

微小抵抗の高精度測定！

4探針測定機能！(W32-B2900MR4)

B2900A/Bシリーズ

ナノボルトメータ 2182A/34420A

B2900A/Bシリーズは、キーサイトテクノロジー社の商標です。
 2182Aは、ケースレー社の商標です。
 34420Aは、キーサイト・テクノロジー社の商標です。

	品番	GP-IBボード	価格	動作環境
長期測定(P13参) 関数波形発生(P17参)	W32-B2900MR2-R	ラトックシステム製	280,000円	Windows 7/8.1/10/11 (64Bit版推奨)
	W32-B2900MR2-N	NI製		
4探針測定(P18参) 長期測定(P13参) 関数波形発生(P17参)	W32-B2900MR4-R	ラトックシステム製	320,000円	Excel2010 2013,2016 2019/2021 (32bit版 Only)
	W32-B2900MR4-N	NI製		

機能

注)2chタイプのSMUでも、微小抵抗測定はCh-1だけで行い、Ch-2は自動的にOFFに設定されます。

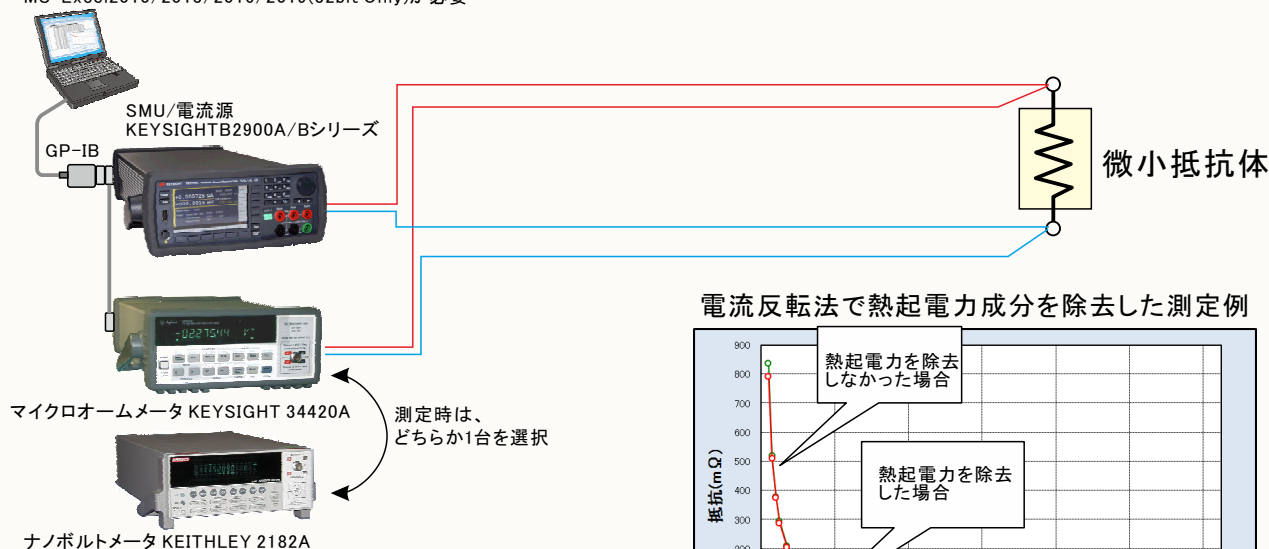
◆ 小さな測定電流による微小抵抗測定ソフト

一般的な抵抗計では、微小な抵抗を測定する場合、大電流の通電で測定が行われます。市販の抵抗計の場合、数mΩの測定では1Aの通電が行われる場合があります。しかし、大電流では試料が破損したり、または、規格で通電電流の規定がされている場合、数mΩの抵抗を数mAの通電で測定しなければならない場合が生じます。

数mΩの抵抗を数mAの通電電流で測定する場合、試料端の数μVの電圧降下を正確に測定する必要があります。ここで発生する大きな問題は、測定器と試料間を結ぶケーブルで生じる数μV程度の熱起電力が測定誤差となることです。多チャンネル測定で、スキャナーを介するとその切り換えリレー内部の熱起電力がさらに誤差要因として加算されます。この熱起電力による測定誤差は、数10%～数100%に及ぶ場合もあります。

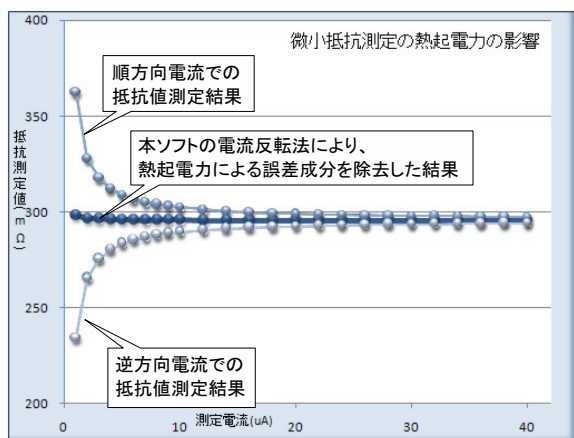
上記の理由により、微小な抵抗を小さな通電電流で測定する場合、電流反転法という測定手法を使用して熱起電力による電圧成分を除去し、試料両端の数μVを正確に測定する必要があります。一般的なマルチメータでは原理的に1μV以下の正確な電圧測定ができないため、ここで使用される測定器は、1μV以下の測定が可能な、KEITHLEY社2182Aや、KEYSIGHT(旧アジレント)社34420Aなどのナノボルトメータになります。

Windows 7/8.1/(32bit or 64bit)
 MS-Excel2010/2013/2016/2019(32bit Only)が必要



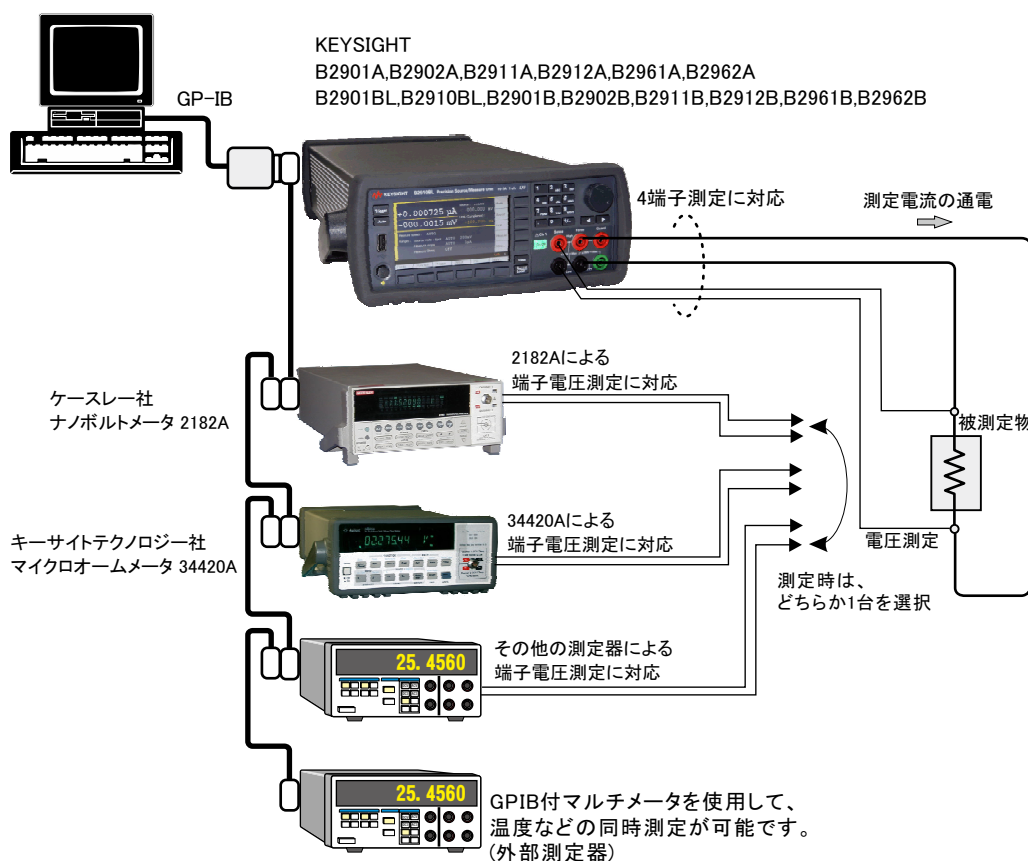
◆ 電流反転法による測定で、熱起電力による測定誤差を除去し、高精度な微小抵抗測定をおこないます。

通常、抵抗計を使用した微小抵抗測定では、0.1Aから1.0A程度の大きな電流を通电して測定が行われます。しかし、被測定物によっては、被測定物の破損、または発熱を招くため、このような大きな電流を通电できない場合があります。このとき、数mA、または、数 μ Aでの測定電流で抵抗を測定することになりますが、測定用配線ケーブル類の熱起電力の影響を大きく受ける結果となります。



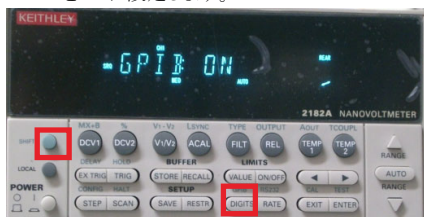
左図では、測定電流に依存した、測定される抵抗値変化を表します。測定電流が小さいほど測定誤差が大きくなります。これは、測定電流が小さいほど被測定物の端子電圧が小さくなり、熱起電力の影響を受けやすくなることを示しています。大きめの測定電流で測定した場合でも、被測定物の抵抗値が $\mu\Omega$ 程度であれば同じように熱起電力の影響を大きく受けることになります。熱起電力による誤差の大きさは、使用する配線金属の種類、長さ、また周辺の温度環境に大きく依存します。本ソフトでは、電流反転法による測定で熱起電力による誤差成分を除去し、かつ、平均化法により、周辺ノイズや温度変化によるバラツキを小さく抑えます。ただし、使用する計測器の性能や精度を超えることはできません。

・測定器について。
この測定では、被測定物の端子電圧は数 μ V、又はそれ以下の電圧になり、通常のデジタルマルチメータや、電源が内蔵する電圧測定機能では測定が困難なレベルです。このように小さな電圧を精度良く測定するために、通常はナノボルトメータと呼ばれる電圧計を使用しなければなりません。



KEITHLEY 2182Aの設定

「SHIFT」を押して、「DIGITS」(GP-IB)キーを押して、GP-IBをONに設定します。



「ENTER」キーを押して、アドレスを設定します。



もう1度「ENTER」キーを押して、ラングエッジを「SCPI」に設定します。



KEYSIGHT(旧Agilent) 34420の設定

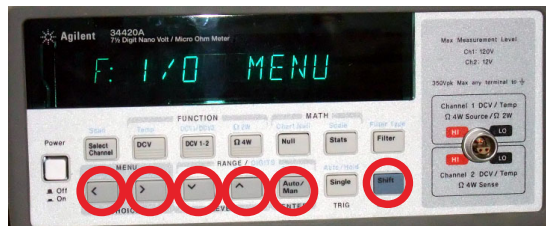
34420本体のメニューを選択し、

1. インターフェイス= GP-IB
2. GP-IBアドレス(既存値=22)
3. ラングエッジ = SCPI

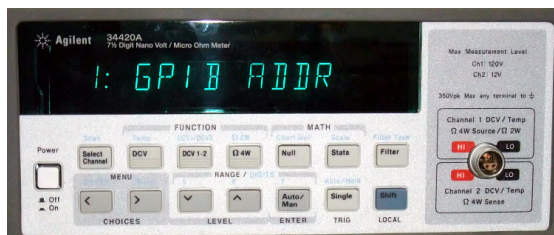
を設定します。

詳細は、34420付属の操作説明書を参照ください。

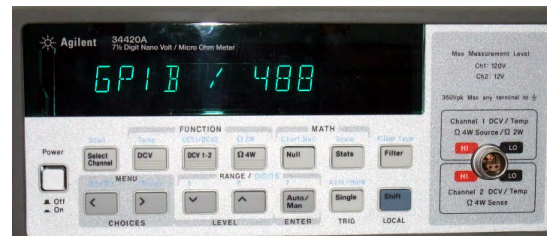
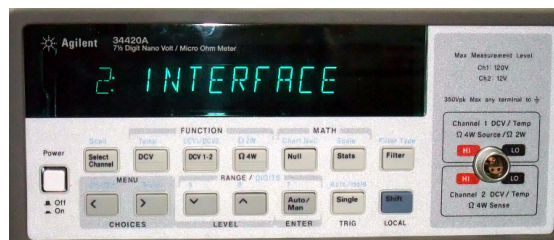
‘Shift’ + ‘>’ KEYで‘I/O MENU’を表示。



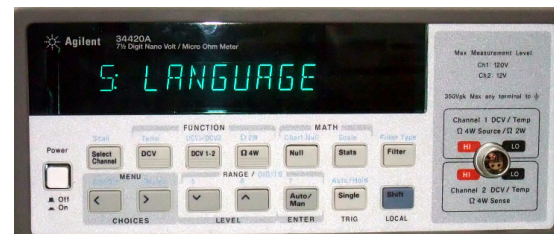
1.GP-IBアドレスを設定します。(既存値=22)



2.インターフェイスをGP-IBに設定します。

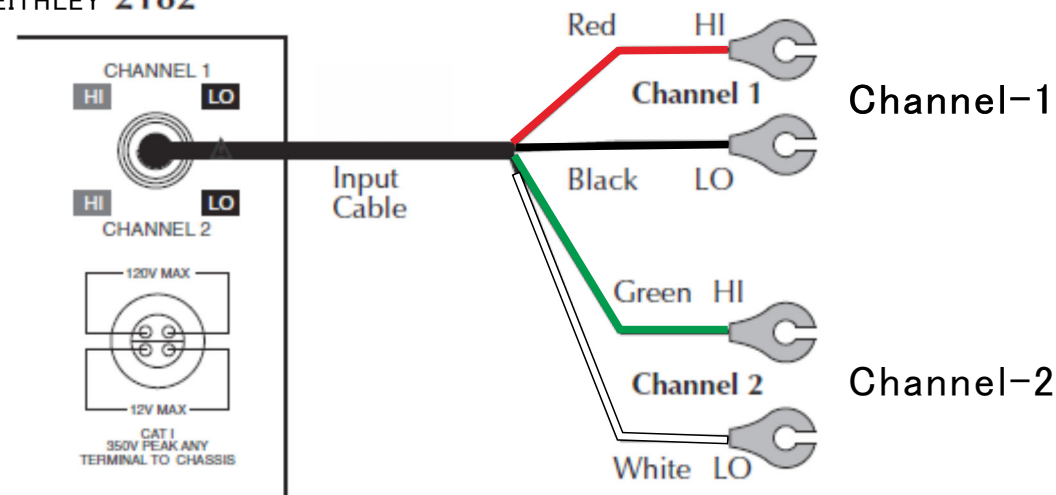


3.ラングエッジをSCPIに設定します。



参考

Agilent 34420
KEITHLEY 2182



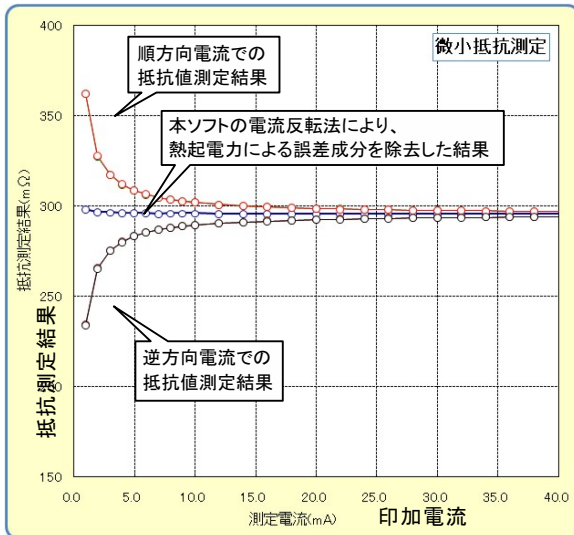
誤差要因を除去して、微小抵抗の測定を行なうことができます。

注)本ソフトを使用しても、使用する測定器が持つ測定精度以上の測定はできません。

小電流による微小抵抗を測定しようとする、主に下記の誤差要因により正しい抵抗値が測定できません。

- 1.測定用ケーブルで生じる熱起電力によるオフセット電圧。
- 2.外来ノイズによる測定値のバラツキ。
- 3.測定電圧の分解能不足や精度不足。

◆ 熱起電力による誤差成分の除去



微小抵抗をあまり大きくない電流で測定しようとする、その両端の電圧は数 μV 程度の電圧になる場合があります。例えば、 $1\text{m}\Omega$ の抵抗体を 10mA の通電で測定しようとする、抵抗体両端の電圧は $10\mu\text{V}$ となり、この微小な電圧を高精度に測定する必要があります。

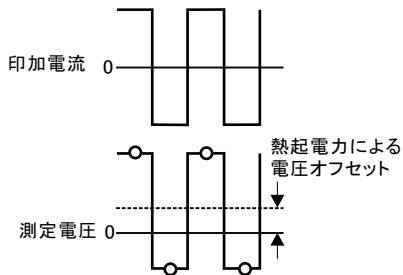
しかし、電圧測定のために使用するケーブルの金属接合部にはゼーベック効果による熱起電力が発生し、その電圧成分が誤差要因となります。その電圧の大きさは、使用するケーブルや周辺の温度環境によって異なりますが、数 μV になる場合があります。

そのため、使用する測定ケーブルは、途中で異種金属との接合を避け、同種金属で、かつ極力短いケーブルを使用する必要があります。抵抗が小さいほど、また、測定電流が小さいほど、熱起電力の影響を大きく受けることになります。左図は、印加電流をスイープして抵抗値を測定した例ですが、印加電流が小さいと測定される抵抗値の誤差が増えることが解ります。

本ソフトは、熱起電力の誤差成分を除去するために、3つの手法をサポートしております。

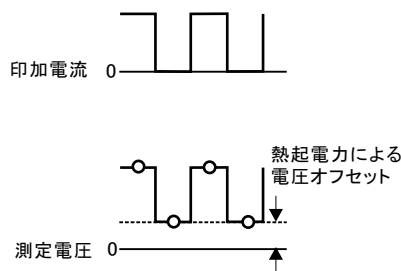
① 電流反転法

順方向と逆方向でそれぞれの方向で電圧を測定し、その平均値から抵抗を求めます。



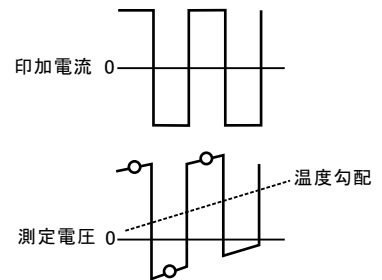
② ゼロ補正法

電流ゼロの時の電圧と、実際に通電した時の電圧の差から抵抗を求めます。

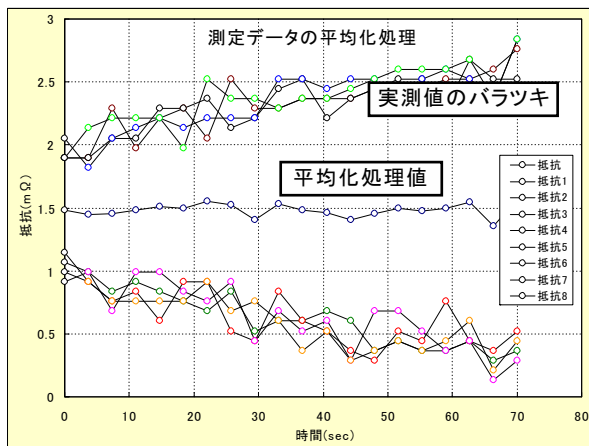


③ 3点補正法

測定中に温度勾配が有る場合に温度勾配分も補正します。



◆ 外来ノイズによるバラツキの除去



「電流反転法」「ゼロ補正法」は、平均化回数を最大100回まで設定が可能です。

測定系への外来ノイズの進入に対する対策を行なうことが基本ですが、除去できない測定値のバラツキは、平均化処理によって安定した測定値を取得できます。

左図では、印加電流値を一定で「電流反転法」で同一の供試体を繰返し測定した例です。順方向での4回測定値の平均値と、逆方向での4回測定値の平均値をさらに平均して抵抗値を算出しています。安定した抵抗値が得られています。

微小抵抗を測定する場合の操作説明

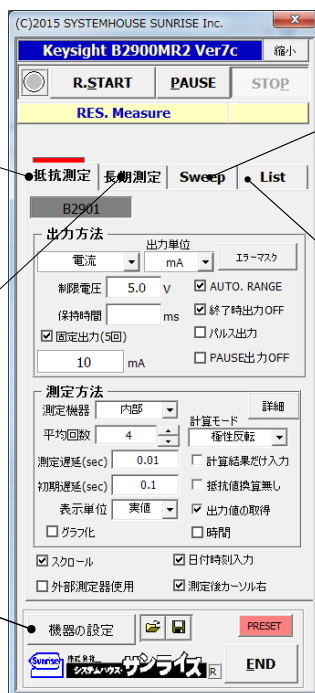
抵抗測定を行います。

この「測定」タブを選択して「START」ボタンをクリックすると、指定した電流値での抵抗測定や、Excelシートに入力した電流リストに基づいて抵抗測定を行うことができます。
Excelシートの電流リストで測定する場合は、事前にキー入力しておいてください。

長期間連続して抵抗測定を行います。

「長期測定」を選択した場合、「測定」タブで設定した測定条件に基づいて長期間連続して抵抗測定を行います。

最初は、このボタンで、使用する機器の型式と、そのGP-IBアドレスを設定してください。下記を参照ください。



本体のスweep機能を使用した測定

この「スweep」タブが選択されている時に「START」をクリックすると、入力したスweep条件に基づき機器の設定を行った後、スweepを実行します。スweep完了後、その結果をExcel上に取込みます。取込データは、現在のカーソル位置から下方向に向かって入力されます。
データの取込後、Excelシート上に、自動的に作図を行います。パルス出力も可能です。

本体のLISTスweep機能を使用した測定

この「カスタム」タブが選択されている時に「START」をクリックすると、本体のカスタムリストに登録されている出力リストに基づいたスweep測定を行います。スweep完了後、その結果をExcel上に取込みます。取込データは、現在のカーソル位置から下方向に向かって入力されます。パルス出力も可能です。

「機器の設定」の説明

注)微小抵抗測定では、常に「SMU1」だけを使用します。SMU2は、無視されます。

使用する測定器の型式を設定します。

測定器のGP-IBアドレスを指定します。

SMU1の測定器チャンネルを指定します。(B2900A/Bシリーズの2chタイプの場合)

2端子/4端子の測定方法を指定します。

チャンネルに自由な名称を入力します。

LOW端子の処理を指定します。

測定器の出力をOFFにした時の状態を指定します。

商用周波数を設定します。

測定器本体へのトリガ信号で測定を行う場合は、チェックを付け、測定器リアーのDIOコネクタの入力端子番号を指定します。

2chモデルの場合は、2chを完全に同期させて測定する場合は、チェックを付けます。チェックが無い場合は、各チャンネルを別々の条件で測定できます。

1chモデルの場合は、チェックを付けると、DCモードの場合(Excelタブ選択)トリガード出力になり、チェックが無い場合は、イミディエイト出力になります。

2chモデルの場合、両チャンネルを測定に使用する場合、チェックを付けます。
低抵抗測定を行う場合は、自動的にOFFになります。

通常は、下記の設定はOFFで使します。
チェックを付けて、ONで使用する場合は、
測定器付属のマニュアルを参照し、機能を
十分理解されたうえで使用してください。

Hi-CapacitanceをON/OFFします。

Beep音をON/OFFします。

出力AUTO-ONをON/OFFします。

出力AUTO-OFFをON/OFFします。

出力フィルタをON/OFFします。

出力フィルタをONに設定した場合の
フィルタ条件を設定します。
(測定器付属のマニュアルを参照)

SOURCE/SENSのWAIT機能を設定します。
通常は、この表示のままの設定で使し
てください。
この設定を変更すると、意図した設定で
測定が行われない場合がありますから、
注意してください。

Other Setting

SMU1 (Ch-1)

BEFORE SWEEP: START VALUE

AFTER SWEEP: START VALUE

HOLD-TIME (EXT. TRIG. DELAY): 0.0 rms

OUTPUT FILTER ON: ☒

FILTER AUTO ON: ☐

TIME CONST. ☒ CUTOFF FREQ. ☐

5 us

SOURCE/SENSE WAIT: DC | SWEEP | Default

SOURCE WAIT ON: ☒ SENSE WAIT ON: ☒

WAIT AUTO: ☒ WAIT AUTO: ☒

OK

スweep前の出力状態を指示します。
「START VALUE」、「ZERO」からの選択。

スweep後の出力状態を指示します。
「START VALUE」、「END VALUE」からの選択。

外部トリガを使用する場合にだけ適用され
ます。
・マルチポイント・スweepがONの場合
アームトリガからのソース遅延時間を入力
します。
・マルチポイント。スweepがOFFの場合
DCモード(Excelタブ)の場合、ソース遅延
時間を入力します。
SWEEPモード(SWEEP, LISTタブ)の場合、
スweep開始時のHOLD-TIMEを入力します。

微小抵抗測定の実験方法

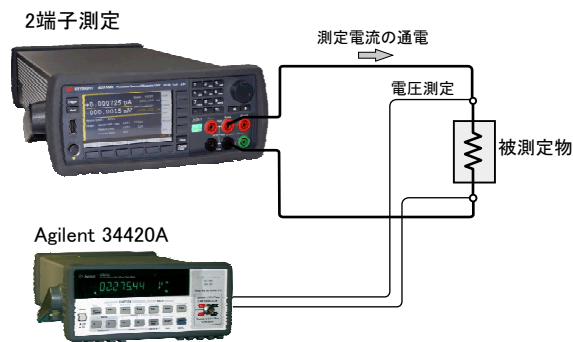
B2900A/B単体で4端子測定の場合



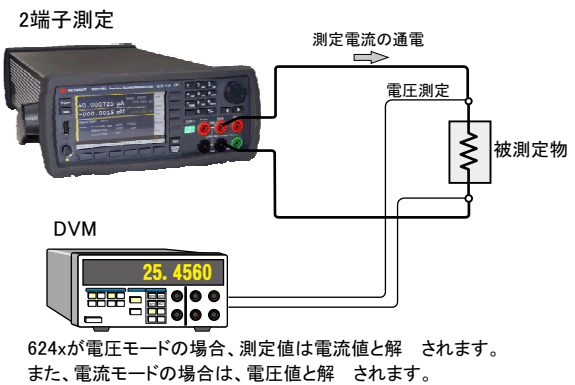
B2900A/B+2182Aで測定の場合



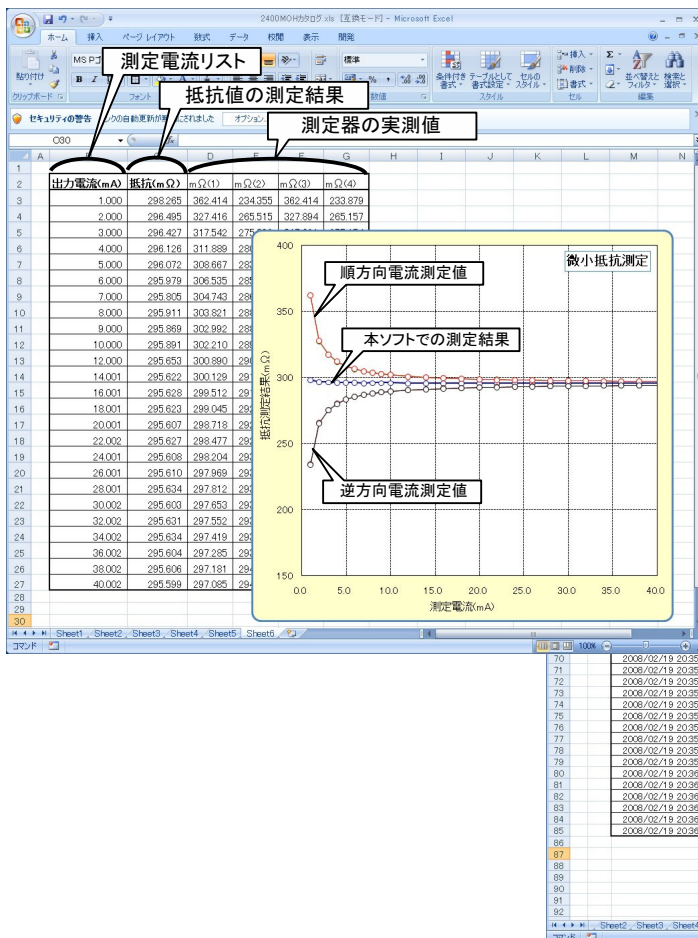
B2900A/B+34420Aで測定の場合



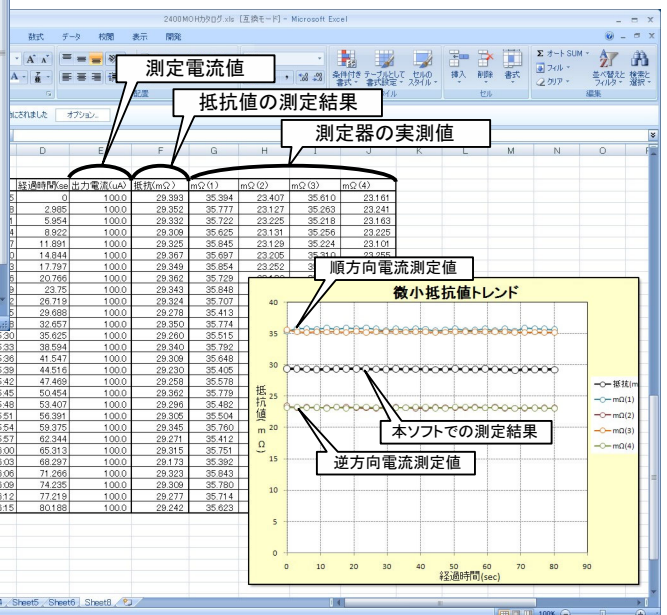
B2900A/B+その他測定器で測定の場合



測定電流を変更しながらの抵抗測定例



測定電流を固定した抵抗測定例



抵抗測定の実行

「測定」タブを選択した後、「START」ボタンで抵抗測定を開始します。

「固定出力」のチェックを外して、電流可変で抵抗測定を行う場合は、事前にExcelシートに測定電流リストを入力しておく必要があります。その後、「出力位置」ボタンで、各機器が出力するExcelシート上のデータ位置先頭を指定してください。

上記設定をした後、「START」ボタンをクリックすると指定位置から順次下方方向に電流値が出力され、その抵抗測定結果が現在のカーソル位置に入力されます。

「出力位置」ボタン参照

使用する機器の型式が表示されます。

抵抗を定電流測定と定電圧測定で選択します。
「電圧」出力での抵抗測定は、測定機器の「内部」「その他」を選択した時だけです。

電圧出力する時は、制限電流を入力し電流出力する時は、制限電圧を入力します。空欄の場合は、機器仕様に順じその出力値に対応した最大の制限値に自動的に設定されます。

電圧/電流の出力保持時間を入力します。空欄の時は、測定に必要な最小時間になります。パソコンのタイマで時間を管理しますからあまり正確ではありません。パルス出力の場合は、パルス周期に切り換わります。

0.05～9999秒の範囲で入力できますが、他の出力条件やパソコンの性能により、0.05秒付近の時間は守れない場合があります。

固定された電流、または電圧で測定する時にチェックを付けます。

出力するデータ先頭位置を指定します。Excel上のカーソルを出力したい先頭位置に置いてこのボタンをクリックします。左のテキストボックスに、カーソル位置が自動的に入力されます。テキストボックスへは、直接、手入力も可能です。テキストボックスが空欄の状態では「START」できません。必ず、入力が必要です。

測定に使用する測定器を指定します。

- ・内部
B2900A/Bを単独で4端子法での測定の場合に選択します。
- ・2182A
KEITHLEY2182Aを使用する場合に選択します。
- ・34420A
Agilent34420Aを使用する場合に選択します。
- ・その他
その他の測定器を使用する場合に選択します。

測定の平均回数を指定します。

1～50回で指定します。

「反転モード」にチェックを付けた場合、順方向だけで平均化、逆方向だけで平均化した後、順方向と逆方向の値をさらに平均化して抵抗値を算出します。

電流通過後、測定開始までの遅延時間を入力します。

測定開始で、初回の測定の時だけ、通電後の測定開始までの待ち時間を入力します。初回だけ、上記の測定遅延時間に 算されます。

測定結果をExcelシートに入力する時の単位を設定します。

現在の測定を完了後、一時停止します。「PAUSE」を押したまま、「START」を押すと、ステップ動作になります。最初に「PAUSE」を押した後に「START」を押しても、ステップ動作になります。「PAUSE」を解除すると、連続測定モードに復帰します。「測定」タブが選択されたときのみ、有効です。

画面を縮小表示に切り換えます。

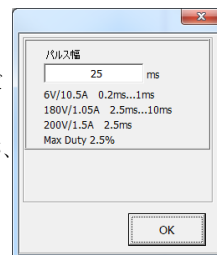
出力を中断します。

Excel上のデータを出力する時の単位を設定します。Excel上のデータが「100」で、「uA」を設定すると、100uAが出力されます。

出力レンジをAUTO,MANUALから選択します。

測定が完了した時、機器の出力をOFFします。チェックを付けないと、終了時、出力は最後の出力値でONを保持します。

チェックを付けると、出力がパルス出力になります。右図が表示されますから、パルス幅を入力してください。微小抵抗測定では、内部測定の場合にだけ、パルスが可能ですが、測定精度は良くありません。



PAUSEで停止中は出力をOFFにします。

測定中の自動停止条件を設定します。

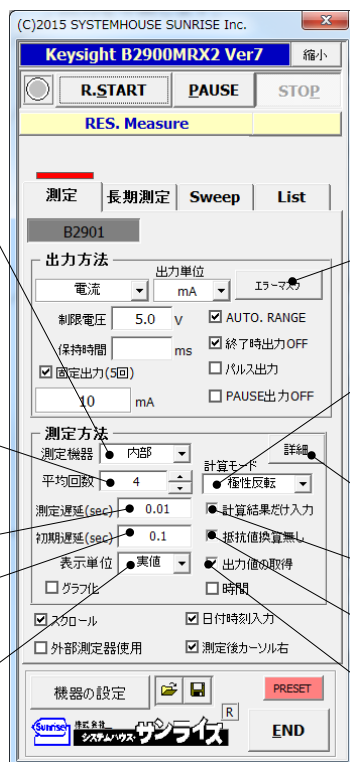
「処理」「極性反転」「ゼロ補正」「デルタ(3点法)」から選択します。
「処理」単純平均での測定。
「極性反転」測定ごとに電流方向を切り替えて測定。
「ゼロ補正」測定と電流ゼロを交互に切り替えて測定。
「デルタ(3点法)」測定毎に電流方向を切り替えて3回測定を行います。

選択した測定器の詳細設定を行います。

チェックを付けると、実測値はExcelに入力されず、算出した抵抗値だけがExcelシートに入力されます。

チェックを付けると、抵抗値を計算しないで、測定器の測定値(電圧/電流)をそのままExcelシートに入力します。

電流または電圧の出力測定値もExcelシートに入力します。



測定データのトレンドグラフを作成します。「長期低抵抗測定」では、グラフは作図されません。

測定中、測定値が常にExcelシート表示されるように、Excelシートを自動的にスクロールします。測定中の作図を行っているとき、グラフがスクロールにより隠れてしまい不都合な場合は、チェックを外して測定をスタートします。

他の測定器の測定も同時に行います。(外部測定器の項を参照ください。)

測定開始からの経過時間をExcelシートに入力します。

測定データの日付時刻をExcelシートに入力します。

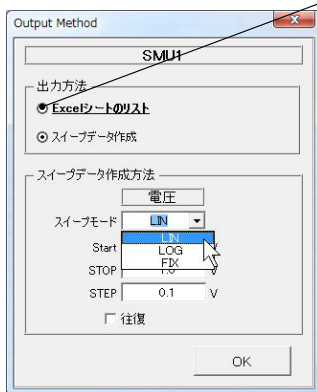
測定終了後、Excel上のカーソル位置が自動的に測定データの右側位置へ移動します。チェックが いる場合は、下側位置へ移動します。

入力した全ての条件をロード及びセーブします。

① Excelタブからの出力方法の設定

- Excelタブからの出力方法は、2つの出力方法が用意されています。
1. 事前に入力されたExcelシート上のデータをなぞりながらの出力と測定を行う。
 2. 測定器のDC出力モードで、疑似スイープ出力(LIN/LOG/FIX)を行い、同時に測定も行う。それぞれ、各出力ステップごとに外部に接続したマルチメータの併用測定が可能です。

Excelシート上のデータをなぞりながらの出力方法



事前に入力するデータをExcelシートに入力しておきます。出力するデータは任意の位置に入力可能ですが、Excelシートの上から下方向に入力します。同じ出力値を 返し出力する場合は、出力値の後ろに丸カッコで、 返し回数を入力してください。

この位置を出力開始位置に指定します。

この位置にカーソルを置いて「出力位置」ボタンをクリックして指定します。

この位置にカーソルを置いて測定を開始します。

測定器の出力データをExcelに入力した例
上記の出力は
1V, 1回
1.2V, 4回
1.4V, 1回
1.6V, 2回
のように出力されます。
注)この入力で、Excelがエラーメッセージを出した場合は、
先頭にシングルクォーテーションを入力して、その後ろに
数値を入力してください。
【例】
'1.2(4)等

測定電流リストをExcelシートに入力する方法

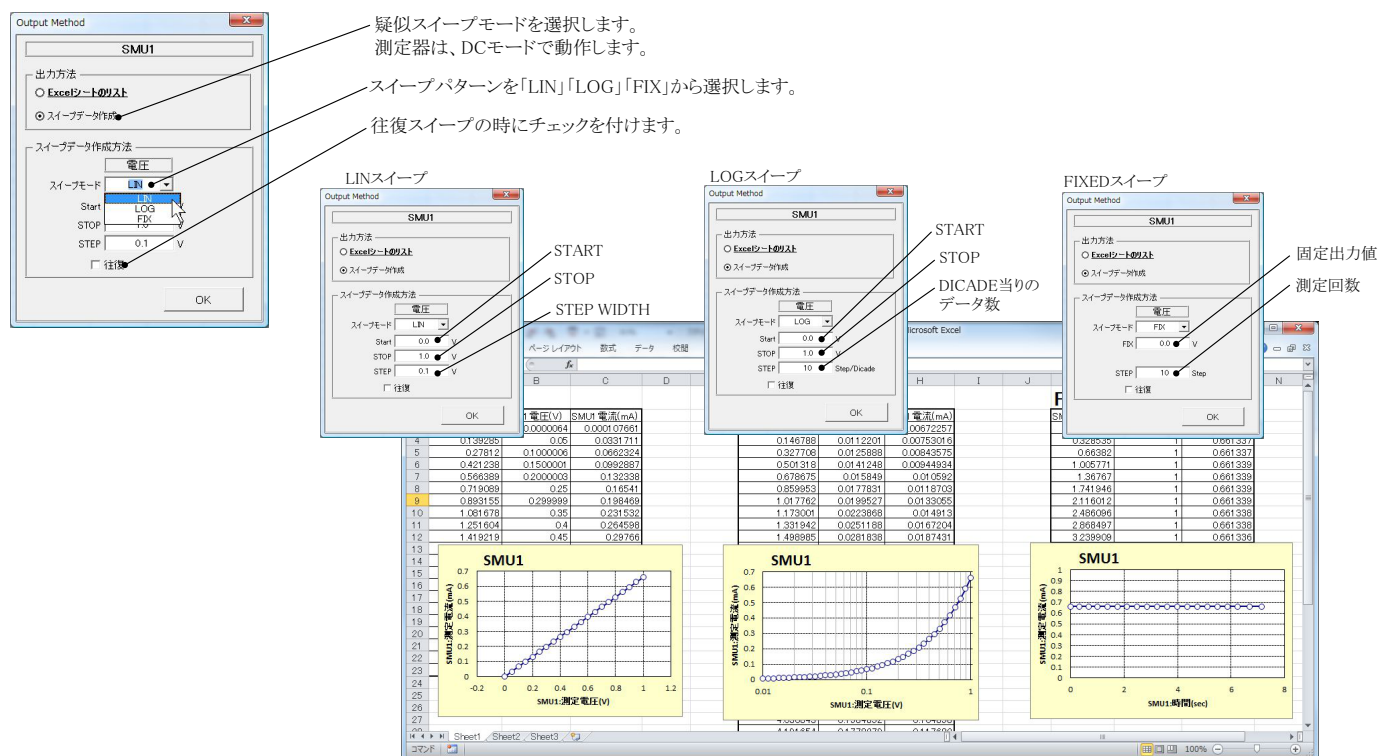
この位置を出力位置に指定します。
出力データは、Excel上の任意の位置
に入力可能です。

この位置にカーソルを置いて、試験を開始した場合の例です。
カーソル位置は任意ですが、測定結果は、カーソル位置から
下方向に入力されます。

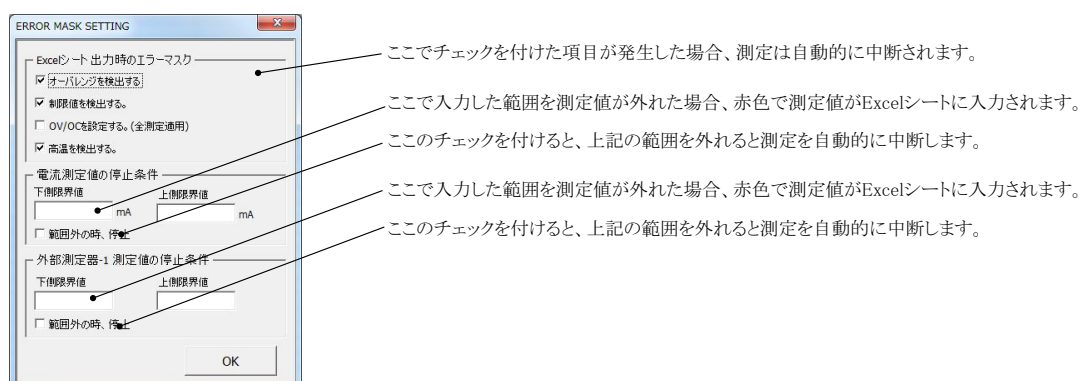
試験を開始する前に、出力する測定電流リスト
を縦方向に入力しておきます。
電流は、出力する場合はプラス値で、吸込む場
合はマイナス値で入力します。

試験の測定結果が、このように入力されます。グラフ機能を
Onに設定しておくで、自動的に作図が行われます。

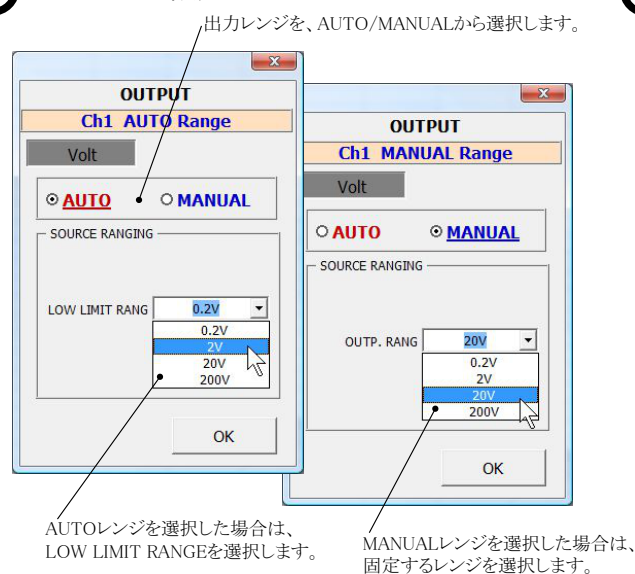
疑似スリープモードの出力方法



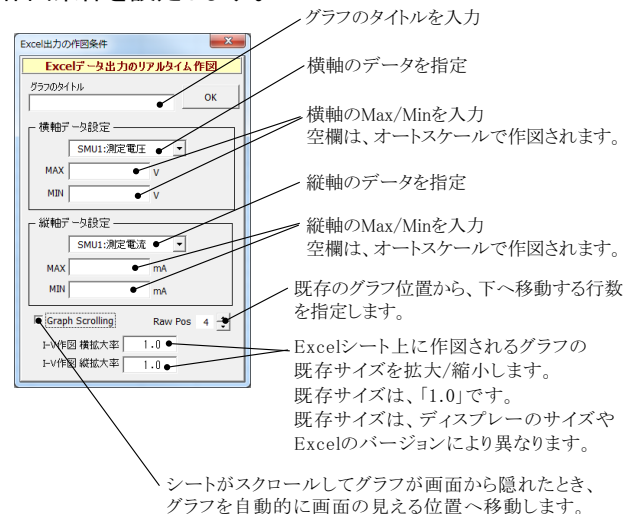
②測定中の自動停止条件の設定



③出力レンジの設定



④ 作図条件を設定します。



測定器で「内部」を選択した時の詳細設定

測定レンジを、AUTO/MANUALから選択します。

—THRESHOLD RATE
の入力
既存値=90

注) 個々の項目の機能詳細につきましては、測定器の「User's Manual」を参照ください。

リファレンス機能をONにし、そのリファレンス値を入力します。

注) 個々の項目の機能詳細につきましては、測定器の「User's Manual」を参照ください。

各設定項目は、測定器に付属する取扱説明書に記載されている説明文を参照ください。

測定器で「その他」を選択した時の詳細設定

その他測定器とはGP-IBでパソコンと接続されている必要があります。

その他測定器から送られてくるデータのフォーマットは、ASCIIであり、複数のデータの場合(Max10個)、データ間はコンマで区切られている必要があります。

注1)複数のデータを受信した場合、本ソフトで使用するデータは、先頭の1つだけで、それ以降のデータは捨てられます。

注2)その他測定器からのデータ取り込みは、全ての測定器との通信を保証するものではありません。

このダイアログボックスは、外部測定器の接続条件を設定するためのものです。各項目の役割は以下の通りです。

- 外部測定器の条件設定**
 - GP-IBアドレス: 11 (測定器のGP-IBアドレスを設定します。)
 - デリミタ: LF+EOI (測定器のデリミタを設定します。通常は、LF+EOIです。)
 - 測定器初期化コマンド (必要な場合): (測定開始前に、測定器に送信するコマンドがある場合は、ここに入力します。ファンクションやレンジ切換えのコマンドを入力します。通常は空欄です。)
- データ受信時の設定**
 - クエリコマンド (必要な場合): (もし、測定器からデータを受け取る時、クエリコマンドを事前に送信する必要がある時、ここに送信するクエリコマンドを入力します。ほとんどの場合、空欄でOKです。もし、マルチメータがSCPIコマンド準拠のものであれば、下記のコマンドのどれかが使用されます。:READ? :FETCH? :MEAS?)
 - トリガ送信必要: ☒ (測定器のデータ受信時にトリガが必要な時、チェックをつけます。)
 - トリガ方法: GET (ラジオボタン) (「GET」、「*TRG」、「任意コマンド」からトリガの方法を選択します。通常は、「GET」の選択をします。)
 - トリガコマンド: :INIT:IMM (テキストボックス) (「任意コマンド」を選択した場合は、トリガコマンドをテキストボックスに入力します。)
- 演算実行**
 - 係数 A: 1.0 (測定器のデータに演算処理を行うときにチェックします。複数のデータが受信された場合は、その全てのデータに、下記に入力した演算が行われます。)
 - 係数 B: 0.0 (取り込んだデータに、下記演算を行った後、Excelへ入力します。Excelへの入力値 = (測定器データ - B) * A)
 - 単位: User110 (ヘッダとしてExcelへ入力する事項をここに入力します。空欄の場合、「外部」が入力されます。)
- データフォーマット**
 - データの種類: 数値データ (ラジオボタン) (測定器のデータは数値として扱います。)
 - データ間の区切り方法: コンマ (ラジオボタン) (測定器から複数のデータが送信される場合、データの区切り文字を指定します。一般的には「コンマ」が使用されます。)

⑥ 外部測定器(マルチメータ等)の設定方法

外部測定器とはGP-IBでパソコンと接続されている必要があります。(下図)

外部測定器から送られてくるデータのフォーマットは、ASCIIであり、複数のデータの場合(Max10個)、データ間はコンマで区切られている必要があります。注)外部測定器からのデータ取り込みは、全ての測定器との通信を保証するものではありません。

このダイアログボックスは、外部測定器(マルチメータ等)の接続条件を設定するためのものです。各項目の役割は以下の通りです。

- 外部機器条件設定**
 - GP-IBアドレス: 10 (外部測定器のGP-IBアドレスを設定します。)
 - デリミタ: LF+EOI (測定器のデリミタを設定します。通常は、LF+EOIです。)
 - 機器初期化コマンド (必要な場合): (測定開始前に、測定器に送信するコマンドがある場合は、ここに入力します。ファンクションやレンジ切換えのコマンドを入力します。通常は空欄です。)
- データ受信時の設定**
 - クエリコマンド (必要な場合): (もし、外部測定器からデータを受け取る時、クエリコマンドを事前に送信する必要がある時、ここに送信するクエリコマンドを入力します。ほとんどの場合、空欄でOKです。もし、マルチメータがSCPIコマンド準拠のものであれば、下記のコマンドのどれかが使用されます。:READ? :FETCH? :MEAS?)
 - トリガ送信必要: ☒ (外部測定器のデータ受信時にトリガが必要な時、チェックをつけます。)
 - トリガ方法: 任意コマンド (ラジオボタン) (「GET」、「*TRG」、「任意コマンド」からトリガの方法を選択します。通常は、「GET」の選択をします。)
 - トリガコマンド: (テキストボックス) (「任意コマンド」を選択した場合は、トリガコマンドをテキストボックスに入力します。)
- 演算実行**
 - 係数 A: 1.0 (外部測定器のデータに演算処理を行うときにチェックします。複数のデータが受信された場合は、その全てのデータに、下記に入力した演算が行われます。)
 - 係数 B: 0.0 (取り込んだデータに、下記演算を行った後、Excelへ入力します。Excelへの入力値 = (測定器データ - B) * A)
 - 名称(単位): (ヘッダとしてExcelへ入力する事項をここに入力します。空欄の場合、「外部測定器」が入力されます。)
- データフォーマット**
 - データの種類: 数値データ (ラジオボタン) (外部測定器のデータを数値として扱うか、文字として扱うかの設定を行います。通常は「数値データ」に設定します。)
 - データ間の区切り方法: コンマ (ラジオボタン) (外部測定器から複数のデータが送信される場合、データの区切り文字を指定します。一般的には「コンマ」が使用されます。)
 - 受信データ数: 1 (スピンボックス) (外部測定器が送信するデータ数をセットします。)

長期低抵抗測定を行う場合の設定

この機能は、「W32-B2900MRX」「W32-B2900MR4」だけの機能です。

「測定」タブで、固定出力にチェックを付けた時だけ「長期低抵抗測定」が可能になります。

また、測定条件は、全て「測定」タブの画面で設定した条件に従います。ただし、グラフの作図は行われません。

「START」ボタンをクリックして、実際に測定を開始するまでの待ち時間を入力します。
例えば、恒温槽内に試料を入れ、所定の温度に到達するまで待つてから測定を開始
したい場合などに使用します。

測定の時間間隔を3種類で設定できます。測定で使用する測定ステップにチェックします。

時間間隔を入力します。

時間間隔の単位を「秒」と「分」で切り換えます。

測定回数を入力します。

上記で設定した測定時間間隔と測定回数から、全ての測定を終了までの所要時間
が表示されます。この時間が再計算されるのは、入力したテキストボックスからカーソ
ルを移動したときです。

測定データの入力されたExcelブックを定期的の上書き保存する時にチェックを付けます。
その後、保存する測定サイクルを指定します。

測定データが、Excelシートの最下行に到達したとき、次のシートの先頭に移動します。
次のシートがない場合は、自動的にシートが作成されます。
ただし、シートが20シートに到達すると、試験を強制的に終了します。

日付が変更になったとき、現在のブックを保存した後、新しいブックを作成し、その先頭から
データを入力します。

データの入力されたExcelブックを保存するフォルダを指定します。

バックアップ保存されるExcelブック名の先頭に付ける名称を入力します。
Excelブックには、下記の名前が自動的に付けられます。

バックアップ保存でExcelブックのファイル名
"Book名のヘッダ" + "_" + 年月日 + "_" + 時分秒 + ".xls"
注)Excel2007以降では、拡張子は".xlsx"になります。

SWEEPタブを選択した測定方法

このタブは、微小抵抗測定では使用しません。

このSWEEPタブでは、B2900Aシリーズ本体のスイープ機能を使用した様々な測定が可能になります。

本体のスイープ機能を使用した測定

この「スイープ」タブが選択されている時に「START」をクリックすると、設定した条件に基づき、機器の設定後、スイープを開始します。スイープ完了後、その結果をExcel上に取込みます。取込データは、現在のカーソル位置から下方向に向かって入力されます。

使用する機器の型式が表示されます。括弧内の数値はチャンネルを表わします。機器型式とGP-IBアドレス、チャンネルの設定は、「機器の設定」ボタンで行います。

電圧スイープ/電流スイープを切り換えます。

ダブルクリックで、スタート/ストップ値を入れ換えます。

スイープスタート電圧/電流を入力します。

スイープストップ電圧/電流を入力します。LOGスイープの場合スタートとストップの正負の極性は同じにしてください。

LINスイープの時、ステップ電圧/電流を入力します。正負は関係なく、絶対値が使用されます。LOGスイープの時、分割ステップ数を入力します。最大2,500までのステップ数の入力が可能です。

電圧出力する時は、制限電流を入力し電流出力する時は、制限電圧を入力します。空欄の場合は、機器仕様に順に最大制限値に近い値に自動的に設定されます。

ここをダブルクリックして、積分時間の入力単位をNPLC/msで切り換えます。

測定の積分時間を入力します。NPLC 0.0004～120、0.01～2000msの範囲で入力します。

出力後、測定開始までの遅延時間を入力します。0.0～10,000msの範囲。

測定レンジを設定します。

測定データをExcelシート上に作図を行います。

スイープを開始します。

スイープスタート/ストップ値の入力の単位を設定します。

リニア/ログのスイープを切り換えます。太陽電池の測定では、「LIN」だけが選択可能です。

① チェックを付けると出力はオートレンジになります。チェックを外して、出力レンジを指定して固定レンジにできます。レンジ設定画面が表示されますから、詳細を設定してください。

現在の設定レンジが表示されます。

出力完了時、機器の出力をOFFにして出力を終了します。チェックを付けると、終了時、出力は最後の出力値でONを保持します。

スタートストップ間を往復スイープします。太陽電池の場合、行き/戻り/行き戻り平均のパラメータをそれぞれ計算します。

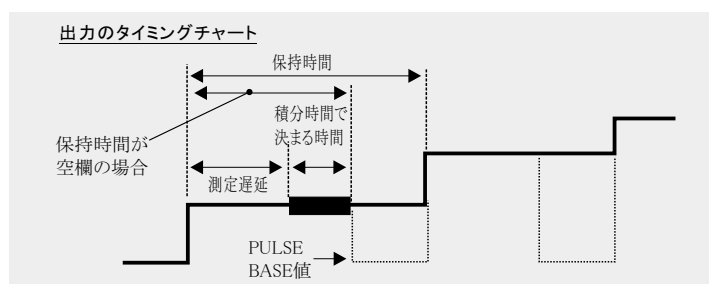
② チェックを付けると、出力がパルス出力になります。パルス時間幅を入力してください。パルス出力にチェックを付けると、「保持時間」がパルス周期に切り換わります。

通常は空欄にして下さい。空欄の場合、積分時間と測定遅延で自動的に保持時間が決定されます。電圧/電流の各ステップでの出力保持時間です。パルス出力の場合は、パルス周期に切り換わります。0.02～999999の範囲で入力できます。

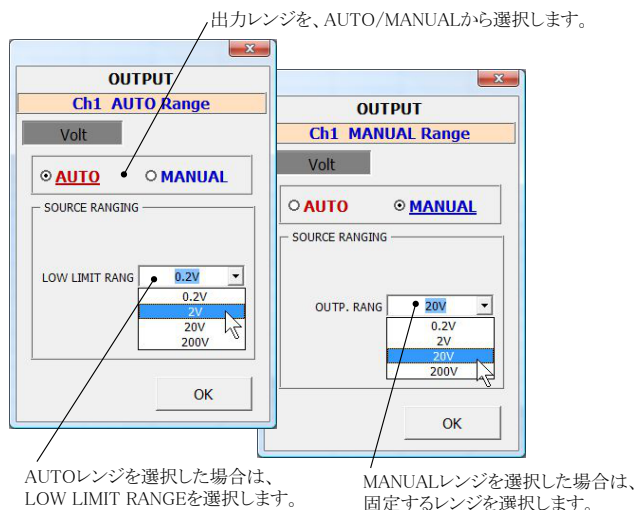
⑤ 測定する項目にチェックを付けます。チェックを付けたと同時に、その測定値をExcelへ入力する時の単位を指定します。太陽電池の測定では、強制的に「電圧」「電流」の両方にチェックが付けられませんが、「時間」のチェックは任意です。

測定器を初期化します。

全ての入力条件を保存、または、読み込みます。



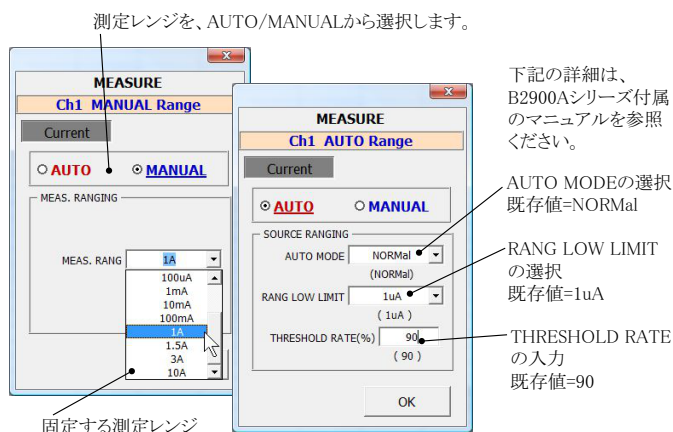
① 出力レンジの設定



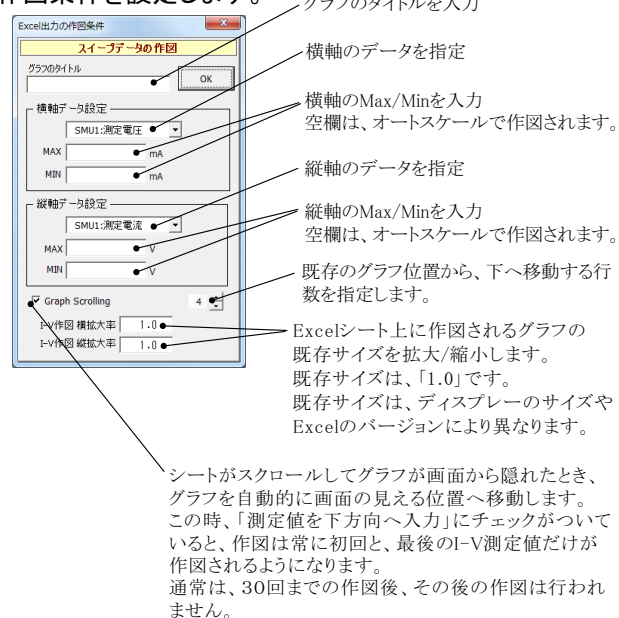
② パルス幅/BASE値の設定



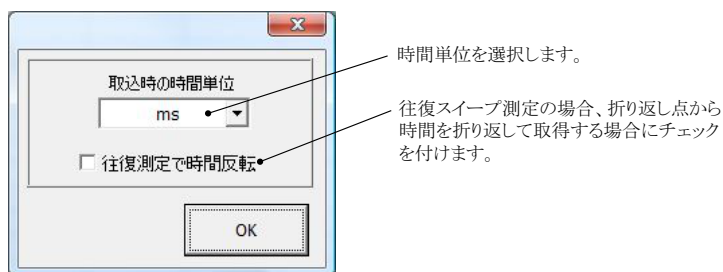
③ 測定レンジを設定します。



④ 作図条件を設定します。



⑤ 測定項目の指定と、その単位の指定



LISTタブを選択した測定方法

このタブは、微小抵抗測定では使用しません。
LISTタブを選択すると、B2900Aシリーズ本体のLISTスイープ機能を使用した様々な測定が可能になります。
さらに、下記のようなスイープが追加されます。

1.任意波形や関数波形の発生と測定

この「スイープ」タブが選択されている時に「START」をクリックすると、設定した条件に基づき、機器の設定後、LISTスイープを開始します。
スイープ完了後、その結果をExcel上に取込みます。
取込データは、現在のカーソル位置から下方向に向かって入力されます。

使用する機器の型式が表示されます。括弧内の数値はチャンネルを表わします。機器型式とGP-IBアドレス、チャンネルの設定は、「機器の設定」ボタンで行います。

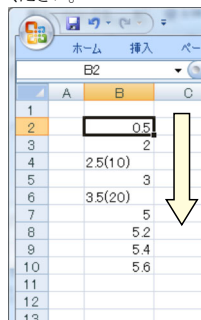
電圧スイープ/電流スイープを切り換えます。

スイープスタート/ストップ値の入力の単位を設定します。

「From Excel」を選択し、「波形送信」をクリックすると、Excelシート上の現在のカーソル位置から下方向にデータを取り込み測定器のLISTメモリ領域へ送信します。
その他項目を選択した場合は、下記を参照ください。

LISTスイープを開始します。

測定する項目にチェックを付けます。チェックを付けると同時に、その測定値をExcelへ入力する時の単位を指定します。
太陽電池の測定では、強制的に「電圧」「電流」の両方にチェックが付けられませんが、「時間」のチェックは任意です。



	A	B	C
1			
2		0.5	
3		2	
4		2.5(10)	
5		3	
6		3.5(20)	
7		5	
8		5.2	
9		5.4	
10		5.6	
11			
12			
13			

下方向へデータを取り込みます。
(括弧)内の数値はデータ数を指示します。



⑥ 関数波形の作成方法を指示します。

この機能は、「W32-B2900MRX」「W32-B2900MR4」だけの機能です。

下記で関数波形の作成方法を指示し、「波形送信」をクリックすると、その波形が測定器へ送信されます。
その後、「START」ボタンをクリックすると、測定器から波形が出力されます。波形データは、最大1,001個以内で作成します。

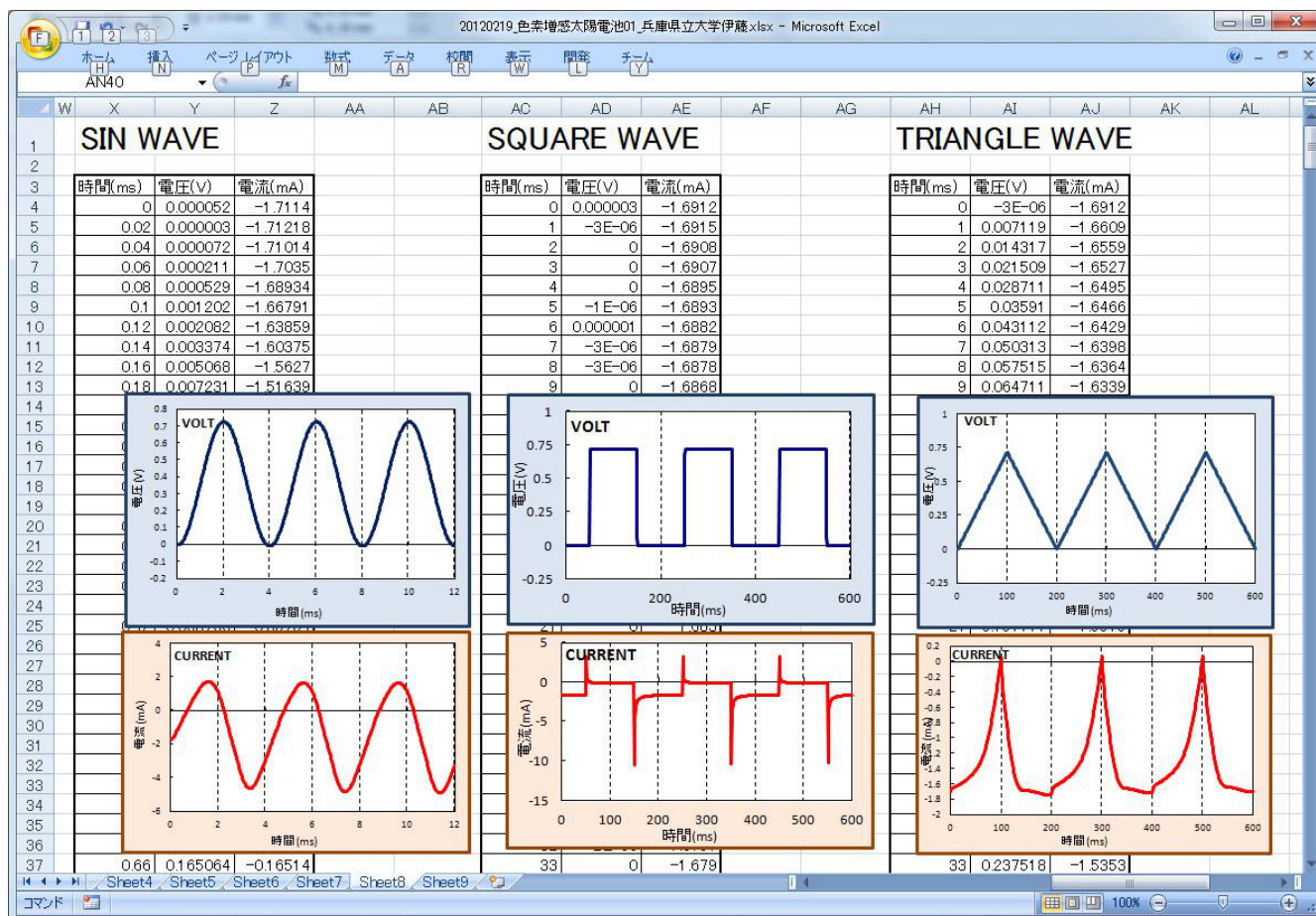
The 'Edit Wave Pattern' dialog box contains the following parameters:

- 積分時間: 1.0 PLC
- 測定遅延: 1.0 ms
- 保持時間: ms
- 周波数: 0.4762 Hz
- 周期: 2100 ms
- 全データ数(Max. 1001): 200 個
- データ数/波形: 100
- 繰り返し数: 2
- Vp-p: 1.0 V
- OFFSET: 0.0 V
- 位相(-180...+180): 0.0 deg

Annotations and Diagrams:

- 「SET」ボタンをクリックすると、再計算され表示されます。
- SWEEPタブで入力した値が採用されます。
- 1波形を作成するデータ数
- 波形の繰り返し数
- Vp-p値
- OFFSET値
- 波形の位相
- パルスのデューティ比 (DUTY RATIO: 50 %)

A diagram of a sine wave illustrates the Vp-p (peak-to-peak voltage) and OFFSET (vertical offset) parameters.

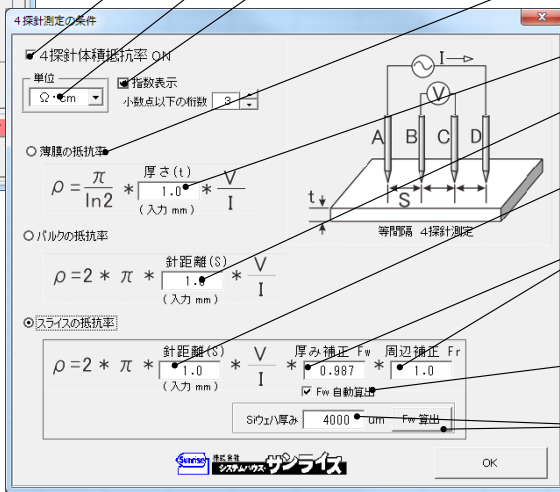
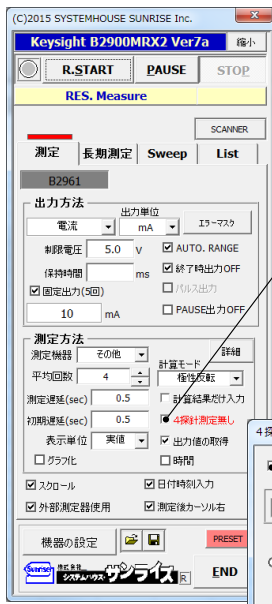


4 探針測定の方法

この機能は、「W32-B2900MR4」でサポートされます。

4 探針測定を行うためには、本ソフトを4 探針測定モードに切替えます。

「抵抗測定無し」の文字の上を「Ctrl」キーを押したままマウスクリックすると、「低抵抗測定」と「4 探針測定」を交互に切替えることができます。
下記画面が表示されたら、4 探針測定の測定条件を設定します。



4 探針測定モードをON/OFFします。

測定結果の単位を選択します。

測定結果を指数表記でExcelシートに入力する場合はチェックを付けます。

被測定物の種類による抵抗率計算方法を選択します。
この選択は、測定結果に大きな影響を与えますから、ユーザー側の責任で十分考慮して選択してください。

被測定物の厚さをmmの単位で入力してください。

4 探針プローブの針間距離をmmの単位で入力してください。
4 針間は等間隔を前提にしております。

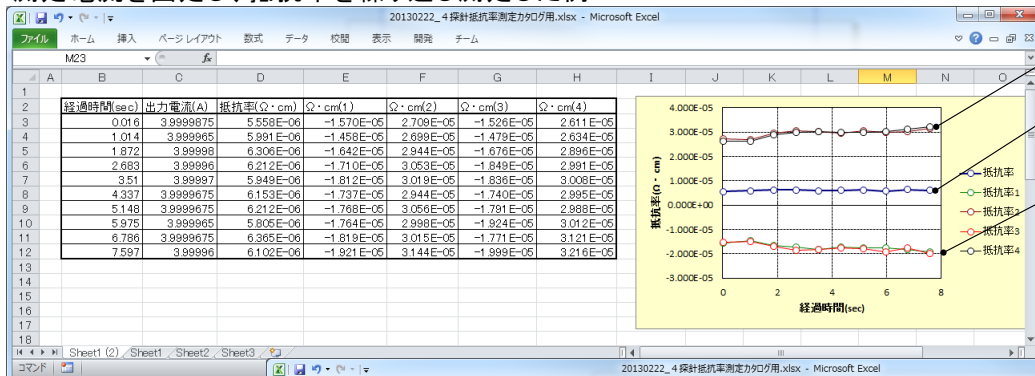
4 探針プローブの針間距離をmmの単位で入力してください。
4 針間は等間隔を前提にしております。

厚み補正係数(Fw)と周辺補正係数(Fr)を入力します。
被測定物毎に異なる、この補正係数の適切な値についての情報を当社は持ち合わせておりません。
ユーザー側の責任で適切な値を入手してください。

Fw自動算出にチェックを付けると、Siウェハの場合は、Siウェハの厚みから、自動的にFw値を算出することができます。

Siウェハの厚みを入力します。
右にある「Fw算出」ボタンをクリックすると、Fw値が計算され自動的にFw値が入力されます。また、EnterKeyでも自動計算されます。
算出方法は、「JIS C 0620」の付表1のテーブルから算出され、テーブルにない厚み値は、比例配分により計算されます。
厚みの入力範囲は、150umから4000umの範囲です。

測定電流を固定し、抵抗率を繰り返し測定した例

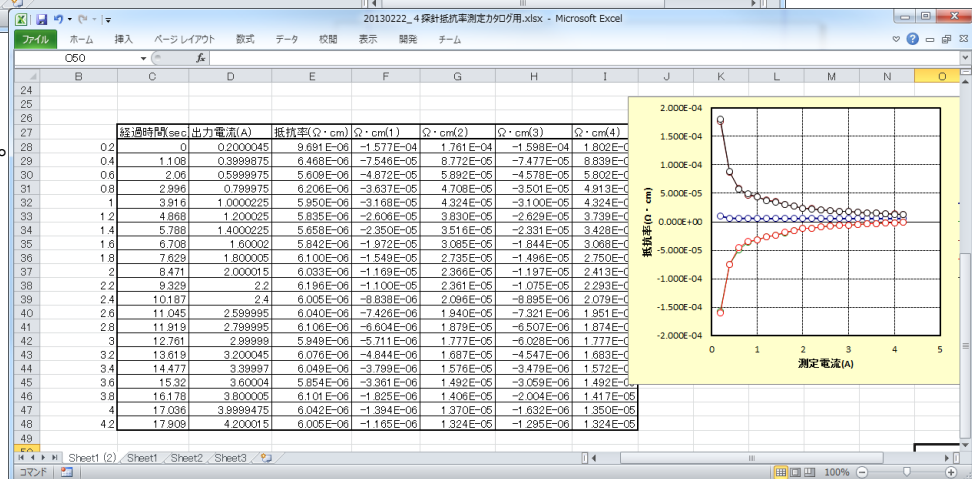


電流正方向での抵抗率

熱起電力による誤差要因を除いた正しい抵抗率

電流負方向での抵抗率

測定電流を順じ増やしながら、抵抗率を測定した例。



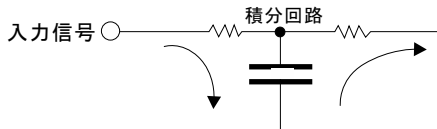
A/D変換器について

A/D変換器には、「逐次比較型」と「積分型」があり、本ソフトがサポートする電圧電流発生器は、「積分型」を使用して測定が行われます。

①積分型A/D変換器

変換速度は遅い。
ノイズの影響を受けにくい安定した測定が可能。
デジタルマルチメータ、抵抗計、微小電圧電流計などに使用される。

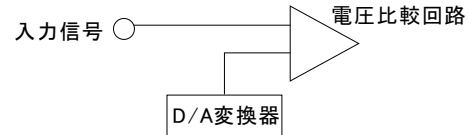
【構造】
コンデンサに充電して、放電する時間を計る



②逐次比較型A/D変換器

変換速度が速いため、瞬時の電圧測定が可能。
電圧の瞬時値を測定することが目的。
オシロスコープや、A/D変換ボードなどに使用される。

【構造】
内部D/A変換器との比較により測定する。



積分時間「PLC」とは

積分型A/D変換器の積分時間は、「PLC」の単位を使用します。

Power Line Cycle(商用周波数)の略語です。

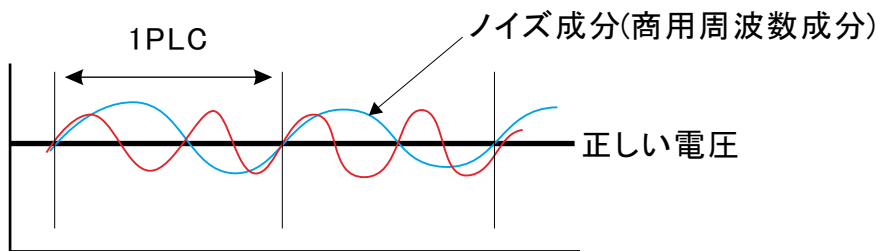
この時間は、A/D変換器内部のコンデンサを充電する時間です。

1PLCは、商用周波数の1周期分の時間です。

50Hz地域では、20ms、60Hz地域では、16.7msを表します。

測定精度に影響を及ぼすノイズ要因の殆どは、商用周波数の整数倍の周波数の外来電圧です。

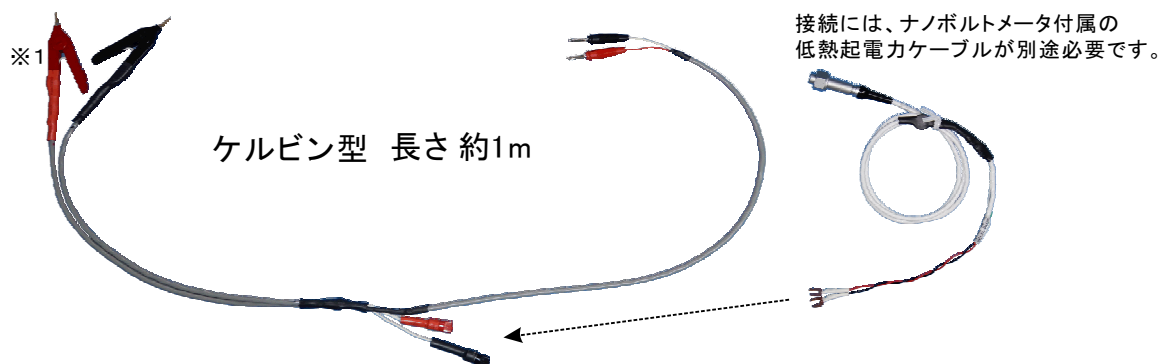
PLCの整数倍の積分を行うことによりノイズ要因の多くを除去できます。



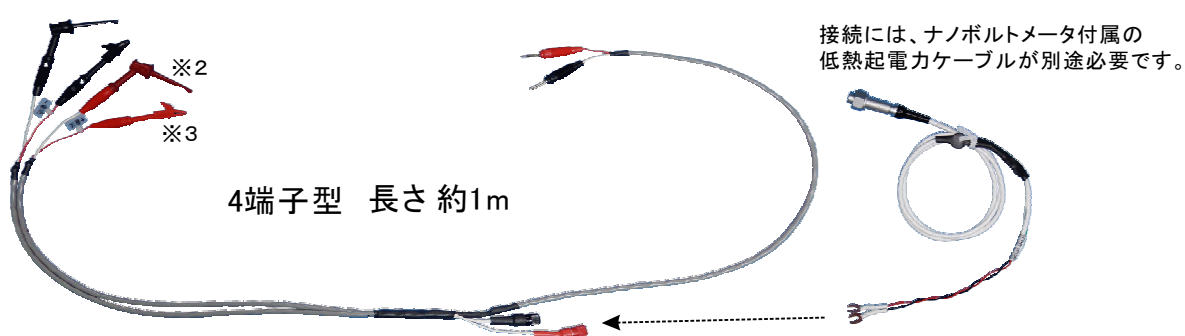
微小抵抗測定用ケーブル

2022.05.28

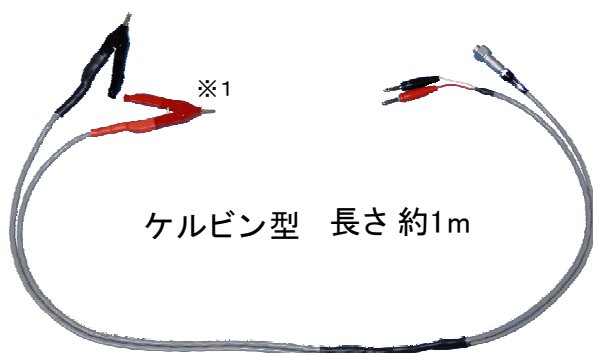
型番	S4W-K1	定価	38,000円
----	--------	----	---------



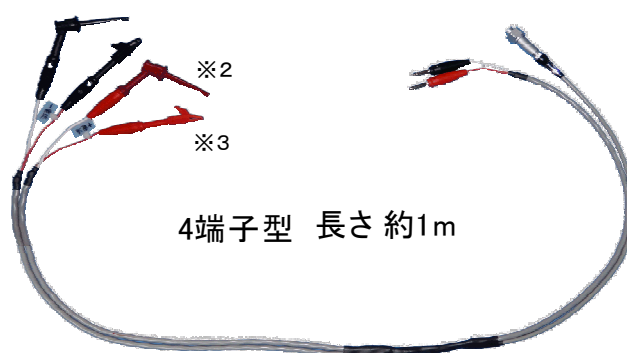
型番	S4W-R1	定価	36,000円
----	--------	----	---------



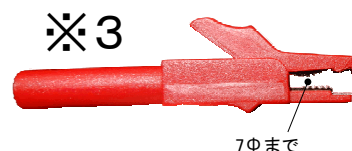
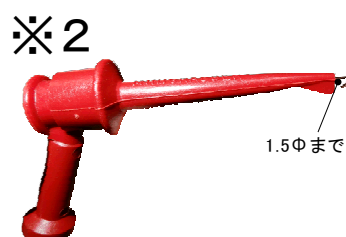
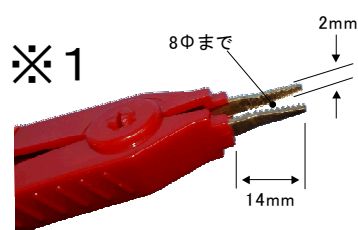
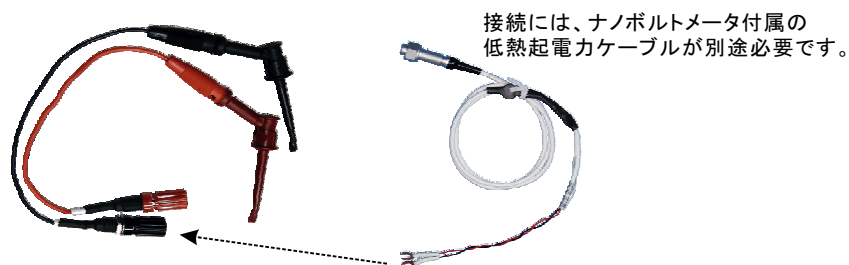
型番	S4W-K2	定価	54,000円
----	--------	----	---------



型番	S4W-R2	定価	50,000円
----	--------	----	---------



型番	S4W-R3	定価	16,000円
----	--------	----	---------



微小抵抗測定用ケーブル-2

車用ワイヤーハーネス/絞め部測定専用 20mV開放電圧対応

型番	S4W-K1W	定価	40,000円
<div> <div>※1</div> <div>ケルビン型 長さ 約1m</div> <div>OUTPUT (FORCE) + SENSE</div> <div>接続には、ナノボルトメータ付属の低熱起電力ケーブルが別途必要です。</div> </div>			
型番	S4W-R1W	定価	38,000円
<div> <div>※2 ※3</div> <div>4端子型 長さ 約1m</div> <div>OUTPUT (FORCE) + SENSE</div> <div>接続には、ナノボルトメータ付属の低熱起電力ケーブルが別途必要です。</div> </div>			
型番	S4W-K2W	定価	58,000円
<div> <div>※1</div> <div>ケルビン型 長さ 約1m</div> <div>OUTPUT (FORCE) + SENSE</div> </div>			
型番	S4W-R2W	定価	54,000円
<div> <div>※2 ※3</div> <div>4端子型 長さ 約1m</div> <div>OUTPUT (FORCE) + SENSE</div> </div>			

