能ですか？

回答：可能です。PNA-Xのすべての測定チャンネル（雑音指数、利得圧縮、IMDなど）でディエンベディングを使用できます。

質問：雑音指数測定を行う際に使用するインピーダンス・ステートの数を設定できますか？

回答：設定できます。インピーダンス・ステートの数は最低4個です。確度の向上のために、ユーザは最高7個までインピーダンス・ステートを選択できます。13.5/26.5 GHzのユニットではデフォルトは4個です。43.5/50/67 GHzのユニットではデフォルトは5個です。

質問：雑音測定のスวิตチを手動で制御できますか？

回答：できます。Path Configurationダイアログ・ボックスから制御できます。雑音指数オプションを搭載した測定器には、雑音ハードウェアを設定するタブが追加されます。これは、雑音指数チャンネルとその他のチャンネルを組み合わせる場合や、すべてのチャンネルに連続トリガが必要な場合に便利です。ベクトル・ノイズ校正（外部ECalモジュールまたは内蔵チューナが必要）を雑音指数チャンネルで用いた場合は、インピーダンス・チューナがポート1に直列に挿入されるため、チューナ損失により、使用できるポート・パワーが約4.5 dB低下することにご注意ください。

質問：PNA-Xでポート・パワー・レベルを補償して雑音指数ハードウェアの内部損失を補正できますか？

回答：場合によります。ポート2側に関しては、伝送されるポート・パワー（公称値）はユーザ・インタフェースに表示される値と同じです。つまり、雑音モードの場合、PNA-Xはパワー・レベルを調整して、ポート2のノイズ・レシーバに影響を与える、ブリッジ（13.5/26.5 GHzユニット）、スวิตチ、ケーブルの追加損失を補償します。ポート1側では、チューナ・スวิตチの位置が“internal”または“bypass”のときのみ、公称ポート・パワーが正しくなります。外部ECalまたは内蔵チューナ（使用できる場合）に接続されている場合、PNA-Xはポート1のパワー値を補償しません。したがって、テスト・ポートにおける伝送パワーはユーザが設定している値よりも約4.5 dB（代表値）低くなります。設定

パワーと実際のポート・パワーの差を補償する方法はいくつかあります。オープン・ループを補正する場合は、-4.5 dBのオフセット値をOffsets and Limits表（Power and Attenuatorsダイアログ内）に入力します。校正パワーを補償する場合は、ソース・パワー校正（パワー・メータを使用）を行うか、校正された基準レシーバを用いてレシーバ・レベリングを行います。Cal Allを使用した場合には、ソース・パワー校正は雑音指数チャンネルに適用されることに注意してください。

質問：雑音指数測定の実行時、掃引は何回行われますか？

回答：場合によります。増幅器でベクトル・ノイズ校正による雑音指数測定を行う場合の掃引回数は、ECalモジュールまたは内蔵チューナで選択されたインピーダンス・ステート数に2（順方向 / 逆方向のSパラメータ）を足したものです。例えば26.5 GHzユニットでは、インピーダンス・ステート数のデフォルト値が4なので、雑音指数測定の掃引数のデフォルト値は $2+4=6$ 回です。50 GHzユニットでは、インピーダンス・ステート数のデフォルト値は5なので、増幅器を測定する際に7回掃引します。また、増幅器でスカラ校正による雑音指数測定を行う場合には、必要な掃引は3回だけです（Sパラメータ用に2回、ノイズ・パワー用に1回）。周波数コンバータの場合は、測定を入力と出力の両方の周波数で行わなければならないため、利得および雑音指数の整合部に対して掃引を2回追加する必要があります。ベクトル雑音校正による雑音指数測定を行う場合、デフォルト値に相当する掃引回数は、26.5 GHzユニットで8回、50 GHzユニットで9回になります。コンバータでスカラ校正による雑音指数測定を行う場合は、必要な掃引は5回です（利得 / 平衡用に4回、ノイズ・パワー用に1回）。

質問：PNA-Xでは、ノイズ・ソースを使用する測定器よりも雑音指数が高くなるのはなぜですか？

回答：差が約0.2 dB以上ある場合は、チャンネル・パワーの設定が高すぎて、DUTのSパラメータ測定時にDUTまたはPNA-Xの圧縮が生じている可能性があります。所定の出力ノイズ・パワーの場合、圧縮により利得が低下して増幅器の出力S/N比が悪化し、雑音指数が悪く見えます。これは、チャンネル・パワーを低くすれば容易に解決できます。Yファクタ手法では、ノイズ・ソースとDUT間のケーブル、スイッチ、アダプタ、プローブによって雑音指数が低めに測定されることも、測定値の差の要因になります。これらのコンポーネントによりノイズ・ソースの信号源整合が悪化し、DUTの測定雑音指数（DUTのSパラメータと雑音パラメータに依存）が変動する結果になります。約0.2 dB以下の差は、一般的には2つの測定器の測定の不確かさの範囲内で、多くは雑音校正標準の違いによるものです。ENRが同じでも別のノイズ・ソースを使用した場合、ENRが低いソースと高いソースを使用した場合、NFA/SAでノイズ・ソースを使用してPNA-Xでパワー・センサを使用した場合にも起こりえます。

質問：周波数コンバータの雑音指数測定値が使用するLO信号によって変わるのはなぜですか？

回答：ドライブするミキサが何であろうと、最も可能性が高い要因はIFに対するLOミキシング上の広帯域雑音です。この追加雑音がミキサ前段の増幅器から出力される雑音に付加されます。この問題の対策方法は限られており、広帯域雑音が低い信号発生器（例えば、PSGはPNA-Xの内蔵信号源よりも低い広帯域雑音です）を使用するか、広帯域雑音を除去するバンド・パス・フィルタをLO信号に直列に挿入する必要があります。

質問：周波数コンバータの雑音指数をPNA-Xで測定すると、ノイズ・ソースを使用した測定器よりも測

定値が数dB高くなるのはなぜですか？

回答：テスト対象のコンバータが初段のミキサ前段にフィルタを備えていない場合に発生することがあります。一般に両側波帯（DSB）コンバータと呼ばれています。Yファクタ手法では2つの異なる入力ノイズ・パワーからノイズ・パワー比を測定していますので、DSBのミキシングで生じる過剰雑音が相殺されます。Yファクタ手法の結果は、DSBコンバータの実際の雑音指数値よりも通常0～3 dB良く（低く）なりますが、大きな誤差を含む可能性もあります。PNA-Xのコールド・ソース手法はノイズ・パワーを1回しか測定しないので比測定の影響はなく、DSBコンバータの雑音指数を正確に測定できます。

質問：ミキサや低利得 / 中利得の周波数コンバータを測定する際、レシーバの設定利得が低い場合でも過負荷の警告が頻繁に表示されるのはなぜですか？

回答：LOフィードスルーやその他のスプリアス出力信号を除去できるフィルタを備えていない場合によくある現象です。これらの信号（特にLOフィードスルー）は、0 dBの利得を設定しても低雑音レシーバに対しては大き過ぎます。フィルタを使用してバンド外のスプリアス信号を除去すれば解決できます。

質問：雑音指数チャネルの測定データを保存するのに使用できるフォーマットは？

回答：雑音指数チャネルの全トレースを保存するには、CSV（コンマ区切りのデータ形式）が最適です。このフォーマットは、対数振幅 / 角度、リニア振幅 / 角度、実数部 / 虚数部をサポートしています。他に、CITIまたはMDIFフォーマットを使用できます。さらに、Sパラメータと雑音パラメータ・データ（雑音指数は含まれません）は.s2pファイルに保存できます。

校正機能

質問：スカラー・ノイズ校正とベクトル・ノイズ校正の違いは何ですか？

回答：スカラー・ノイズ校正法では、DUTに対して信号源が50 Ω 整合であることを前提に出力ノイズ・パワーを1回だけ測定します。よってシステムの信号源整合がこの値から大きく外れるほど、測定誤差も大きくなります。ベクトル・ノイズ校正法では完全な信号源整合を前提としていません。その代わりに、DUT入力に対してさまざまな既知のソース・インピーダンスを設定して、ソース・インピーダンスごとに出力ノイズ・パワーを測定します。ノイズ・パワーの測定セットをもとに正確な50 Ω ノイズ・パワーを計算し、その結果から正確な50 Ω 雑音指数を取得します。DUTの雑音パラメータもノイズ・パワー・データを使用して計算できます（制限があります）。校正プロセス中に複数のインピーダンス・ステータが測定されます。ベクトル・ノイズ校正されたノイズ・パワー測定とベクトル誤差補正されたSパラメータ測定を併用すれば、不完全な50 Ω 信号源整合に起因する雑音指数誤差を除去できます。

質問：スカラー・ノイズ校正を使用した場合、テスト・ケーブルの端にアッテネータを追加してシステムの信号源整合を改善できますか？

回答：改善できます。減衰値が大き過ぎなければ適切な方法です。3～6 dBが適しています。これより

大きいアッテネータを追加すると、システムの方向性が低下して校正のノイズが大きくなりドリフトが生じる可能性があります。スカラ・ノイズ校正による測定は、低雑音パワー測定を実行できるベクトル・ノイズ測定よりも高速ですが、アッテネータにより確度も向上し、ベクトル・ノイズ校正を使用した場合の確度と変わらない場合もあります。ポート1におけるケーブル損失が大きい場合（例えばウェーハ・セットアップなど）は、チューナのインピーダンス・ステートでは十分に信号源整合のガンマを拡散できず、ベクトル・ノイズ校正のアルゴリズムが難しくなるため、スカラ・ノイズ校正が最適な選択になるかもしれません。

質問：測定で、ベクトル・ノイズ校正により干渉に関係ないスパイクやリップルが特に45～50 GHzで生じるのはなぜですか？

回答：一般的にウェーハ・テスト・セットアップで発生する現象で、ポート1におけるケーブル損失が極めて高く、DUTに与える複数のインピーダンスの距離が互いに近過ぎて、ベクトル・ノイズ・アルゴリズムでDUTの雑音パラメータを適切に求められない場合に発生します。このアルゴリズムで50 Ωのノイズ・パワーを正しく計算するには、インピーダンスが十分に拡散している必要があります。この現象を防ぐ手段はいくつかあります。1つは、可能な限り短い低損失ケーブルをポート1に使用方法です。雑音平均の回数を増やすのも有効です。しかし、この問題を解決する最も有効な方法は、外部ECalをチューナとして使用し、必要に応じて外部バイアス・ティーとテスト・ポート・カップラを併用する方法です。これらのコンポーネントはフロント・パネルのジャンパでPNA-Xに接続します。この構成では、インピーダンス・チューナとDUTが近い位置に配置されるので、ケーブルとテスト・セットの損失の影響が除去されます。他の手段としては、小さな値のアッテネータをテスト・ケーブル端に追加し、その直前でウェーハ・プローブに接続してスカラ校正を行う方法もあります。

質問：PNA-Xノイズ・レシーバの特性評価はどのように行うのですか？

回答：測定ノイズ・パワーは、レシーバの利得、帯域幅、雑音指数の影響を受けます。利得と帯域幅は、個別でも1つの積としてまとめて測定できます。ノイズ・レシーバの評価は、ノイズ・ソースを使用してYファクタ手法で行うのが最も一般的です。利得帯域幅積と雑音指数は、既知の過剰雑音をレシーバに印加して直接測定します。PNA-Xでは、ノイズ・ソースの代わりにパワー・メータとパワー・センサを校正標準として使用方法も実行できます。この手法は、別々に行う利得と帯域幅の測定にもとづいており、3つのステップで実行します。最初に、パワー・メータとセンサを使用して必要な周波数レンジでPNA-XのRFソースを校正し、校正されたソースを使用して、ノイズ・レシーバの利得を校正します。次に、雑音帯域幅フィルタを掃引して、実行したいすべての測定RF周波数ポイントでレシーバのIF応答を測定し、各IF応答をまとめてレシーバの等価雑音帯域幅を計算します。利得と雑音帯域幅を1ポイントずつ合成して、レシーバの利得帯域幅積を特性評価します。これがわかれば、コールド・ソース雑音指数測定が行えます。

質問：ノイズ校正でノイズ・ソースを使用した場合とパワー・センサを使用した場合の違いは何ですか？

回答：確度の観点では、パワー・メータに基づいた測定の不確かさは市販のノイズ・ソースを使用した場合よりも若干優れており、NPL校正されたノイズ・ソースを使用した場合とは同等と言えます。また、特に50 GHzまたは67 GHzでは、ノイズ・ソースよりもパワー・センサを使用の方が一般的です。ポート2までの損失（例えば長いケーブルによる損失）が大きいためにノイズ・ソースからの過剰雑音

減衰してしまう場合でも、パワーセンサは適切に機能します。ただし、パワーメータを使用すると校正や測定が遅くなるトレード・オフがあります。パワーメータ法は雑音帯域幅が4 MHz未満の場合にしか使用できませんが、ノイズ・ソース法は雑音帯域幅が24 MHz未満の場合に使用でき、通常は掃引が高速になります。校正中、パワーメータ法はデータ・ポイントごとに掃引してIF応答を取得するため、校正プロセス時間が余分にかかります。データ・ポイント数によっては、余分にかかる時間が数秒から数分になることがあります。

質問：パワーセンサの校正部分で設定するパワーレベルは？

回答：できるだけ0 dBmに近い値を使用するのが最適です。これはほとんどのパワーセンサ校正で使用されるレベルです。この手順で使用するパワーは、Sパラメータの校正部分で使用するパワーとは別で、校正開始前に入力されるチャンネル・パワー値によって決まります。ノイズ・レシーバがパワーセンサで校正されている場合、パワーセンサの校正中にソース・アッテネータの値が、指定パワー入力を供給するのに必要な値に自動的に設定されます。ほとんどの場合、ソース・アッテネーションは0 dBになります。しかし、標準レシーバを使用している場合は、ソース・アッテネータがチャンネルの値に固定されるため、レベルが0 dBmに満たないことも頻繁にあります。この場合は、ソースのレベルが不安定にならない範囲でできるだけ高いパワーを設定してください。その際、パワー設定がパワーセンサのノイズ・フロアよりも6 dB以上高いことを確認してください（この条件では、ダイナミック・レンジの広いダイオード・パワーセンサが役立ちます）。

質問：校正中、雑音アベレージングを使用する必要はありますか？

回答：必須ではありませんが、校正中にクリーンな校正結果を得るために雑音アベレージングを使用することをお勧めします。この後に行う測定では、校正中に存在した雑音を除去できません。ノイズ・レシーバを使用している場合、校正中に10回以上の雑音アベレージングを行うことをお勧めします。高速に測定を行いたい場合はこの回数を減らしますが、代わりにトレース雑音が増加し確度が低下します。標準レシーバを使用する場合は、100回以上の雑音アベレージングが必要です。雑音平均はノイズ・パワー測定にしか影響しないことに注意してください。校正中、チャンネル平均はSパラメータ測定にしか影響しません。このように、ノイズ・パワー測定とSパラメータ測定で使用するアベレージング回数はそれぞれ最適化することができます。

質問：高利得増幅器の圧縮を避けるために入力パワーを非常に低く設定したら、校正と測定のノイズが高くなってしまいました。これを解決する方法はありますか？

回答：解決できる方法がいくつかあります。校正はCal Allの選択をお勧めします。校正中のセットアップと測定セットアップを別々に最適化できるので、より高いパワーを使用できます。スカラー・ノイズ校正では、ポート1のテスト・カップラを逆にして（主経路と分岐経路を逆にする）S11測定の感度を上げれば、S21と雑音指数の測定を低雑音で正確に行えます（この方法はベクトル・ノイズ校正には使用できません。ソース経路の損失が大きくなって、チューナによるインピーダンス・ステートが互いに接近してしまうためです）。チャンネル平均を使用してSパラメータのトレース雑音を低減すれば、雑音指数トレースのジッタも低減できます。

質問：オンウェーハのTRL校正を行う場合、校正に十分な標準がないことを示すエラーが発生するのはなぜですか？

回答：このエラーが表示される理由は、雑音パラメータを決定するのに5個以上のインピーダンス・ステート（ノイズ・レシーバに与える必要があるからです。通常のTRLインピーダンス標準サブストレート（ISS）校正キットには通常より多くの標準を定義する必要があります（この問題は同軸TRL校正キットでも発生します）。この状況を修正するには、Modify Cal Kit機能を使用して標準を追加定義しなければなりません（手順の詳細についてはHelpファイルをご覧ください）。スルー / ライン標準（または複数のライン標準）を反射標準として再利用すれば追加のインピーダンス標準を作成できます。これを行うには伝送ラインの片端をフロービングして別の端はオープンにしたままにして、1対のオフセット・オープンを作成します。ECalを使用してポート2のノイズ・ソース・アダプタをディエンベディングした場合はオンウェーハ・インピーダンス標準を追加する必要はありません。この場合は、ECalを使用して5つのインピーダンス・ステート（ノイズ・レシーバに与えれば大丈夫です）。

質問：インピーダンス・チューナとして使用しているECalモジュールを2ポート校正にも使用できますか？

回答：使用できません。校正プロセスのSパラメータ校正部分には、別のECalモジュールかメカニカル校正キットを使用する必要があります。

質問：雑音指数オプションでサポートされているECalモジュールは？

回答：Sパラメータ校正部分にはどのECalモジュールでも使用することができます。インピーダンス・チューナの用途には、N4690シリーズ 2ポート ECalモジュールのみサポートされています。

質問：推奨ノイズ・ソースは？

回答：26.5 GHzユニットにはKeysight 346C ノイズ・ソース（公称ENR 16 dB）を推奨します。PNA-Xの雑音指数は約11~14 dBなので、より高いENRが必要です。18 GHzまでカバーするには346Bもお勧めします。1~50 GHzレンジの測定には346C-K01を推奨します。1 GHz未満または26.5 GHz以上の測定には、校正にノイズ・ソースではなくパワー・センサを使用してください。

質問：.346A,ノイズ・ソースを使用できますか？

回答：はい、346A ノイズ・ソースを使用して校正を実行できます。しかし、ENR値が6 dBと低いため、346Bまたは346Cを使用した場合よりもPNA-Xのノイズ・レシーバの測定精度が劣化します。低ENRの問題を解決するには、校正中の雑音平均の回数を増やす必要があります。

質問：PNA-X 雑音指数オプションは、N4000Aシリーズ スマート・ノイズ・ソース（SNS）をサポートしていますか？

回答：サポートしていません。

質問：校正中、ホット・ステートとコールド・ステートでノイズ・ソース整合を測定していますか？

回答：測定しています。この値を使用して、より正確なノイズ・パワー測定を行っています。

質問：校正後、PNA-Xのノイズ・レシーバの利得を、再校正を行わずに変更可能ですか？

回答：可能です。校正中に3つのすべての利得ステージ（0/15/30 dB）が測定されるので、校正後はDUTの利得に応じて変更できます。

質問：校正後、再校正を行わずに雑音帯域幅を変更可能ですか？

回答：ユーザ・インターフェースで変更可能ですが、推奨しません。雑音帯域幅を変更するとノイズ・レシーバから得られる利得帯域幅積も若干変わり、測定誤差が生じます。校正と測定で同じ雑音帯域幅を使用することをお勧めします。

質問：Cal Set Viewerで、インピーダンス・チューナのガンマ項を含む雑音指数校正の誤差項を表示できますか？

回答：表示できます。

質問：ノイズ・ソースやパワー・センサをテスト・ポート・ケーブルに直接接続しなくてもシステムを校正できますか？

回答：校正できます。校正中にノイズ・ソースやパワー・センサの接続に使用したアダプタの影響は、校正により除去されます。2ポート校正面に雑音校正面を合わせるために、ノイズ・ソースやパワー・センサが接続されたポイントで1ポート校正が必要です。この機能は、50 GHzのオンウェーハ・テスト・システムでノイズ・ソースを使用する場合にも非常に便利です。ショート・アダプタでノイズ・ソースを直接テスト・ポート2に接続して、ケーブル損失がレシーバ特性に与える悪影響を除去できます。

質問：オンウェーハ校正面に同軸のノイズ・ソースやパワー・センサを接続できない場合、どのようにオンウェーハ測定を校正すればよいですか？

回答：2つの方法があります。1つは、同軸校正標準を使用してノイズ校正をすべて行い、ウェーハ・プローブをディエンベディングする方法です。もう1つは、Cal Wizardのガイドに従って、同軸 / オンウェーハ・ミックスド校正を行う方法です。この手法により、テスト・セットアップの同軸部分のあらゆるポイントでPNA-Xのノイズ・レシーバの特性評価を実行できます。校正ルーチンにより別の1ポート校正が追加され、これにより、ノイズ校正面がオン・ウェーハ校正面まで延長されます。校正ルーチンはノイズ・ソースやパワー・センサの接続にアダプタが必要なケースも処理できます。テスト・システムにウェーハ・プローブを接続する際には、アダプタを、オンウェーハ校正の位置に残すことも、1ポート校正後に外すこともできます。

質問：2個のメス・コネクタ付きのデバイスを測定する際に2ポート校正用のECalモジュールを使用します。しかし、テスト・システムとノイズ・ソース / パワー・センサの接続に使用しているアダプタの1ポー

ト校正を行おうとすると、校正キットの選択肢としてECalが表示されません。なぜでしょうか？

回答：アダプタに接続できるコネクタを1つ以上備えているECalしか表示されません。メス-メスのECalモジュールを使用している場合、メス・コネクタ付きアダプタの1ポート校正には使用できません。代わりに、少なくとも1つのオス・コネクタを備えたECalが必要になります。最も柔軟なECalモジュールはオスとメスの両方のコネクタを備えており、すべてのオス / メスの組み合わせに対応できます。メス-メスのデバイスにオス-メスのECalを使用する場合、校正ルーチンの1ステップが3ステップに分割されます。最初のステップではポート1にECalのメス・コネクタを接続し、2番目のステップではそのメス・コネクタをポート2に接続し、3番目のステップでは外部スルーアダプタが必要になります。

質問：PNA-Xのノイズ・レシーバの雑音パラメータの影響は測定から除去されますか？

回答：除去されます。レシーバの雑音パラメータがわかれば、測定から全レシーバ雑音を除去できます。これはDUTの出力整合に依存します。校正中に2つのECalモジュールを使用する場合は、2ポート校正部分で使用するものを、ノイズ・レシーバの雑音パラメータ特性評価用のソースインピーダンスセットを生成するためにも使用します。ECalはノイズ・レシーバに最も近接しているため損失が小さく、さまざまなインピーダンス値を生成できるからです。したがって、2個目のECalモジュールを使用できる場合は、測定でインピーダンスチューナとして使用するECalは校正ではインピーダンスチューナとして使用しません。校正で使用するチューナ用のECalモジュールしかない場合、ECalは、雑音パラメータ特性評価に必要な複数のソースインピーダンスを生成するために、2ポート校正で使用するメカニカル標準と共に使用されます。

質問：何らかの検証キットを使用して、雑音指数測定の絶対確度を検証する方法はありますか？

回答：現時点では、市販の雑音検証キットはありません。しかし、KeysightとNISTが、不整合伝送ライン（Beatty標準）と増幅器を検証標準として使用する方法を記載した記事を発表しています。“Verification of Noise-Parameter Measurements and Uncertainties”、IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement、vol. 60、no. 11、November 2011、pp. 3685–3693（James Randa、Joel Dunsmore、Dazhen Gu、Ken Wong、David K. Walker、Roger D. Pollard）をご覧ください。

質問：アッテネータの測定は、雑音指数確度の検証に適した方法でしょうか？

回答：あまり適していません。簡単なチェックには使用できる方法ですが、実際のDUTを測定する場合よりもトレース・ジッタが非常に高くなり、実際のDUTには内蔵レシーバの雑音が打ち消されてしまうほどの過剰雑音が存在します。アッテネータはパッシブ・デバイスで過剰雑音はありません。したがって、ノイズ・レシーバは、校正中もアッテネータ測定中も同じノイズ・パワーを測定します。校正された測定では、レシーバの雑音の寄与がDUTの雑音の寄与から差し引かれます。アッテネータの場合、雑音指数トレースのばらつきが大きくなります（例：高いトレース雑音）。そのため、アッテネータの雑音指数を測定する際は雑音平均を多く（100回～200回）行う必要があります。アッテネータ損失と雑音指数を比較するために、数式エディタ機能を使用してS21の代わりに1/S21を表示できます。これはS21を負の値（損失によるもの）から正の値に変換し、本質的にはトレースをX軸に対して対称移動します。アッテネータの雑音指数と損失が等しくなるのは290 Kで測定した場合のみであ

ることに注意してください。これより高い温度では、雑音指数は損失より大きくなります。雑音指数測定の確度を計算するには、PNA-X雑音指数不確かさ計算機がより適したツールです。

質問：Keysightは、PNA-Xのソース補正手法に使用できる雑音指数不確かさ計算機を提供していますか？

回答：提供しています。次のURLで入手いただけます：<http://www.agilent.com/find/nfcalc>。

KeysightのPNA-X雑音指数不確かさ計算機は、雑音指数測定の誤差を計算できる業界で最も包括的なツールです。PNA-Xの高度な雑音指数誤差補正手法により、誤差の主要因を考慮していない他の不確かさ計算機とは異なり、モンテカルロ法に基いたKeysightのPNA-X雑音指数不確かさ計算機は、以下の要因による誤差を計算しています：

- ・残留Sパラメータの不確かさから生じる不整合誤差
- ・次の要因で生じる雑音パラメータに起因するエラー：システム信号源の整合の不完全性とDUT入力雑音の相互作用、DUTの出力整合によるノイズ・レシーバのソース・プル
- ・ノイズ・ソースのENRまたはパワー・メータの不確かさ
- ・ノイズ・レシーバのリニアリティ、圧縮、ジッタ、温度ドリフト

PNA-X雑音指数不確かさ計算機は、PNA-Xまたは外部のWindows® 搭載PCで動作します。オプション029 低雑音レシーバを使用した増幅器測定に限定されます。ノイズ・ソースまたはパワー・メータを使用したノイズ・レシーバの特性評価、さらに、ベクトル・ノイズ校正とスカラー・ノイズ校正の両方をサポートしています。KeysightのVEE Runtimeアプリケーションが必要です。これは、PNA-Xに工場インストールされていますが外部PCでも使用できます。 [こちら](#)です。

ハードウェア

質問：PNA-Xのすべてのモデルで低雑音レシーバ・オプションを使用できますか？

回答：使用できます。オプション029により、内蔵低雑音レシーバがポート2に追加されます。

N5241/42/44/45Aモデル（13.5/26.5/43.5/50 GHz）では、低雑音レシーバは各測定器の上限周波数まで動作します。N5247A（67 GHz）モデルでは、低雑音レシーバは最大50 GHzまでしか動作しませんが、測定器のSパラメータ・レシーバを使用すれば、50～67 GHzバンドで雑音指数測定を実行できます（「Sパラメータ・レシーバ（オプション028）の使用」のセクションをご覧ください）。

質問：PNA-Xのノイズ・レシーバの雑音指数は？

回答：内部の雑音指数は非常に優れていますが、内蔵テスト・セットのコンポーネント（ケーブル、スイッチ、カップラなど）は若干悪く、特に高周波数で悪化します。測定器の周波数レンジの約90 %で、テスト・ポート2の雑音指数は10～11 dB程度（代表値）です。上から10 %のレンジでは、雑音指数は約14 dB（代表値）まで悪化します。ノイズ・レシーバの雑音指数の保証仕様は測定器のデータ・シートに掲載されています。

質問：雑音指数測定には、どちらのポートを使用できますか？

回答：オプション029 ノイズ・レシーバを使用する場合は、ポート1とポート2の間に測定を行う必要があります。これは、チューナとチューナ・スイッチがポート1に、低雑音レシーバがポート2にしかないためです。標準Sパラメータ・レシーバをノイズ・レシーバとして使用して雑音指数測定を行う場合は、ソースとレシーバのテスト・ポートを自由に組み合わせられます（「Sパラメータ・レシーバ（オプション028）の使用」をご覧ください）。

質問：ノイズ・レシーバで使用できる帯域幅は？

回答：800 kHz、2 MHz、4 MHz、8 MHz、24 MHzを使用できます。デフォルトの帯域幅は4 MHzです。標準Sパラメータ・レシーバをノイズ・レシーバとして使用する場合に使用できる雑音帯域幅は、720 kHzおよび1.2 MHzのみです（「Sパラメータ・レシーバ（オプション028）の使用」をご覧ください）。

質問：ノイズ・レシーバが正常に動作していることをどのように確認できますか？

回答：確認するには、3つのテストを行います。1つ目は、Operator's Check（メニューUtility>System>Serviceにあります）の実行です。すべて合格したら、残りの2つのテストを実行して適切に動作していることを確認できます。

テスト 1：生のノイズ・レシーバ・ジッタ

1.50 Ω のロードをポート2に接続する（校正キットのロードは、この用途にも50 Ω 終端としても使用できます）。

2.雑音指数測定クラスを作成する（Response、Measure>Measurement Class...>Noise Figure Cold Source）。

3.測定をシステム入力相関ノイズ・パワー（Response>Measure>SYSRNPI）に変更する。

4.雑音平均を10回に設定し、オンにする（Response>Measure>Noise Setup...>Average Numberを10に設定、Average ONチェック・ボックスを選択）。

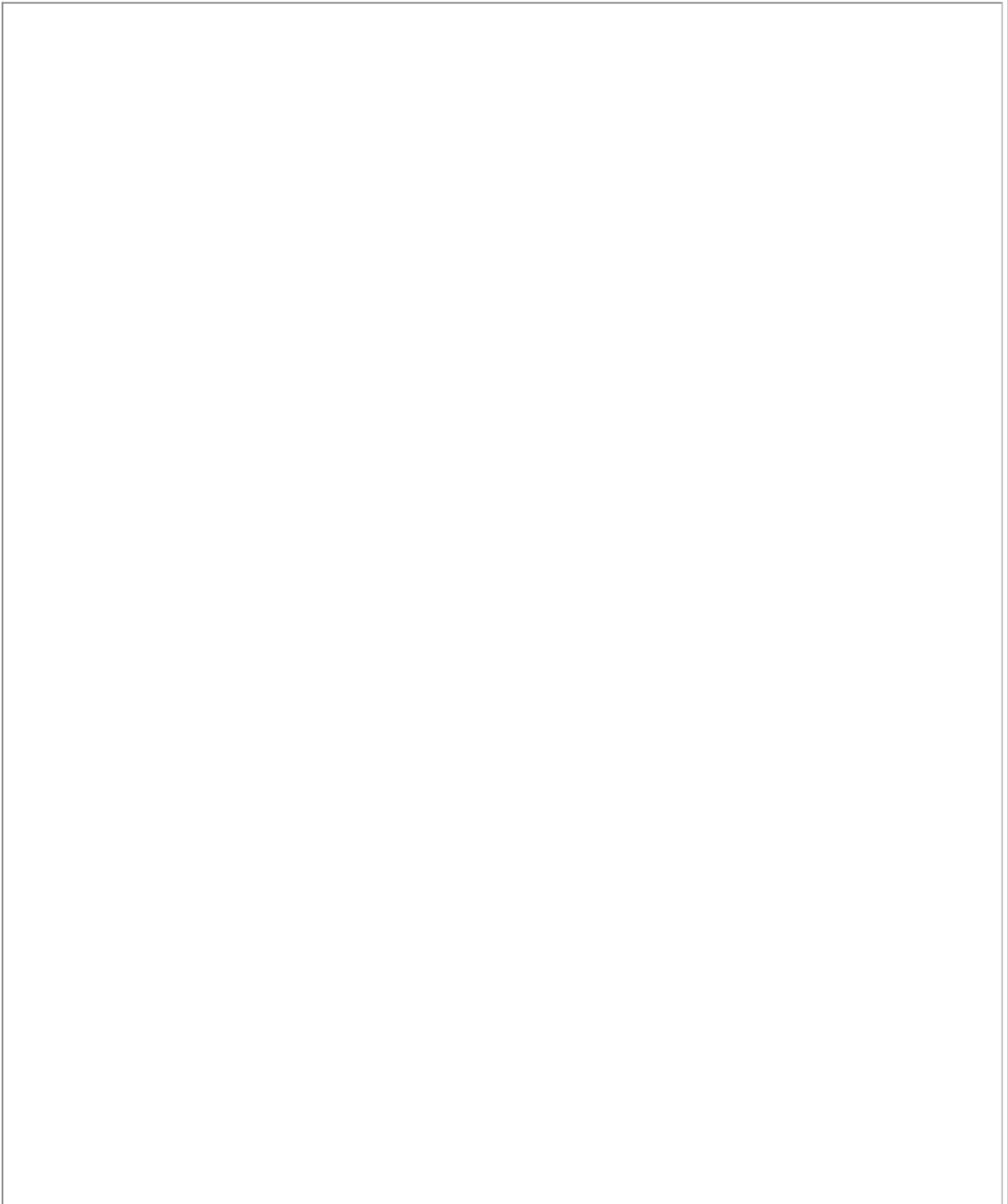
5.トレースをノーマライズする（Marker/Analysis>Memory>Normalize）。

6.雑音平均をオフにする（Response>Measure>Noise Setup...>Average ONチェック・ボックスの選択を外す）。

7.Scale/Division（スケール/div）を0.2 dBに変更する（Response>Scale, Scale...）。

8.トレース統計をオンにする（Marker/Analysis>Analysis>Trace Statistics>Statisticsのチェック・ボックスを選択）。

9.Std. Devの値を各公表仕様に合わせる。N5241/42Aの場合は0.1 dB未満に、N5244/45/47Aの場合は0.11 dB未満に設定する。代表値は0.07 dB（次の図を参照）：



テスト 2：補正ノイズ・レシーバ雑音指数

1. テスト1のセットアップを使用して、新しい雑音指数測定クラスを作成する (Response > Measure

＞Measurement Class...＞Noise Figure Cold Source）。N5241/42Aユニットの場合は、測定クラスにデフォルト値を使用する。N5244/45/47Aユニットの場合は、開始周波数を500 MHzに設定する（この設定で50 GHzのノイズ・ソースを使用できます。仕様には最小1 GHzまでしか記載されていませんが、この開始周波数まで機能します）。

2. 雑音指数チャンネルのスカラ・ノイズ校正を実行する。1本のテスト・ケーブルをポート1に接続し、アダプタを直接ポート2に接続する（ポート2の基準面はフロント・パネル・コネクタになります。これにより、ポート2のケーブル損失がレシーバの雑音指数に影響するのを防止します）。校正には、パワー・メータまたはノイズ・ソースを使用することもあります。ベクトル・ノイズ校正の実行も可能ですが、ノイズ・レシーバの雑音指数のテストには必要はありません。

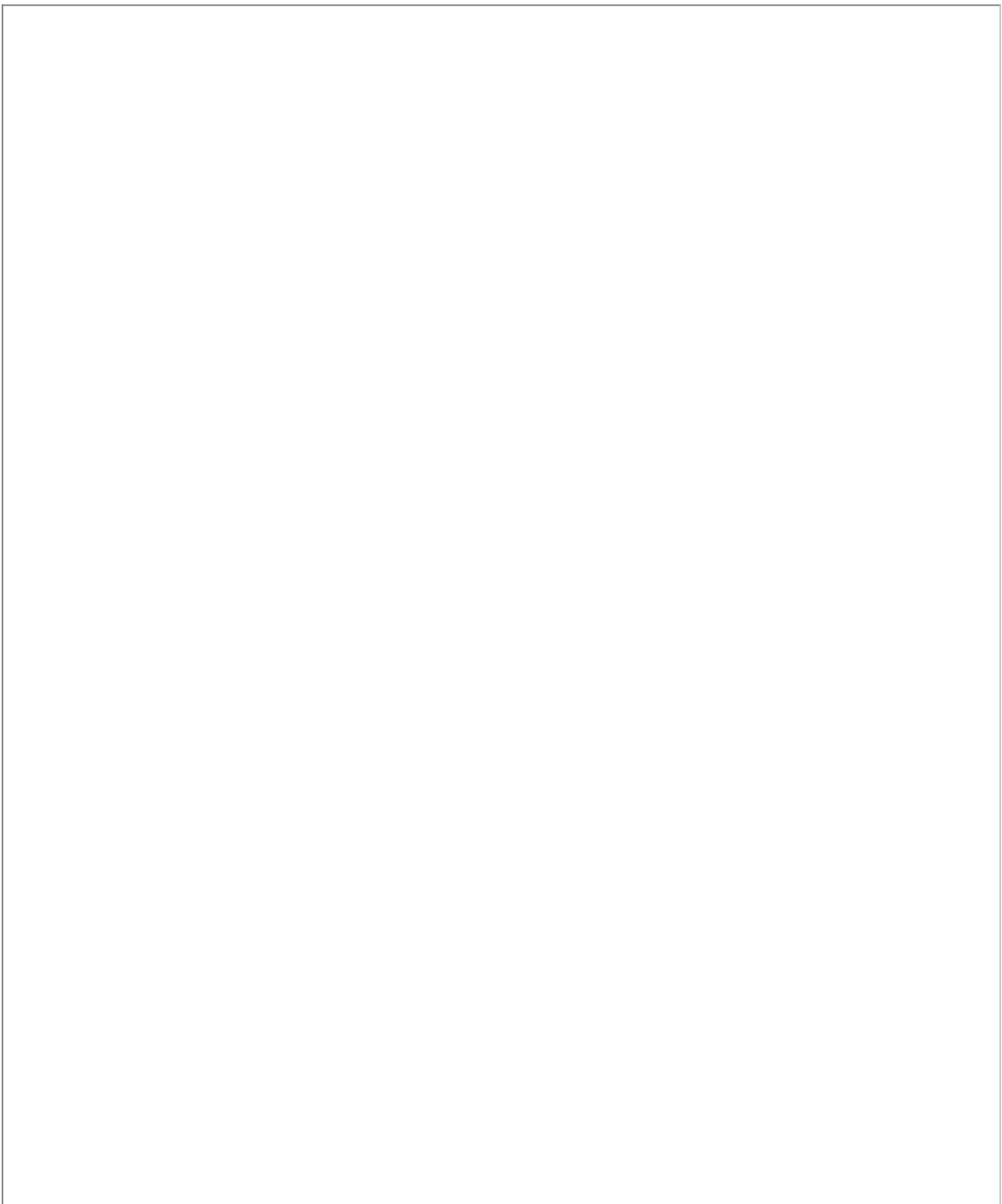
3. 50 Ω ロードをポート2に接続する（校正キットのロードを使用できます）。

4. NF測定をシステム入力相関ノイズ・パワーに変更する（Response＞Measure＞SYSRNPI）。

5. Scale/Division（スケール/div）を5 dBに変更する（Response＞Scale＞Scale...）。

6. 50 Ω のロードをポート2に接続する（校正キットのロードは、この用途にも50 Ω 終端としても使用できます）。

7. トレースからノイズ・レシーバの雑音指数を直接読みとる。約10～15 dBになります。次の例はN5242Aから取得したもので、リミット・ラインは公表仕様の値に設定されています：



次の例はN5247Aから取得したもので、リミット・ラインは公表仕様の値に設定されています：



Sパラメータ・レシーバ（オプション028）の使用

質問：オプション028とは何ですか？

回答：オプション028は、ノイズ・パワー測定に標準Sパラメータ・レシーバを使用するPNA-X用の雑音指数オプションです。低雑音レシーバやインピーダンス・チューナは含まれていません。オプション029と同じ測定アルゴリズムと校正手法を使用しています。

質問：オプション028はオプション029よりも確度が劣るのでしょうか？

回答：同じ校正手法（スカラー・ノイズ校正とベクトル・ノイズ校正）を共有しているため、1桁目まで2つのオプションの確度は同じです。しかし、実際には、オプション028ではレシーバの雑音指数が高いためジッタなどの潜在的な誤差要因が多くなり、レシーバ感度を改善するために外部LNAを使用した場合はLNAのドリフトや圧縮が発生します。

質問：オプション028の代わりに、より高価なオプション029を購入しなければならない理由は？

回答：簡単に言えば、オプション029はより使い勝手が良く汎用的です。このオプションは、LNAやフィルタなど、他の外部コンポーネントを必要としない広帯域ソリューションです。利得と雑音指数のすべての組み合わせを測定できるだけでなく、利得圧縮やIMDなど他の測定でも十分に機能するシングル接続、マルチ測定テスト・ソリューションを実現できます。校正も外部コンポーネントは不要で非常に容易です。オプション028の場合はレシーバ感度を上げるために外部LNAが必要な場合が多く、バンド外ノイズを除去する部フィルタも必要なため、広帯域測定ソリューションとしては使用できません。さらに、外部コンポーネントがスイッチで外せないため、利得圧縮およびIMDの測定に干渉します。最後に、外部LNAによりテスト・システムの利得が増加するので、校正と測定の両方で優れたS/N比を確実に得るために、LNA、Sパラメータ・レシーバ、DUTが圧縮しない範囲でパワー・レベルを正確に設定することが極めて重要になります。

質問：オプション028でもオプション029と同様に正しく測定できるデバイスがありますか？

回答：あります。周波数コンバータが40 dBを超える高利得でスプリアス信号とバンド外雑音を除去する出力フィルタを備えている場合は、外部コンポーネントが不要なので、オプション028で極めて良好に測定できます。

質問：雑音指数測定用の標準レシーバを使用する際に、外部LNAが必要になるのはどのような場合ですか？

回答：大まかに言うと、外部プリアンプが必要になるのは、過剰雑音が20 GHzまでで30 dB未満、50 GHzまでで40 dB未満、67 GHzまでで45 dB未満のデバイスです。全過剰雑音がこれらの値よりも少しでも低ければ測定は可能ですが、トレース・ジッタが高くなります。

質問：標準レシーバで雑音指数を測定する場合、よく外部フィルタが必要になるのはなぜですか？

回答：PNA-XのSパラメータ・レシーバはミキサ前段にフィルタなどのプリセクタを備えていません。基本波と3次高調波のミキシングを使用して測定器の全周波数レンジをカバーしています。26.5 GHzまでは、PNA-Xは基本波のミキシングを使用しています。しかし、LOの3次/5次高調波にも雑音変換が発生する可能性があるため、フィルタを使用しなければ、測定したいノイズ・パワーに対して多くのバンド外ノイズが寄与します。フロント・パネルのジャンパを使用してレシーバの直前にローパス・フィルタ / バンドパス・フィルタを挿入すれば、レシーバに入るバンド外ノイズを排除して、測定誤差の要因を除去できます。26.5 GHzより上の周波数では3次高調波のミキシングが使用されていますが、フィルタを使用しないと大きな問題が発生します。この場合もLOの基本周波数で雑音変換が発生し、変換効率が3次高調波における効率よりも約9 dB高くなります。したがって、フィルタを使用しない場合は、非常に大きいバンド外ノイズの寄与があります。この場合も、バンド外ノイズがレシーバに入るのを防ぐためにハイパス・フィルタまたはバンドパス・フィルタを使用します。50~67 GHz帯域では、2個のKeysight V281A (WR-15) 同軸-導波管アダプタを直列に接続すれば優れたハイパス・フィルタになり、約44 GHz未満の信号を除去できます。

質問：67 GHzのN5247Aにオプション029を搭載してしますが、67 GHzまで雑音指数を測定したい場合はオプション028も必要でしょうか？

回答：いいえ、必要ありません。オプション029で、低雑音レシーバまたはSパラメータ・レシーバを選択して使用できます。低雑音レシーバは50 GHzまで使用でき、Sパラメータ・レシーバは50~67 GHzで使用できます。

質問：雑音指数測定向けに標準レシーバを校正する際、パワー・メータを使用しなければならないのはなぜですか？

回答：標準レシーバの雑音指数が非常に高く（周波数によって30~45 dB）、標準ノイズ・ソースのENR値ではレシーバの内部雑音を打ち消せないためです。パワー・メータ法では比較的大きな正弦波信号でレシーバの利得と帯域幅を測定するため、問題を回避できます。

質問：標準レシーバとパワー・メータを使用して初めてPNA-Xを校正したときは全周波数範囲で雑音帯域幅の測定が行われました。2回目以降の校正では、このステップがスキップされます。なぜですか？

回答：標準レシーバの雑音帯域幅を測定器のフル・レンジに渡って測定することは、利得帯域幅積対周波数を計算するために必要です。しかし、標準Sパラメータ・レシーバにはデジタル・フィルタが使用されていて帯域幅が非常に安定しているため、1回行った測定を再度繰り返す必要はなく、校正時間を節約できます。最初の校正後、特定のテスト・レシーバに使用される雑音帯域幅のデータは測定器のハード・ドライブ上に人が読めるファイル形式で保存されます (noiseBW.xml)。他の雑音帯域幅や他のテスト・レシーバを使用する場合は別の帯域幅校正が必要なので、DUTの測定に別のポートを使用する場合や以前使用したポートで異なる雑音帯域幅を使用する場合は、同じ手順が再実行されることもあります。新しいデータはxmlファイルに追加されます。非常に重要なのは、この帯域幅校正は測定器の全周波数範囲で実行されるため、帯域幅校正の実行時に帯域制限コンポーネント（導波管アダプタやフィルタなど）を挿入してはいけないことです。保存された雑音帯域幅校正のインテグリティが

少しでも疑わしい場合はxmlファイルを削除でき、ファイルは標準レシーバの次の校正時に再度作成されます。noiseBW.xmlファイルは、Windows XP® 搭載測定器のC:\Program Files\Keysight\Network Analyzer\Noiseフォルダに作成されます。Windows 7® 搭載測定器の場合は、C:\ProgramData\Keysight\Network Analyzer\Noiseフォルダに作成されます（ProgramDataフォルダを表示するには、隠しファイル / 隠しフォルダの表示をオンにする必要があります）。

構成

質問：既存のPNA-Xをアップグレードして雑音指数機能を追加できますか？

回答：追加できます。2ポート・ユニットの場合はN524xAU-924A、4ポート・ユニットの場合はN524xAU-929をご注文ください。ほとんどの場合、アップグレードは最寄りのサービス・センタで承ります。雑音指数ハードウェア搭載のN5244Aユニットをアップグレードする場合、シリアル番号の前半部分が5204以上である必要があります。N5245Aユニットの場合、シリアル番号の前半が5205以上である必要があります。これら2つのモデルでシリアル番号の前半が上記よりも前のものは下取りが可能です。雑音指数ハードウェア搭載の新しいユニットの購入費用としてご利用いただけます。

質問：既存のECalモジュールを使用できますか？

回答：利用できます。既存のECalモジュールはSパラメータ校正に使用できます。また、既存のN4690シリーズ ECalモジュールをインピーダンス・チューナに使用できます（ただし、1つのECalを両方の用途には使用できません）。インピーダンス・チューナとして使用するECalモジュールがメス・メスの場合、PNAシリーズ構成ガイド（5990-7745EN）をご参照の上、ECalモジュールをPNA-Xのフロント・パネルに接続するのに必要なオス・オスのアダプタをご確認ください。

質問：13.5/26.5 GHzのユニット用のオプション029には内蔵チューナが含まれていますか？

回答：含まれていません。内蔵チューナを使用できるのは43.5/50/67 GHzのユニットのみです。67 GHzユニットでは、チューナおよびノイズ・レシーバは、50 GHzまで動作します。

質問：以前、Keysightは、50 GHz PNA-Xに26.5 GHz ノイズ・レシーバを追加できるN5244/45AS オプションH29を提供していました。このオプションはまだ購入できますか？

回答：購入できません。このオプションは販売を完了しました。

質問：PNA-Xでサポートされるパワー・メータとパワー・センサは？

回答：[PNAオンライン・ヘルプ](#)に最新情報が掲載されています。Power Calibrationトピックスに[Supported Power Meters and Sensors](#)の表が掲載されています。

ソリューション・パートナー

質問：Cascade Microtech社のオンウェーハ向けWinCal校正ソフトウェアで雑音指数校正ができますか？

回答：直接はできません。WinCalで行えるのはVNA Sパラメータ校正のみです。雑音チャネル校正は実行できません。しかし、WinCal Sパラメータ校正とPNA-X雑音校正を組み合わせれば、オンウェーハで最も正確な雑音指数/Sパラメータの測定を実現できます。PNA-XのCal Plane Manager機能は、あらゆるSパラメータcalセットと雑音チャネルcalセットを組み合わせられ、新しい合成雑音チャネルcalセットを生成したり、アダプタ / フィクスチャ / ウェーハ・プローブのディエンベディングに使用するs2pファイルを作成できます。この機能により、WinCalを使用したオンウェーハLRRMなどの校正とPNA-Xで実行した同軸雑音チャネル校正を組み合わせることができます。

質問：PNA-Xを使用している市販の雑音パラメータ・システムはありますか？

回答：あります。Maury Microwave社とFocus Microwaves社で取り扱われています。最近変更されたMaury社の雑音パラメータ・ソフトウェアは従来よりも2桁以上高速になった上に、雑音パラメータ測定確度も向上しました。

その他

質問：KeysightのIC-CAPデバイス・モデリング・ソフトウェアは雑音指数測定機能を備えていますか？

回答：現時点では備えていません。

質問：PNA-Xの雑音指数に関するアプリケーション・ノートはありますか？

回答：PNA-Xの雑音指数測定に関して、2つのアプリケーション・ノートがあります。

・Application Note 1408-20 High-Accuracy Noise Figure Measurements Using the PNA-X Series Network Analyzer (5990-5800EN)

・Optimizing On-Wafer Noise Figure Measurements to 67 GHz (5991-2524EN)

