

Keysight Technologies

$\mu\Omega$ から $P\Omega$ までの豊富な 抵抗測定ソリューション

Application Note



はじめに

抵抗測定は、材料、電子デバイス、回路の基本的な特性評価の1つです。世界中でさまざまな抵抗測定が行われていますが、最も利用されているのは手軽なデジタルマルチメータ(DMM)です。

抵抗測定は、オームの法則に従って電圧または電流を印加／測定するだけで行えるので、一見、単純で簡単のように思われます。しかし、実際には、さまざまな誤差成分があり、正確な抵抗測定を行うのは困難です。同時に、このような誤差成分が測定結果に与える影響は、測定する抵抗のレンジによって異なります。したがって、信頼できる測定結果を得るには、被試験デバイス(DUT)の特性に応じて適切な測定器を選択することが重要になります。キーサイト・テクノロジーは、 $\mu\Omega$ ～P Ω をカバーするさまざまな抵抗測定ソリューションを提供しているので、お客様の抵抗測定のニーズに最適なものを選択することができます。

図1に、キーサイトの抵抗測定ソリューションと各々で測定可能な抵抗のレンジを示します。

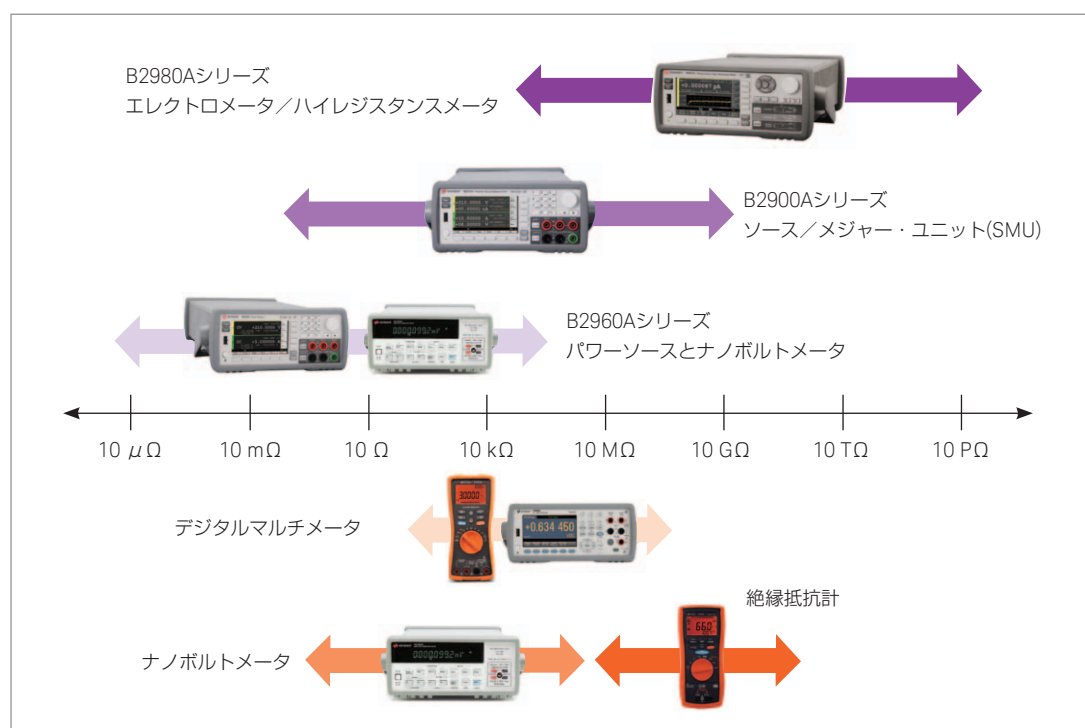


図1. キーサイトの抵抗測定ソリューション

キーサイトの抵抗測定ソリューション

汎用抵抗測定ソリューション

DMMは手軽なので、抵抗測定に広く使用されています。キーサイトは、ハンドヘルド型、ベンチトップ型など、さまざまなDMMを提供しているので、測定要件と使用環境に最適なモデルを選択できます。多くのDMMは自動抵抗測定モードのみをサポートしているので、その性質上、テスト電流は常に各レンジで決まっています。ハンドヘルド型DMMは、通常、2端子接続にしか対応していませんが、多くのベンチトップ型DMMは2端子と4端子の接続に対応しています。詳細は、下記のウェブサイトをご覧ください。

www.keysight.co.jp/find/dmm



図2. キーサイトのデジタルマルチメータ

キーサイトは、B2900Aプレジジョン・ソース／メジャー・ユニット(SMU)も提供しています。B2900Aは、10 fA ~ 3 A(DC)/10.5 A(パルス)の電流と100 nV ~ 210 Vの電圧をカバーする汎用抵抗測定ソリューションです。SMUは、1台の測定器に、電流源、電圧源、電流計、電圧計が統合され、これらの機能を容易に切り替えることができます(図3参照)。



図3. SMUでは4つの測定機能が1台に統合されています

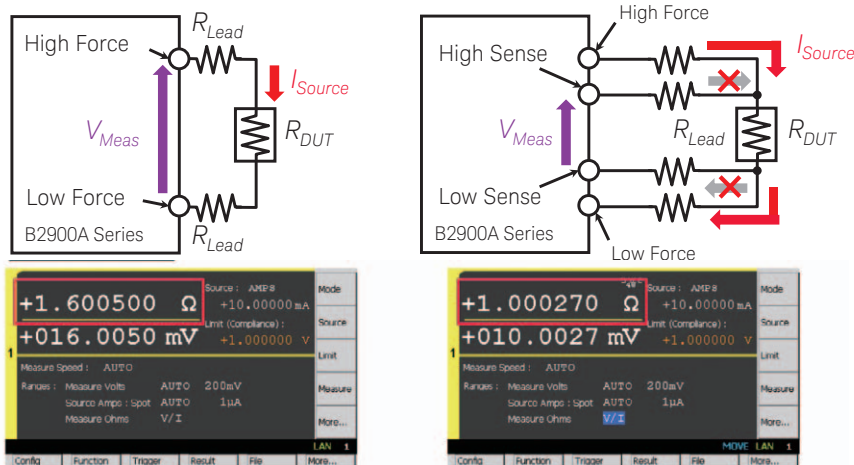
このため、機器を追加しなくても、抵抗測定を含むデバイスのIV特性を評価できます。SMUは、電圧や電流を非常に正確に出力／測定できるだけでなく、コンプライアンス機能を備えているので、電圧／電流の出力リミットを設定してデバイスの損傷を防ぐこともできます。詳細は、下記のウェブサイトをご覧ください。

www.keysight.co.jp/find/precisionSMU

抵抗測定にSMUを使用する利点の概要を以下に示します。

- 電流モードと電圧モードを使用できます
- コンプライアンス機能により、電圧／電流リミットを設定してデバイスの損傷を防止できます
- DC動作モードとは別にパルスド動作モードがあり、デバイスの自己発熱による測定誤差を防止できます
- 自動測定モードとは別に手動測定モードがあり、テスト電流／電圧を設定して、電力損失によって生じる自己発熱を低減できます
- 2端子接続の他に4端子接続が可能なので、低抵抗測定に影響を与えるリード抵抗の影響を除去できます
- 抵抗補正機能により、熱起電力(EMF)誤差を最小化できます

図4は、B2900Aシリーズを使用して1 Ω 抵抗を測定した例で、4端子接続の効果を示しています。低抵抗測定では、残留リード抵抗がDUT抵抗に対して無視できなくなるので、4端子接続が不可欠です。4端子測定はB2900Aシリーズだけでなく多くのベンチトップ型DMMでも利用できます。2本のケーブルを電流印加用に、別の2本のケーブルを電圧測定用に使用するので、リード抵抗の影響を除去して、DUTの電圧降下だけを測定できます。4端子接続の測定結果が1 Ω であるのに対して、2端子接続の測定結果は1.6 Ω になっています。0.6 Ω の差は、測定に使用したリードの残留リード抵抗です。B2900Aシリーズは、正確な抵抗測定を容易に実行できる豊富な機能を備えています。



a) 2端子接続の結果

b) 4端子接続の結果

図4. 2端子接続の測定結果には、残留リード抵抗 R_{Lead} が含まれています

低抵抗測定ソリューション

Keysight 34420A 7.5桁ナノボルト／マイクロ・オーム・メータは、微小レベル測定向けに最適化された高感度マルチメータです。低雑音の電圧測定に抵抗／温度測定機能を組み合わせて、今までにない柔軟性と性能で微小レベルの測定が可能です。抵抗測定レンジは1 Ω ～ 1 M Ω をカバーしています。詳細は、下記のウェブサイトをご覧ください。

www.keysight.co.jp/find/34420A

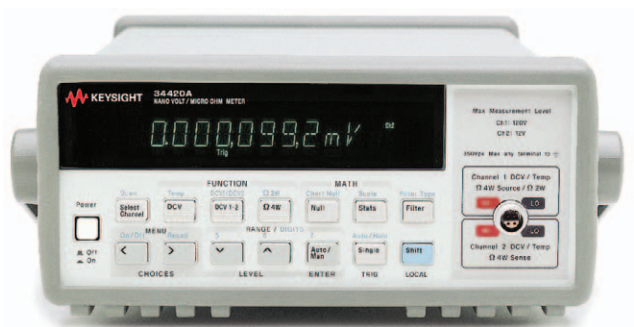


図5. Keysight 34420A 7.5桁ナノボルト／マイクロ・オーム・メータ

特定のタイプの抵抗測定では、テスト中のデバイスの自己発熱や損傷を防ぐために、非常に正確な低レベル電流源が必要です。一般的に、測定する電圧／電流の振幅が高くなると確度は向上します。したがって、抵抗値が小さいデバイスの場合、測定電圧をできるだけ高く維持することが重要です。Keysight B2960Aシリーズ 6.5桁低ノイズ・パワー・ソースと34420Aを使用すれば、このような測定要件に対応できます。



図6. Keysight B2960Aシリーズ 6.5桁低ノイズ・パワー・ソース

B2960Aシリーズは高度なバイポーラー電源です。電圧または電流を6.5桁の分解能で印加すると同時に、電圧と電流の両方をモニターできるので、B2960Aだけで抵抗測定が可能です。4象限動作をサポートしているので、出力の極性を正または負に設定できます。10 fA ～ 3 A(DC)または10.5 A(パルスド)の電流、100 nV ～ 210 Vの電圧を印加できます。詳細は、下記のウェブサイトをご覧ください。

www.keysight.co.jp/find/precisionSOURCE

B2961Aと34420Aを使用すれば、優れた性能で低抵抗測定が行えます。図7に示す抵抗測定方法では、B2961Aで高精度の電流を供給し、34420Aで電圧を測定しています。この構成では、B2961Aがマスターとして動作し、トリガ信号を34420Aに送信して電圧測定を実行し、設定された間隔で測定を行います。

34420Aも、他の測定器を使用せずに抵抗を測定できます。最小抵抗レンジは1 Ω 、最大出力電流は10 mAです。これに対して、B2960Aシリーズは3 Aまでの電流を可変出力できるので、スタンドアロンの34420Aよりも300倍高い分解能で非常に正確な測定が行えます。しかし、3 Aの電流により、電力損失効果と自己発熱効果も増加するので、適切なテスト電流の設定が不可欠です。詳細は、「電力損失効果」のセクションで説明します。

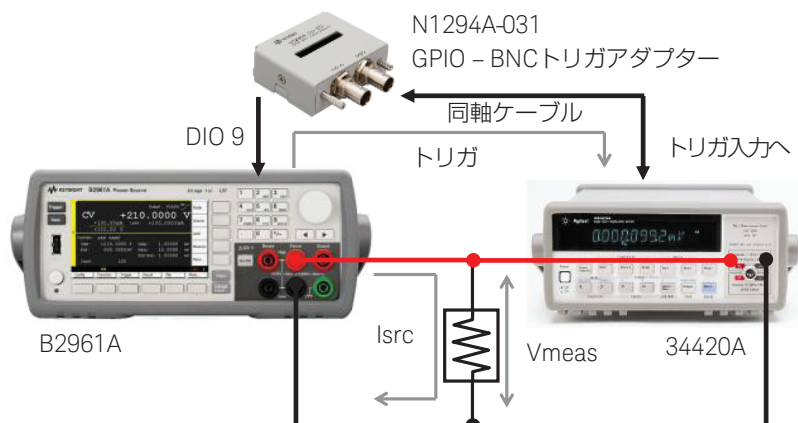


図7. B2961Aと34420Aを用いた低抵抗測定ソリューションのブロック図

図8は、10 m Ω の金属箔抵抗の測定例です。B2961Aと34420Aを組み合わせると500 mAのテスト電流を使用した場合、測定が非常に安定していて正確ですが、34420Aをスタンドアロンで使用した場合は結果が不安定になっています。

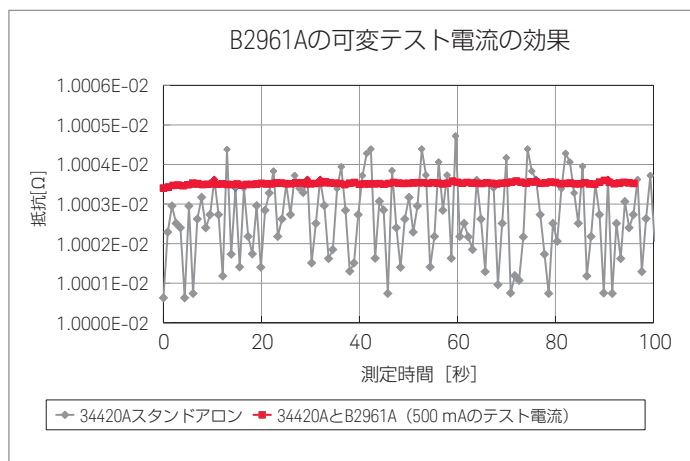


図8. 測定結果に対するB2961Aの可変テスト電流の効果

高抵抗測定ソリューション

絶縁抵抗テストは、通常、予防保守プログラムの電気テストの一環として行われ、回転機器、ケーブル、スイッチ、変圧器など、絶縁の信頼性が必要な電気機器が対象になります。予防保守プログラムで絶縁抵抗テストを実施すれば、潜在的な問題を特定できるため、予期しない故障や見当外れの修理がなくなり、交換コストを削減できます。このような場合は、Keysight U1450A/60Aシリーズ絶縁抵抗計が最適なソリューションです。U1450A/60Aは、豊富な測定機能、効率的な自動レポート作成機能、高い耐久性を備えているので、1日に多くの作業を行えます。

詳細は、下記のウェブサイトをご覧ください。

www.keysight.co.jp/find/insulationtesters



図9. Keysight U1450A/60Aシリーズ絶縁抵抗計

Keysight B2980Aシリーズ フェムト・ピコアンメータ、エレクトロメータ／ハイレジスタンスメータは、クラス最高の測定性能と高度な機能を備え、優れた信頼性を実現しています。フェムト・ピコアンメータ、エレクトロメータの最小電流分解能は、ともに 0.01 fA (10^{-17} A)で、低電流測定のあらゆるニーズに対応できます。エレクトロメータは $1,000 \text{ V}$ の供給電圧により、最大 $10 \text{ P}\Omega$ ($10^{16} \Omega$)の抵抗測定が行えます。エレクトロメータの抵抗測定は自動モードと手動モードを備えているので、手動抵抗測定モードを使用すれば任意のテスト電圧を指定して高抵抗測定が行えます。詳細は、下記のウェブサイトをご覧ください。

www.keysight.co.jp/find/precisionMEASURE



図10. Keysight B2980Aシリーズ フェムト・ピコアンメータ、エレクトロメータ／ハイレジスタンスメータ

販売完了の4339A/B ハイレジスタンスメータは、長い間、抵抗率測定の標準測定器でした。B2980Aシリーズは、これに相当する後継機種です。B2980Aシリーズの電流計には4339A/Bと異なる測定手法が使用されているので、4339A/Bよりも測定ノイズが低く測定速度は高速になりますが、最大容量性負荷が制限されています。したがって、4339A/BをB2980Aに置き換える場合は、テストする材料の容量性負荷に注意する必要があります。B2980Aシリーズを16008B、16117B/C、16339Aなどの4339A/B用アクセサリに容易に接続できるように、N1413A ハイレジスタンスメータ・フィクスチャ・アダプターが提供されています(図11参照)。



図11. 抵抗率測定用のB2980A/16008B構成

抵抗率測定は、通常、信号を印加した後、特定の時間が経過した後に行います。これは、絶縁材料の抵抗率が通常すぐには安定値に収束しないからです。このため、すべての抵抗率仕様には測定を行った時間を記載しなければなりません。B2980Aシリーズを使用すれば、信号を印加(充電)した後の時間経過を正確に指定して測定を実行できます。B2980Aシリーズのタイムドメイン表示では、印加の開始から最終測定時刻までの抵抗率の変化を表示することもできます(図12参照)。詳細は、下記のウェブサイトをご覧ください。

www.keysight.co.jp/find/SensitiveMeasurement

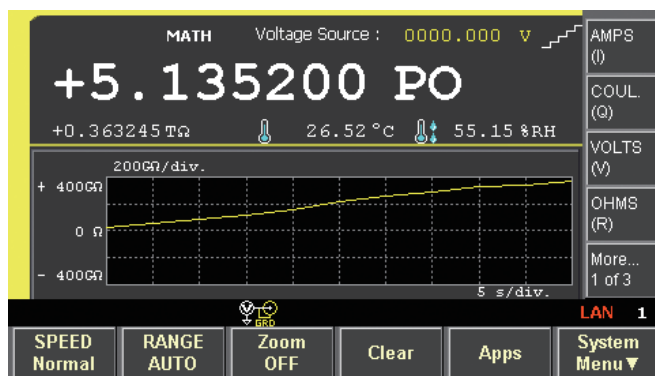


図12. B2980Aシリーズによる抵抗率測定の例

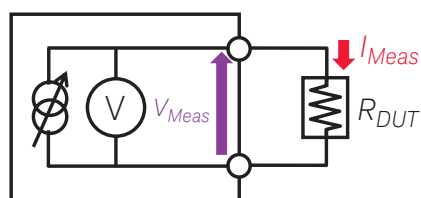
抵抗測定の主要な誤差成分

リード抵抗

抵抗測定に最も一般的に使用されているのは、基本的な2端子接続です。この構成では(図13a参照)、電流の印加と電圧の測定に同じ2本のテストリードを使用します。残留リード抵抗が被試験デバイス(DUT)の抵抗と比較して無視できるほど小さい場合は、この構成は抵抗測定に最適です。

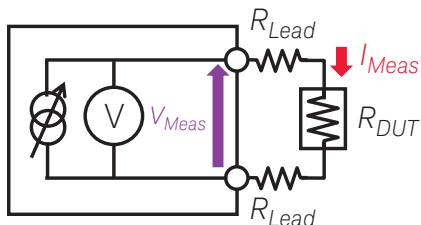
一方、超低抵抗測定では、残留リード抵抗がDUTの抵抗に対して無視できなくなるので、2端子測定では測定結果にかなりの誤差が生じます(図13b参照)。この場合は、4端子接続(リモートセンシング)を使用して、このような誤差を除去できます。4端子測定では、2本のリードで電流を印加し、別の2本のリードで電圧を測定します。このため、リード抵抗の影響を除去して、DUTの電圧降下だけを測定できます(図13c参照)。

ハンドヘルド型DMMは、通常、2端子接続にしか対応していませんが、多くのベンチトップ型DMM、34420A、すべてのSMUは、2端子と4端子の接続に対応しています。



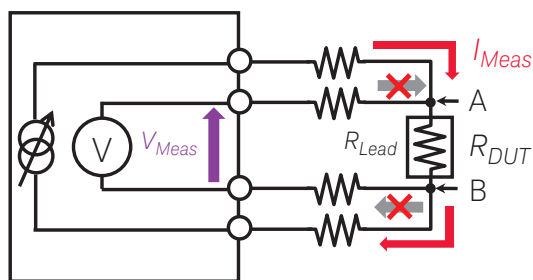
$$R_{Meas} = \frac{V_{Meas}}{I_{Meas}} = R_{DUT}$$

a) 2端子接続($R_{DUT} \gg R_{Lead}$)



$$R_{Meas} = \frac{V_{Meas}}{I_{Meas}} = R_{DUT} + 2 \times R_{Lead}$$

b) 2端子接続($R_{DUT} \approx R_{Lead}$)



$$R_{Meas} = \frac{V_{Meas}}{I_{Meas}} = R_{DUT}$$

c) 4端子接続

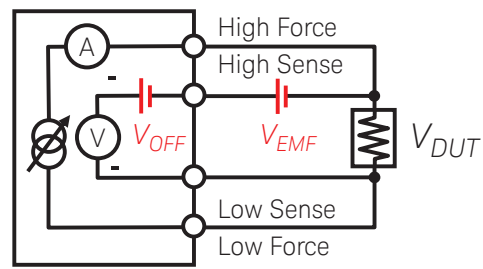
図13. 4端子接続により、残留リード抵抗に起因する測定誤差を除去できます

熱起電力(EMF)

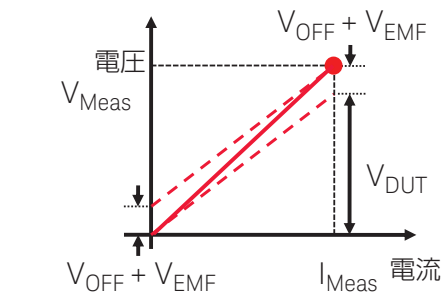
低抵抗を測定する場合は、測定システムに固有のオフセット電圧と熱起電力(EMF)に起因して、測定精度が低下する可能性があります。熱起電力は、抵抗の内部で生じたり、回路を接続したときに温度差がある異種金属により生じます。考慮しなければならない接合部は、DUT、リレー(マルチプレクサーなど)、測定器に存在します。異なる金属が接触すると熱電対が形成され、接合部の温度に比例する電圧が生じます。すべての接続に銅を使用すれば誤差を最小にできます。これらの影響の等価回路モデルを図14aに示します。低抵抗の測定ではDUTの電圧降下が小さいため、オフセット電圧やEMF電圧の影響を無視できません(図14b参照)。オフセット補正により、熱起電力(EMF)誤差を最小にできます。図13cは、オフセット補正測定で使用されている手法を表したものです。測定器のオフセット補正機能をオンにすると、2ポイント測定が自動的に実行され、抵抗の真の値が以下の式によって計算されます。

$$R_{comp} = \frac{V_2 - V_1}{I_2 - I_1}$$

V_1 は、電流源を I_1 (0 Aまたはオープン)に設定したときの測定電圧です。 V_2 は、電流源をテスト電流 I_2 に設定したときの測定電圧です。オフセット補正は、2端子測定でも4端子測定でも使用できます。オフセット補正を使用すると、測定精度は向上しますが測定速度は低下します。ハンドヘルド型DMMの一部、34420A、B2900Aシリーズ、B2980Aシリーズが、この機能を備えています。

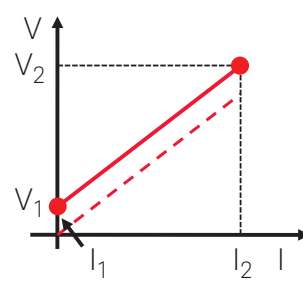


a) 熱起電力(EMF)に起因する誤差成分



$$R_{Meas} = \frac{V_{Meas}}{I_{Meas}} = \frac{V_{DUT}}{I_{Meas}} + \frac{V_{OFF} + V_{EMF}}{I_{Meas}} = R_{DUT} + R_{Error}$$

b) オフセット補正なしの測定



$$R_{Meas} = \frac{V_2 - V_1}{I_2 - I_1} = R_{DUT}$$

c) オフセット補正の効果

図14. 補正により、オフセット電圧と熱起電力の効果を除去できます

熱起電力(EMF)の効果を低減する別の手法に、テスト電流の極性を反転させながら印加する方法があり、「デルタ法」または「フォワード／リバース法」と呼ばれます。低抵抗を測定する場合は、オフセット電圧やEMFによる誤差が測定精度に大きな影響を与える可能性があるため、この機能が重要になります(図15a参照)。以下の式は、電流を印加して電圧を測定する抵抗測定の誤差の影響を表しています。

$$R_{Meas} = \frac{V_{Meas}}{I_{Src}} = \frac{V_{DUT}}{I_{Src}} + \frac{V_{Error}}{I_{Src}} = R_{DUT} + R_{Error}$$

順方向電流と逆方向電流(I_{Src} と $-I_{Src}$)を印加して、2つの電圧測定結果を平均すれば、この誤差を除去することができます(図15b参照)。これらの2つの測定結果を用いて真の抵抗値を以下の式で計算します。

$$R_{Meas} = \frac{V_1 - V_2}{2 \times I_{Src}} = R_{DUT}$$

この手法はB2960Aのリスト掃引モードと34420Aを組み合わせることで実現できます。サンプルプログラムをキーサイトのウェブページで入手できます。詳細は、下記のウェブサイトをご覧ください。

www.keysight.co.jp/find/low_resistance

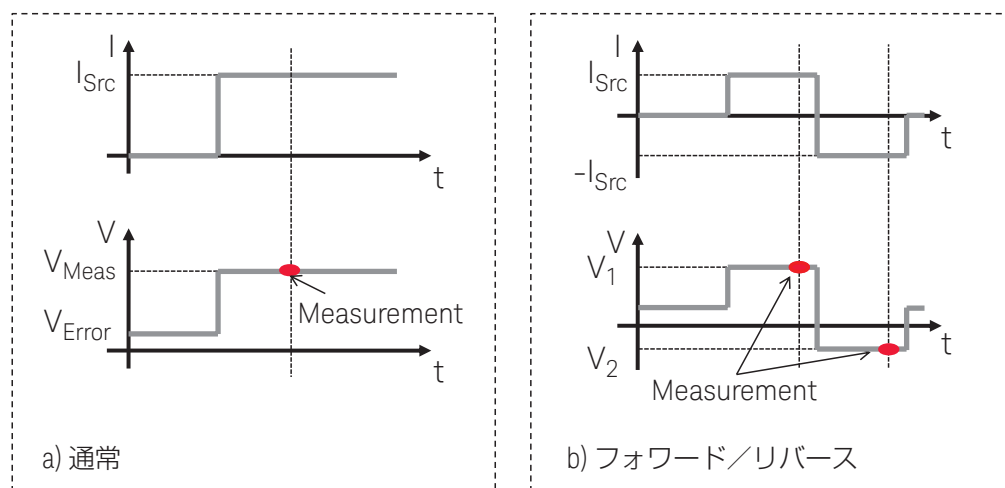


図15. 起電力に起因する測定誤差を除去するための手法

電力損失効果

温度測定用にデザインされた抵抗、または、温度によって変化するその他の抵抗性デバイスを測定する場合は、測定器によってDUTで多少の電力損失が生じることに注意が必要です。この電力損失効果が測定精度に影響を及ぼす場合があります。テスト電流を大きくするほど測定分解能は向上しますが、電力損失や自己発熱の影響も大きくなるので、適切なテスト電流を決定することが重要です。

DMMを使用する場合、高い測定レンジを選択すれば、低い電流源を使用するので自己発熱を低減することができます。DMMの中には、34420Aのように小電力設定モードを備えているものもあります。小電力設定モードまたは高い抵抗測定レンジを使用するには、高い分解能を備えたDMMが必要です。

B2900AシリーズまたはB2960Aシリーズを使用すれば、手動測定モードで任意のテスト電流を選択できます。これにより、測定の柔軟性が向上し、測定精度を維持することができます。

図16は、非常に小さなEMFが存在する10 m Ω の金属箔抵抗を測定した例です。B2961Aと34420Aを使用して、さまざまなテスト電流で測定しています。最小電力損失は1 mW(10 mAのテスト電流)、最大電力損失は90 mW(3 Aのテスト電流)です。図16からわかるように、10 mAのテスト電流の結果には大きなばらつきが見られ、正確な特性評価ができませんが、他のテスト電流値では非常にノイズレベルが低く、デバイスの評価が可能です。ただし、1 Aと3 Aのテスト電流では、測定曲線が全時間にわたって上にシフトするほどの自己発熱がデバイスで発生しています。この結果から、約500 mAのテスト電流がこの測定には適切で、測定分解能と電力損失による自己発熱効果のバランスが良好になることがわかります。

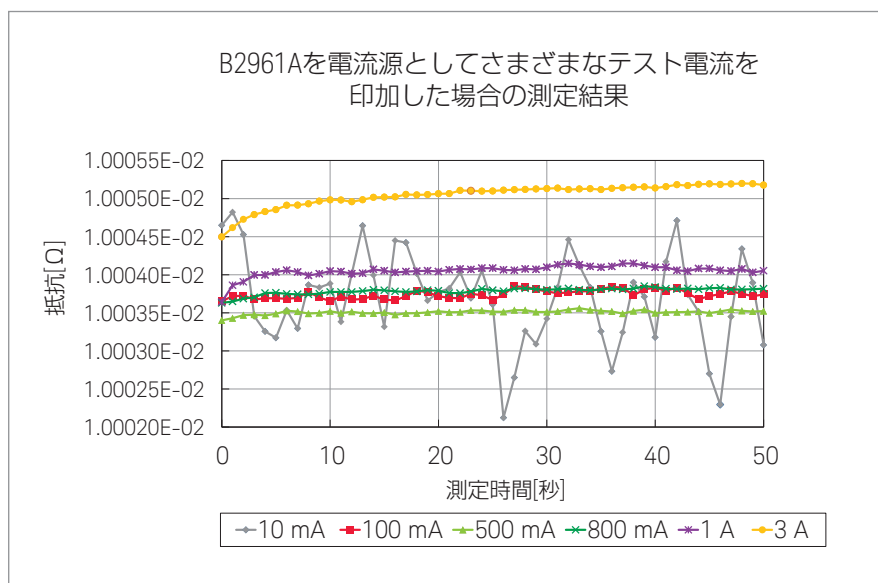


図16. B2961Aを電流源として使用して、さまざまなテスト電流を印加した場合の測定結果

出力電圧のクランプ

接点の種類によっては、抵抗測定のために材料に印加する電圧を制限しなければならない場合があります。その場合には、測定に使用する電圧とオープン回路電圧を考慮する必要があります。電圧制限が必要なのは、接点表面の酸化層によって抵抗の測定値を高くしている可能性があるからです。電圧が高すぎると、酸化層に穴が開いて抵抗測定値が低下することがあります。

すべてのDMMが電圧クランプ回路を内蔵しているわけではありませんが、34420Aでは、オープン回路クランプのレベルを設定できます。電圧制限測定は、10 Ω および100 Ω のレンジで可能です。オープン回路電圧および測定電圧のクランプは、20 mV、100 mV、500 mVの3つのレベルで可能です。

B2900A/B2960Aシリーズの積分機能は、測定電圧を制限する機能を備えています。測定電圧のリミット値を設定すると、テスト電流を印加中に電圧がリミット値を超えないように出力を制御して、測定器を動作させることができます。

セトリング時間の影響

一般的には、測定経路には寄生インピーダンスが含まれ、これにより、電圧の印加時にリーク電流や誘電吸収が生じます。100 k Ω 以上の抵抗を測定する場合はRC時定数によるセトリングの影響が非常に長くなることがあるため、これが特に問題になります。精密抵抗やマルチファンクションキャリブレーターの中には、並列容量(1000 pF ~ 0.1 μ F)が大きく抵抗値が高いものがあり、これにより、内部回路から流れ込むノイズ電流をフィルタリング除去しています。ケーブルやその他のデバイスの容量は理想的ではないので、セトリング時間がRC時定数から計算される値よりも大幅に長くなる場合があります。これは誘電吸収が原因です。このような場合は、安定するまで、適切な時間だけ待ってから測定を開始する必要があります。測定前に待たなければならない時間は、電圧ステップにも依存します。電圧ステップが大きいほど、必要な待ち時間が長くなります。

最新のDMMは、自動の測定セトリング遅延を挿入する機能を備えています。このような遅延は、ケーブルとデバイスの容量が合計で200 pF未満の抵抗測定に対して有効です。

B2900A/B2960A/B2980Aシリーズは、自動の測定遅延時間機能とは別に測定遅延時間を手動で設定する機能を備えています。この機能により、測定遅延時間を設定して測定時間と確度を最適化できます。

リーク電流

測定経路に含まれる寄生インピーダンスによって、リーク電流も生じます。測定電流が小さく(nA未満)、測定抵抗が大きい(1 G Ω 以上)場合、ケーブルやテストフィクスチャのリーク電流が原因で、大きな測定誤差が生じる可能性があります。この場合、正確に測定するためにガード手法が必要になります。

ガードとは、リーク電流を防ぐために、信号と同じ電位を維持するようにアクティブにドライブされた導体で信号線を囲むことです。適切なガードを実現するには、トライアキシャルコネクタ／ケーブルを使用する必要があります。トライアキシャルケーブルは、信号線の周りがガードラインで(絶縁材料を間に挟んで)覆われ、さらにその周りはグラウンドに接続されたシールドラインによって(これも絶縁材料を間に挟んで)覆われています。図17に、トライアキシャルケーブルの断面を示します。高抵抗測定用のSMUやエレクトロメータには、通常、ガード／トライアキシャル接続が使用されています。

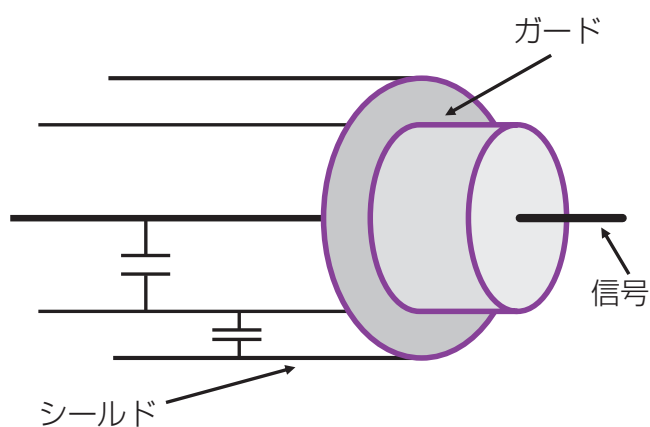


図17. トライアキシャルケーブルの断面図。シールドとガード、ガードと信号の間の寄生容量が示されています。

まとめ

抵抗測定は、材料、電子デバイス、回路の基本的な特性評価の1つです。キーサイト・テクノロジーは、 $\mu\Omega$ ～P Ω の広い範囲の抵抗をカバーするさまざまな抵抗測定ソリューションを提供しているので、お客様の抵抗測定の要件に最適なものを選択することができます。信頼性の高い測定結果を収集するには、DUTの特性に応じて適切な測定器を選択することが重要です。

比較表：キーサイトの豊富な抵抗測定ソリューション

汎用抵抗測定ソリューション

モデル	自動モード					手動 モード	最高 測定 速度	2端子/4端子	自動 オフセット 補正	小電力 設定
	桁数	レンジ	最小 分解能	確度						
ハンドヘルド 型DMM	U1231A U1232A U1233A	3 1/2	600 Ω～60 MΩ	100 mΩ	0.9 % + 3 ¹	—	—	2端子のみ	—	—
	U1241B U1242B	4	1 kΩ～100 MΩ	100 mΩ	0.3 % + 3 ¹	—	—	2端子のみ	—	—
	U1251B	4 1/2	500 Ω～50 MΩ	10 mΩ	0.08 % + 5 ¹	—	—	2端子のみ	—	—
	U1252B U1253B	4 1/2	500 Ω～500 MΩ	10 mΩ	0.05 % + 5 ¹	—	—	2端子のみ	—	—
	U1271A	4 1/2	300 Ω～100 MΩ	1 mΩ	0.2 % + 5 ¹	—	—	2端子のみ	—	—
	U1272A U1273A	4 1/2	30 Ω～300 MΩ	1 mΩ	0.2 % + 5 ¹	—	—	2端子のみ	—	—
	U1273AX	4 1/2	30 Ω～300 MΩ	1 mΩ	0.2 % + 5 ¹	—	—	2端子のみ	—	—
	ベンチトップ 型DMM	U3401A	4 1/2	500 Ω～50 MΩ	10 mΩ	0.1 % + 3 ²	—	—	2端子のみ	—
U3402A		5 1/2	120 Ω～120 MΩ	1 mΩ	0.05 % + 5 ²	—	—	■	—	—
U3606B		5 1/2	100 Ω～100 MΩ	1 mΩ	0.05 % + 0.005	—	26	■	—	—
34450A		5 1/2	100 Ω～100 MΩ	1 mΩ	0.05 % + 0.005 ³	—	190	■	—	—
34460A		6 1/2	100 Ω～100 MΩ	100 μΩ	0.014 % + 0.001 ³	—	300	■	—	—
34461A		6 1/2	100 Ω～100 MΩ	100 μΩ	0.010 % + 0.001 ³	—	1000	■	—	—
34465A		6 1/2	100 Ω～1 GΩ	100 μΩ	0.0040 % + 0.0005 ³	—	50000	■	—	■
34470A		7 1/2	100 Ω～1 GΩ	10 μΩ	0.0040 % + 0.0005 ³	—	50000	■	—	■
SMU	B2901A B2902A	6 1/2	2 Ω～200 MΩ	1 μΩ	0.06 % + 0.0175 ³	■	50000	■	■	— ⁴
	B2911A B2912A						100000			

1. 確度は±(読み値の%+最下桁のカウント数)で定義されています。
2. 確度は(読み値の%+カウント)で定義されています。
3. 確度は(読み値の%+レンジの%)で定義されています。
4. 手動モードでは、小さいテスト電流を使用できます。

比較表：キーサイトの豊富な抵抗測定ソリューション(続き)

低抵抗測定ソリューション

モデル	自動モード				手動 モード	最高測定 速度	2端子/4端子	自動 オフセット 補正	小電力 設定
	桁数	レンジ	最小 分解能	確度					
34420A	7 1/2	1 Ω ~ 1 M Ω	100 n Ω	0.0060 % + 0.0002 ³	—	250	■	■	■
34420AとB2961A	7 1/2	1 Ω /1 M Ω ⁵	100 n Ω ⁵	0.0060 % + 0.0002 ⁵	■	—	■ ⁵	■ ⁵	■ ⁵

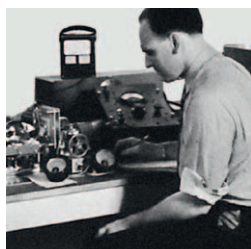
高抵抗測定ソリューション

モデル	自動モード				手動 モード	最高測定 速度	2端子/4端子	自動 オフセット 補正	小電力 設定
	桁数	レンジ	最小 分解能	確度					
絶縁抵抗計	U1451A	3 1/2	66 G Ω	1 k Ω	1.5 % + 5 ¹	—	—	2端子のみ	—
	U1452A	3 1/2	260 G Ω	1 k Ω	1.5 % + 5 ¹	—	—	2端子のみ	—
	U1452AT	3 1/2	66 G Ω	1 k Ω	1.5 % + 5 ¹	—	—	2端子のみ	—
	U1453A	3 1/2	260 G Ω	1 k Ω	1.2 % + 5 ¹	—	—	2端子のみ	—
	U1461A	3 1/2	260 G Ω	1 k Ω	1.2 % + 5 ¹	—	—	2端子のみ	—
エレクトロ メータ	B2985A B2987A	6 1/2	1 M Ω ~ 1 P Ω	1 Ω	0.135 % + 0.0001 ³	■	20000	2端子のみ	■ ⁶ — ⁷

1. 確度は±(読み値の%+最下位桁のカウント数)で定義されています。
2. 確度は(読み値の%+カウント)で定義されています。
3. 確度は(読み値の%+レンジの%)で定義されています。
4. 手動モードでは、小さいテスト電流を使用できます。
5. 34420Aをスタンドアロンで使用したときの値です。
6. オフセット補正機能は演算機能の中にあります。
7. 手動モードでは、小さいテスト電流を使用できます。

ヒューレット・パカードからアジレント、 そしてキーサイトへ

キーサイトは、75年以上もの間、電子計測によって未知なる世界を解き明かしてきました。キーサイト独自のハードウェア、ソフトウェア、スペシャリストが、お客様の次のブレイクスルーを実現します。Unlocking measurement insights since 1939.



1939 未来

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。



Keysight Assurance Plans

www.keysight.com/find/AssurancePlans
Up to ten years of protection and no budgetary surprises to ensure your instruments are operating to specification, so you can rely on accurate measurements.

Keysight Infoline

Keysight Infoline

www.keysight.com/find/service
測定器を効率よく管理するためのオンラインサービスです。無料登録により、保有製品リストや修理・校正の作業履歴、校正証明書などをオンラインで確認できます。

契約販売店

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



www.keysight.com/go/quality
Keysight Technologies, Inc.
DEKRA Certified ISO 9001:2008
Quality Management System

www.keysight.co.jp/find/b2900a

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。