

6220 型 6221 型

6220 型 / 6221 型

- 100fA ~ 100mA のソースおよびシンク機能（電子負荷）。
- $10^{14} \Omega$ 出力インピーダンスにより、低抵抗から高抵抗まで安定して電流を供給。
- 65000 ポイントのソース・メモリにより、試験に必要な波形、ステップすべてを保存。
- RS-232、GPIB、トリガ・リンク、デジタル I/O インタフェースを装備。
- ガード出力形態をプログラムでき、アプリケーション毎のガード設定が容易。
- 220 型エミュレーション・モードにより、既存アプリケーションの書換え不要。
- 機器制御ソフトウェアは、Macintosh 版と Windows 版を用意。

6221 型のみ

- 部品および材料の AC 特性試験用に 1pA ~ 100mA の AC 電流を出力。10MHz のサンプルレートにより、100kHz までの滑らかな正弦波を生成。
- 周波数レンジ 1mHz ~ 100kHz の標準波形および任意波形発生器を内蔵。アプリケーション：複雑な電子負荷またはセンサ信号、ノイズのエミュレーション。
- 最小出力パルス幅は 5 μ s で、敏感なコンポーネントの電力消費や発熱を抑制。2182A 型ナノボルトメータと併用した場合、50 μ s までのパルス I-V 測定をサポート。
- GPIB に代わる容易なリモート制御用イーサネット・インタフェースを標準装備。

DC 電流源 AC/DC 電流源



6220 型 DC 電流源および 6221 型 AC/DC 電流源は、使いやすさと、非常に低い電流ノイズの両方を備えています。研究開発から生産に及ぶテスト環境でのアプリケーション、特に半導体、ナノテクノロジー、超伝導の分野では、微小電流印加が非常に重要です。6220 型および 6221 型は、高い印加精度と制御機能を備えており、ホール測定、デルタモードを使用した抵抗測定、パルス測定、微分コンダクタンス測定などのアプリケーションに最適です。

精度、微小電流印加の必要性

今日の非常に小型で電力効率の高い回路のデバイス・テストおよび特性試験では、微小電流レベルでの電流印加が要求されるため、精密な微小電流源が必要になります。励起電流が低ければ低いほど、デバイス両端には微小で正確に測定しにくい電圧が発生します。6220 型または 6221 型を 2182A ナノボルトメータと組み合わせれば、これらの難しい問題の両方に対応することができます。

AC 電流源、および電流波形発生器

6221 型は、業界初のワイドレンジ AC 電流源です。6221 型のリリースにより、研究者および技術者は独自の AC 電流源を製作する必要がなくなります。このコスト効率の高い電流源を使用すれば、「カスタム」ソリューションに比べてより高い精度、整合性、信頼性、堅牢性が実現します。また、6221 型は、市販されている唯一のワイドレンジ電流波形発生器でもあり、これを使用すれば、複雑な波形の作成と出力を非常に簡単に行うことができます。

容易なプログラミング

6220 型および 6221 型の電流源は、フロント・パネル操作、または RS-232 か GPIB を介して、外部コントローラからプログラミングすることができます。また、6221 型にはイーサネット・インタフェースが装備されており、イーサネット接続されている任意の場所からリモート制御することができます。どちらの機器も、100fA ~ 105mA の DC 電流を印加できます。6221 型では、1pA ~ 100mA の AC 電流を印加することも可能です。各電流源の出力電圧コンプライアンスは、0.1V ~ 105V の範囲で 10mV 刻みで設定できます。過電圧によって DUT（被測定デバイス）が破損する可能性があるアプリケーションでは、（電流を印加したときに発生する電圧量を制限する）電圧コンプライアンスが重要です。

220 型電流源の後継機種

6220 型 / 6221 型では、評判の高いケースレーの 220 型プログラマブル電流源の機能がさらに強化されました。220 型のエミュレーション・モードを使用すれば、既存のアプリケーションの制御コードを書き直すことなく、220 型から 6220 型 / 6221 型に移行することができます。

対応アクセサリ

7078-TRX-5	ローノイズ、三軸ケーブル、1.5m（両端オス）
7006-*	622X-2182A 接続用 直列コネクタ付 GPIB ケーブル

典型的なアプリケーション

- ナノテクノロジー
 - 微分コンダクタンス
 - パルス印加および抵抗
- オプトエレクトロニクス
 - パルス I-V
- AC 抵抗ブリッジの代替
 - 低パワーでの抵抗測定
- ロックイン・アンプの代替（2182A 型と併用した場合）
 - ローノイズでの抵抗測定

6220 型 6221 型

ご注文案内

6220 型 DC 精密電流源
6221 型 AC/DC 電流源
6220 型 / 2182A 型
完全なデルタモード・システム。
DC 電流源、ナノボルトメータ、必要なすべてのケーブル（ただし、 GPIB ケーブルは除く）。

6221 型 / 2182A 型
完全なデルタモード・システム。
AC および DC 電流源、ナノボルトメータ、必要なすべてのケーブル（ただし、 GPIB ケーブルは除く）。

本製品は保証期間延長（有償）オプションを用意しています。

付属品

237-ALG-2 三軸・ワニ口クリップ付ローノイズ入力ケーブル（2m）
8501-2 622X - 2182A 接続用トリガ・リンク・ケーブル（2m）
CA-180-3A イーサネット クロスオーバー・ケーブル（6221 型のみ）
CA-351A 2182A - 622X 間通信ケーブル
CS-1195-2 安全用インターロック・コネクタ
取り扱い説明書（CD）
Getting Started マニュアル（印刷版）
ソフトウェア（ダウンロード可能）

DC 電流源 AC/DC 電流源

電流ランプを容易に定義、実行

6220 型と 6221 型にはいずれも、電流ランプやステップを定義するツール、およびトリガまたはタイマを使用して 65536 個の出力値を事前定義したシーケンスで出力できます。どちらの電流源も、リニア、対数、カスタム・スイープをサポートしています。6221 型は高い印加分解能およびメガヘルツでの更新レートを兼ね備えており、アナログ電流ランプにほぼ近い、忠実な電流信号のエミュレーションが可能です。

無償の機器制御スタートアップ・ソフトウェア

電流源に用意されている機器制御ソフトウェアは、基本印加タスクの実行と、ケースレー 2182A 型の測定機能との複雑な連動を簡単にします。ソフトウェアは、Macintosh 版と Windows 版の両方が用意されています。ソフトウェアは LabVIEW プログラミング環境で開発されており、基本印加機能プログラムに加え、機器のセットアップ、適切な接続方法など、順を追って説明したガイドが含まれています。

微分コンダクタンス

微分コンダクタンス測定は、非線形トンネル・デバイスや低温デバイスで行う測定の中で、最も重要です。数学的には、微分コンダクタンスはデバイスの I-V 曲線の微分です。6220 型または 6221 型を 2182A 型と併用すると、業界で最も優れた微分コンダクタンス測定のソリューションが構築できます。また、これらの機器は既存のソリューションの中で最も高速であり、他のソリューションと比べて 10 倍速く、極めて低いノイズを実現します。データは 1 回の測定パスで取得できるため、複数のスイープの結果を平均化した場合にかかる時間やエラーの発生を低減します。622X 型と 2182A 型は使用しやすく、単一測定器のように動作します。接続は簡単で、これによって、他のソリューションで問題となるアイソレーションやノイズ電流の問題を回避できます。

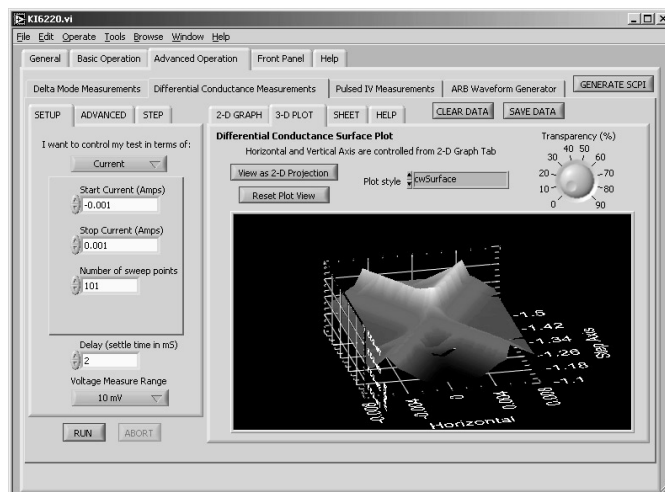


図 1 微分コンダクタンス計測の実行、解析、表示

デルタモード

当初、ケースレーは、2182 型ナノボルトメータとトリガ動作可能な外部定電流源を使用し、低ノイズで電圧と抵抗を測定するデルタモード法を確立しました。基本的にデルタモードは、電流源を自動的にトリガして信号極性を反転し、次に各極性でのナノボルトメータの読み取りをトリガします。この電流反転方式は一定の熱起電力オフセットをキャンセルするため、結果が真の電圧値であることを保証します。

622X 型と 2182A 型の組み合わせによるデルタモードでは同じ基本技術を使用していますが、実装方法が大幅に強化、単純化されました。新しい方法では、時間で変動する熱起電力オフセットのキャンセル、従来の方法の半分の時間での結果取得、電流源からのナノボルトメータの制御と設定が可能になりました。

KEITHLEY

A GREATER MEASURE OF CONFIDENCE

www.keithley.jp

6220 型 6221 型

DC 電流源 AC/DC 電流源

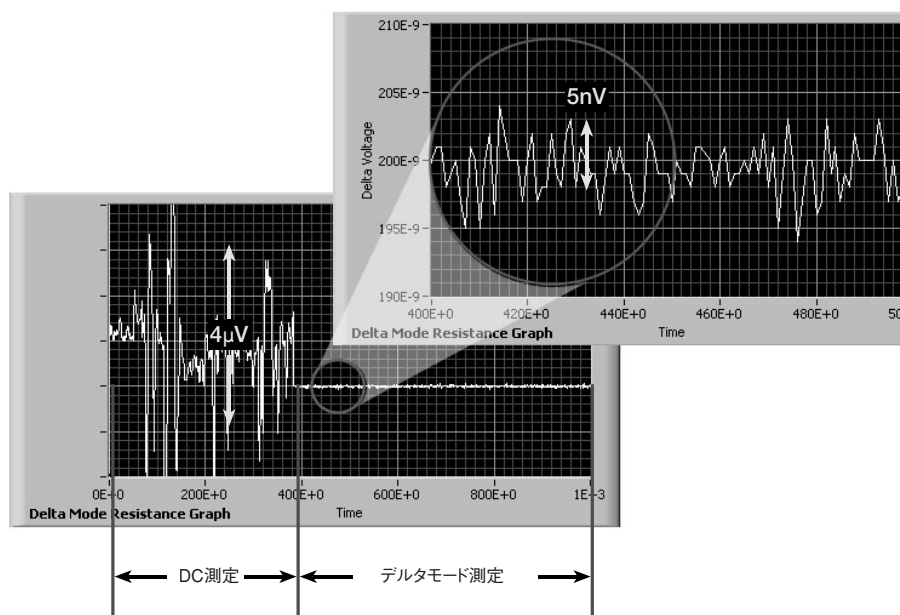


図 2 デルタモードにより、ノイズを 1/1000 に低減

キーを 2 回押すだけで、測定をセットアップすることができます。強化されたキャンセル機能、より高い読み取りレートによって、測定ノイズはわずか 1nV に低減されています。

デルタモードを使用すると、微小電圧および低抵抗を正確に測定することができます。一度 622X 型と 2182A 型を適切に設定すれば、電流源のデルタ・ボタン、次にトリガ・ボタンを押すだけで、テストが開始されます。622X 型と 2182A 型はシームレスに連動し、GPIB インタフェースを介して制御することができます (6221 型の場合は、GPIB またはイーサネット)。622X 用に提供されている無償制御ソフトウェアには、デルタモードをセットアップするプロセスの概要を説明するチュートリアルが含まれています。

パルス・テスト

測定中に DUT にごく微量の熱が与えられただけで、DUT の温度が上昇してテスト結果が歪曲される可能性があります。またデバイスが壊れる場合もあります。6221 型のパルス測定機能を使用すると、パルス測定の実行時の柔軟性が最大に高まるため、DUT での電力消費が最小限に抑えられます。ユーザは、最適なパルス電流振幅、パルス間隔、パルス幅、その他のパルス・パラメータをプログラムできます。

6221 型では、すべてのレンジで、立上がり時間マイクロ秒レベルのショート・パルスを生成し、熱消費を低減できます。6221 型/2182A 型の組み合わせの場合、パルス電流印加と電圧測定を同期でき、6221 型がパルスを印加してから 16 μ s 後に測定を開始することができます。完全なナノボルト測定を含む全体のパルスは、50 μ s まで短くすることができます。6221 型と 2182A 型の間での電源同期により、電源に起因するノイズを除去できます。

標準波形および任意波形発生器

6221 型は、業界で前例のない電流源波形発生器です。基本波形（正弦波、方形波、三角波、ランブ波）および任意波形を生成できるように設計されています。任意波形発生器（ARB）では、ポイントごとに波形を定義することができます。波形は、周波数レンジ 1mHz ~ 100kHz、出力更新レート 10M サンプル / 秒で生成可能です。

6220 型および 6221 型とカスタム電流源との比較

電流源が必要な場合、多くの研究者および技術者は電圧源と直列抵抗で製作を試みます。これは特に、AC 電流が必要な場合にみられます。6220 型/6221 型が登場する以前は、AC 電流源は市販されておらず、しかも真の電流源と比較すると、自作の電流源には不利な点がいくつかあります。

● カスタム電流源は電圧コンプライアンスを持たない

カスタム「電流源」の端子電圧が、特定のリミット値を超えないようにしたい場合があります（例：多くのオプトエレクトロニクス・デバイスの場合、1-2V）。これを実現する最も簡単な方法は、電圧源をそのレベルまで下げることです。要求する電流を得るためには、直列抵抗を小さくする必要があります。異なる電流を設定したい場合は、電圧値を一定にしたままで抵抗値を変更しなければなりません。他には、保護回路を DUT と並列に接続する方法が考えられます。しかし、これらの方法では、精密な電圧制御ができず、常に並列デバイスとして動作するため、DUT へ流れるはずの電流の一部が保護回路に流れてしまいます。

● カスタム電流源では出力を予測できない

電圧源と直列抵抗で構成されるカスタム「電流源」を使用した場合、DUT のインピーダンスが電圧分配器となります。DUT の抵抗値が完全に予測できる場合は電流値を知ることができますが、多くのデバイスでは DUT の抵抗値が未知であるか変化するため、電流値は、発生した電圧から単純に割り出すことはできません。電流源の出力を予測するには、非常に高い値の直列抵抗（およびこれに応じた高電圧源）を使用するのが最も良い方法です。この方法は、上述のコンプライアンスの要求とまったく相反します。

このような予測不能な電流源からの実際の電流を（制御はできませんが）把握することはできません。ただし、コストが高くなります。これは、ボルトメータを使用した直列抵抗間での電圧降下の測定など、電流の補足測定を行うことで実現できます。この測定は、電圧源を変更する場合はフィードバックとして使用できますし、単純に記録することもできます。いずれの場合も、追加の装置が必要となるため、複雑になりエラーが増加します。さらに、電流値を予測するために大きな直列抵抗を使用してカスタム電流源を製作する場合、リードバックの確度を保証するためにはエレクトロメータを使用する必要があります。

6220 型 6221 型

DC 電流源 AC/DC 電流源

AC 抵抗ブリッジやロックイン・アンプよりも優れたパフォーマンス

622X 型 /2182A 型の組み合わせには、AC 抵抗ブリッジやロックイン・アンプと比較して優れた点が数多くあります。利点には、より低いノイズ、より小さい電流印加、より小さい電圧測定、DUT での消費電力の低減、コスト低減などがあります。また、電流ブリリアンプを用意する必要もありません。

6221 型には、すでにアプリケーションとして採用されているロックイン・アンプ機能を拡張することができます。たとえば 6221 型のクリーンな信号、出力同期信号を使用することで、デバイスの第 2 次、第 3 次高調波応答測定などのロックイン・アプリケーションに最適な電流源としてお使い頂けます。

2182A 型ナノボルトメータ

2182A 型はケースレーの既存の 2182 型ナノボルトメータの機能を強化したものです。6220 型と 6221 型は 2182 型とも互換性がありますが、デルタモードおよび微分コンダクタンス測定では、2182A 型を使用した場合に比べて約 2 倍の時間がかかります。また 2182A 型と異なり、2182 型はパルスモード測定をサポートしておりません。

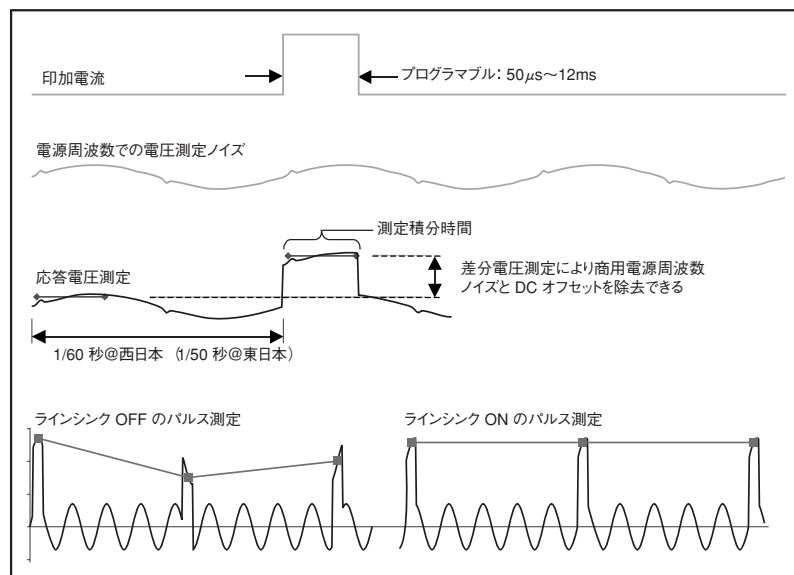


図 3 50Hz/60Hz 商用電源の影響を最小限にするための、電源同期測定機能

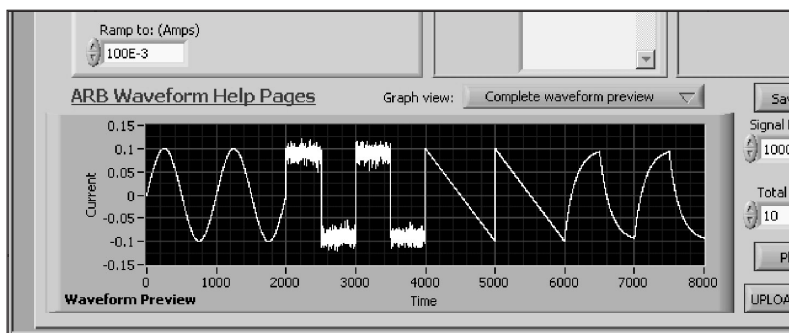


図 4: 6221 型および無償スタートアップ制御ソフトウェアを使用して、標準波形を加算、乗算、連結、フィルタリングすることで、複雑な波形を容易に作成可能

622X 型 /2182A 型を併用した場合の利点

- 機器の調整は簡単で、サンプル・ソフトウェアは直感的であるため、多くのアプリケーションで簡単にセットアップおよび操作できます。
- 10n Ω ~ 100M Ω の抵抗を測定できます。1 つのシステムで、幅広いレンジのデバイスを測定できます。
- AC 抵抗ブリッジおよびロックイン・アンプに代わり、ローノイズな抵抗測定を実現します。
- パルス印加および測定をパルス幅 50 μs まで同期動作します (6221 型のみ)。
- 既存のソリューションと比較して 10 倍の速度、低いノイズで微分コンダクタンスを測定します。半導体研究の分野では、基板材料の状態密度を示す微分コンダクタンスは重要なパラメータです。
- デルタモードを使用すると、微小抵抗測定でのノイズが 1/1000 に低減されます。
- 622X 型と 2182A 型を併用し、デルタモードで低インピーダンス・ホール測定を行うと、最先端のノイズ・パフォーマンスを実現するとともに、接触電位を除去します。高インピーダンス・ホール測定 (100M Ω より大きい) の場合は、電流源、スイッチ、複数の高インピーダンス電圧測定チャンネルとして、代わりに 4200-SCS を使用します。4200-SCS は、テスト・プロジェクトがあらかじめプログラムされた完全なソリューションです。

6220 型 6221 型

DC 電流源 AC/DC 電流源

電流源仕様

レンジ (+5% オーバー ・レンジ)	精度 (1 年) 23°C±5°C ± (読みの % + A)	プログラミング 分解能	温度係数/°C 0° ~18°C & 28° ~50°C	公称ノイズ (p-p) /rms ³ 0.1Hz-10Hz	セトリング・タイム ^{1,2} (最終値の 1%)				
					6221 型のみ				
					公称ノイズ (p-p) /rms ³ 10Hz- (BW)	出力応答 バンド幅 (BW)	出力応答 ファースト (代表値 ³) (6221 型のみ)	出力応答 スロー (最大値) (6220 型、6221 型)	
2 nA	0.4 % + 2 pA	100 fA	0.02 % + 100 fA	400 / 80 fA	250 / 50 pA	10 kHz	90 μs	100 μs	
20 nA	0.3 % + 10 pA	1 pA	0.02 % + 200 fA	4 / 0.8 pA	250 / 50 pA	10 kHz	90 μs	100 μs	
200 nA	0.3 % + 100 pA	10 pA	0.02 % + 2 pA	20 / 4 pA	2.5 / 0.5 nA	100 kHz	30 μs	100 μs	
2 μA	0.1 % + 1 nA	100 pA	0.01 % + 20 pA	200 / 40 pA	25 / 5.0 nA	1 MHz	4 μs	100 μs	
20 μA	0.05 % + 10 nA	1 nA	0.005 % + 200 pA	2 / 0.4 nA	500 / 100 nA	1 MHz	2 μs	100 μs	
200 μA	0.05 % + 100 nA	10 nA	0.005 % + 2 nA	20 / 4 nA	1.0 / 0.2 μA	1 MHz	2 μs	100 μs	
2 mA	0.05 % + 1 μA	100 nA	0.005 % + 20 nA	200 / 40 nA	5.0 / 1 μA	1 MHz	2 μs	100 μs	
20 mA	0.05 % + 10 μA	1 μA	0.005 % + 200 nA	2 / 0.4 μA	20 / 4.0 μA	1 MHz	2 μs	100 μs	
100 mA	0.1 % + 50 μA	10 μA	0.01 % + 2 μA	10 / 2 μA	100 / 20 μA	1 MHz	3 μs	100 μs	

電流源追加仕様

出力抵抗: $>10^{14} \Omega$ (2nA/20nA レンジ)
 出力キャパシタンス: <10 pF、 <100 pF フィルタ
 ON (2nA/20nA レンジ)
 負荷インピーダンス: 10 μH まで安定 (代表
 値)、100 μH (6220 型)、出力応答ス
 ロー (6221 型)
 電圧リミット (コンプライアンス): 絶対値を指
 定し、バイポーラ電圧リミットとして動作、
 0.01V プログラミング・ステップで 0.1V ~
 105V
 最大出力パワー: 11W、4 象限ソースまたはシ
 ンク動作
 ガード出力精度: 出力電流が 2mA 未満の場
 合、±1mV (出力リード電圧降下を除く)
 プログラム・メモリ: 64K。スイープなど、各
 ポイントでの制御とトリガが可能。
 最大トリガレート: 1000/s
 RMS ノイズ 10Hz ~ 20MHz (2nA ~ 20mA レ
 ンジ): 1mVrms、5mVp-p 未満 (50 Ω
 負荷)

電流源注

- セトリング・タイムは抵抗負荷で規定され、その抵
抗値は最大でレンジの 2V/I フルスケール。他の負
荷条件については、マニュアルを参照ください。
- 最終値の 0.1% までのセトリング・タイムは、公称
1% のセトリング・タイムの 2 倍未満です。
- 代表値は、保証されていません。23°C、中央値で、
参考情報として記載しています。

2182 型の測定機能

DUT 抵抗: 1G Ω (1nS) まで (パルスモード
の場合、100M Ω)
 デルタモード抵抗測定および微分コンダクタン
 ス: ケースレー 2182A 型ナノボルトメー
 タを 24Hz 反転レートまで制御 (2182 型
 は、12Hz まで)
 パルス測定 (6221 型のみ):
 パルス幅: 50 μs ~ 12ms、1pA ~ 100mA
 繰返周期: 83.3ms ~ 5s

任意波形発生機能 (6221 型のみ)

波形: 正弦波、方形波、ランプ波、4 つのユ
ーザ定義任意波形
 周波数レンジ: 1mHz ~ 100kHz⁵
 周波数精度: ±100ppm (1 年)
 サンプルレート: 10Ms/s
 振幅: 2pA ~ 210mA p-p、負荷は 10¹² Ω まで
 振幅分解能: 16 ビット (符号を含む)
 振幅精度 (10kHz 未満):⁵
 振幅: ± (読みの 1% + レンジの 0.2%)
 オフセット: ± (読みの 0.2% + レンジの
0.2%)
 正弦波特性
 振幅平坦度: 1dB 以下 (100kHz まで)⁶
 方形波特性
 オーバーシュート: 最大 2.5%⁶
 デューティ・サイクル: ⁴ プログラミング分解能
 0.01 % で、最小パルス幅 1 μs まで設定
 可能
 ジッタ (RMS): 100ns+ 周期の 0.1%⁶
 ランプ波特性:
 リニアリティ: 10kHz までのピーク出力の
0.1% 未満⁶
 任意波形特性:
 波形長: 2 ~ 64000 ポイント
 ジッタ (RMS): 100ns+ 周期の 0.1%⁶

波形注

- 認識可能な最小デューティ・サイクルは、電流レ
ンジ応答と負荷インピーダンスによる制限を受けま
す。
- 振幅精度は、レンジの 2V/I フルスケールで求まる
最大抵抗負荷に適用可能です。振幅は、周波数が
上がるにつれ、電流レンジと負荷インピーダンスに
より減衰します。
- これらの仕様は、20mA レンジおよび 50 Ω 負荷の
場合のみ有効です。

一般仕様

コモンモード電圧: 250V rms (DC)
 コモンモード絶縁: $>10^9 \Omega$ 、 <2 nF
 リモート・インタフェース: SCPI (Standard
 Commands for Programmable
 Instruments)
 デジタル I/O: 1 トリガ入力、4 TTL/
 リレー・ドライバ出力
 出力接続:
 テフロン絶縁 3 ラグ三軸コネクタ
 (出力)
 安全用バナナジャック (ガード、出力
 LO)
 ねじ式端子 (シャーシ)
 DB-9 コネクタ (外部トリガ出力、
 デジタル I/O)
 2 ポイントねじ式端子
 (インターロック)
 保証: 1 年
 環境: 動作: 0° ~ 50°C。35 °C までは
 70 % R.H.、35° ~ 50°C の場
 合は 3% R.H./°C で減少
 保存: -25°C ~ 65°C、設計保証
 EMC: European Union Directive
 89/336/EEC、EN 61326-1 に適合
 安全性: European Union Directive
 73/23/EEC、EN 61010-1 に適合
 振動: MIL-PRF-28800F クラス 3、
 ランダム
 予熱: 規定精度に対し、1 時間
 受動冷却: ファンなし

KEITHLEY
www.keithley.jp

A GREATER MEASURE OF CONFIDENCE

この仕様は予告なく変更されることがあります。

All Keithley trademarks and trade names are the property of Keithley Instruments, Inc.
All other trademarks and trade names are the property of their respective companies.

KEITHLEY

ケースレーインストルメンツ株式会社

本社 : 〒105-0022 東京都港区海岸1-11-1 ニューピア竹芝ノースタワー13F TEL : 03-5733-7555 FAX : 03-5733-7556
大阪オフィス : 〒540-6107 大阪市中央区城見2-1-61 ツイン21 MIDタワー7F TEL : 06-6946-7790 FAX : 06-6946-7791
Web site : www.keithley.jp • Email : info.jp@keithley.com

Keithley Instruments, Inc

28775 Aurora Road · Cleveland, Ohio 44139 · 440-248-0400 · Fax: 440-248-6168
1-888-KEITHLEY (534-8453) · www.keithley.com