

P6021A 型
60 MHz、15 Amp AC 電流プローブ
取扱説明書



P6021A 型
60 MHz、15 Amp AC 電流プローブ
取扱説明書

Copyright © Tektronix. All rights reserved. 使用許諾ソフトウェア製品は、Tektronix またはその子会社や供給者が所有するもので、米国著作権法および国際条約の規定によって保護されています。

Tektronix 製品は、登録済および出願中の米国その他の国の特許等により保護されています。本書の内容は、既に発行されている他の資料の内容に代わるものです。また、本製品の仕様および価格は、予告なく変更させていただく場合がございますので、予めご了承ください。

TEKTRONIX および TEK は Tektronix, Inc. の登録商標です。

Tektronix 連絡先

Tektronix, Inc.
14150 SW Karl Braun Drive
P.O. Box 500
Beaverton, OR 97077
USA

製品情報、代理店、サービス、およびテクニカル・サポート:

- 北米内: 1-800-833-9200 までお電話ください。
- 世界の他の地域では、www.tektronix.com にアクセスし、お近くの代理店をお探してください。

保証

当社では、本製品において、出荷の日から1年間、材料およびその仕上がりについて欠陥がないことを保証します。この保証期間中に製品に欠陥があることが判明した場合、当社では、当社の裁量に基づき、部品および作業の費用を請求せずに当該欠陥製品を修理するか、あるいは当該欠陥製品の交換品を提供します。保証時に当社が使用する部品、モジュール、および交換する製品は、新しいパフォーマンスに適応するために、新品の場合、または再生品の場合もあります。交換したすべての部品、モジュール、および製品は当社で保有されます。

本保証に基づきサービスをお受けいただくため、お客様には、本保証期間の満了前に当該欠陥を当社に通知していただき、サービス実施のための適切な措置を講じていただきます。お客様には、当該欠陥製品を梱包していただき、送料前払いにて当社指定のサービス・センターに送付していただきます。本製品がお客様に返送される場合において、返送先が当該サービス・センターの設置されている国内の場所であるときは、当社は、返送費用を負担します。しかし、他の場所に返送される製品については、すべての送料、関税、税金その他の費用をお客様に負担していただきます。

本保証は、不適切な使用または不適切もしくは不十分な保守および取り扱いにより生じたいかなる欠陥、故障または損傷にも適用されません。当社は、以下の事項については、本保証に基づきサービスを提供する義務を負いません。a) 当社担当者以外の者による本製品のインストール、修理またはサービスの試行から生じた損傷に対する修理。b) 不適切な使用または互換性のない機器への接続から生じた損傷に対する修理。c) 当社製ではないサプライ用品の使用により生じた損傷または機能不全に対する修理。d) 本製品が改造または他の製品と統合された場合において、改造または統合の影響により当該本製品のサービスの時間または難度が増加したときの当該本製品に対するサービス。

この保証は、明示的または黙示的な他のあらゆる保証の代わりに、製品に関して当社がお客様に対して提供するものです。当社およびベンダは、商品性または特定目的に対する適合性についての一切の黙示保証を否認します。欠陥製品を修理または交換する当社の責任は、本保証の不履行についてお客様に提供される唯一の排他的な法的救済となります。間接損害、特別損害、付随的損害または派生損害については、当社およびそのベンダは、損害の実現性を事前に通知されていたか否に拘わらず、一切の責任を負いません。

[W2 - 15AUG04]

目次

安全にご使用いただくために.....	iii
安全に保守点検していただくために.....	v
適合性に関する情報.....	vi
基準認可と準拠.....	vi
環境への配慮.....	vii
はじめに.....	viii
マニュアル.....	viii
このマニュアルで使用する表記規則.....	viii
修理のためのプローブの返送.....	ix
主な特長.....	1
接続.....	2
コントロールとインジケータ.....	3
機能チェック.....	5
アクセサリとオプション.....	6
スタンダード・アクセサリ.....	6
オプション・アクセサリ.....	7
オプション.....	8
基本操作.....	9
プロービングの原理.....	10
感度の向上.....	10
コモン・モード・ノイズ／磁場エラー.....	10
最大電流限界値.....	11
使用例.....	13
インダクタンス測定.....	13
インダクタの巻数の測定.....	15
仕様.....	16
保証特性.....	16
代表特性.....	17
公称特性.....	20
性能検査.....	21
必要な機器.....	22
機器の設定.....	22
ミッドバンド確度.....	23
立上り時間と帯域幅.....	25
検査記録.....	27
調整.....	28
準備.....	28
必要な機器.....	28
補正ボックスのカバーの取り外し.....	28
ミッドバンド確度.....	30
HF 補正.....	30

目次

メンテナンス	32
クリーニング	32
索引	

安全にご使用いただくために

人体への損傷を避け、本製品や本製品に接続されている製品への損傷を防止するために、次の安全性に関する注意をよくお読みください。

安全にご使用いただくために、本製品の指示に従ってください。

資格のあるサービス担当者以外は、保守点検手順を実行しないでください。

本製品をご使用の際に、規模の大きなシステムの他の製品にアクセスしなければならない場合があります。システムの操作に関する警告や注意事項については、他製品のマニュアルにある安全に関するセクションをお読みください。

火災や人体への損傷を避けるには

接続と切断は正しく行ってください。プローブと検査リードは、電圧ソースに接続されている間は着脱しないでください。

接続と切断は正しく行ってください。被測定回路の電源を切ってから、電流プローブの着脱を行ってください。

接続と切断は正しく行ってください。プローブ出力を測定機器に接続してから、プローブを被測定回路に接続してください。被測定回路にプローブの基準リードを接続してから、プローブ入力を接続してください。プローブ入力とプローブの基準リードを被測定回路から取り外した後で、プローブを測定機器から取り外してください。

すべての端子の定格に従ってください。火災や感電の危険を避けるために、本製品のすべての定格とマーキングに従ってください。本製品に電源を接続する前に、定格の詳細について、製品マニュアルを参照してください。

電流プローブを、その定格電圧を超える電圧がかかっている電線に接続しないでください。

カバーを外した状態で動作させないでください。カバーやパネルを外した状態で本製品を動作させないでください。

故障の疑いがあるときは動作させないでください。本製品に故障の疑いがある場合、資格のあるサービス担当者に検査してもらってください。

露出した回路への接触は避けてください。電源がオンのときに、露出した接続部分やコンポーネントに触れないでください。

湿気の多いところでは動作させないでください。

爆発性のあるガスがある場所では使用しないでください。

製品の表面を清潔で乾燥した状態に保ってください。

本マニュアル内の用語

本マニュアルでは、次の用語を使用します。



警告: 人体や生命に危害をおよぼすおそれのある状態や行為を示します。



注意: 本製品やその他の接続機器に損害を与える状態や行為を示します。

本製品に関する記号と用語

本製品では、次の用語を使用します。

- DANGER: たちちに人体や生命に危険をおよぼす可能性があることを示します。
- WARNING: 人体や生命に危険をおよぼす可能性があることを示します。
- CAUTION: 本製品を含む周辺機器に損傷を与える可能性があることを示します。

本製品では、次の記号を使用します。



注意
マニュアル参照



危険電圧の非絶縁導体に接続したり、非絶縁導体から取り外したりしないでください。



フレモノ
落とさないでください

安全に保守点検していただくために

資格のあるサービス担当者のみが、保守点検手順を実行する必要があります。保守点検手順を実行する前に、この『安全に保守点検していただくために』と『安全にご使用いただくために』をお読みください。

一人だけで保守点検しないでください: 応急処置と救急蘇生ができる人の介在がないかぎり、本製品の内部点検や調整を行わないでください。

電源を切断してください: 感電を避けるため、機器の電源を切り、電源コードを電源コンセントから抜いてください。

電源オン時の保守点検には十分注意してください: 本製品には、危険な電圧や電流が存在している可能性があります。保護パネルの取り外し、はんだ付け、コンポーネントの交換をする前に、電源の切断、バッテリーの取り外し(可能な場合)、試験導線の切断を行ってください。

感電を避けるため、露出している接続部には触れないでください。

適合性に関する情報

このセクションでは、本機器が適合している安全基準および環境基準について説明します。

基準認可と準拠

EC 適合宣言 (低電圧)

『Official Journal of the European Communities』に記載の以下の基準に準拠します。

低電圧指令 2006/95/EC

- EN 61010-1: 2001: 測定、制御および実験用途の電子装置に対する安全基準。
- EN 61010-2-032:2002: 電気計測および試験機器用のハンドヘルド電流クランプに対する特定要求事項。

米国の国家認定試験機関のリスト

- UL 61010-1 2004、第 2 版: 電子計測機器の規格。
- IEC 61010B-2-032: 電気計測および試験機器用のハンドヘルド電流クランプに対する特定要求事項。

カナダ規格

- CAN/CSA C22.2 No. 61010-1-04: 測定、制御、および研究用途の電子装置に対する特定要件、第 1 部。
- CAN/CSA C22.2 No. 61010-2-032:04: 電気計測および試験用ハンドヘルド電流クランプに対する特定要件。

その他の規格

- IEC 61010-1: 2001: 測定、制御、および実験用途の電子装置に対する安全基準。
- IEC 61010-2-032:2002: 電気計測および試験機器用のハンドヘルド電流クランプに対する特定要求事項。

機器の種類

測定

汚染度

製品内部およびその周辺で発生する可能性がある汚染度の尺度です。通常、製品の内部環境は外部環境と同じ規定が適用されるものとみなされます。製品は、その製品に指定されている環境でのみ使用してください。

- 汚染度 1: 汚染なし、または乾燥した非伝導性の汚染のみが発生します。このカテゴリの製品は、通常、被包性、密封性のあるものか、クリーン・ルームでの使用を想定したものです。
- 汚染度 2: 通常、乾燥した非伝導性の汚染のみが発生します。ただし、結露によって一時的な導電性が発生することもまれにあります。これは、標準的なオフィスや家庭内の環境に相当します。一時的な結露は製品非動作時のみ発生します。
- 汚染度 3: 伝導性のある汚染、または結露のために伝導性のある汚染となる乾燥した非伝導性の汚染。これらは、温度、湿度のいずれも管理されていない屋内環境に相当します。日光や雨、風に対する直接の曝露からは保護されている領域です。
- 汚染度 4: 伝導性のある塵、雨、または雪により持続的に伝導性が生じている汚染。これは一般的な屋外環境に相当します。

汚染度

汚染度 2 (IEC 61010-1 の定義による)。注: 屋内使用のみについての評価です。

環境への配慮

このセクションでは本製品が環境に及ぼす影響について説明します。

製品の廃棄方法

機器またはコンポーネントをリサイクルする際には、次のガイドラインを順守してください。

機器のリサイクル: 本製品の製造には天然資源が使用されています。本製品には環境または人体に有害となる可能性のある物質が含まれているため、製品を廃棄する際には適切に処理する必要があります。有害物質の放出を防ぎ、天然資源の使用を減らすため、本製品の部材の再利用とリサイクルの徹底にご協力ください。



このマークは、本製品が WEEE (廃棄電気・電子機器) およびバッテリーに関する指令 2002/96/EC および 2006/66/EC に基づき、EU の諸要件に準拠していることを示しています。リサイクル方法については、当社の Web サイト (www.tektronix.com) のサポート/サービス・セクションを参照してください。

はじめに

このマニュアルでは、P6021A 型電流プローブの取り付けと操作方法について説明します。また、プローブの基本的な操作と概念についても説明します。このマニュアルおよびその他の関連情報については、当社の Web ページからもアクセスできます。

マニュアル

参照項目	使用するマニュアル*
初めての操作、機能チェック、基本操作、仕様、性能検査	この取扱説明書をお読みください。
オシロスコープの詳細な操作、ユーザ・インタフェース・ヘルプ、GPIB コマンド	ホスト機器の Help メニューで、オンライン・ヘルプを参照してください。

* 機器にインストールされているドキュメンテーションを参照するには、タスク・バーの **Start** をクリックして、**Programs > TekApplications** の順に選択してください。

このマニュアルで使用する表記規則

このマニュアルでは、手順番号を示すために次のアイコンを使用しています。

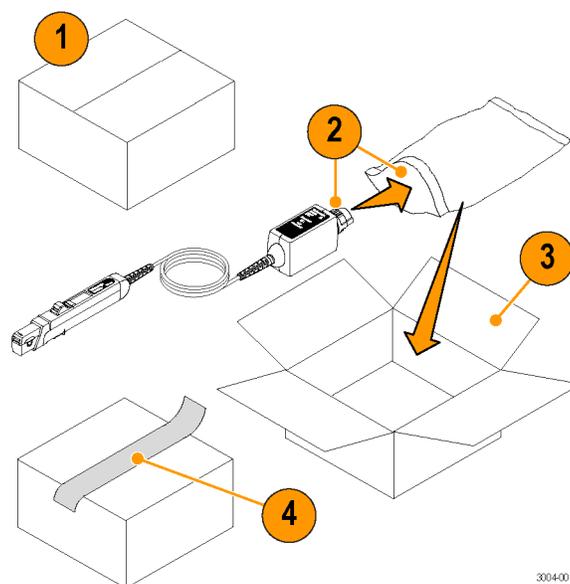


修理のためのプローブの返送

プローブの修理が必要な場合は、プローブを当社に返送してください。元の梱包資材が使用に適していないか、見つからない場合は、次のガイドラインに従って梱包してください。

輸送の準備

1. 内寸がプローブの寸法より少なくとも 2.5 cm 大きい、輸送用の段ボール箱を用意します。使用する箱は、少なくとも 90 kg の強度を持っていることがテストで確認されている必要があります。
2. プローブを湿気から防ぐために、帯電防止バッグに入れるか、包装材料で包みます。
3. プローブを段ボール箱に収め、軽いパッキング材を使用して動かないようにします。
4. ガムテープで段ボール箱を密閉します。
5. 送付先の住所については、このマニュアル巻頭の「Tektronix 連絡先」を参照してください。

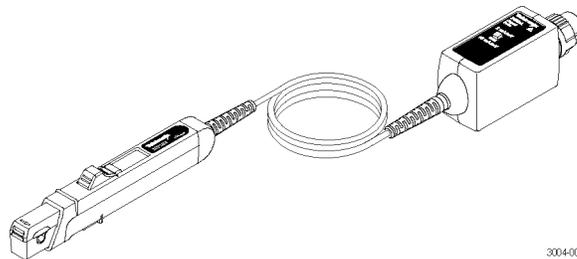


3004-001

主な特長

P6021A 型電流プローブでは、最高 60 MHz まで高確度の測定を実行できます。主な特長は次のとおりです。

- 帯域幅 60 MHz 超、立上り時間 5.8 ns 以下
- 15 A p-p 連続定格
(周波数と共に低下)
- 250 A ピーク・パルス電流
(パルス幅 10 μ s 未満)
- 150 V CAT II (裸線)
300 V CAT II (絶縁線)

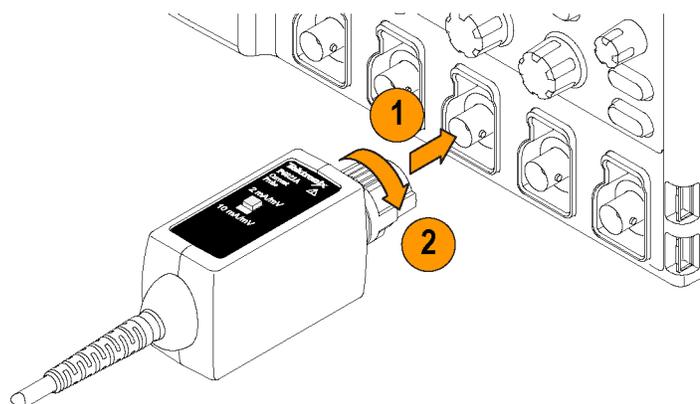


3004-002

接続

1. プローブの BNC コネクタをオシロスコープの入力コネクタに合わせます。
2. プローブのコネクタを押し、右に回してロックします。

プローブを取り外すには、プローブのコネクタを左に回してプローブを機器から引き抜きます。



3004-003

コントロールとインジケータ

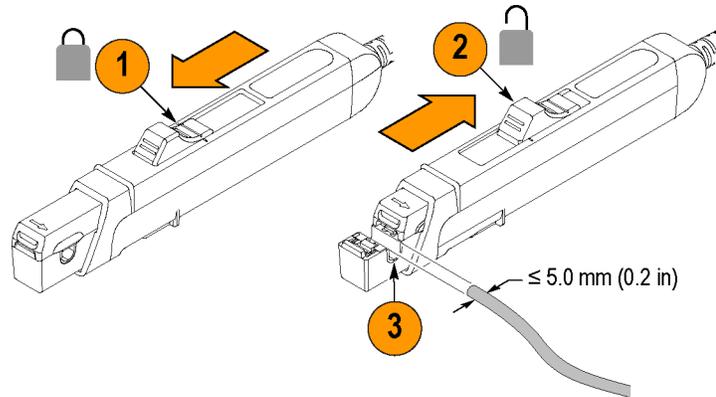
プローブのコントロールとインジケータについては、以降のセクションで説明します。

スライダと導体開口部

1. プローブの消磁や測定は、スライダがロック位置にあるときに行うことができます。
2. 開口部で導体を挟んだり、外したりする場合は、スライダをロック解除の位置までずらします。
3. 開口部には、最大直径が 5 mm (0.2 インチ) の導体まで挿入できます。



警告: プローブを破損しないために、直径が 5 mm (0.2 インチ) を超える導体は開口部に挿入しないでください。



3002-028

4. 測定の際には、指が安全取り扱いゾーンから出ることのないよう注意してください。



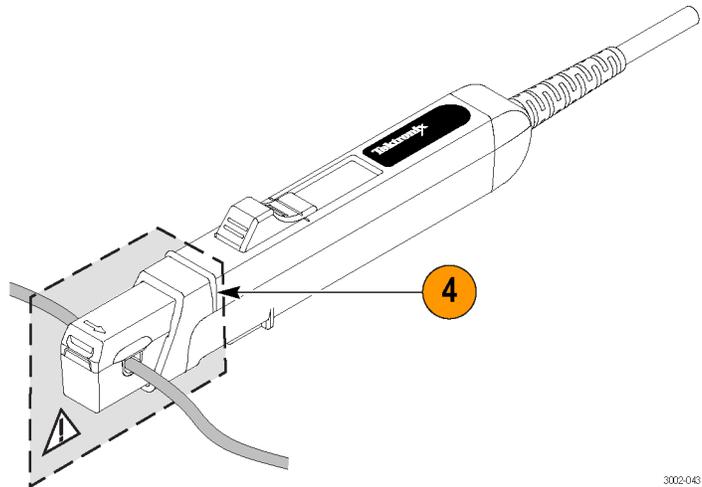
警告: 感電を避けるために、測定の際には安全取り扱いゾーン(網掛け部分)を超える領域にアクセスしないようにしてください。



警告: プローブを破損しないために、プローブを落としたり、衝撃を与えたりしないようにしてください。



警告: 電流プローブの定格を超える電流および電圧のワイヤに、電流プローブを接続しないでください。



3002-043

レンジ選択

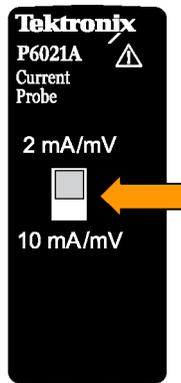
プローブの感度を 2 mA/mV および 10 mA/mV の間で切り替えるには、レンジ選択スイッチを使用します。

注: 減衰コントロールを搭載している一部のオシロスコープでは、そのスケールをプローブの感度(レンジ)と一致させることができます。

P6021A 型プローブを使用する場合、オシロスコープに求められる正しい減衰設定は次のとおりです。

2 mA/mV レンジ: 2X

10 mA/mV レンジ: 10X



3004-004

機能チェック

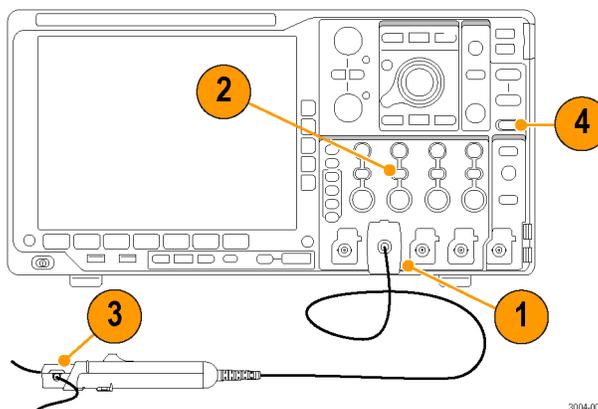
次の手順を使用して、プローブが正常に動作していることを確認します。プローブが保証仕様を満たしているかどうかを確認するには、「性能検査」の手順を参照してください (21 ページ参照)。



注意: プローブの開口部に挿入できるのは、直径 5.0 mm 以下の絶縁導体です。直径 5.0 mm を超える導体は挿入しないでください。プローブが損傷する恐れがあります。

プローブが正常に動作していることを確認するには、次の手順を実行します。

1. オシロスコープの任意のチャンネルにプローブを接続します。
2. プローブのチャンネルが表示されるようにオシロスコープを設定します。
3. プローブを回路にクランプします。
4. オシロスコープを調整するか、あるいはオートセット機能を使用して、安定した波形を表示します。
安定した波形が表示される場合は、プローブは正常に動作しています。



2004-005

アクセサリとオプション

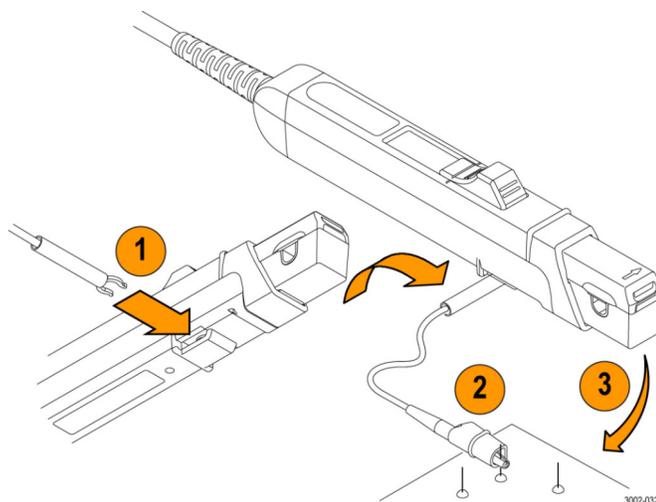
このセクションでは、プローブ用のスタンダード・アクセサリとオプション・アクセサリを取り上げ、それらの使用方法について説明します。ニーズに最適なアクセサリを選択できるように、必要に応じて仕様も記載してあります。

スタンダード・アクセサリ

プローブ・グラウンド・リード

1. 小さいクリップを、プローブ本体のグラウンド・スタブに固定します。
2. 回路グラウンドにワニロクリップを取り付けます。
3. プローブを回路に取り付けます。

注文用当社部品番号：
196-3521-XX、数量 1

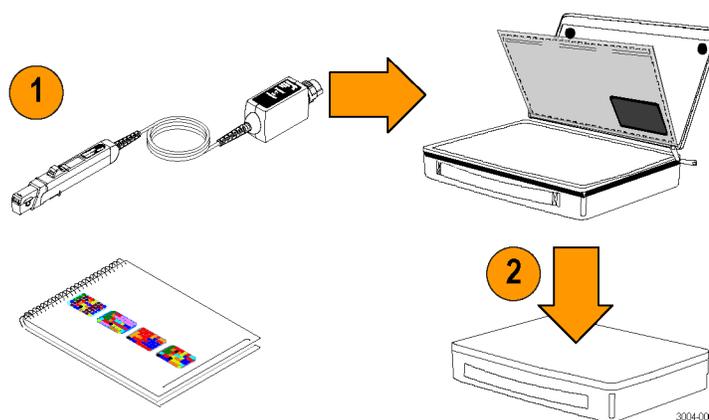


ポーチおよび中仕切り付きのナイロン製キャリング・ケース

プローブ、アクセサリ、および取扱説明書は、キャリング・ケースに収納してください。

1. プローブ、アクセサリ、およびマニュアルをキャリング・ケースに収納します。
2. キャリング・ケースを閉じて、アクセサリを別の場所へ運ぶか、保管しておきます。

注文用当社部品番号：
016-1952-xx



取扱説明書

取扱説明書には、操作およびメンテナンスの手順が記載されています。

注文用当社部品番号：
071-3004-xx

本製品には以下の言語版のマニュアルが用意されています。他の言語版も入手可能な場合があります。当社 Web サイト (www.tektronix.com/manuals) をご覧ください。

- (日本語版)
- (簡体字中国語版)



オプション・アクセサリ

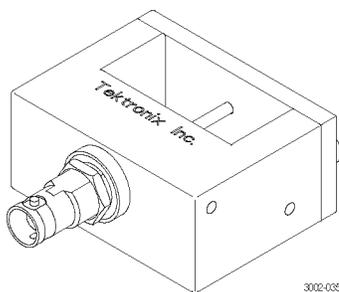
このセクションでは、プローブing作業に役立つ、別売りのオプション・アクセサリについて説明します。

電流ループ

性能検査手順では、この 1 回巻き 50 Ω の電流ループが必要です。BNC コネクタで電流ソースに簡単に接続できます。また装置内の導体バーは、電流プローブの開口部で挟めるようになっています。

電流ループを使用するには、実行する作業 (性能検査、調整など) の手順に従ってください。

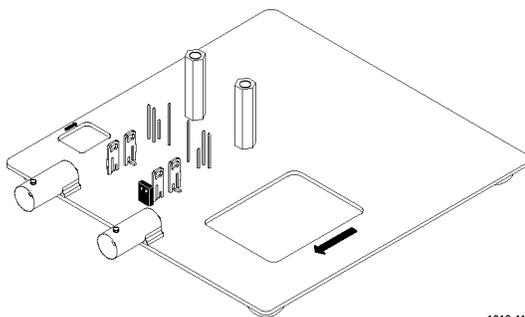
注文用当社部品番号：
067-2396-xx



デスキュー／校正装置

この装置を、プローブの校正またはデスキューの手順をサポートしているホスト機器に接続します。デスキューを実行すると、電流プローブと電圧プローブ間のゲインのエラーおよびタイミング差が補正されます。使用しているオシロスコープのマニュアルまたは装置の手順書を参照してください。

注文用当社部品番号: 067-1686-xx



オプション

サービス・オプション

- オプション C3:3年間の校正サービス
- オプション C5:5年間の校正サービス
- オプション D1:校正データ・レポート
- オプション D3:3年間の校正データ・レポート(オプション C3 付き)
- オプション D5:5年間の校正データ・レポート(オプション C5 付き)
- オプション R3:3年間の修理サービス
- オプション R5:5年間の修理サービス

基本操作



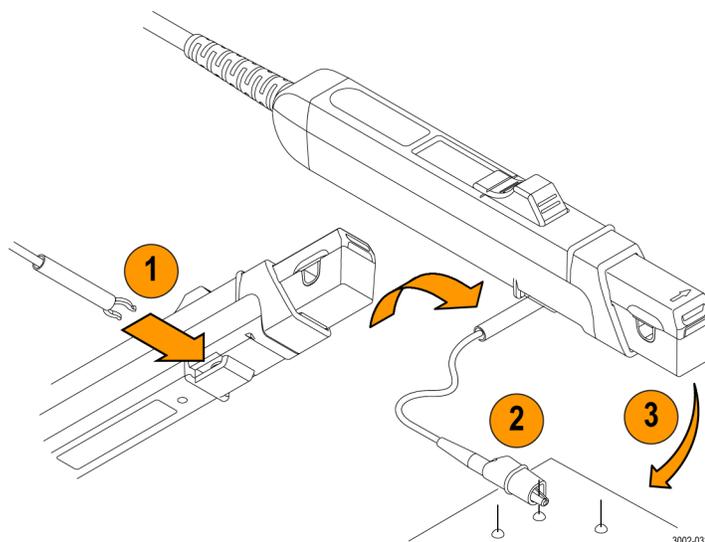
注意: プローブ開口部に、直径 5.0 mm (0.20 インチ) を超える導体を無理に挿入しないでください。プローブが損傷する恐れがあります。プローブ・ヘッドのトランスフォーマの接続表面は、精密研磨されており、注意深く取り扱う必要があります。プローブ・ヘッドのトランスフォーマの接続表面が汚れていると、正しい測定結果が得られないことがあります。プローブ・ヘッドのトランスフォーマの表面を清掃する方法については、このマニュアルの「メンテナンス」のセクションを参照してください。

プローブの接地

6 インチのグランド・リードで、プローブ側ケーブル端のトランスフォーマ周囲の被覆を接地します。これにより、接地ポイントを被測定回路により近い位置に取り、高周波応答を向上させることができます。グランド・リードはプローブ底面のグランド・コネクタにクリップします。

高周波信号を測定する際は、プローブのグランド・リードをプローブのグランド・コネクタに接続し、ワニ口クリップを RF グランドに直接接続して、高周波信号 (2 MHz 以上) で高い EMI 除去比が得られるようにください。これにより、容量結合 RF 電流がプローブのケーブルに流れるのを回避することができます。また、グランド・リードまたはプローブ本体を被測定回路のノイズ発生源から遠ざけることでも、高い EMI 除去比が得られる場合があります。

1. グランド・リードを、プローブ・ヘッドの底部のグランド・ポストに留めます。
2. ワニ口クリップ端を回路のグランドに接続します。
3. プローブを回路導体にクランプします。



3002-032

プローブの原理

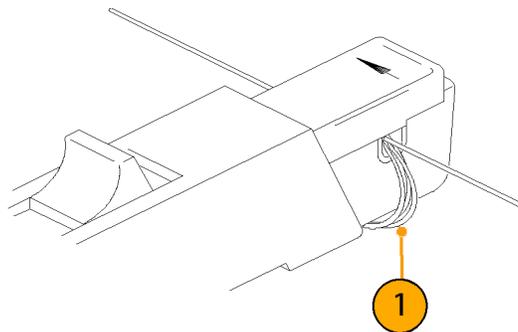
以下の説明を参考に、電流プローブが持つ性能を最大限に引き出してください。

感度の向上

極小振幅の低周波 AC 信号を測定する場合に電流プローブの測定感度を向上させる方法は、次のとおりです。

1. 図のように、プローブに被測定導体を数回巻き付けます。信号の電流値は、プローブに巻き付けた回数倍になります。
2. 表示される振幅を巻数で除算します。

たとえば、導体をプローブの周囲に 3 回巻き、オシロスコープが 3mA の読み値を示した場合、実際の電流は 3mA を 3 で除算した 1mA です。



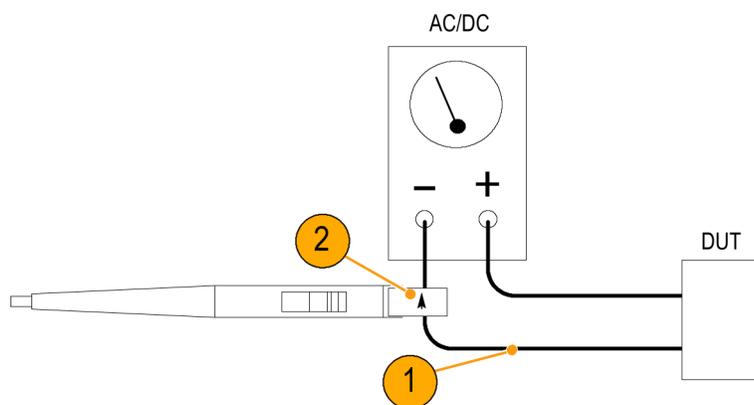
注：プローブへの巻数を増やすと、挿入インピーダンスが増加して、プローブの帯域幅の上限値が低下します。

コモン・モード・ノイズ／磁場エラー

高い周波数のコモン・モード・ノイズおよび回路の電源側での強力な磁界は、測定誤差の原因になる可能性があります。これを防ぐには、以下を実行します。

1. 回路のロー側、つまり接地側で測定します。
2. プローブの向きを一般的な電流の方向（正から負）に合わせて測定します。

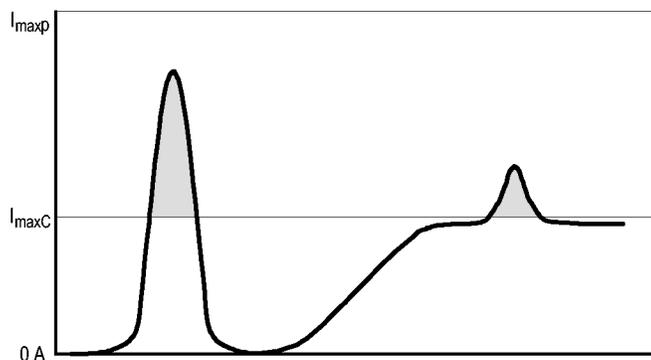
注：この方法は、マイナス側端子（右図を参照）がグランドにつながれている場合に最大の効果があります。



最大電流限界値

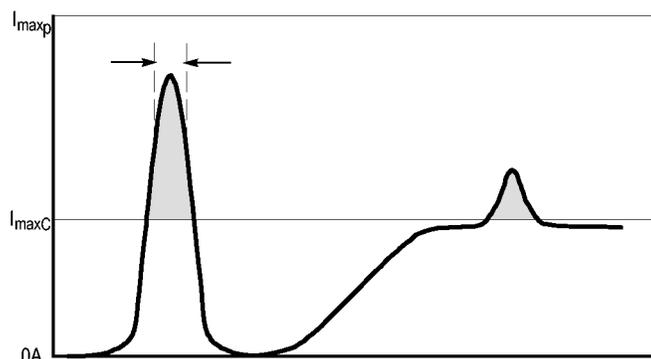
電流プローブには、パルス電流、連続電流、および電流時間積の3つの最大電流定格があります。これらの定格のいずれかを超えると、プローブ・コアは飽和して磁気を帯び、測定エラーの原因になります。プローブの最大電流定格については、仕様を参照してください(17 ページの表 2 参照)。

- 最大パルス電流 ($I_{\max P}$) は、帯域幅制限内であればパルス幅がどんなに狭くとも、正確に測定できるパルス電流の最大ピーク値を指します。
- 最大連続電流 ($I_{\max C}$) は、指定した AC 周波数で連続的に測定できる最大電流のことです。最大連続電流値は、周波数に応じて低下します。周波数が大きくなると、最大連続電流定格は下がります。



- 電流時間積は、パルス振幅が最大連続電流と最大パルス電流の仕様値の間にある場合に、測定可能なパルス電流の最大幅です。最大連続電流の仕様値は周波数によって変化します。

測定値が電流時間積を超えているかどうか判断するには、次のセクションで説明するように、まず最大許容パルス幅または最大許容パルス振幅を知る必要があります。



最大許容パルス幅

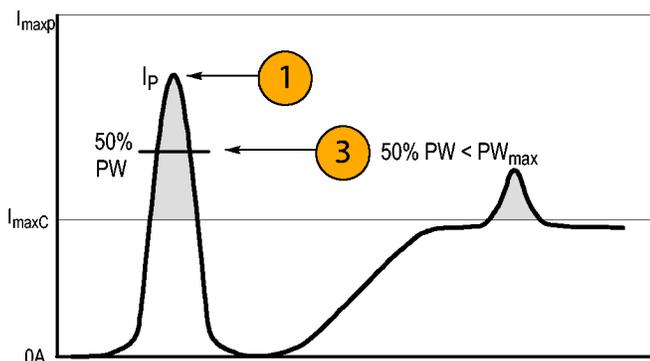
最大許容パルス幅は次の手順で決定できます。

1. パルスのピーク電流を測定します。
2. プローブのアンペア秒(またはアンペア・マイクロ秒)仕様値を、測定されたパルスのピーク電流で除算します。

$$\frac{A \cdot \mu s}{I_P} = PW_{max}$$

商の値が、最大許容パルス幅 (PW_{max}) になります。

3. 測定された信号の 50% ポイントにおけるパルス幅が、計算した最大許容パルス幅 (PW_{max}) より小さいことを確認します。



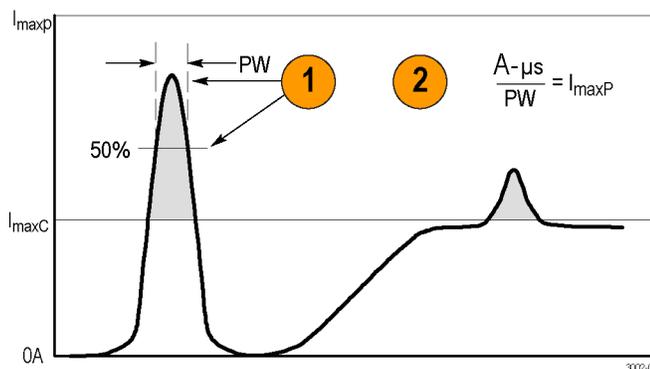
最大許容パルス振幅

最大許容パルス振幅は次の手順で決定できます。

1. 50% ポイントにおけるパルス幅を測定します。
2. プローブのレンジ設定における電流時間積 (アンペア×秒、あるいはアンペア×マイクロ秒) の仕様値を、パルス幅で除算します。

商の値が、最大許容パルス振幅です。測定パルスのピーク振幅は、この値より小さくなければなりません。

たとえば、P6021A 型プローブの最大アンペア秒積値は $500 A \cdot \mu s$ です。プローブで測定した信号のパルス幅が $11 \mu s$ の場合、最大許容ピーク電流は $500 A \cdot \mu s$ を $11 \mu s$ で除算して、 $45.5 A$ になります。



使用例

このセクションでは、プローブを一般的なトラブルシューティング作業で使用方法、および測定システムの用途を拡大する方法について説明します。

インダクタンス測定

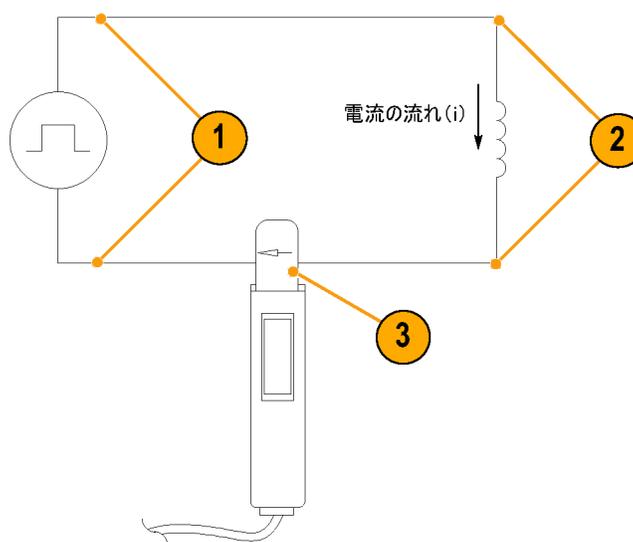
電流プローブを使用すると、低インピーダンスまたは高インピーダンスの、既知のパルス源を持つコイルのインダクタンスを測定できます。

低インピーダンスのパルス源

この図は、出力インピーダンスの非常に低い定電圧パルス・ゼネレータに低抵抗値のインダクタを接続した場合を示しています。

1. インダクタを、パルス・ゼネレータの出力端子の両端に接続します。
2. インダクタの両端の電圧を一定に保ちます。
3. 信号源のリードの片方に電流プローブをクランプします。

注：プローブのインピーダンスが回路全体のインダクタンスのかなりの部分を占める場合は、測定確度に影響します。プローブの挿入インピーダンスについては、プローブの仕様を参照してください。



4. 電流ランプを測定します。インダクタンスは、事実上ここに示す電流ランプの slope によって定義されます。

5. 次の公式を使用して、インダクタンスを計算します。

$$L = \frac{E}{\frac{di}{dt}}$$

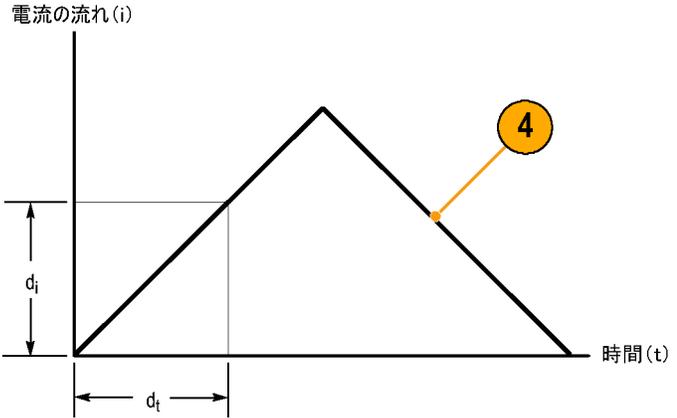
ここで、

L は、ヘンリー単位のインダクタンス、

E は、パルス・ゼネレータの電圧、

dt は、時間変化量、

di は、電流変化量を示します。



高インピーダンスのパルス源

パルス源が既知の抵抗値を持ちインピーダンスが高い場合、電流の増加と共に出力電圧が低下し、コイルのインダクタンスは充電曲線の時定数から計算できます。

電流ランプからインダクタンスの公式で使用する値を求めます。

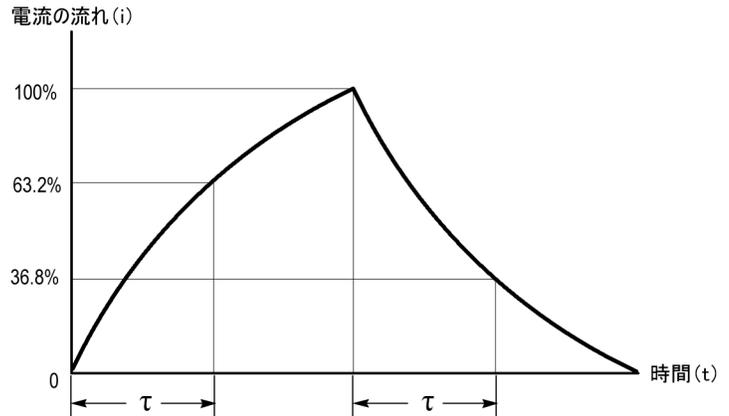
この公式を使用して、電流測定に基づいてインダクタンスを計算します。

$$L = \tau R$$

ここで、

L は、ヘンリー単位のインダクタンス、

τ は、電流が全電流値の 63.2% まで上昇、または全電流値から 63.2% 低下するのに要する時間、および R は、パルス・ゼネレータの出力抵抗値を示しています。



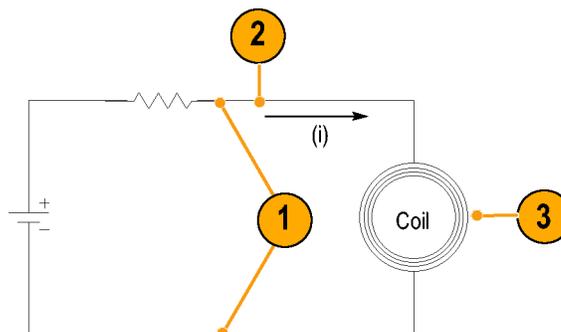
インダクタの巻数の測定

インダクタのおおよその巻数を求めるには、次の手順を実行します。

1. 図のように、インダクタを電流制限された電流源に接続します。
2. インダクタ・リードの片方で入力電流を測定します。
3. 電流プローブでインダクタをクランプし、電流値を記録します。

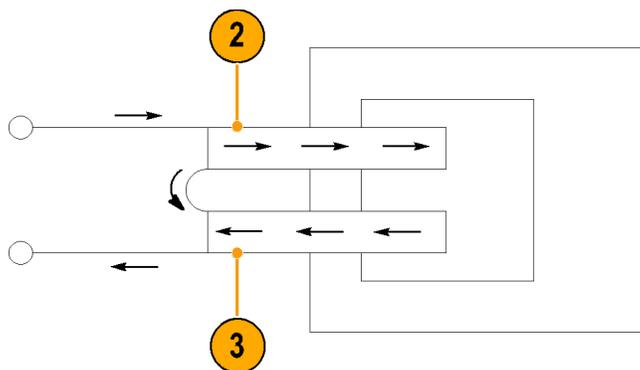
巻数は、コイル電流と入力電流の比率に等しくなります。

この方法の確度は、電流の測定確度に制約されます。



より正確な巻数を測定するには、巻数がわかっているコイルを基準として使用する必要があります。その場合は、次の手順を実行します。

1. 上で説明した手順 1 および 2 を繰り返し、次の変更を行います。
2. 基準コイルを電流プローブに挿入します。
3. 図のように、テスト・コイルと基準コイルの電流の方向が逆になるように、テスト・コイルを電流プローブに挿入します。コイル電流の極性を確認して、テスト・コイルの巻数が基準コイルよりも少ないか多いかを判定します。巻数は、次の公式を使用して計算します。



$$N_2 = N_1 \times (I_m \div I_1)$$

ここで、

N_2 は、テスト・コイルの巻数、

N_1 は基準コイルの巻数、

I_m は測定されたコイル電流、および
 I_1 は入力電流です。

仕様

表 1 ～ 5 の仕様は、次の条件の下で有効です。

- プロブが環境温度 $23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ で校正済みである。
- プロブが、入力インピーダンス $1\text{ M}\Omega$ でホスト機器に接続されている。
- プロブは記載範囲を超えない環境に置かれ、少なくとも 20 分間ウォーム・アップされていることが必要です(表 1 を参照)。

本電流プロブの仕様は、保証特性、代表特性、および公称特性という 3 つのカテゴリに分けられます。

保証特性

保証特性とは、許容限界内または一定のタイプ・テストされた要件内で保証される性能です。「性能検査」セクションで検査される保証特性には、✔ マークが付いています。

表 1: 保証電気特性

特性	説明
✔ ミッドバンド確度	$\pm 3\%$
✔ 立上り時間 (10% ~ 90%)	$\leq 5.8\text{ ns}$
帯域 (-3 dB)	60 MHz

代表特性

代表特性とは、代表値であり保証されていない性能です。

表 2: 代表的電気特性

特性	説明
最大連続電流	2 mA/mV - 5 A _{p-p} 正弦波 (450 Hz ~ 10 MHz) 10 mA/mV - 15 A _{p-p} 正弦波 (150 Hz ~ 100 KHz)
最大 DC 飽和電流	0.5 A
最大ピーク・パルス電流	10 mA/mV レンジ: 250 A ピーク 2 mA/mV レンジ: 150 A ピーク 500 A μ s 未満、または 5 A _{RMS} (19 ページの 図 3 参照)。
挿入インピーダンス	0.035 Ω 、1 MHz 0.09 Ω 、10 MHz 0.5 Ω 、60 MHz (18 ページの 図 2 参照)。
帯域、ロー・カット (-3 dB、25 °C)	2 mA/mV: 450 Hz 10 mA/mV: 150 Hz
プローブ時定数 (25 °C)	2 mA/mV: >354 μ s 10 mA/mV: >1.06 ms
信号遅延	11.8 ns
勾配	2 mA/mV: 2.8% 以下 (ステップ 10 μ s 以内) 10 mA/mV: 7.5% 以下 (ステップ 100 μ s 以内)
位相応答	-90° ~ +90°、100 Hz ~ 20 MHz、-270° 超、60 MHz
裸線での最大電圧	150 V CAT II
絶縁線での最大電圧	300 V CAT II
最大アンペア秒積値	500 A $\cdot\mu$ s (11 ページ「最大電流限界値」参照)。

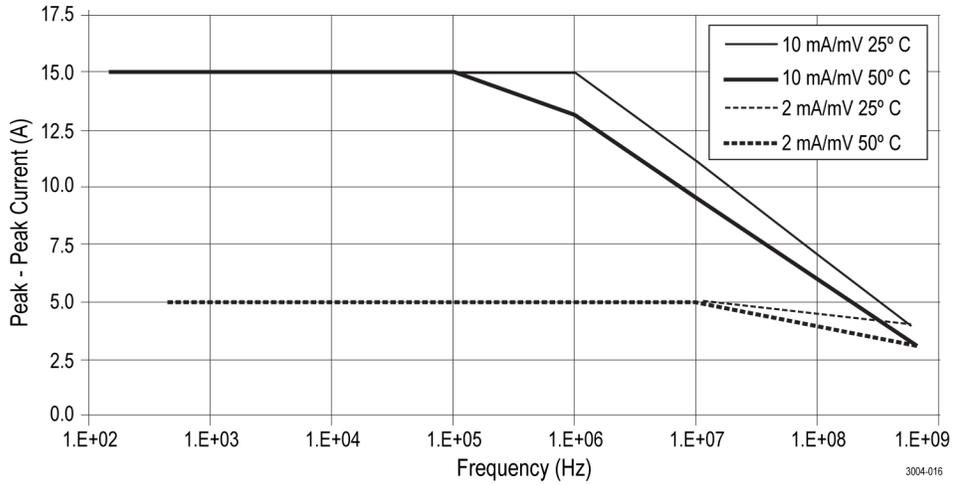


図 1: 周波数ディレーティング (連続ピーク電流と周波数の関係)

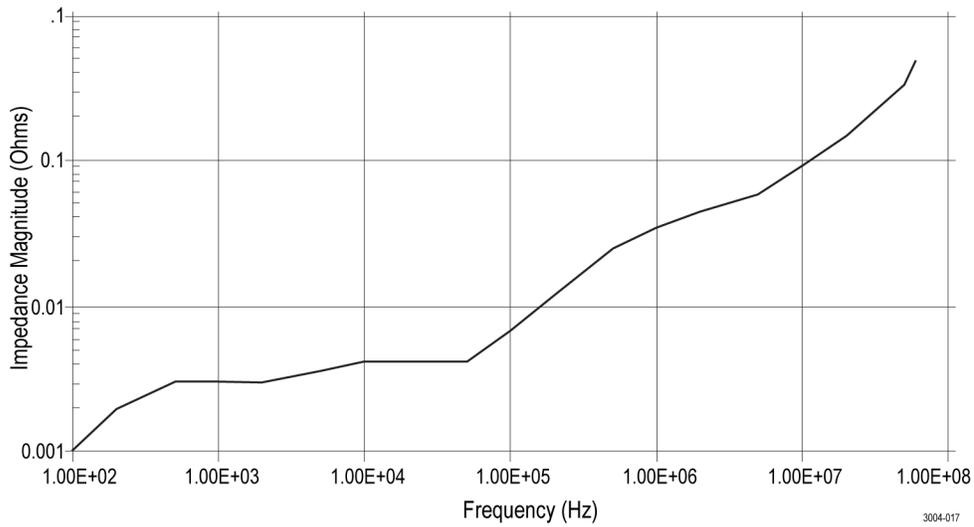


図 2: 代表挿入インピーダンス対周波数

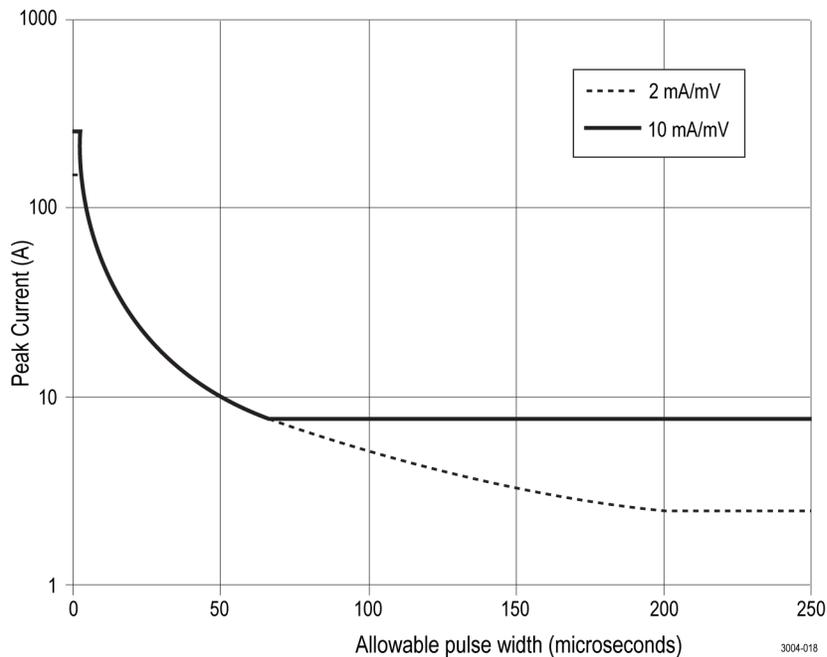


図 3: 最大ピーク・パルスとパルス幅の関係

表 3: 環境特性

特性	説明
温度	動作時: 0 ~ +50 °C (+32 ~ +122 °F) 非動作時: -40 ~ +75 °C (-40 ~ +167 °F)
湿度	動作時: 5 ~ 95% RH、気温 ≤ +30 °C (+86 °F) で測定 5 ~ 85% RH、気温 +30 ~ +50 °C (+86 ~ +122 °F) で測定 非動作時: 5 ~ 95% RH、気温 ≤ +30 °C (+86 °F) で測定 5 ~ 85% RH、気温 +30 ~ +75 °C (+86 ~ +167 °F) で測定
高度	動作時: 3,000 m (10,000 フィート) 以下 非動作時: 12,192 m (40,000 フィート) 以下

表 4: 代表的な機械特性

特性	仕様
寸法(20 ページの 図 4 参照)。	
補正ボックス	73 mm × 30.5 mm × 40.6 mm (2.9 インチ × 1.2 インチ × 1.6 インチ)
プローブ・ヘッド	148 mm × 15.2 mm × 30.5 mm (5.8 インチ × 0.6 インチ × 1.2 インチ)
開口部(最大測定可能導体サイズ)	5 mm (0.20 インチ)
ケーブル長(プローブ・ヘッドから補正ボックスまで)	1.5 m (59 インチ)
重量	
プローブのみ	279 g (10.0 オンス)
プローブ、アクセサリ、および梱包	700 g (1.5 ポンド)

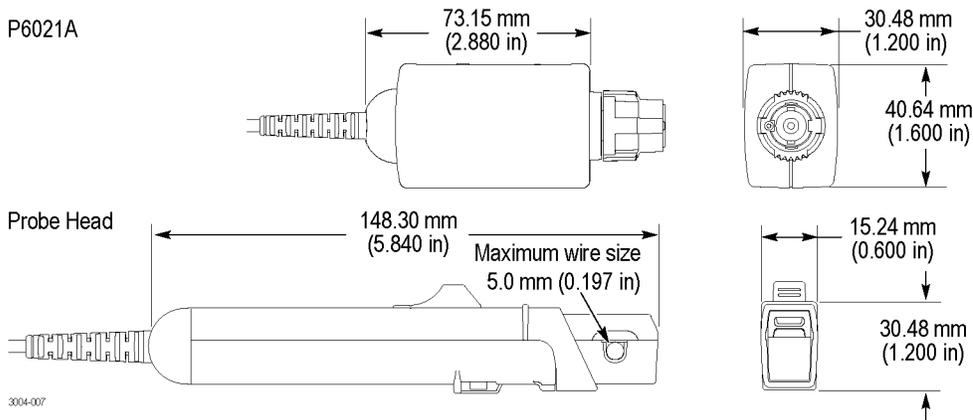


図 4: 機械的寸法

公称特性

公称特性は保証されている特性ですが、この特性には許容限界がありません。

表 5: 公称電気特性

特性	説明
入力カップリング	AC
電流レンジ	2 mA/mV: 5 A _{p-p} 10 mA/mV: 15 A _{p-p}
電源要件	ホスト機器から供給
終端	出力を 1 MΩ に終端
オシロスコープとの互換性	1 MΩ BNC 入力のオシロスコープ

性能検査

次の手順を使用して、下に示すプローブの保証仕様を検査します。推奨される校正間隔は1年間です。

- ミッドバンド確度
- 立上り時間
- 帯域

記載順に、次の検査手順を実行します。

必要な機器

「性能検査」の手順を実行するために必要な機器を表 6 に示します。

表 6: 測定機器

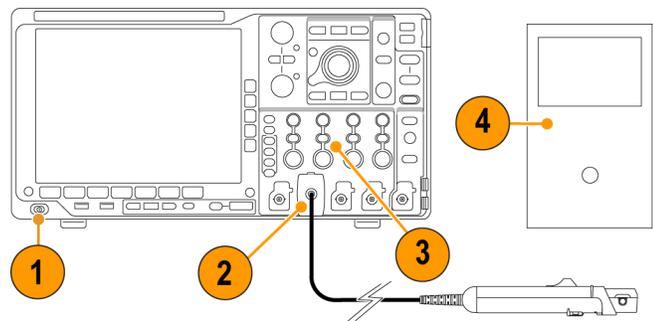
説明と数量	性能要件	推奨例 ¹
オシロスコープ	500 MHz 以上の帯域幅、TekVPI インタフェース	当社 DPO4000 シリーズ
校正用ゼネレータ	ACV 0 ~ 2 V _{RMS} 、50 KHz、正弦波出力 立ち上がり時間 ≤1 ns	Fluke 9100
デジタル・マルチメータ (DMM)	≥2 V レンジ、≥1% 確度	Keithley 2700
HF 電流ループ	50 Ω ±0.5%、BNC オス型コネクタ	067-2396-xx
BNC ケーブル (2)	50 Ω、長さ 0.76 m (30 インチ)	012-0117-xx
アダプタ (2)	BNC - デュアル・バナナ	103-0090-xx
アダプタ	BNC-T	103-0030-xx
アダプタ	SMA オス - BNC メス	015-1018-xx

¹ 9 桁の部品番号 (xxx-xxxx-xx) は、当社部品番号です

機器の設定

次の手順に従って、プローブを検査するための機器のセットアップとウォーム・アップを実行します。

1. オシロスコープの電源を投入します。
2. オシロスコープの任意のチャンネルにプローブを接続します。
3. オシロスコープのカップリングを AC に設定します。
4. 残りのテスト機器の電源を入れます。
5. 機器を 20 分間ウォーム・アップします。
6. 検査記録をコピーして、検査結果を記録するのに使用します (27 ページ参照)。



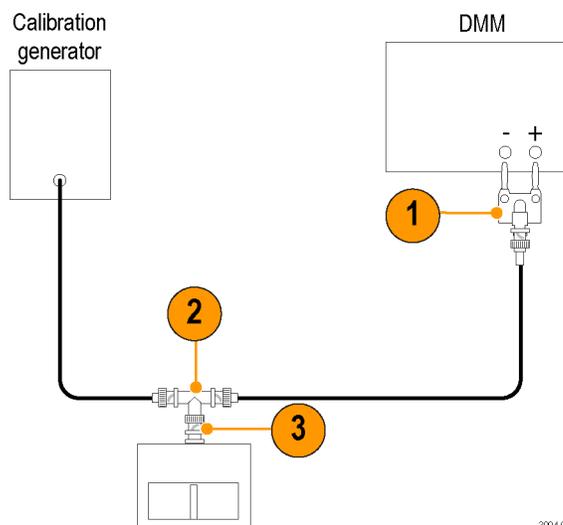
3004-020

ミッドバンド確度

この検査では、プローブのミッドバンド確度をチェックします。測定値が検査記録に指定されている制限値から外れている場合は、「調整」セクションを参照してください (28 ページ参照)。

セットアップ

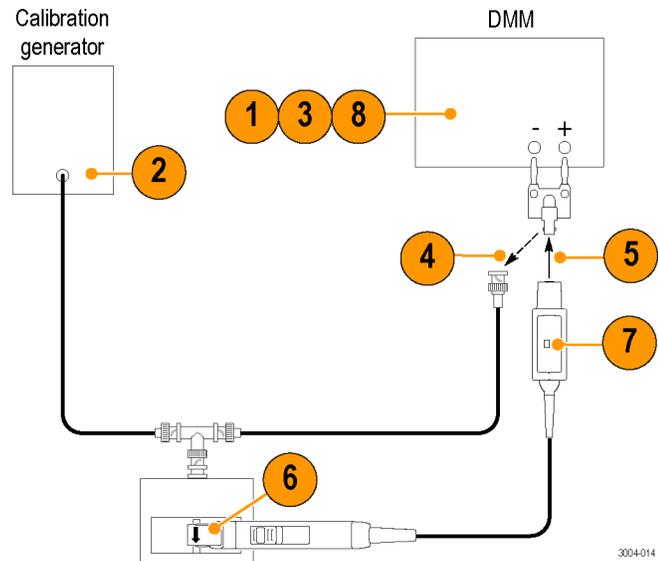
1. BNC - デュアル・バナナ・アダプタをデジタル・マルチメータ (DMM) の入力に接続します。
2. 校正用ゼネレータの Leveled Sinewave Output を BNC T 型コネクタに接続し、BNC T 型コネクタのもう一方を DMM 入力に接続します。
3. BNC T 型コネクタの中央ブランチを校正アダプタに接続します。



3004-013

テスト

1. DMM の AC 電圧測定レンジを $\geq 2\text{ V}$ に設定するか、Autoset を使用します。
2. 校正用ゼネレータの出力を 2 V_{RMS} 、 50 KHz 、正弦波に設定します。
3. ゼネレータ出力を DMM で測定し、その出力を M1 として記録します。この電圧測定を使用して、実際の検査電流、 I_{test} を計算します。
4. DMM に取り付けられた BNC アダプタからケーブルを取り外します。
5. プロブの出力を DMM に取り付けられた BNC アダプタに接続します。
6. 図のように、電流プローブで校正アダプタをクランプします。プローブ上の矢印が電流源の (+) 端子から離れる方向に向けます。
7. プロブのレンジを 2 mA/mV に設定します。
8. DMM のレンジを 100 mV に設定して、DMM の正確な測定値を M2 として記録します。
9. 測定した振幅値と右の公式を使用して、検査電流と % Error を計算します。
たとえば、M1 の測定値が 2.0 V の場合、検査電流 (I_{test}) は 40 mA となります。
M2 の測定値が 20.5 mV の場合、% Error 値の計算は次のようになります。
10. 計算した % Error 値を検査記録に記録します。



3004-014

$$I_{\text{test}} = \frac{M1}{50\ \Omega}$$

$$\% \text{Error} = \frac{[(2\text{ mA/mV} \times M2) - I_{\text{test}}]}{I_{\text{test}}} \times 100$$

例:

$$\frac{[(2 \times 20.5\text{ mV}) - (40\text{ mA})]}{(40\text{ mA})} \times 100 = 2.5\%$$

11. プローブのレンジを 10 mA/mV に設定します。
12. DMM の正確な測定値を M3 として記録します。
13. 測定した振幅値と右の公式を使用して、%Error を計算します。
14. 計算した % Error 値を検査記録に記録します。
15. 校正器の出力を無効にします。
計算された % Error 値がいずれかレンジの仕様限界から外れる場合はプローブの調整が必要です (28 ページ「調整」参照)。

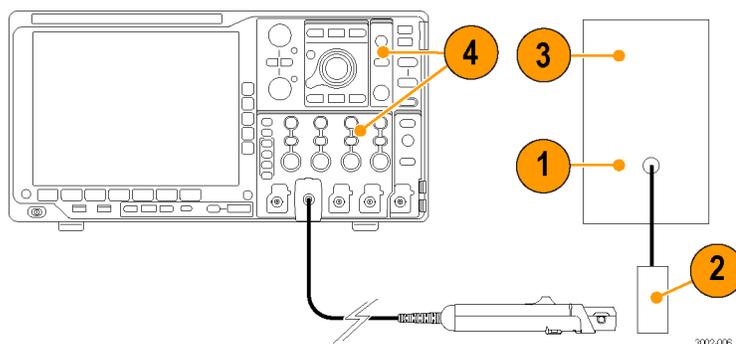
$$\%Error = \frac{[(10 \text{ mA/mV} \times M3) - I_{test}]}{I_{test}} \times 100$$

立上り時間と帯域幅

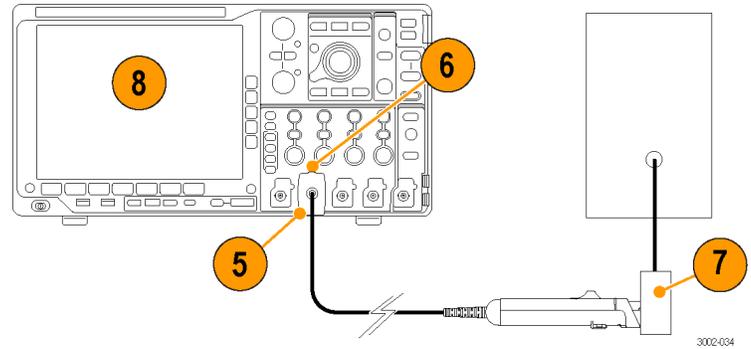
この手順では、直接立上り時間を測定して、プローブが立上り時間の仕様に適合することを検証します。プローブの帯域幅は、測定されたプローブの立上り時間を使用して計算します。

立上り時間

1. BNC ケーブルを校正用ゼネレータのリアパネルの信号出力に接続します。
2. BNC ケーブルのもう一方の端を HF 電流ループに接続します。
3. ゼネレータ出力を立上り時間 1.0 ns のパルスに設定します。
4. 波形全体が画面に収まるようにオシロスコープを設定します。
 - 垂直感度: 2 mA/div
 - 水平目盛: 20 ns/div
 - トリガ位置: 20%
 - 平均回数: 32
 - 測定項目: 立上り時間



5. 任意のチャンネル(1 ~ 4)にプローブを接続します。
6. プローブのレンジを 2 mA/mV に設定します。
7. 電流プローブで HF 電流ループをクランプします。プローブの矢印が、パルス・ゼネレータと反対の方向を指していることを確認します。
8. 立上り時間がオシロスコープに表示されます。立上り時間の測定値を、検査記録に記録します。
9. プローブのレンジを 10 mA/mV に設定して、立上り時間を測定します。立上り時間の測定値を、検査記録に記録します。



帯域

10. 立上り時間 (t_r) の測定値を右の式に当てはめて、プローブの帯域をレンジごとに計算します。
 11. 計算した帯域の値を検査記録に記録します。
- 手順の完了です。

$$BW = \frac{0.35}{t_r}$$

検査記録

プローブのモデル/シリアル番号:

検査証番号:

温度:

相対湿度 %:

校正日:

検査者:

性能試験	レンジ	最小値	入力	出力	最大値
ミッドバンド確度 (% error)	2 mA/mV	-3%			+3%
	10 mA/mV	-3%			+3%
立上り時間	2 mA/mV	NA			5.8 ns
	10 mA/mV	NA			5.8 ns
帯域幅 (算出値)	2 mA/mV	60 MHz			NA
	10 mA/mV	60 MHz			NA

調整

以降のセクションでは、プローブを調整して保証仕様における性能を最適化する方法を説明します。

- ミッドバンド確度
- アベレーション

準備

「性能検査」の手順を実行します。



注意： 静電気 (ESD) によりプローブが損傷するのを防止するために、プローブを取り扱うときは、帯電防止リスト・ストラップを着用し、静電気防止措置が施された作業台で作業してください。

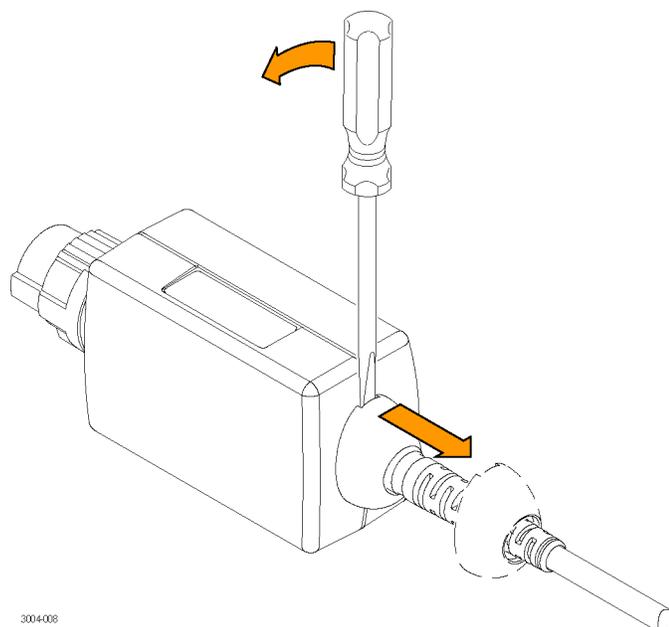
必要な機器

必要な機器については、「性能検査」の手順を参照してください。マイナス・ドライバ (#2) と絶縁された平刃の調整ツールも必要です。このツールは当社からお求めいただけます (部品番号 003-1433-00)。

補正ボックスのカバーの取り外し

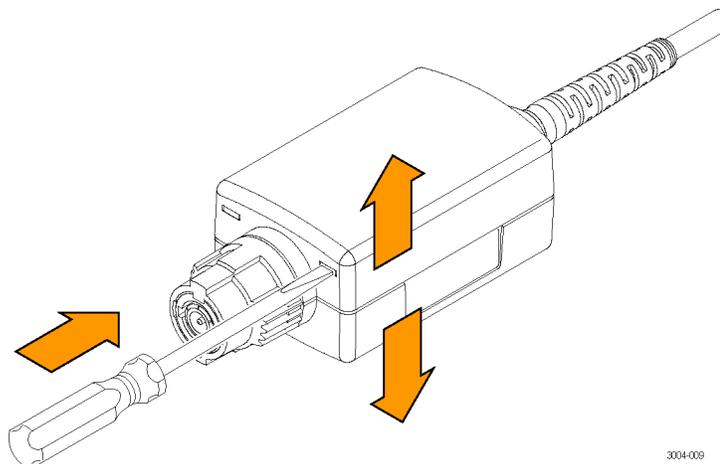
マイナス・ドライバ (#2) を使用してカバーを外し、調整箇所にはアクセスできるようにします。

1. マイナス・ドライバの刃をスロットに入れ、てこの力をゆっくりと加えてケーブル・カバーを補正ボックスから取り外します。



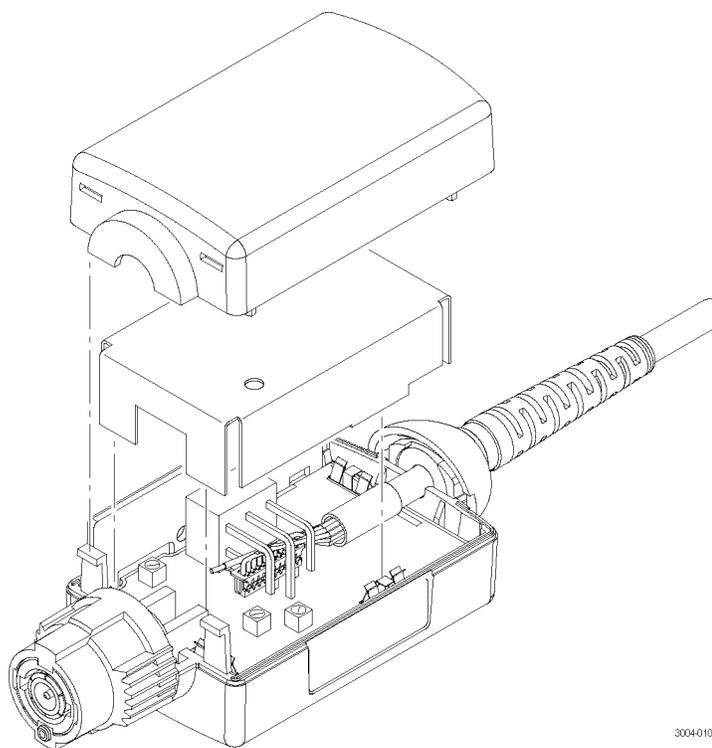
3004-008

2. マイナス・ドライバの刃を使用してタブを押し込み、補正ボックスの上下のカバーを分離させます。



3004-009

3. 上下のカバーを取り外し、続いて金属シールドを取り外します。

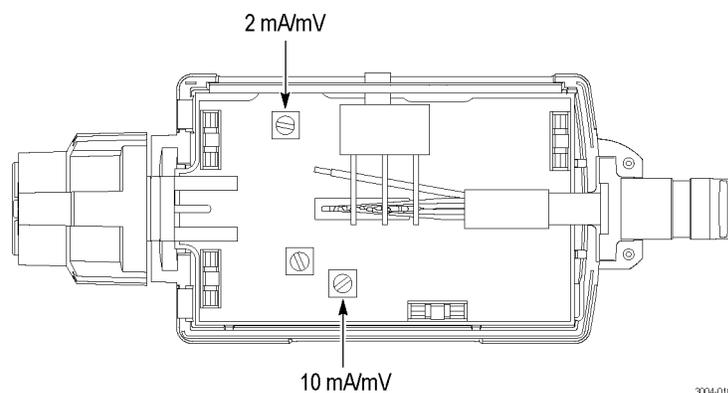


3004-010

ミッドバンド確度

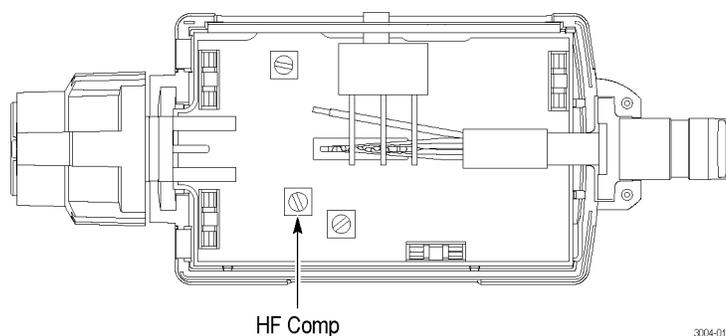
ここでは、プローブのミッドバンド確度の調整方法について説明します。この調整を行う前に、「性能検査」手順の「ミッドバンド確度」検査を終了している必要があります。調整を行うために、検査設定には変更を加えないようにしてください。

1. 校正用出力を $2 V_{RMS}$ 、50 KHz に設定します。
2. デジタル・マルチメータ (DMM) のレンジを AC V、 $\geq 2.0 V$ に設定します。
3. プローブのレンジを 2 mA/mV に設定します。
4. DMM で出力振幅を測定します。
5. 2 mA/mV コントロールを調整して、DMM の表示が 20.0 mV、 $\pm 0.6 mV$ になるようにします。
6. プローブのレンジを 10 mA/mV に設定します。
7. 10 mA/mV コントロールを調整して、DMM の表示が 4.0 mV、 $\pm 0.12 mV$ になるようにします。
8. プローブを校正器から取り外し、出力を無効にします。



HF 補正

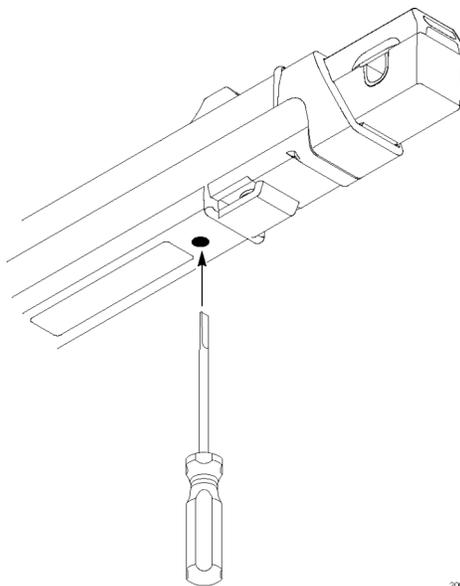
1. 立上り時間を測定する設定にします (25 ページ「立上り時間と帯域幅」参照)。
2. プローブのレンジを 2 mA/mV に設定します。
3. 1 サイクル分の波形を表示します。
4. 補正ボックス内部の HF Comp コントロールを調整して、できるかぎりフラットな応答が得られるようにします。



5. プローブ・ヘッドの HF コントロールを調整して、立上り時間とフラットネスのバランスを取ります。

注：最適な立上り時間とフラットネスを得るには、補正ボックスの HF Comp コントロールの再調整が必要な場合があります。

6. プローブのレンジを 10 mA/mV に設定し、性能を検査します。必要に応じてプローブを調整し、立上り時間を仕様に適合させ、両方のレンジで適切なフラットネスが保たれるようにします。



3002-033

メンテナンス

このセクションでは、プローブの保守について説明します。

クリーニング

プローブは悪天候にさらさないようにしてください。このプローブは防水加工されていません。



注意：噴霧、液体、または溶剤がプローブを触れないようにしてください。プローブが損傷する可能性があります。外装部をクリーニング中に、プローブ内部に水気が入らないようにしてください。

化学洗浄剤は使用しないでください。プローブが損傷する恐れがあります。ベンジン、ベンゼン、トルエン、キシレン、アセトンまたはこれに類似する溶剤を含有する化学薬品を使用しないでください。

プローブの表面のクリーニングには、乾いた柔らかい布か柔らかい毛ブラシを使用してください。汚れが落ちない場合は、75%のイソプロピル・アルコール溶剤をしみこませた柔らかい布または綿棒を使用し、イオン除去した水ですすいでください。綿棒はプローブの狭い場所の清掃に便利です。綿棒または布は十分な溶液で湿らせて使用してください。研磨剤は、プローブのどの部分にも使用しないでください。

索引

ENGLISH TERMS

Balance コントロール, 4
 DC ゲイン確度
 調整, 30
 DC ゲイン確度チェック, 23

あ

アクセサリ
 オptional, 7
 スタンダード, 6
 安全にご使用いただくため
 に, iii

お

オプション, 8

か

開口部, 3
 関連マニュアル, viii

き

機器の設定, 22
 機能チェック, 5
 基本操作, 9
 記録、検査, 27

く

クリーニング, 32

け

検査記録, 27

こ

コモン・モード・ノイズ, 10

さ

最大値
 許容パルス振幅, 12
 許容パルス幅, 12
 パルス電流定格, 11
 連続電流定格, 11
 サービス
 オption, 8
 プローブの返送, ix

し

磁場エラー, 10
 周波数ディレーティング, 11
 仕様, 16
 公称, 20
 代表, 17
 保証, 16

す

スライダと導体開口部, 3

せ

性能検査, 21

そ

測定
 インダクタの巻数, 15
 インダクタンス, 13

た

帯域
 計算, 25
 仕様, 16, 17
 立上り時間チェック, 25

ち

調整, 28

て

デスクュー
 装置, 7
 電流限界値
 最大パルス, 11
 最大連続, 11
 電流時間積, 11
 電流時間積, 11

ひ

必要な機器
 性能検査, 22

ふ

プロービングの原理, 10
 プローブ
 最大電流限界値, 11
 飽和, 11
 プローブ感度の向上, 10
 プローブの接続, 2
 プローブの接地, 9

ま

マニュアル, viii

め

メンテナンス, 32