

Keysight E5061B-3L5 LF-RF

ネットワーク・アナライザ+オプション005
インピーダンス解析機能

Data Sheet

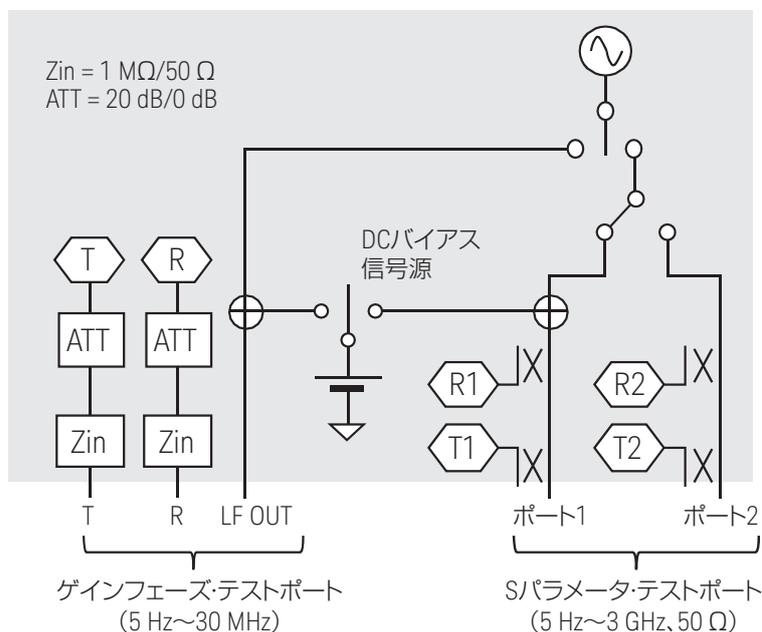


E5061B-3L5+オプション005：NAとZAをワンボックスで実現

電子機器の性能と信頼性を保証するには、回路に使用されているさまざまな電子部品のインピーダンス特性を評価することが不可欠です。E5061B-005は、E5061B-3L5 ENAシリーズ LF-RFネットワーク・アナライザ用のインピーダンス解析ファームウェアオプションです。E5061B-005により、ネットワーク解析(NA)とインピーダンス解析(ZA)の2つの機能が1台の測定器に統合され、5 Hz～3 GHzの広い周波数範囲でのコンポーネント/回路の幅広い特性評価が可能になります。

E5061BEP-NZA ENAネットワーク・アナライザエクスプレス構成は、オプション3L5/020/005/720/1E5を搭載したE5061Bと等価です。エクスプレスENAの詳細については、www.keysight.co.jp/find/express-e5061bをご覧ください。

E5061B-3L5のブロック図



E5061B-3L5+オプション005の主な測定機能

インピーダンス解析機能	
インピーダンスパラメータ	$ Z $, θ_z , $ Y $, θ_y , Cp, Cs, Lp, Ls, Rp, Rs, D, Q, R, X, G, B
測定手法	ポート1反射、ポート2反射、ポート1-2直列スルー、ポート1-2シャントスルー、ゲインフェーズ直列スルー、ゲインフェーズ・シャントスルー
等価回路解析	3コンポーネントモデル(4つのモデル：A/B/C/D)、4コンポーネントモデル(1つのモデル：E)
信号源特性	
テスト周波数	5 Hz～3 GHz(ポート1および2)、5 Hz～30 MHz(ゲインフェーズ・テストポート)、1 MHz分解能
AC信号源出力(発振器レベル)	-45～+10 dBm(信号源ポートを50 Ωで終端した場合)
DC電圧バイアス	0～±40 V(最大100 mA)、1 mV分解能(0 V～±10 V)、4 mV分解能(10 V～40 V、-10 V～-40 V)、DCバイアスマニターが可能(電圧または電流)
出力インピーダンス	50 Ω(公称値)
掃引特性	
掃引タイプ	リニア周波数掃引、ログ周波数掃引、セグメント掃引、パワー掃引(dBm単位)、DCバイアス掃引
掃引方向	アップ掃引
ポイント数	2～1601
誤差補正(インピーダンス測定用)	
校正	インピーダンス校正(オープン/ショート/ロードおよびオプションの低損失キャパシタ)。レスポンススルー校正、フル1ポート校正、フル2ポート校正、ECal ¹ 、ポート延長
フィクスチャ補正	フィクスチャ選択(7 mmフィクスチャ用のポート延長)、オープン/ショート/ロード補正。

1. 適用可能な周波数は、使用するECalによって制限されます。

3種類の測定手法により広範囲のアプリケーションに対応

E5061B-005は、Sパラメータ・テストポートとゲインフェーズ・テストポートを使用した3種類のインピーダンス測定法をサポートすることにより、電子コンポーネントに対する広範囲のインピーダンス測定に対応しています。アプリケーションのインピーダンスと周波数レンジに応じて、適切な測定法を選択できます。

反射法

Sパラメータポート1を使用する反射法は、低～中インピーダンスレンジに適した汎用的なインピーダンス測定法です。16201A 7 mmターミナルアダプターを介して、キーサイトの7 mmコンポーネント・テストフィクスチャに接続できます。

従来のRFインピーダンス・アナライザと同様に、7 mm校正キットによるオープン/ショート/ロード(およびオプションの低損失キャパシタ)校正を実行し、7 mmフィクスチャから生じる誤差をフィクスチャ補正機能(オープン/ショート補正、およびオプションのフィクスチャ選択/ポート延長)で除去することにより、測定回路を校正します。

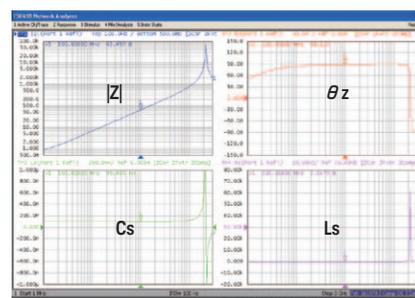
直列スルー法

ゲインフェーズ・テストポートを使用する直列スルー法も汎用的なインピーダンス測定法であり、30 MHzまでの低周波レンジの中～高インピーダンスの測定に適しています。

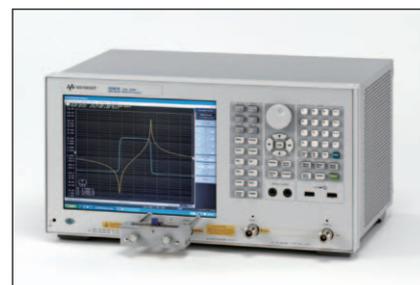
キーサイトの4端子対(4TP)コンポーネント・テストフィクスチャをゲインフェーズ・テストポートに直接接続できます。オプションE5061B-720 50 Ω抵抗セットに付属するリード付き50 Ω抵抗またはSMD 50 Ω抵抗を使用して、フィクスチャ位置でオープン/ショート/ロード校正を実行することにより、正確なインピーダンス測定結果が得られます。



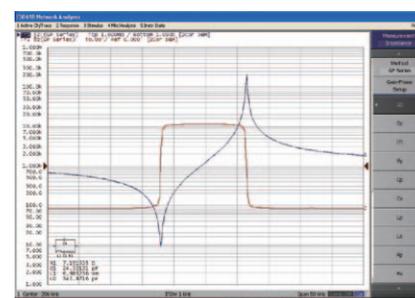
16201Aターミナルアダプターと16092A 7 mmフィクスチャを使用したポート1反射法



反射法によるRFインダクター測定
(1 MHz ~ 3 GHz)



16047E 4TPフィクスチャを使用したゲインフェーズ直列スルー法



ゲインフェーズ直列スルー法によるセラミック共振子測定($F_r=400$ kHz)

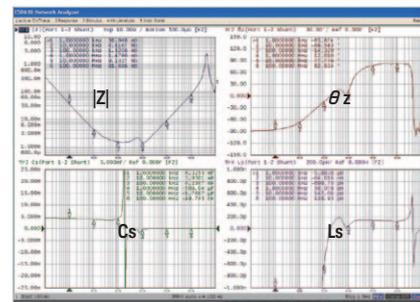
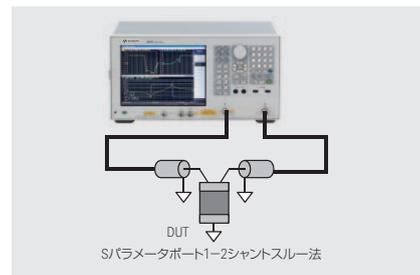
シャントスルー法

シャントスルー法は、mΩレンジまでのきわめて小さなインピーダンス測定に特に適した方法です。代表的なアプリケーションとして、電源分配回路(PDN)やその関連コンポーネント(バイパスコンデンサーやDC-DCコンバーターなど)があります。Sパラメータポート1と2を使用したシャントスルー法は、GHzレンジまでのPDN測定に適しています。ゲインフェーズ・テストポートを使用したシャントスルー法は、グラウンドループ誤差を除去できるため、低周波レンジでのミリオームPDN測定に適しています。

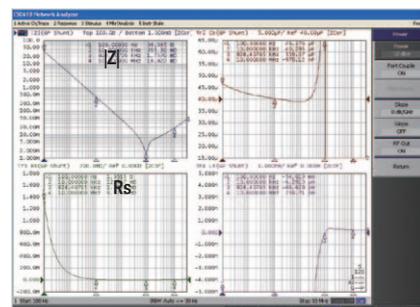
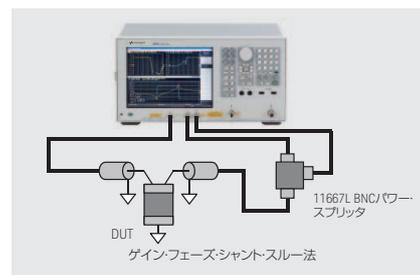
E5061B-3L5+005の主なインピーダンス測定手法のまとめ

	周波数レンジ (代表値)	精度10%の Z レンジ	テストフィクスチャ	アプリケーション例
Sパラメータ ポート1反射	5 Hz ~ 3 GHz	1 Ω ~ 2 kΩ	キーサイトの7 mm テストフィクスチャ および16201Aターミ ナルアダプター	インダクター、変圧器、 RFキャパシタ、RFダイ オード
ゲインフェーズ 直列スルー (T:50 Ω 20 dB、 R:1 MΩ 20 dB)	5 Hz ~ 30 MHz	3 Ω ~ 40 kΩ	キーサイトの4TP テストフィクスチャ	共振子、圧力センサ、 小型キャパシタ、大型 インダクター
Sパラメータ・ ポート1-2 シャントスルー	100 kHz ~ 3 GHz ¹	1 mΩ ~ 80 Ω	ユーザー提供の同軸 プローブ、または シャントスルー・ テストボード	高周波PDNアプリケー ション(バイパスコン デンサ、PCBレベル PDN測定)
ゲインフェーズ・ シャントスルー (T : 50 Ω 0 dB、 R:50 Ω 20 dB)	5 Hz ~ 30 MHz	<1 mΩ ~ 5 Ω	ユーザー提供の同軸 プローブ、または シャントスルー・ テストボード	低周波PDNアプリケー ション (DC-DCコンバ ーター、大型バイパスコ ンデンサ、PCBレベル PDN測定)
Sパラメータポー ト1-2直列スルー	5 Hz ~ 3 GHz	8 Ω ~ 40 kΩ	ユーザーが用意する 直列スルーフィクス チャ	共振子 (Fr > 30 MHz)

1. 100 kHz未満の低周波レンジでmΩレンジのインピーダンスを測定するには外部コアが必要です。



Sパラメータポート1-2シャントスルー法によるPDN測定(100 Hz ~ 1 GHz)



ゲインフェーズ・シャントスルー法によるMLCC測定(100 Hz ~ 30 MHz)

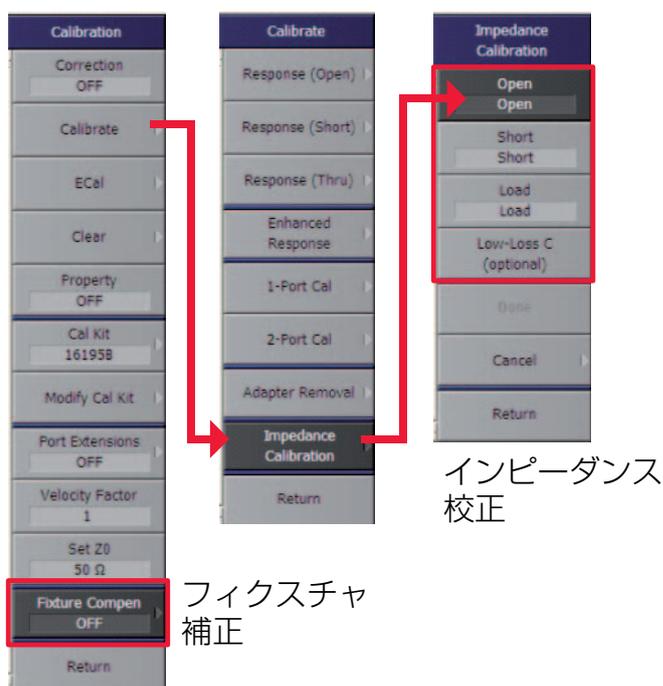
校正とフィクスチャ補正

インピーダンス校正

E5061B-005には、レスポンススルー、1ポートフル、2ポートフルなどのNA校正機能に加えて、インピーダンス測定のためのインピーダンス校正(Z校正)機能が備わっています。インピーダンス校正では、測定されたSパラメータまたはゲインフェーズ比データがインピーダンスに変換された後で、オープン/ショート/ロード(およびオプションの低損失C)校正がインピーダンスドメインで実行されます。このため、反射法だけでなく、直列スルー法やシャントスルー法を含むすべてのインピーダンス測定法で、オープン/ショート/ロード校正を実行できます。

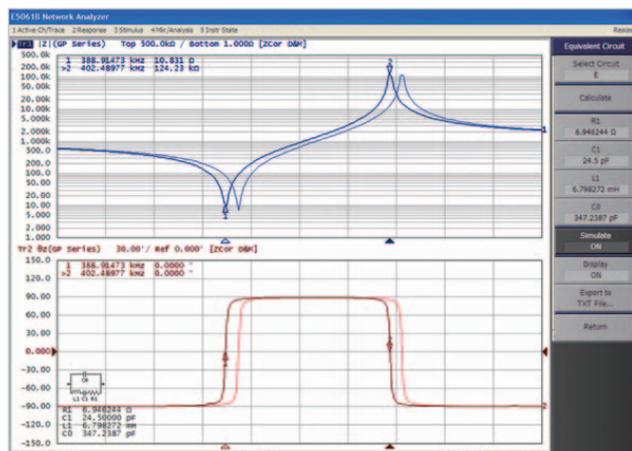
フィクスチャ補正

フィクスチャ補正機能は、テストフィクスチャから生じる測定誤差を除去するもので、主に16201Aターミナルアダプタと7 mmテストフィクスチャを使用する反射法で用いられます。オープン/ショート(およびオプションのロード)補正は、フィクスチャの残留インピーダンスと浮遊アドミタンスを除去します。電気長補正(フィクスチャタイプ選択またはZポート延長)は、RFレンジで7 mmフィクスチャに生じる位相シフト誤差を除去します。



等価回路解析

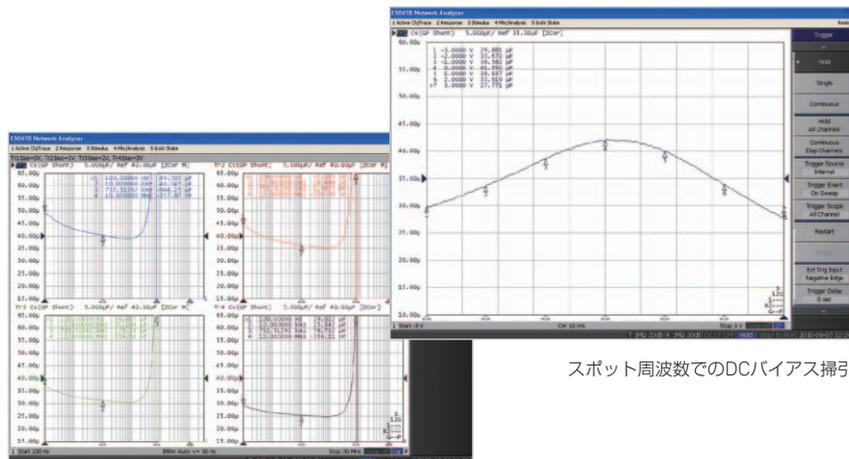
等価回路解析機能は、キャパシタ、インダクター、共振子のインピーダンスから、3または4素子の等価回路パラメータを抽出します。さらに、抽出したパラメータを使用してインピーダンス曲線をシミュレートし、測定結果のインピーダンスに重ねて表示することにより、各パラメータの値を調整して、シミュレーション結果と測定結果を一致させることができます。



等価回路解析(測定結果とシミュレーション結果のトレースの重ね合わせ)

DCバイアスインピーダンス測定

他のネットワーク・アナライザとは異なり、E5061B-3L5には掃引可能なDCバイアス信号源(0 ~ 40 Vdc、最大100 mAdc)があり、ポート1またはLF OUTポートのAC信号にDC電圧を重畳させることができます。これにより、バリキャップダイオード、大容量MLCC、MEMS共振子など、DCバイアス依存性を持つコンポーネントに対するDC電圧バイアスインピーダンス測定が簡単に行えます。



スポット周波数でのDCバイアス掃引

スポットDCバイアスによる周波数掃引

DC電圧バイアスMLCC測定

測定精度 (SPD)

定義

仕様はすべて、23 °C ± 5 °C の温度 (特に記載のない限り) で、測定器の電源投入から90分後に適用されます。補足特性データ (SPD) は、最も可能性が高いパラメータの値 (平均値) を表します。製品保証の対象ではありません。

精度定義の条件 (反射法および直列スルー法)

共通条件

周波数	5 Hz ~ 200 Hz	200 Hz より上
IFBW	≤ 1/5 × 周波数 [Hz]	≤ 40 Hz
アベレーシング	オフ	
温度	校正は 23 °C ± 5 °C で実行、測定は校正温度 ± 1 °C 以内で実行	

反射法

測定手法	Sパラメータポート1反射 (ポート1反射)
周波数レンジ	5 Hz ~ 3 GHz
校正	インピーダンス校正：オープン/ショート/ロード ¹
入力インピーダンス	—
入力減衰	—
信号源出力	-20 ~ 0 dBm

直列スルー法

周波数	Sパラメータポート1-2直列スルー (ポート1-2直列)	ゲインフェーズ直列スルー (GP直列)
周波数レンジ	5 Hz ~ 3 GHz	5 Hz ~ 30 MHz
校正	フル2ポート校正： オープン/ショート/ロード/ スルー ²	インピーダンス校正： オープン/ショート/ロード ³
入力インピーダンス	—	T: 50 Ω、 R: 1 MΩ
入力減衰	—	T: 20 dB、 R: 20 dB
信号源出力	-20 ~ 0 dBm	-10 ~ 10 dBm -30 ~ -10 dBm

- 16201Aの7 mm端子で、7 mm校正キット(16195Bまたは85031B)を使用。
- DUT接続端子でフル2ポート校正またはインピーダンス校正(オープン/ショート/ロード)を実行しない場合は、500 MHzより上で不整合のために測定精度が低下する可能性があります。
- フィクスチャ(16047Eまたは16034E/G/H)端、負荷：50 Ω抵抗セット(E5061B-720またはE5061-60109、リード付き50 ΩまたはSMD 50 Ω)。フィクスチャ端でレスポンススルー校正を行うだけでは、1 MHzより上でレシーバーポートの寄生容量のために測定精度が低下する可能性があります。

精度定義の条件(シャントスルー法)

共通条件

周波数	5 Hz ~ 50 Hz	50 Hzより上
IFBW	$\leq 1/5 \times \text{周波数[Hz]}$	$\leq 10 \text{ Hz}$
アベレージング	オフ	
温度	校正は23 °C ± 5 °Cで実行、測定は校正温度 ± 1 °C以内で実行	

シャントスルー法

測定手法	Sパラメータポート1-2シャントスルー(ポート1-2シャント)	ゲインフェーズ・シャントスルー(GPシャント)
周波数レンジ	100 kHz ~ 3 GHz ¹	5 Hz ~ 30 MHz
校正	インピーダンス校正： オープン/ショート/ロード ²	インピーダンス校正： オープン/ショート/ロード、 -10 dBm信号源出力 ³
入力インピーダンス	—	T : 50 Ω、R : 50 Ω
入力減衰	—	T : 0 dB、R : 20 dB
信号源出力	10 dBm	10 dBm

- 100 kHz未満の低周波レンジでmΩレンジのインピーダンスを測定するには外部コアが必要です。
- DUT接続端子でフル2ポート校正またはインピーダンス校正(オープン/ショート/ロード)を実行しない場合は、500 MHzより上で不整合のために測定精度が低下する可能性があります。
- DUT接続端子でレスポンススルー校正を行うだけでは、1 MHzより上でレシーバポートの寄生容量のために測定精度が低下する可能性があります。

4395Aとのインピーダンス測定精度の比較(SPD)

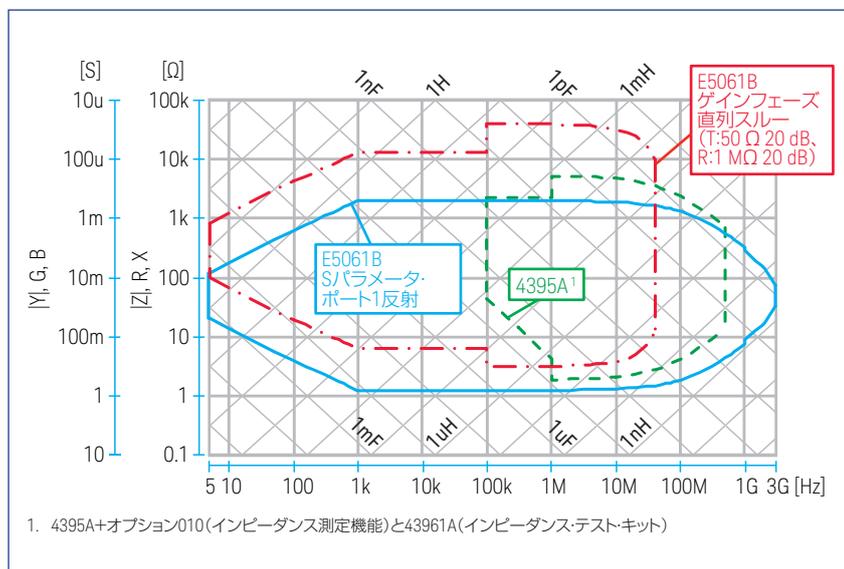


図1. インピーダンス測定精度(SPD) ≤ 10 %。4395Aとの比較。

インピーダンス測定精度(SPD)(続き)

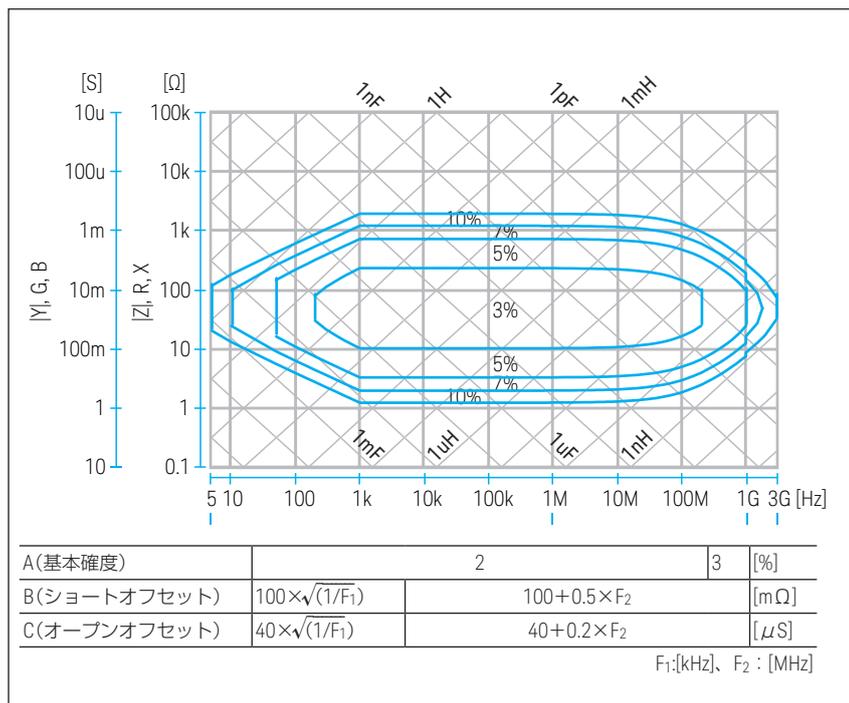


図2. インピーダンス測定精度(SPD)、Sパラメータポート1反射法。

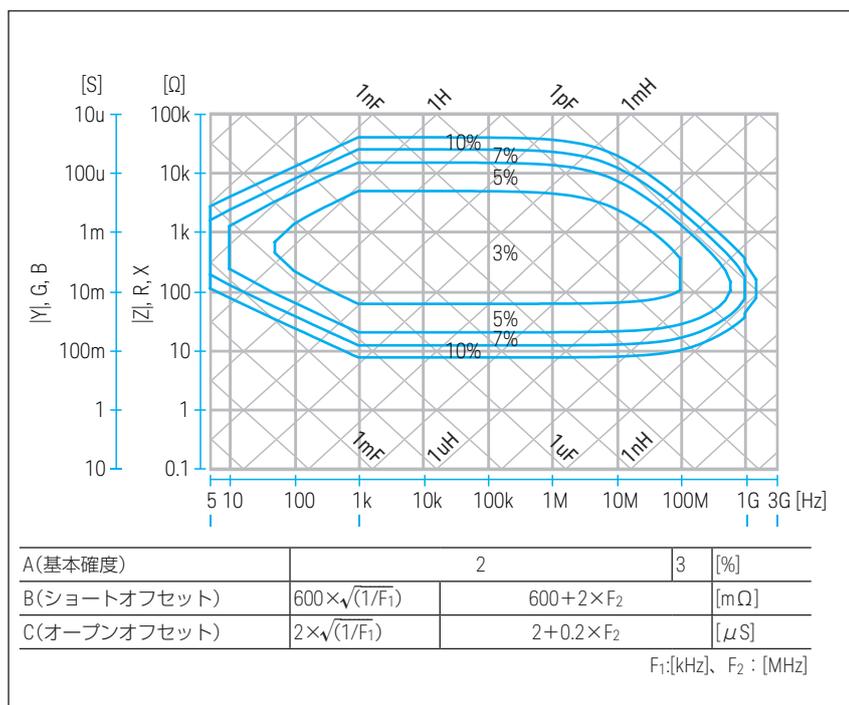


図3. インピーダンス測定精度(SPD)、Sパラメータポート1-2直列スルー法

インピーダンス測定精度(SPD)(続き)

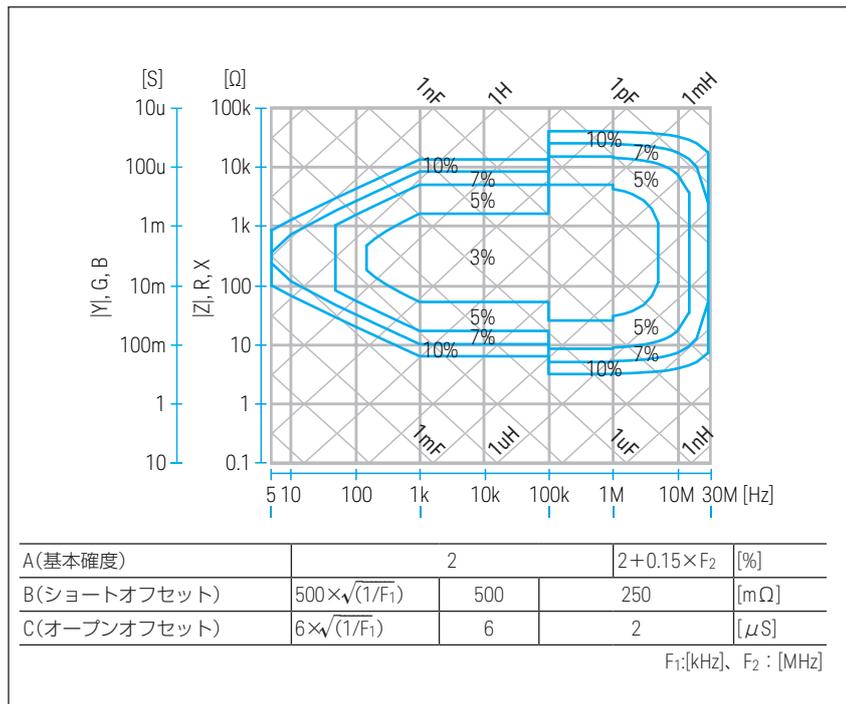


図4. インピーダンス測定精度(SPD)、ゲインフェーズ直列スルー法(T : 50 Ω 20 dB, R : 1 MΩ 20 dB)

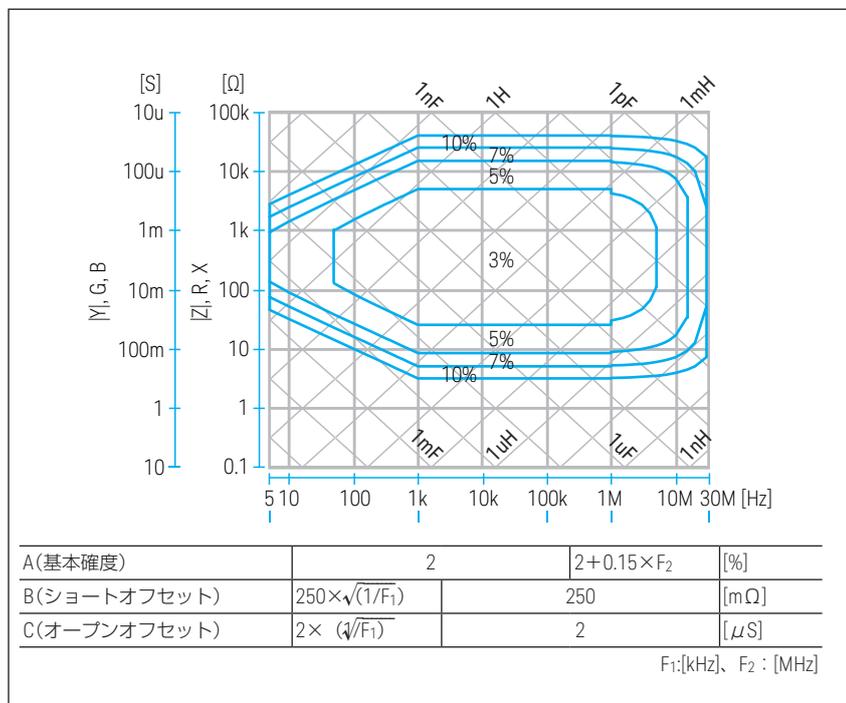


図5. インピーダンス測定精度(SPD)、ゲインフェーズ直列スルー法(T : 50 Ω 0 dB, R : 1 MΩ 0 dB)

インピーダンス測定精度(SPD)(続き)

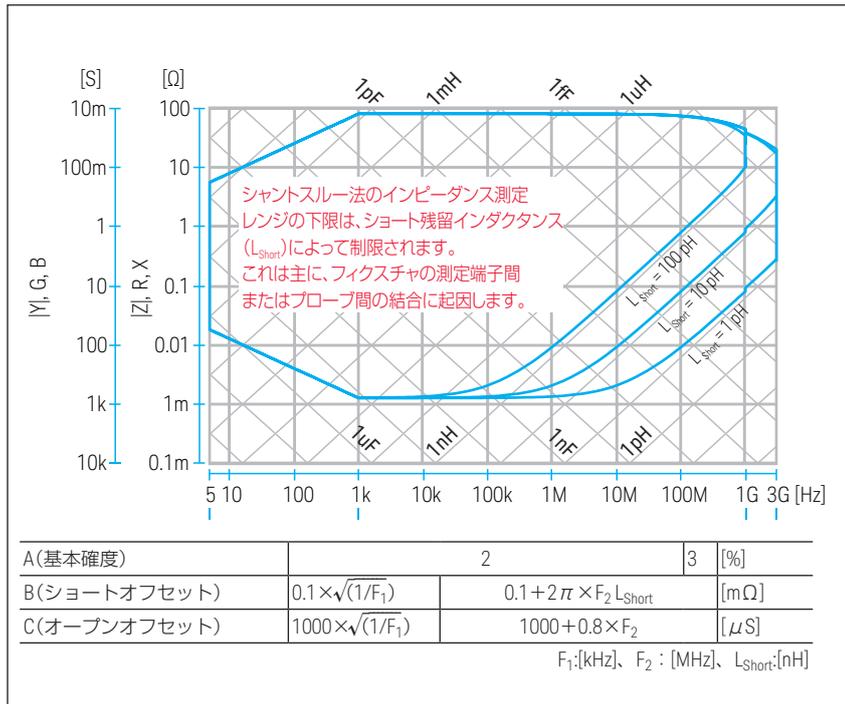


図6. インピーダンス測定精度(SPD) ≤ 10 %、Sパラメータポート1-2シャントスルー法

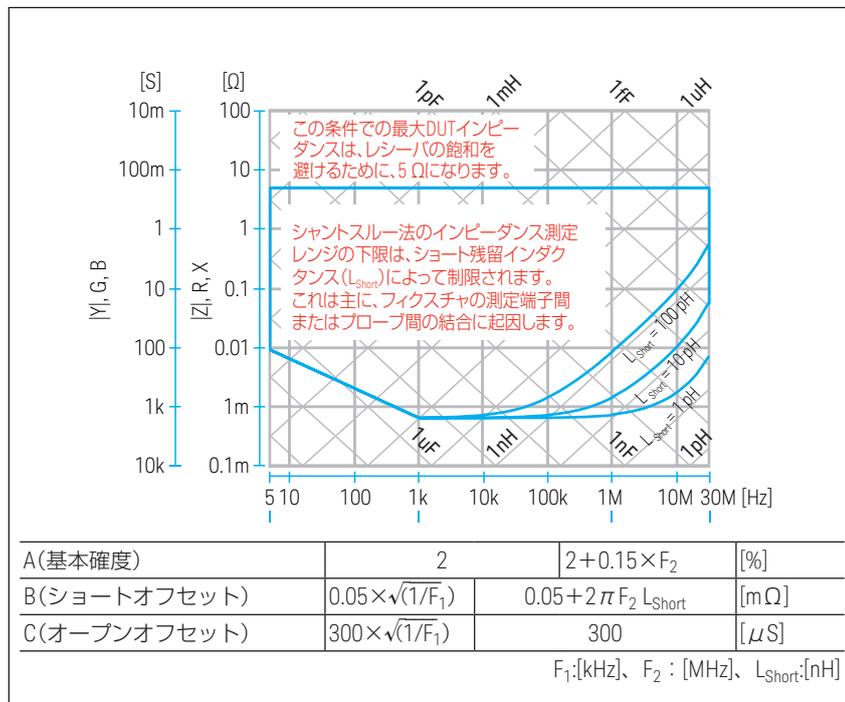


図7. インピーダンス測定精度(SPD) ≤ 10 %、ゲインフェーズ・シャントスルー法
(T : 50 Ω 0 dB, R : 50 Ω 20 dB)

インピーダンス測定精度 (SPD) (続き)

以下の式では、A、B、Cは図1～図6から得られます。

Z - θ_z 精度	
Z	$A + (B/ Z_m + C \times Z_m) \times 100$ [%]
θ_z	$\sin^{-1}(Z_a/100)$ [rad]

ここで、 Z_a は|Z|の精度。| Z_m |は|Z|の測定値。

Y - θ_y 精度	
Y	$A + (B \times Y_m + C/ Y_m) \times 100$ [%]
θ_y	$\sin^{-1}(Y_a/100)$ [rad]

ここで、 Y_a は|Y|の精度。| Y_m |は|Y|の実測値。

R - X 精度 (Dに依存)			
	$D \leq 0.2$	$0.2 < D \leq 5$	$5 < D$
R	$\pm X_m \times X_a / 100$ [Ω]	$R_a / \cos \theta$ [%]	R_a [%]
X	X_a [%]	$X_a / \sin \theta$ [%]	$\pm R_m \times R_a / 100$ [Ω]

ここで、 $R_a = A + (B/|R_m| + C \times |R_m|) \times 100$ [%]、 $X_a = A + (B/|X_m| + C \times |X_m|) \times 100$ [%] R_m と X_m はそれぞれRとXの実測値。

G - B 精度 (Dに依存)			
	$D \leq 0.2$	$0.2 < D \leq 5$	$5 < D$
G	$\pm B_m \times B_a / 100$ [Ω]	$G_a / \cos \theta$ [%]	G_a [%]
B	B_a [%]	$B_a / \sin \theta$ [%]	$\pm G_m \times G_a / 100$ [Ω]

ここで、 $G_a = A + (B/|G_m| + C \times |G_m|) \times 100$ [%]、 $B_a = A + (B/|B_m| + C \times |B_m|) \times 100$ [%] G_m と B_m はそれぞれGとBの実測値。

D 精度 (Dに依存)		
	$D \leq 0.2$	$0.2 < D$
D	$Z_a / 100$	$(Z_a / 100) \times (1 + D^2)$

ここで、 Z_a は|Z|の精度。

L 精度 (Dに依存)		
	$D \leq 0.2$	$0.2 < D$
L	L_a	$L_a \times (1 + D)$

ここで、 $L_a = A + (B/|L_l| + C \times |L_l|) \times 100$ [%]

$|L_l| = 2\pi f \times L_m$ 、 f は周波数 (Hz単位)、 L_m はLの実測値。

C 精度 (Dに依存)		
	$D \leq 0.2$	$0.2 < D$
C	C_a	$C_a \times (1 + D)$

ここで、 $C_a = A + (B/|C_l| + C \times |C_l|) \times 100$ [%]

$|C_l| = (2\pi f \times C_m)^{-1}$ 、 f は周波数 (Hz単位)、 C_m はCの実測値。

E5061Bでインピーダンス測定を行うには、以下のオプションが必要です。



代表的な構成例

Sパラメータポート1反射法(低~中インピーダンス、3 GHzまで)

E5061Bオプション

E5061B	ネットワーク・アナライザ
E5061B-3L5	LF-RF NA(DCバイアス源搭載)
E5061B-005	LF-RF NA用インピーダンス解析機能
E5061B-1E5	高安定タイムベース
E5061B-020	標準ハードディスクドライブ
E5061B-810	キーボード追加
E5061B-820	マウス追加

フィクスチャ接続用アダプタ

16201A	7 mmターミナルアダプターキット
16201A-001 ²	E5061B用7 mmターミナルアダプターキット

7 mm校正キット

16195B(オープン/ショート/ロード+低損失キャパシタ)

7 mmテストフィクスチャ

16092A(SMDおよびリード付きコンポーネント、500 MHz)

1. E5061B-005はE5061B RF NAオプション(1x5/2x5/1x7/2x7)では使用できません。
2. 16201Aのオプションはオプション001のみです。16201Aをオーダーする際には、このオプションを選択する必要があります。



16201A



16201A



16092A



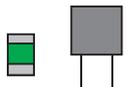
ゲインフェーズ直列スルー法(中~高インピーダンス、30 MHzまで)

E5061Bオプション

E5061B	ネットワーク・アナライザ
E5061B-3L5	LF-RF NA(DCバイアス源搭載)
E5061B-005	LF-RF NA用インピーダンス解析機能
E5061B-720	50 Ω抵抗セット

50 Ω抵抗セットには、テストフィクスチャでのインピーダンス校正用の以下の付属品が含まれています。

- SMD 50 Ω(0699-2929)×10
- リード付き50 Ω(5012-8646)×2
- ピンセット(8710-2018)×1



E5061B-1E5	高安定タイムベース
E5061B-020	標準ハードディスクドライブ
E5061B-810	キーボード追加
E5061B-820	マウス追加

4端子対テストフィクスチャ

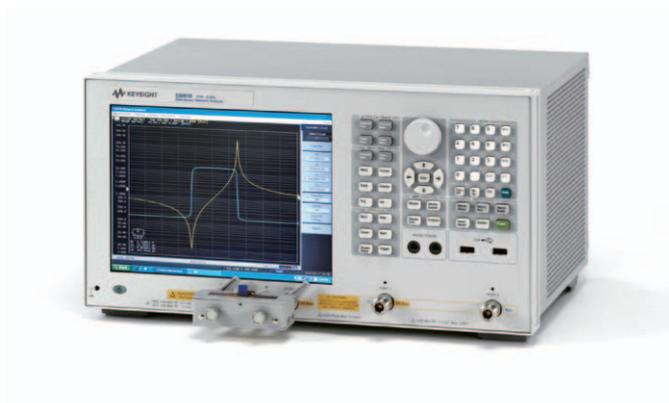
16047E(リード付きコンポーネント)
16034E(SMD)または16034G(SMD用)



16047E



16034E



アップグレードキット

以下のアップグレードキットを使用すれば、E5061B-3L5にオプション005および720を追加できます。

ソフトウェアアップグレード		
アップグレードキット番号 (この番号でオーダー)	概要	オプション番号
E5007A	E5061B-3L5 LF-RFネットワーク・アナライザ用インピーダンス解析	E5061B-005
E5007A-1FP ¹	固定永久ライセンス	
インピーダンスアクセサリ		
E5061-60109	50 Ω抵抗セット(E5061B-720と同等)	E5061B-720

1. このオプションは、E5061B RF NAオプション(1x5/1x7/2x5/2x7)では使用できません。E5061BのファームウェアリビジョンがRev.A.01.xxの場合、インピーダンス解析ファームウェアオプションをインストールする前に、ファームウェアをRev.A.02.00以降にアップデートする必要があります。

利用可能なアクセサリ

7 mm校正キット(16201AによるSパラメータポート1反射法用)		
モデル番号	周波数	概要、その他の情報
16195B	DC ~ 3 GHz	7 mm校正キット。オープン、ショート、50 Ωロード、低損失キャパシタ終端が付属しています。
85031B	DC ~ 6 GHz	7 mm校正キット。オープン、ショート、50 Ωロード終端が付属しています。
7 mmテストフィクスチャ(16201AによるSパラメータ・ポート1反射法用)		
16092A	DC ~ 500 MHz	SMDおよびリード付きデバイス用ばねクリップ・テストフィクスチャ
16197A	DC ~ 3 GHz	1005(mm)/0402(インチ)~ 3225(mm)/1210(インチ)の下部電極SMD用。
16192A	DC ~ 2 GHz	平行電極SMD用。
16196A	DC ~ 3 GHz	平行電極SMD用、1608(mm)/0603(インチ)。
16196B	DC ~ 3 GHz	平行電極SMD用、1005(mm)/0402(インチ)。
16196C	DC ~ 3 GHz	平行電極SMD用、0603(mm)/0201(インチ)。
16196D	DC ~ 3 GHz	平行電極SMD用、0402(mm)/01005(インチ)。
16194A	DC ~ 2 GHz	SMDおよびリード付きデバイス用の高温コンポーネント用テストフィクスチャ、 温度範囲：-55 °C ~ +200 °C
4端子対テストフィクスチャ(ゲインフェーズ直列スルー法用)		
16047E	DC ~ 110 MHz	軸リード/ラジアル・リード・デバイス用。
16034E	DC ~ 40 MHz	SMD用、長さ(0.1 ~ 8) × 幅(0.5 ~ 10) × 高さ(0.5 ~ 10)(mm単位)。
16034G	DC ~ 110 MHz	SMD用、長さ(0.1 ~ 5) × 幅(0.3 ~ 1.6) × 高さ(0.3 ~ 1.6)(mm単位)。
16034H	DC ~ 110 MHz	アレイ型SMD用、長さ(0.1 ~ 5) × 幅(≤15) × 高さ(0.6 ~ 3)(mm単位)。
その他のアクセサリ		
11667L	DC ~ 2 GHz	ゲインフェーズ・シャントスルー法用のBNCコネクタ付きパワースプリッタ。低周波でのミリオームPDN測定に使用します。
16200B	1 MHz ~ 1 GHz	DCバイアスアダプター。外部DC電流源を使用することにより、最大5 Adcのバイアス電流を7 mmポート経由でデバイスに供給できます。



11667L

myKeysight

myKeysight

www.keysight.co.jp/find/mykeysight
ご使用製品の管理に必要な情報を即座に手に入れることができます。



www.keysight.com/go/quality

Keysight Technologies, Inc.
DEKRA Certified ISO 9001:2008
Quality Management System

契約販売店

www.keysight.co.jp/find/channelpartners
キーサイト契約販売店からご購入頂けます。
お気軽にお問い合わせください。

カタログリソース

E5061Bのネットワーク解析の主な特長、技術仕様、オプション構成の詳細については、以下のドキュメントを参照してください。

『Keysight E5061B ネットワーク・アナライザBrochure』 5990-6794JAJP

『Keysight E5061B Network Analyzer Data Sheet』 5990-4392EN

『Keysight E5061B ネットワーク・アナライザConfiguration Guide』
5990-4391JAJP

インピーダンス測定の基本とテストフィクスチャの技術仕様については、以下のドキュメントを参照してください。

『インピーダンス測定ハンドブック』 5950-3000JA

『インピーダンス測定用アクセサリ・セレクションガイド』、5965-4792JA

ウェブリソース

以下のウェブサイトには、最新ニュース、製品/サポート情報、アプリケーションカタログなどが用意されています。

<http://www.keysight.co.jp/find/e5061b>

キーサイト・テクノロジー合同会社

本社 〒192-8550 東京都八王子市高倉町9-1

計測お客様窓口

受付時間 9:00-18:00 (土・日・祭日を除く)

TEL ☎ 0120-421-345 (042-656-7832)

FAX ☎ 0120-421-678 (042-656-7840)

Email contact_japan@keysight.com

ホームページ www.keysight.co.jp

記載事項は変更になる場合があります。
ご発注の際はご確認ください。