W32.2400MR2/MR4

240 245 ナノホ

	- 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 199				
微小抵抗の高精度測定!	使用できる機種	品番	GP-IBボード	価格	動作環境
4 探針測定機能をサポート	2400シリーズ 2182A/34420A	W32-2400MR2-R	ラトックシステム製	330 0000	Windows
2400/01/10/20/25/30/40	2000+SCAN 長期測定用	W32-2400MR2-N	NI製	320,000	8.1/10/11 (64bit版) Even
2450/2460	2400シリーズ 2182A/34420A	W32-2400MR4-R	ラトックシステム製	260.000	2013/2016/2019 2021(32bit版 Only)
ナノボルトメータ 2182A/34420A	2000+SCAN 4探針測定機能	W32-2400MR4-N	NI製	300,000	
2400/01/10/20/25/30/40/50/60,2182Aは、ケースレー社の商標	です。			価格に消費税	社会まれておりません。

2400/01/10/20/25/30/40/50/60,2182Aは、ケー 34420Aは、アジレントテクノロジー社の商標です。 -スレー社の商標です。

Ver6

ケースレ-

◆ 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程度の大き目な電流を通電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、このような大きめな電流を通電できない場合があります。このとき、数mA、または、数uA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μΩ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 えます。

ただし、使用する計測器の性能や精度を 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μV、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。



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と、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。



微小抵抗をあまり大きくない電流で測定しようとすると、 その両端の電圧は数 µ V程度の電圧になる場合があり ます。例えば、1mΩの抵抗体を10mAの通電で測定しよ うとすると、抵抗体両端の電圧は10μ 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 使用することが必要です。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。



測定データの平均化処理 2.5 実測値のバラツキ 平均 処理値 低抗(mΩ) ——>——抵抗2 ______抵抗4 --O--抵抗5 --O--抵抗6 0.5 0 0 10 50 60 70 20 30 40 80 時間(sec

「電流反転法」「ゼロ補正法」は、平均 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 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。

微小抵抗測定の配線方法





測定電流を変更しながらの抵抗測定例

本ソフトを使用するために必要な計測器の設定

KEITHLEY 2182Aの設定

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



KEITHLEY 2000の設定

「SHIFT」ボタンを押した後、「DIGITS」 (GPIB)ボタンを押します。 下記のように「GPIB ON」にして「ENT ER」ボタンで確定します。



「ENTER」キーを押して、アドレスを設定します。



測定器のGP-IBアドレスを任意のアドレスに設定し「ENTER」ボタンで確定します。

 測定器のラングエッジを「SCPI」に設 定し「ENTER」ボタンで確定します。



KEITHLEY 2450/2460の設定

測定器管面の「MENU」ボタンを押してます。 管面右側の「Settings」を選択します。



測定器管面の「MENU」ボタンを押してます。 管面右側の「Communications」を選択します。







高電圧を出力するためには、2450/2460のリアーパネルのインターロック端子を短絡する必要があります。 詳細はソースメータ付属の取扱説明書を参照ください。

インターロック解除端子

J





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。



参考



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SCPIIに設定します。

* Agillett 94202 5: LANGURGE	Max Measuranni Lavei Chi 1900 Ch2: IZN 3500gk Max any taminini to \$	* Agilent Stat20A 5 [P]	Mex Mex Ci C 350Vpk Max
Power Bettern Dory Dory Dawn Read and Power Power With Dory Dory Dawn Read and Power Power Power Read and Power Po	Channel 1 DCV/ Temp R 4W Source /R 2W R Channel 2 DCV/ Temp	Power Balance DOV DOVI 2 Gen Nut MATH	Channel Ω 4W Se HI
A OII C > Y A MARY Single Bailt A On CHOICES LEVEL ENTER TRIG LOCAL	Ω 4W Sense	A Off Off Off CHOICES LEVEL ENTER TRIG LOCAL	Channel 2 Ω 4W



操作説明

18 💌

○ 4端子測定

○ 抵抗ガード

通常 NORMal

20mV -



オートレンジでの、下側制限レンジを設定します。 電圧と電流の両レンジを指定します。





KEITHLEY2400測定条件 X 2400内部測定条件 X	測定の積分時間を設定します。0.01 10の範囲で入力します。 2430のパルス出力の場合は、0.01 0.1の範囲で入力します。 ここでの1 カはが測定時間の長さな決定し、1 カゴざむ伊佐時間(パルフ	i可いっ 影響なた よみ ナー
積分時間(PLC) ● 1.0 ● CK	 一 測定するレンジを特定のレンジに固定する場合にチェックを付けます。 一 測定するレンジを特定のレンジに固定する場合にチェックを付けます。 下記の画面が表示されたら測定したいレベル値を入力してください。 そのレベルが測定可能な最適なレンジに固定されます。 2430のパルス出力の場合は、必ずマニュアルレンジにする必要があります。 オートゼロをONにします。 	協力に影響を与えます。 測定電流レンジ 10 mA 0.0 ~ 10550 0K

測定器で「2182A」を選択した時の詳細設定

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。

測定蓋設定条件 Ch-1 設定条件	測定チャンネルを指定します。通常は「DCV1」を選択します。
測定チャンネル DCV1●▼ GP-IBアドレス 7 ●▼	2182AのGP-IBアドレスを設定します。
積分時間(PLC) 1 ● マナログフィルタ	ーーーーー アナログフィルタをONにします。
RANGE デジタルフィルタ ■ AUTO ■ デジタルフィルタ ON	積分時間を設定します。
MANUAL 100 V WINDOW 0.01	デジタルフィルタをONにします。ONに設定した場合、その条件を設定します。
REFERENCE ON OKYING O REPEAT	測定レンジをAUTO/MANUALで切換えます。AUTOのチェックを外すとレンジ入力用テキスト ボックスが現れますからレンジをキーボードから入力します。厳密な値を入力する必要はあ りません。入力された値に一番近い1つ上のレンジに設定されます。
	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。

測定器で「34420A」を選択した時の詳細設定

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。

その他の設定 X Agilent 34420 測定条件 測定チャンネル DCV(Ch1)・	測定チャンネルを指定します。通常は「DCV1」を選択します。 積分時間を設定します。
 福分時間(PLO) 1 ● ○ OFF ○ OFF ○ OFF ○ PF □ ジ ○ アジウル ○ アジウル ○ 同方 ○ デジクルフィルター ○ SLOW ○ MED ○ FAST 	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。



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。

	M42 / •										
2 A	B C	D	/ E	F	G	Н	I	J	K	L	٨
			/		1	- / >					
4		日付時刻	径過時間(sec)	出力電流(uA)	抵抗(mΩ)	mΩ(1)	mΩ(2)	mΩ(3)	mΩ(4)		
5	• 2	2008/02/19 20:21404	0.0	2.000	39.350	-789.633	854.136	-721.000	813.897		
6	3	2008/02/19 20:21:07	3.0	3.000	69.616	-435.665	589.802	-444.798	569.126		
7	4	2008/02/19 20:21:10	6.0	4.000	71.548	-291.422	426.100	-284.331	435.844		
3	5	2008/02/19 20:21:13	8.9	5.000	65.835	-202.350	332.414	-191.921	325.198		
9	7	2008/02/19 20:21:16	11.9	7.000	68.634	-117.063	256.381	-105.803	241.019		
0	10	2008/02/19 20:21:19	14.9	10.000	66.465	-49.234	181.700	-40.580	173.976		
1	15	2008/02/19 20:21:21	17.8	15.000	67.607	0.169	134.370	1.980	133.911		
2	20	2008/02/19 20:21:24	20.8	20.000	67.394	19.214	115.444	21.833	113.085		
3	25	2008/02/19 20:21:27	23.7	25.000	67.209	31.687	102.102	33.759	101.286		
4	30	2008/02/19 20:21:30	26.7	30.001	67.186	40.302	94.236	40.588	93.616		
5	35	2008/02/19 20:21:33	29.7	35.002	67.390	45.390	89.409	46.252	88.510		
6	40	2008/02/19 20:21:36	32.6	40.001	66.896	48.914	85.371	49.599	83.699		
7	45	2008/02/19 20:21:39	35.6	45.001	66.464	51.824	81.403	52.084	80.545		
8	50	2008/02/19 20:21:42	38.6	50.002	66.300	53.906	78.798	54.196	78.301		
9	55	2008/02/19 20:21:45	41.6	55.003	66.317	55.881	77.039	55.813	76.535		
20	60	2008/02/19 20:21:48	44.6	60.003	65.949	56,699	75.147	56.900	75.048		
1	65	2008/02/19 20:21:51	47.5	65.003	65.624	57.442	74.057	57.579	73.418		
2	10	2008/02/19 20:21:54	50.5	70.002	65.246	58.027	72.476	58,121	72.360		
3	Æ	2008/02/19 20:21:57	53.5	75.002	65,193	58.630	71.733	58.630	71,780		
4	8	2008/02/19 20:22:00	56.5	80,000	64 887	59.212	70.624	59 098	70.615		
25	8	2008/02/19 20:22:03	59.5	85 000	64 795	59 599	70.085	59 289	70.209		
6		2008/02/19 20:22:06	62.5	90.001	64 754	59.865	69 699	59 768	69.683		
7	99	2008/02/19 20:22:09	65.5	94 999	64 523	6025	69157	59 742	69171		
8	100	2008/02/19 20:2212	68.4	100.000	64 544	6010	68 859	60.318	68 768		
		2000, 02, 10 20.22.12	71.4	105.001	64 390	600	68.218	60.524	68,260		
金を開か	治すろ前に と	出力する測定電流リス]	74.4	1.09	01.000	00.0	00.210	00.021	00.200		
(こ)の)	マスカレマセ	コノリ ノ シスコル 直 ロンノ コ	77.4	114	式験の測定	結果が、	このように	入力されま	ます。 グラフ	機能を	
フロル	こへのしてや	さまり。	80.4	1191 ()nに設定]	ておくと	白動的に	作団が行	われます		
紀は、2	400から出力・	する場合はプラス値で		110.		~~~~~~		-14,101,1-11	424じみり 0		
0に吸	込む場合はマ	イナス値で入力します	-								_
4 5 51	Sheet1 Sheet2	Sheet3 Sheet4 Sheet5	Sheet6 Sheet	8 / 🖗 🛛							

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。



KEITHLEY 2000を使用する場合の設定

注)W32-2400MPXだけの機能です。

SLOW=NPLC 10 KEITHLEY2000 測定ファンクションを設定します。DC電圧電流,AC電圧 KEITHLEY 2000測定条件 相対値測定をONにします。 電流,抵抗2線抵抗4線,温度,周波数,周期から選択。 FUNCTION 測定値をExcelへ入力する時の単位を設定します。 測定レンジをAUTO/MANUALで切換えます ●DC電圧 -AUTOのチェックを外すとレンジ入力用テキストボックス 「実値」は、測定ファンクションにより「V」「A」または - RANGE BATE REL 「Ω」の単位で入力します。「係数演算」を有効にし が現れますからレンジをキーボードから入力します AUTO 入力された値に一番近い1つ上のレンジに設定され た場合は、この設定は無視されます。 -MED **F**ON 100 ます。 FILTER 測定データを係数演算して、 アベレージング機能をONにします。 AVERAGE その結果をExcelシートに入 MOVING -10 ▽ 演算事行 oĸ 力します。右画面が表示され トリガ方法を設定します。一 係数 A ますから、係数A,Bとその演 トリガ方法 単位 ●実値 ▼ 係数日 FREE RUNL 0.0 パソコン • 算結果の単位を入力してくだ . 単位 User 測定中もFREE RUN状態を保持します。 係数演算 測定値に、下記の演算が行われた後、Excelへ入力されます。 入力値 = (測定値 - B) * A さい。 DELAY(sec) 0.0. 測定時間毎にパソコンが測定器にトリガを送信します。 GP-IBアドレス ロリレーカード使用 16 -測定器はHOLD状態になります。 「外部」 測定器本体で設定したGP-IBアドレスと同じ値を設定 測定器リア・ ーのトリガリンク端子に同期してサンプリング OK します。 を行ないます。 測定のトリガディレイ時間を入力します。 スキャナカードを使用するときチェックを付けます。 通常は、空欄または「0」を入力します。

サンプリングレートを設定します。

FAST=NPLC 0.01

MID=NPLC 1



Model2000-SCAN スキャナカードを使用した測定方法

「リレーカード使用」にチェックを付けると、下記画面が表示されますから、スキャン測定の条件を設定します。「リレーカード使用」チェックが付いた状態から下記画面を表示するためには、一旦チェックを外してから再度チェックを付けます。 各チャンネルの測定ファンクション毎のサンプリングレイト(FAST,MID,SLOW)やアベレージング等の測定条件は事前に手動で設定しておく 必要があります。

測定するチャンネルにだけにチェックを付けます。 測定チャンネルは連続している必要はありません。

測定ファンクションを設定します。各チャンネル毎に異なったファンク 〜ションの設定が可能です。ただし、連続したチャンネルで全て同一のファンクションに設定すると速いスキャニング測定が可能になります。
 その場合、DC電圧で10chの測定に要する時間は約1.1秒です。
 1 5chでは、4端子抵抗測定の選択が可能ですが、4端子抵抗測定を選択すると、その対になるチャンネルの使用はできなくなります。
 例えば、ch-2を4端子抵抗測定に設定するとch-7は使用できなくなります。

各チャンネルの測定値に演算処理を行った後、Excelへの入力を行う 場合は「演算」にチェックをつけ、「係数A」「係数B」「単位」に適切な値 を入力します。 Excelへの入力値 = (測定値 - 係数B) * 係数A

	チャンネル条件談	定						
	CHANNEL				係数A	係数B	単位	
	Ch-1	DC電圧	•	☑ 演算	1.0	0.0	User1	
-	Ch-2	抵抗(4線)	•	☑ 演算	1.0	0.0	User2	
	☑ Ch-3	◆ ℃電圧	•	☑ 演算	1.0	0.0	User3	
	Ch-4	温度	•	┛ 演算	1.0	0.0	User4	
	Ch-5	和電圧	•	☑ 演算	1.0	0.0	User5	
1	☑ Ch-6	DC電圧	•	☑演算	1.0	0.0	User6	1
	□ Ch-7	抵抗(2線)	-					
	☑ Ch-8	DC電圧	•	□ 演算				
	☑ Ch-9	AC電圧	•	□ 演算				
	☑ Ch-10	DC電圧	•	□ 演算				
				Excel	の入力値=	(測定値	– B) * A	

スキャナカードの配線例

Model 2000-SCAN Scanner Card(10ch) Model 2000-TCSCAN Scanner Card(9ch)



電流可変による抵抗値測定の注意事項

電流を広範囲に可変しながら抵抗値の測定をおこなう場合、測定データをグラフにより拡大表示すると、下記のような僅かな段差が見られる場合があります。 これは、電圧電流発生器の出力レンジをオートレンジで測定した場合に、レンジの切り換わり点で発生します。 この段差を防ぎたい場合は、出力レンジを固定レンジにして測定を行ってください。



長期低抵抗測定を行う場合の設定

注)W32-2400MRX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。



ソースメータ本体のスイープ機能を使用した測定



ソースメータ本体でのスイープ機能を使用して測定した例





DC出力の場合のタイミングチャート概略 (2450/2460は除く)

「Excelデータのリアルタイム出力」の場合、下記の「保持時間」は、パソコン側で時間を管理しますから、高精度な時間は期待できませんし、 繰返しごとの時間のばらつきも発生します。 ※1



測定遅延時間の入力が有り、保持時間の入力欄が空欄の場合 TRIG.DELAYは、「AUTO」の設定になります。

※2 保持時間の入力が有り、測定遅延時間の入力欄が空欄の場合 測定時間帯が保持時間の末尾に来るように、測定遅延時間を 自動的に計算し設定します。 TRIG.DELAYは、「0」に設定されます。

IRIG.DELAYは、「0」に設定されます ※3

保持時間、測定遅延時間の両方の入力が無い場合、 測定遅延(SOURCE DELAY)、TRIG.DELAY共に、「AUTO」に 設定されます。

パルス出力の場合のタイミングチャート概略(2450/2460は除く)

「Excelデータのリアルタイム出力」の場合、下記の「パルス周期」は、パソコン側で時間を管理しますから、高精度な時間は期待できませんし、 繰返しごとの時間のばらつきも発生します。



パルス周期の入力欄が空欄の場合、TRIG.DELAYは「0」に設定されます。

ソースメータ本体のカスタムスイープ機能を使用した測定





4 探針測定の方法



測定電流を固定し、抵抗率を繰り返し測定した例

