

このドキュメントについて

このドキュメントは、アジレント・テクノロジー ウェブサイトによって、お客様に製品のサポートをご提供するために公開しております。印刷が判読し難い箇所または古い情報が含まれている場合がございますが、ご容赦いただけますようお願いいたします。今後、新しいコピーが入手できた場合には、アジレント・テクノロジー ウェブサイトに追加して参ります。

本製品のサポートについて

この製品は、既に販売終了またはサポート終了とさせていただいている製品です。弊社サービスセンターでは、この製品の校正は実施できる可能性があります（修理部品が不要な場合など）が、その他のサポートはご提供いたしかねます。誠に恐縮ではございますが、ご理解願います。

なお、この製品に関するその他の情報や、代替製品情報などは、弊社 電子計測 ウェブサイト <http://www.agilent.co.jp/find/tm> にて、できるだけご提供しておりますので、ご利用ください。

訂正のお願い

本文中に「HP」または「YHP」とある語句を、「Agilent」と読み替えてください。また、「横河・ヒューレット・パッカード株式会社」、「日本ヒューレット・パッカード株式会社」とある語句は、それぞれ、「アジレント・テクノロジー株式会社」と読み替えてください。ヒューレット・パッカード社の電子計測、自動計測、半導体製品、ライフライフサイエンスのビジネス部門は、1999年11月に分離独立してアジレント・テクノロジー社となりました。社名変更に伴うお客様の混乱を避けるため、製品番号の前に付されたブランドのみHPからAgilent へと変更しております。（例：旧製品名 HP 8648は、現在 Agilent 8648として販売いたしております。）



Agilent Technologies



OPERATING NOTE

**4328A
MILLIOHMMETER**

横河・ヒューレット・パッカード株式会社
YOKOGAWA-HEWLETT-PACKARD, LTD.

禁無断転載



Part No. 04328-97000

Printed:Sept 1973



ROGAWA-HEWLETT-PACKARD, LTD.

MILLIOHMETER

model
4328A

1. 概 説

4328Aは完全なソリッドステート方式の携帯形微小抵抗計で、スイッチやリレー、コネクタその他一般回路部品の接触抵抗、および導体や半導体の抵抗率を正確に測定することができます。試料における消費電力が小さいので、大きな電力がかかると熔断または爆発したりするヒューズや雷管なども、安全に測定できます。また、外部接続によってプローブ端子間の電圧降下で150Vまで直流重量ができますから、任意の動作点における半導体の動作抵抗 (incremental resistance) も測定することができます。本器には形状の異なる3種類のプローブが付属しており、測定対象に応じて自由に使いわけることができます。図7は、前面および裏面パネルの説明で、使用法は図8です。

2. 3心電源コード

本器には、取りはずしのできる3心電源コードが付属しており、コードの先には平形プラグと3極のNEMAプラグが付いています。平形プラグは裏面パネルのコネクタに、NEMAプラグは接地端子を持った3極の電源コンセントに接続します。こうすると本器のケースはコンセントを通して安全に接地され、AC電源による電撃事故を完全に防ぐことができます。

注 意

接地端子をもたない2極の電源コンセントを使用するときには、3極-2極変換アダプタ (Stock No. 1251-0048) を使用します。この場合、アダプタからでている短いリード線を接地すれば、本器のケースを完全に接地できます。必ず接地してご使用ください。

3. AC電源電圧

本器は100V/200V ±10%、50~60HzのAC電源で動作します。100V、200Vの電源電圧切り換えは、裏面パネルのスライドスイッチで行ないます。図7をごらんください。マイナス形ドライバの先端をスイッチのみぞに合わせ、左右に切り換えます。AC電源ヒューズは0.1Aのスロー・ブロ形を使用し、電源電圧によって取り替える必要はありません。

注 意

動作中には、電源電圧切換スイッチを操作しないこと。さもないと、本器を焼損することがあります。

4. 機械的ゼロ調整

本器が正常な動作温度において正しい位置にあるとき、電源スイッチをOFFにすると、メータ指針は目盛のゼロ点を指すはずです。もしずれているときは、次の方法で調整します。

- 1) 電源スイッチをOFFにし、全てのコンデンサを放電させるため約30秒間待ちます。
- 2) メータ下側中央のゼロ調整ねじを、時計方向にゆっくりまわします。
- 3) 指針は初め時計方向に、次いで反時計方向にゆっくり動きます。調整ねじをさらにまわし、指針が時計方向に動いて目盛の左側からゼロ点に近づき、ちょうどゼロ点を指したとき止めます。
- 4) 調整ねじを、わずかに反時計方向にもどします。このとき、指針がゼロ点からずれてしまったならば、もう一度調整をくり返します。

5. プローブの接続

5-1. 概 説

4328Aは、電圧端子と電流端子がそれぞれ別になっている4端子方式ですが、2端子で4端子測定ができる特殊なプローブ、16005Aクリップ形プローブと16006Aピン形プローブ、および電圧、電流端子がプラグの所からそれぞれ分かれているテストリード 16007A/Bが付属しており、測定対象に応じて自由に選ぶことができます。測定には2本のプローブを同時に使用しますが、必ずしも同じプローブどうしを使う必要はなく、場合によっては組み合わせて使用することができます。たとえば、プリント板用コネクタの接触抵抗の測定には、クリップ形プローブとピン形プローブを組み合せると便利です。

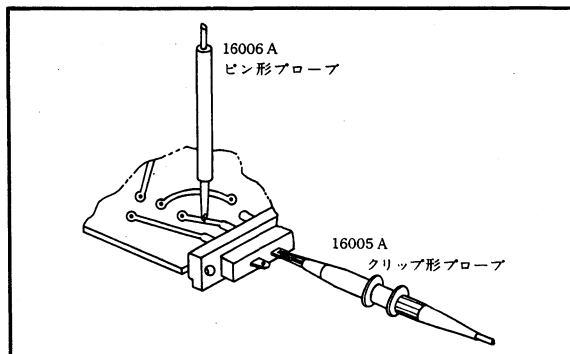


図1 プローブの組み合わせの一例

5-2. プローブを取り付けるときの注意

本体からでている PROBE ケーブル先端のコネクタに、プローブのプラグを差し込みます。このとき、プラグは一定の向きにしか合いませんから注意してください。

- 1) PROBE ケーブルの先端にあるコネクタは、4極です。間隔のせまい2極ずつが対になっており、ここにプラグのピンを合わせます。
- 2) プラグの段のついた方を外側にして、コネクタに差し込みます。図2をごらんください。

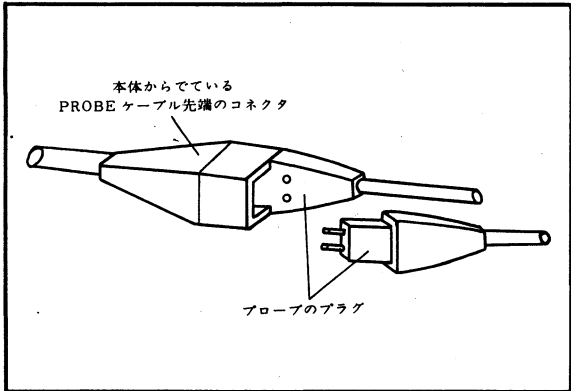


図2 プローブの接続

5-3. 16005A クリップ形プローブ

16005A はプローブの先端がクリップになっており、クリップの上下の舌がそれぞれ電圧および電流端子です。プローブのつまを手前(図3の矢印の方向)に引くとクリップが開きますから、ここに試料をはさんで測定します。

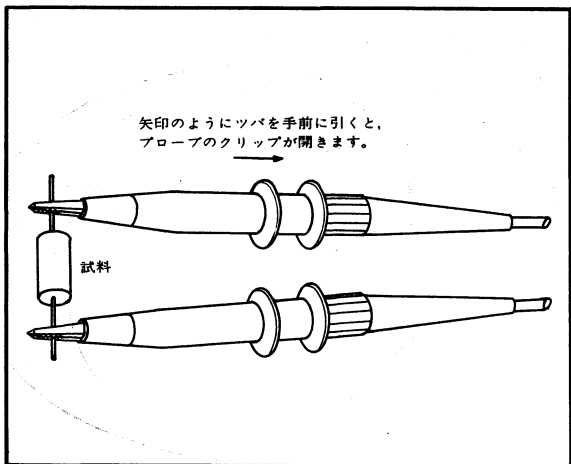


図3 16005A クリップ形プローブ

5-4. 16006A ピン形プローブ

プローブチップの外側の導体が電流端子で、先端のピンが電圧端子です。ピンはばねで押えてあり、押しと中にひっこみ離すともとにもどります。プローブを試料に押し当てて測定します。クリップでははさめないもの、たとえばプリント基板の導体抵抗の測定など平

面的な試料を測定するのに最適です。

電流端子の先端は斜めに切っており、プローブを試料に押し当てるとき、電流端子が測定点の外側で電圧端子(先端のピン)が内側になるよう、プローブの向きに注意してください。図4をごらんください。

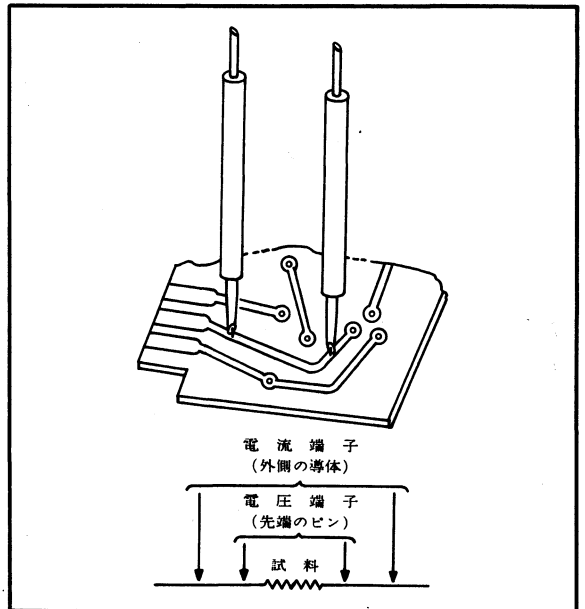


図4 10006A ピン形プローブ

16006A

5-5. 16007A/B テストリード

プラグのところからそれぞれ電圧および電流端子に分かれており、先端にワニ口クリップが付いています。16007A はクリップが赤色で、16007B は黒色です。テストリードは黒色の線が電圧端子でプラグのところにVの記号がついており、灰色の線が電流端子です。図5のように接続します。このとき、次の点に注意してください。

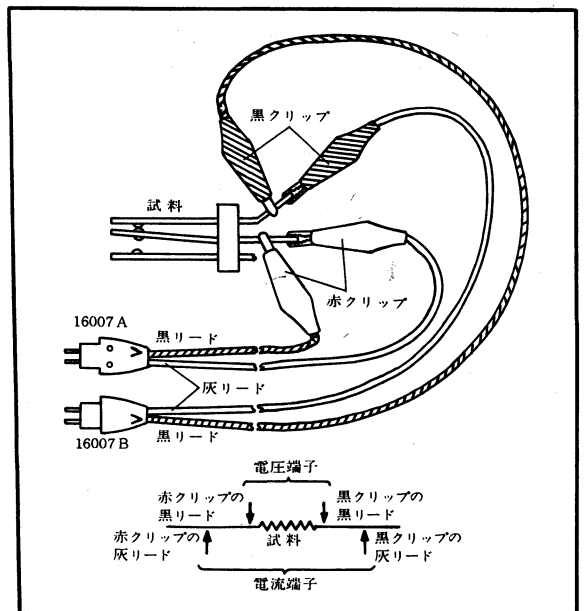


図5 16007A/B テストリード

- 1) 同じ色のクリップは、試料の同じ側に接続します。色違いに接続すると、メータは全く振れないかまたは逆に振れて測定できません。
- 2) 電圧端子は、電流端子より試料に近いところに接続します。

6. 試料における測定電圧

接触抵抗の測定では、接点間にかかる電圧が高すぎると接触面の酸化皮膜が破壊され、正しい値を測定できません。IEC（国際電気標準会議）の規定では、測定電圧を20mVピーク以下と定めています。4328Aはプローブが開放状態のときには発振しません。試料を電流端子間に接続すると正帰還ループがONとなり、発振を開始します。レンジ設定が適当なとき、試料には一定の電流が流れますから試料にかかる電圧はその抵抗値に比例し、全てのレンジでフルスケール値の振れに対して200 μ Vピークです。レンジ設定が不適当な場合、特に試料の抵抗値がレンジよりも大きな場合には、リミッタ回路が動作して発振出力を自動的に可変し、試料には20mVピーク以上の電圧がかかることはありません。このように、4328Aは十分な過電圧保護を行っているため接触面の酸化皮膜が破壊される心配は全くありませんから、未知の試料でもそのまますぐプローブに接続して測定することができ、正確な抵抗値を容易に得ることができます。

7. 試料における測定電流および消費電力

4328Aの1kHz発振器の出力インピーダンスは試料に比べて十分大きく設計してあり、レンジ設定が適当なときは発振出力が一定振幅に制御されて、試料には一定の電流が流れます。表1は、正しいレンジ設定のとき試料を流れる測定電流と、試料における消費電力です。測定電流はレンジごとに一定ですが、消費電力はメータの振れに比例し、フルスケール値の振れに対する値です。

RANGE	測定電流 *1	消費電力 *2
1 m Ω	150 mA	23 μ W
3 "	50 "	8 "
10 "	15 "	2.3 "
30 "	5 "	0.8 "
100 "	1.5 "	0.23 "
300 "	0.5 "	0.08 "
1 Ω	0.15 "	0.023 "
3 "	0.05 "	0.008 "
10 "	0.015 "	0.0023 "
30 "	0.005 "	0.0008 "
100 "	0.0015 "	0.00023 "

*1 レンジごとに一定。

*2 メータの振れに比例し、フルスケール値の振れに対する値。

表1 試料における測定電流および消費電力

8. 試料のもつインダクタンスの影響

4328Aの測定電源は1kHzの交流です。このため、試料に直列インダクタンスがあると試料における降下電圧は純抵抗分とリアクタンス分よりなる複素電圧になりますから、同期整流形検出器によりこのうち純抵抗分だけを検出します。本器は試料を流れる電流と全く同相の信号で同期整流を行なうため、リアクタンス成分を完全に除去することができます。この結果1kHzにおけるリアクタンス成分がフルスケール値の2倍以下ならば、正確さには全く影響を与えません。なお、リアクタンス成分が比較的大きくフルスケール値の6倍以下のとき、たとえば0.9m Ω の抵抗に5m Ω のリアクタンスがあった場合、1m Ω レンジ（分解能20 $\mu\Omega$ 、許容リアクタンス2m Ω ）ではリアクタンス成分がフルスケール値の5倍もあるので正確さが悪くなります。こうしたときはレンジを一段上げて3m Ω レンジ（分解能50 $\mu\Omega$ 、許容リアクタンス6m Ω ）にすれば分解能は多少落ちますが $\pm 2\%$ の正確さで測定を行なうことができます。

9. Option 01 Ni-Cd 電池電源付き

9-1. 概 説

4328A Option 01は、電源部がくり返し充電できるNi-Cd電池電源です。これは完全な携帯形として一回の充電で約15時間、連続して使用できます。充電器を自蔵しており、AC電源を接続すると自動的に充電され、同時に微小抵抗計としても動作します。電源部を除いた電気的性能は、標準品であるAC電源専用の機種と全く同じです。屋内で使用するときは常にAC電源で動作させれば、電池をいつも充電状態に保つことができ、必要なきいつでも電池電源として屋外で使用できます。なお、定電圧充電方式のため、電池が過充電になる心配は全くありません。

9-2. 動作温度範囲

電池電源としての本器の動作温度範囲は0~50 $^{\circ}$ Cで、標準品であるAC電源専用の機種よりせまくなっています。これは、Ni-Cd電池の動作温度によって制限を受けるからです。屋内で使用するときは特別な場合を除き問題はありませんが、屋外で使用するときは注意が必要です。外気温度が動作範囲内にある場合でも、直射日光があたると器内温度は簡単に50 $^{\circ}$ Cを越えてしまい、故障の原因になります。本器の取り扱いに際しては、直射日光は絶対にさけてください。これは特に夏季、十分な注意が必要です。

注 意

周囲温度および器内温度が50 $^{\circ}$ C以上のときは、使用しないこと。

9-3. 電池電圧の点検

前面パネルの BATT. TEST スイッチの押しボタンを押します。このときに、メータの指針は内部の Ni-Cd 電池電圧を指示します。メータの指針が目盛の矢印で示された BATT. CHARGED の範囲内であれば、電池電源としてそのまま使用できます。矢印の範囲まで振れないときは、電池が放電していますから充電します。

9-4. 電池の充電

BATT. TEST で、メータが目盛の BATT. CHARGED の範囲まで振れないときは、電池を充電します。また、振れが BATT. CHARGED の範囲内にあるときでも、必要に応じていつでも充電することができます。

- 1) 電源コードを AC 電源コンセントに接続し、LINE スイッチを ON または FAST CHARGE に設定すると、充電が行なわれます。このとき、前面パネルの LINE ランプが点灯し、充電中であることを示します。

注意
周囲および器内温度が40℃以上のときは、絶対に充電しないこと。高温では電池容器内の水素ガス圧が急激に高くなり、また充電中は特にガスの発生が活発です。電池ばかりか他の部品をも破損することがあって危険です。

- 2) BATT. TEST でメータの振れが BATT. CHARGED の範囲の左端(0-3目盛で2.4)のとき、充電完了に必要な時間は約20時間です。メータが BATT. CHARGED の範囲まで振れないときは、さらに長い充電時間が必要です。また、電池が完全に放電してしまったときも、充電開始後約30分で微小抵抗計として使用できるようになり、充電完了には約90時間かかります。
- 3) 所定の時間が経過したならば、AC 電源の接続を切ります。これで本器は自動的に、電池電源に切り替わります。一回の充電で約15時間、連続して使用することができます。

記
定電圧充電方式のため、所定の時間以上充電しても電池が過充電になる心配は、全くありません。

10. Ni-Cd 電池パックの取り付けかた

4328A の標準品は AC 電源専用の機種ですが、電源部のプリント板を Ni-Cd 電池パック (Stock No. 04328-

7026) に取り替えると、電池電源付き Option 01 に変更することができます。変更にもなう調整は、必要ありません。次の方法で行ないます。

- 1) 3心電源コードをはずし、両側面および底面パネルをはずします。

注意
AC 電源を接続したままパネルをはずすと、AC 電源部が露出し電撃を受ける恐れがあり、また短絡事故を生ずることもあって危険です。必ず、AC 電源コードをはずしてから操作してください。

- 2) 底面パネル側を上にして机の上におき、両側面のプリント板をはずします。
- 3) 電源部のプリント板はホルダを使って両側面のフレームに固定してありますから、この止めねじをはずしプリント板を上引いてコネクタから抜き、取り去ります。
- 4) プリント板ホルダは、2本のねじで電源プリント板に固定してあります。止めねじをはずし、ホルダをプリント板からはずします。この止めねじは使いませんから、電源プリント板と一緒にしておきます。
- 5) Ni-Cd 電池パックの電池ホルダを止めているナットをはずします。
- 6) 4) でははずしたプリント板ホルダを、電池ホルダの止めねじで電池パックに固定します。図6をごらんください。
- 7) ホルダをつけた Ni-Cd 電池パックを、もとのようにコネクタに差し、ホルダをフレームにねじ止めします。
- 8) 2) でははずした両側面のプリント板を、もと通りコネクタに差し、固定します。
- 9) 両側面および底面パネルを、もと通りに取り付けます。これで4328Aは、Option 01 になります。電池電源として使用する前に、9-4にしたがって電池を充電してください。

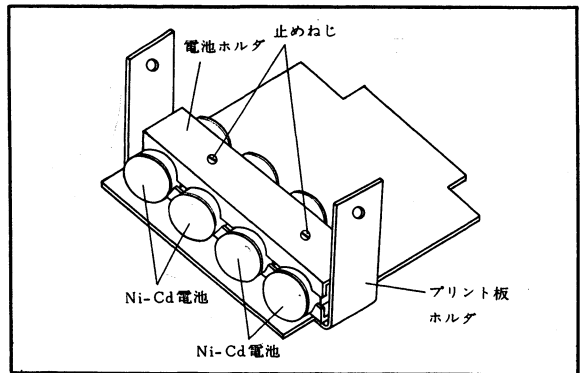
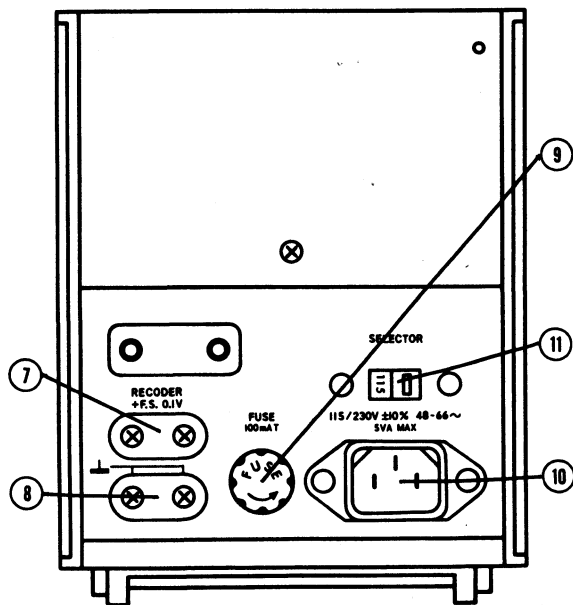
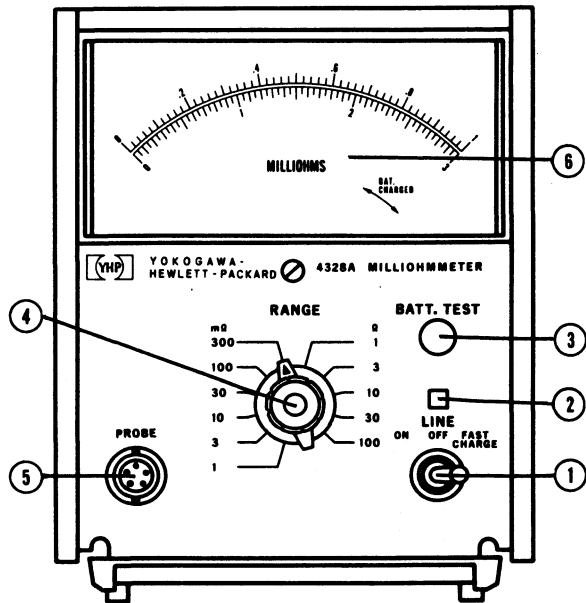


図6 04328-7026 Ni-Cd 電池パック



1. LINE ON/OFF/FAST CHARGED スイッチ：AC 電源を ON-OFF し、それに充電するときの FAST CHARGE を切換えるトグルスイッチです。

OPTION 01：充電式電池電源付きの場合、このスイッチが ON のときには LINE ランプが点灯し本器が動作中であることを表示します。ON の位置では同時に充電も行なわれます。FAST CHARGE のときには本器は動作せずに、充電が行なわれていることを表示します。

2. LINE ランプ：このランプは LINE スイッチが、ON または FAST CHARGE のときに点灯し、ON では AC 電源で動作中であることを表示し、FAST CHARGE では充電中であることを表示します。

OPTION 01：充電式電池電源付きの場合、内部の電池電源で動作させているときは、このランプは LINE スイッチを ON または FAST CHARGE にしても点灯はしません。しかし電源コードを電源コンセントに接続すると点灯し、AC 電源での動作中、または Ni-Cd 電池の充電中であることを表示します。

3. BATT TEST スイッチ：ノンロックの押ボタンスイッチで、電池電源電圧をチェックします。LINE スイッチの位置に関係なく、このスイッチを押すとメータは、内部の電池電源の 24V で振れます。このときのメータの振れが目盛の BATT CHARGED の範囲にあれば本器は正常に動作します。

4. RANGE スイッチ：測定範囲を選択します。1mΩ～100Ω フルスケールまでの 11 レンジです。

5. PROBE コネクタ：このコネクタに測定プローブケーブルを接続するコネクタの付いたケーブルを接続します。

6. メータ：振動や衝撃に強いトートバンドメータです。

7. RECORDER 端子：出力はフローティングでメータの振れに比例し、フルスケール値の振れに対して 100mV dc、出力抵抗は 1kΩ です。

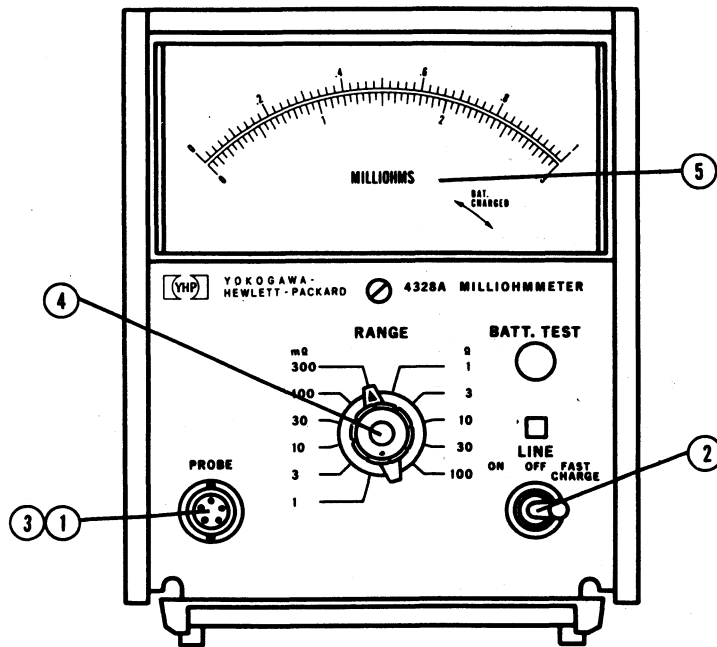
8. 接地端子：4328A のケースに接続されています。フローティング入力レコーダを使用するとき、この端子とレコーダのケースとを接続します。

9. FUSE：AC 電源ヒューズです。0.1A スロー・ブロー形を使用します。

10. LINE コネクタ：3心電源コードの平形プラグを接続します。

11. 電源電圧切換スイッチ：100V または 200V の電源電圧を切り換えます。

図7 前面および裏面パネル



1. このコネクタに接続したケーブル先端のコネクタに、適当な2本のプローブを接続します。この取扱説明書の本文5. “プローブの接続”の項をごらんください。

2. LINEスイッチをONにします。LINEの表示ランプが点灯して、AC電源がONになったことを示します。動作が安定するまで30秒間待てば、いつでも測定できます。

OPTION 01の場合、AC電源を接続しないときには、電池電源で動作します。LINEスイッチをONにし、BATT TESTの押ボタンスイッチを押して、メータの指針の振れがBATT CHARGEDの範囲にあれば、電池電源で使用することができ

ます。AC電源に接続し、LINEスイッチをONにするとLINEランプが点灯し、本器が動作中であることを表示します。またこのスイッチがONの位置では同時に充電も行なわれています。FAST CHARGEの位置では、本器は動作せずに充電のみが行なわれていることを表示します。

3. プローブに、試料を接続します。

4. RANGEスイッチを、メータの指針が目盛の約2/3以上振れるところにします。

5. RANGEスイッチの位置により、該当する目盛からメータの振れを読み取ります。

図8 使用法

測定範囲：1 mΩ～100Ω フルスケール，1，3，10
ステップで11レンジ。

分解能：直線目盛で最小一目は0～1目盛のとき
0.02，0～3目盛のとき0.05。

正確さ：フルスケール値の±2%。

インダクタンスの影響：試料のもつ直列インダクタン
スの1 kHzにおけるリアクタンスが，フルスケ
ール値の2倍以下ならば正確さには無関係。

測定電圧：メータの振れに比例し，フルスケール値の
振れに対して200 μV ピーク，レンジ設定が不適当で
メータが振り切れた状態でも，20 mV ピークを越
えない。

測定電流，電力：測定電流はレンジごとに一定。試料
での消費電力はメータの振れに比例し，フルスケ
ール値の振れに対して，次の値をとる。

レンジ	測定電流	消費電力	レンジ	測定電流	消費電力
1 mΩ	150 mA	23 μW	1 Ω	150 μA	23 nW
3 "	50 "	7.5 "	3 "	50 "	7.5 "
10 "	15 "	2.3 "	10 "	15 "	2.3 "
30 "	5 "	0.75 "	30 "	5 "	0.75 "
100 "	1.5 "	0.23 "	100 "	1.5 "	0.23 "
300 "	0.5 "	0.075 "			

測定周波数：1 kHz±10%，測定の正確さには無関係。

直 流 重 量：外部接続，プローブ端子間の電圧降下で
150Vまで重量できる。

レコーダ出力：メータの振れに比例し，フルスケール
値の振れに対して100mVdc，出力抵抗約1 kΩ。

使用温度範囲：0～+55℃

電 源：100/200V ±10% 50～60Hz，約1.5W

重 量：約3.2 kg

付 属 品

16005 A：クリップ形プローブ……………2本

16006 A：ピン形プローブ……………2本

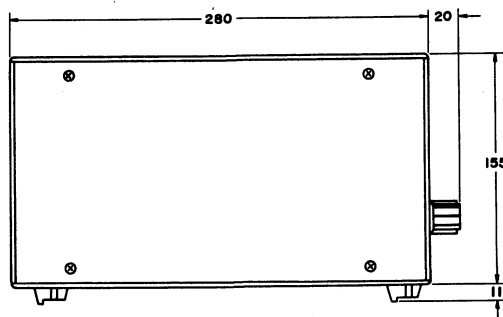
16007 A/B：テストリード，ワニロクリッ
プ付き。16007 Aはクリップが赤色，

16007 Bは黒色……………各1本

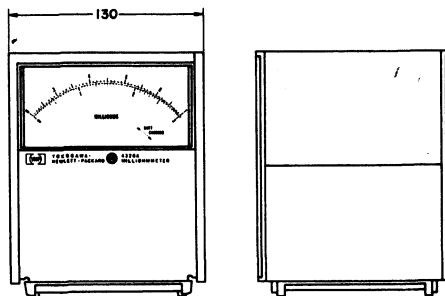
16143 A：プローブケーブル……………1本

3心電源コード：接地端子をもった3極の
NEMAプラグ付き……………1本

1251-0048：3極のNEMAプラグを2極の
電源プラグに変換するアダプタ……………1個



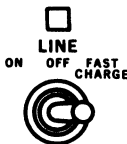
外形図 (単位：mm)



表面パネル

Ni - Cd 電池パック (別契約)

4328Aの標準品はAC電源専用の機種で，屋外で使用
する必要のない場合におすすめします。標準品をご購
入後電池電源に変更したい場合には，プラグイン式の
Ni - Cd 電池パック (Stock No. 04328 - 7026) をお
求めください。電源部のプリント板をはずし，そ
の位置に Ni - Cd 電池パックをさし替えるだけで
標準品が電池電源 (Option 01) になります。変
更にもなう調整は必要ありませんから，これは
フィールドで簡単に行なうことができます。
しかし，後日屋外で使用する予定のある場合には，
あらかじめ電池電源付き (Option 01) をお求めたい
だいたほうが経済的です。



Option 01 Ni - Cd 電池電源付き (別契約)

4328A Option 01は，電源部がくり返し充電できる，
Ni - Cd 電池電源で，完全な携帯形として一回の充電
で約15時間，連続して使用できます。電源部を除いた
電気的性能は，標準品と全く同じです。充電器を自蔵
しており，電池電圧は前面パネルの BATT TEST
スイッチで簡単に点検できます。AC電源を接続す
ると自動的に充電しながら微小抵抗計としても使用
できますから，屋内では常にAC電源で動作させ
れば電池を充電状態に保つことができ，必要とな
きいつでも電池電源として使用することができ便
利です。なお，定電圧充電方式のため，電池が過充電
になる心配は全くありません。充電電源100/200V ±10
% 約2W，動作温度範囲0～+50℃，重量約3.5kg。

仕 様