

パワーデバイスIV, CV評価ソリューション



Tektronix Innovation Forum 2011

Sep 6, 2011

ケースレーインスツルメンツ株式会社

シニアアプリケーションエンジニア

宮尾 豊

KEITHLEY

A GREATER MEASURE OF CONFIDENCE

KEITHLEY

A GREATER MEASURE OF CONFIDENCE | www.keithley.com

はじめに

プレゼンテーションのテーマ

パワーデバイスのIV, CV特性評価試験におけるKEITHLEYソリューション
の特徴と各測定のキーポイント紹介

KEITHLEY

A GREATER MEASURE OF CONFIDENCE | www.keithley.com

アジェンダ

- ✧ SMUについて
- ✧ キーテクノロジー(TSP)
- ✧ 各測定におけるポイント
(高電圧、大電流、高電圧CV)
- ✧ 統合ソフトウェア
- ✧ まとめ

KEITHLEYA GREATER MEASURE OF CONFIDENCE | www.keithley.com

SMUとは

SMU = Source Measure Unit

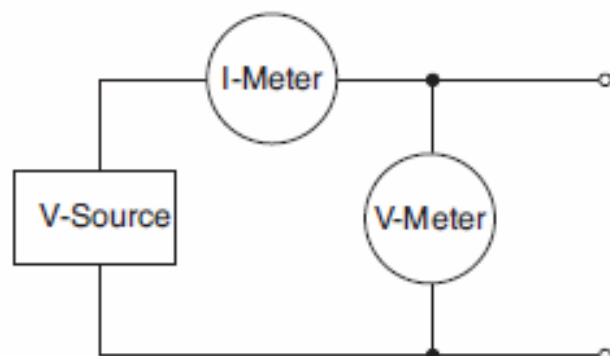
電圧印加モード：

- ・電圧印加/電流コンプライアンス
- ・電圧/電流測定

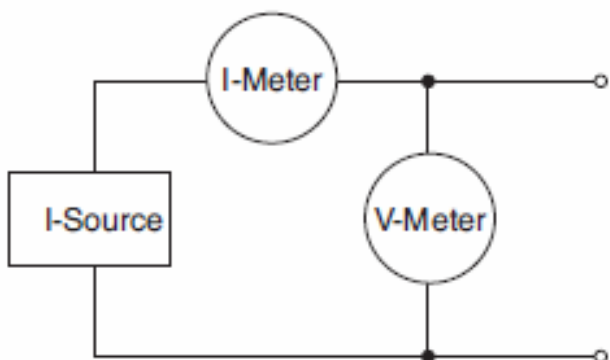
電流印加モード：

- ・電流印加/電圧コンプライアンス
- ・電圧/電流測定

2つのA/Dコンバータ搭載により、電圧と電流を同時測定



A. Source V

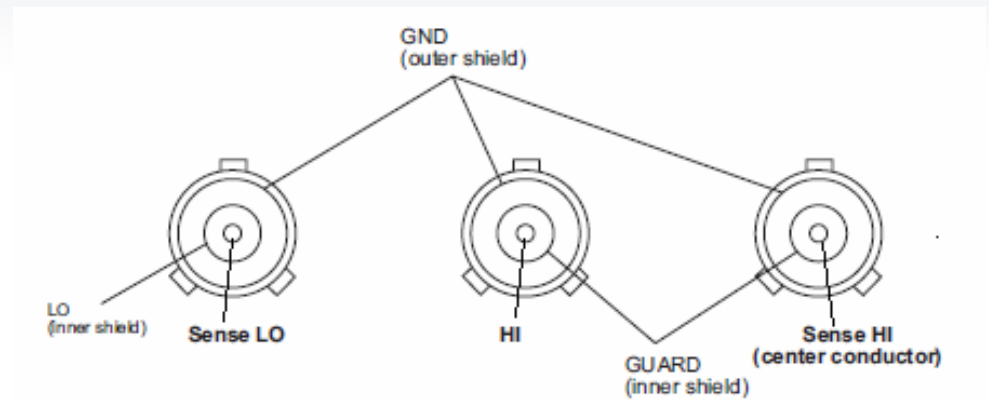
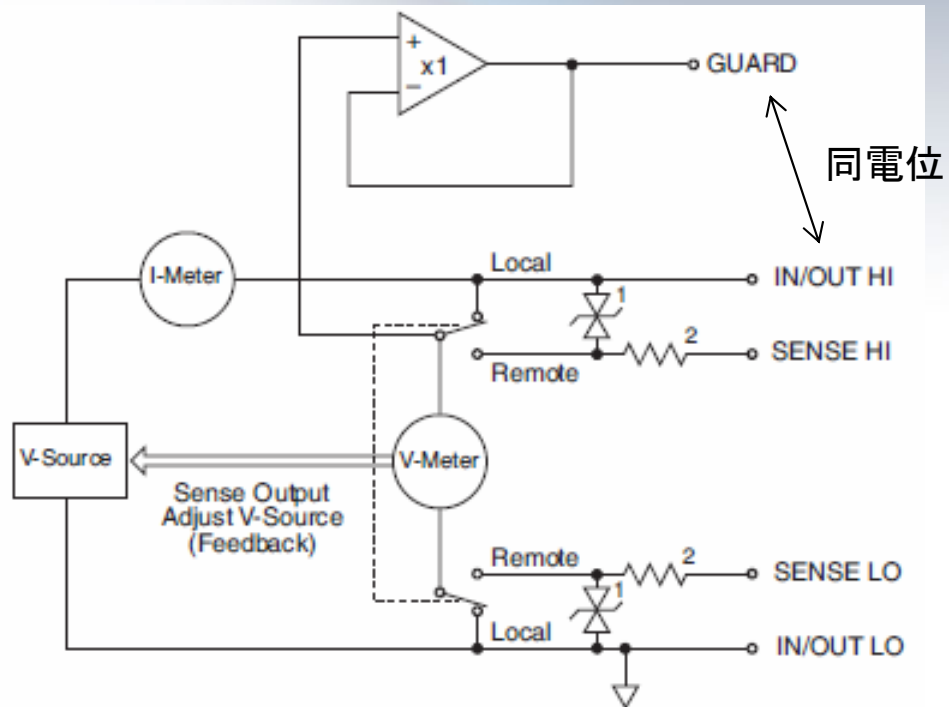


B. Source I

KEITHLEY

A GREATER MEASURE OF CONFIDENCE | www.keithley.com

SMUのしくみ



トリアキシャルコネクタ

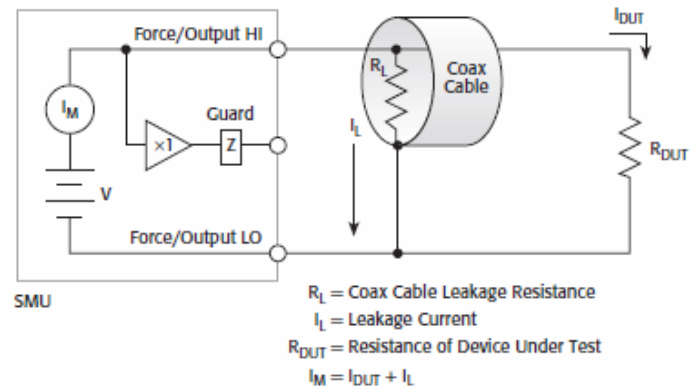
KEITHLEY

A GREATER MEASURE OF CONFIDENCE | www.keithley.com

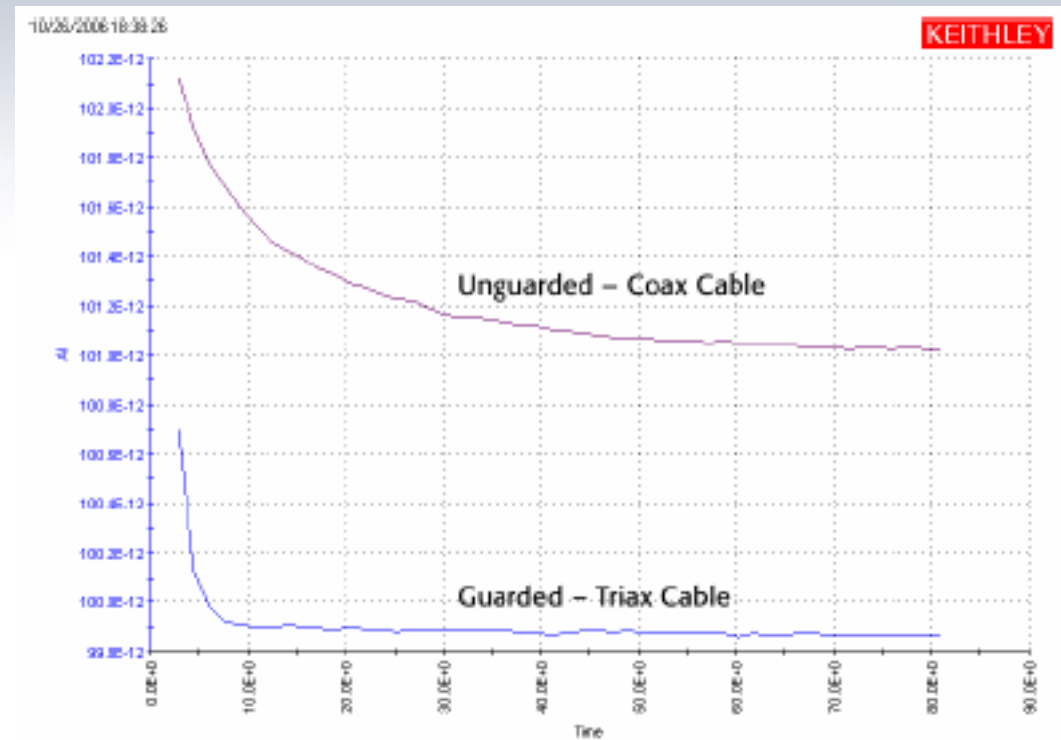
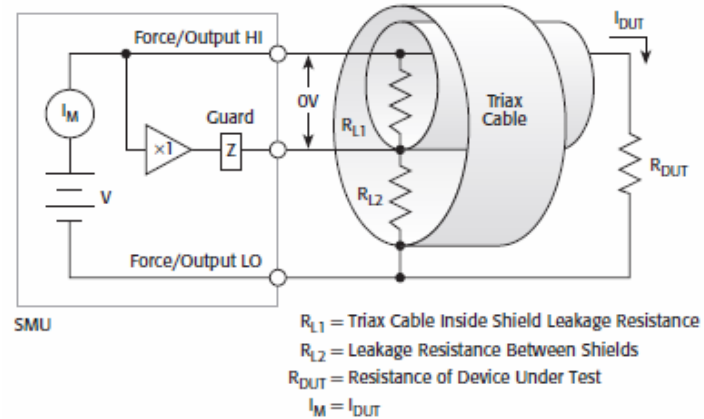
SMUの機能1:ガード

- ガード機能 : リーク電流を抑える

a) Unguarded Circuit



b) Guarded Circuit

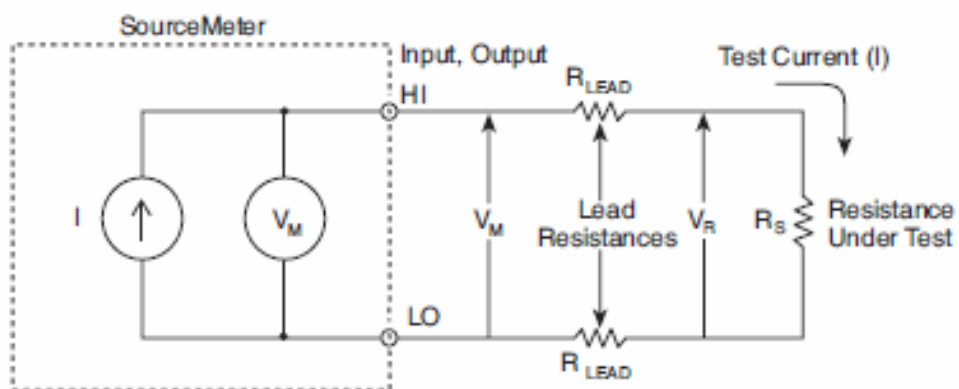


同軸ケーブルと三重同軸ケーブルのリーク電流データ

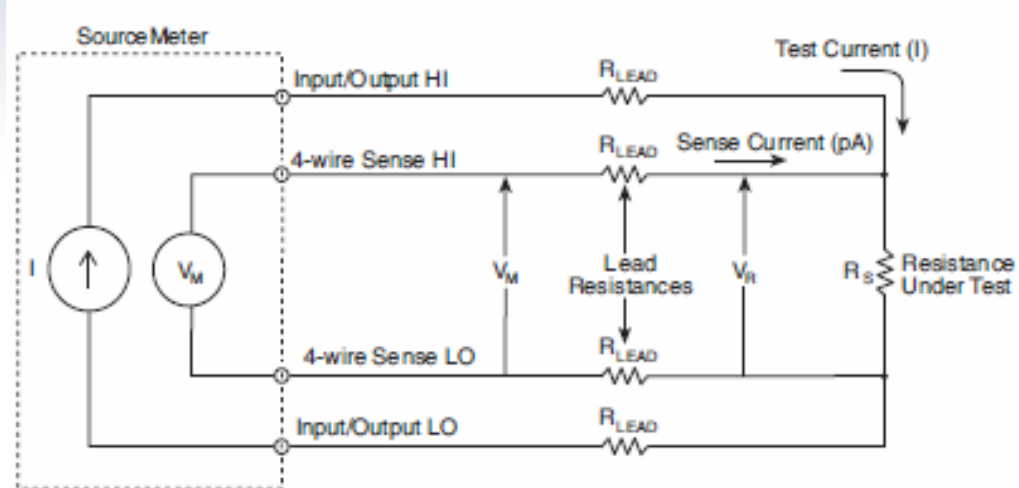
SMUの機能2:リモートセンス

- リモートセンス機能（ケルビン接続）: ケーブル等の電圧降下を補正

2-wire resistance sensing



4-wire resistance sensing



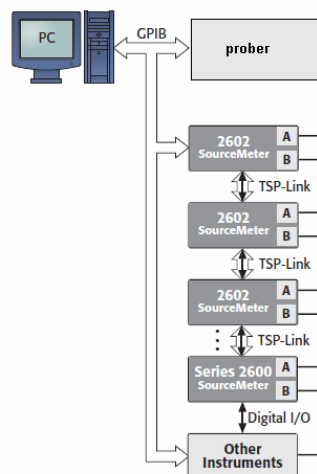
リモートセンスを使用しない場合(左)とする場合(右)

KEITHLEYA GREATER MEASURE OF CONFIDENCE | www.keithley.com

キーテクノロジー(TSP)

TSP : Test Script Processor

- ・ 最大64SMUまでをグループ化
- ・ LUA言語スクリプトの実行
- ・ LANケーブル接続
- ・ 500ns未満のSMU間同期



KEITHLEY

A GREATER MEASURE OF CONFIDENCE | www.keithley.com

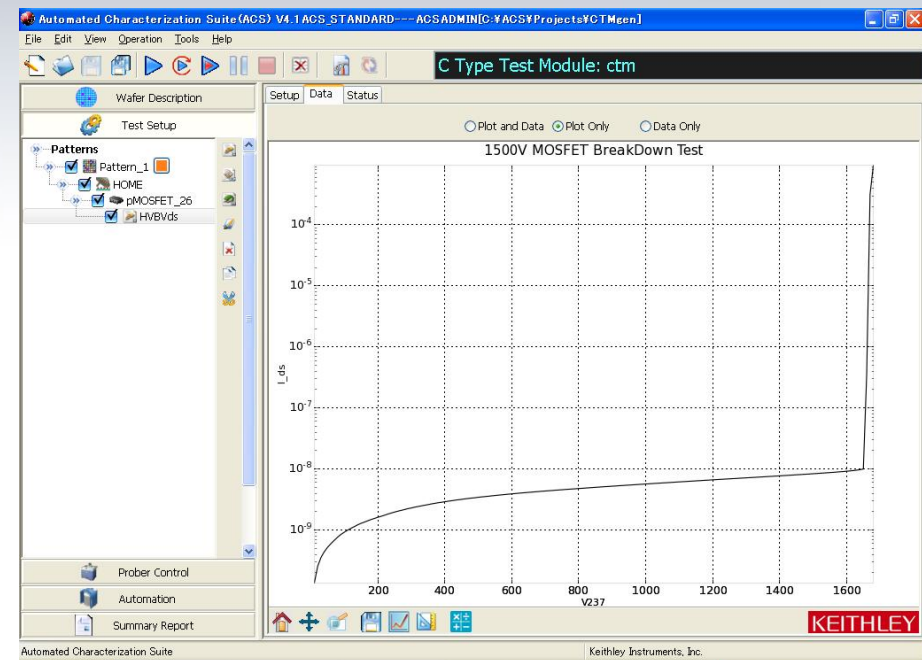
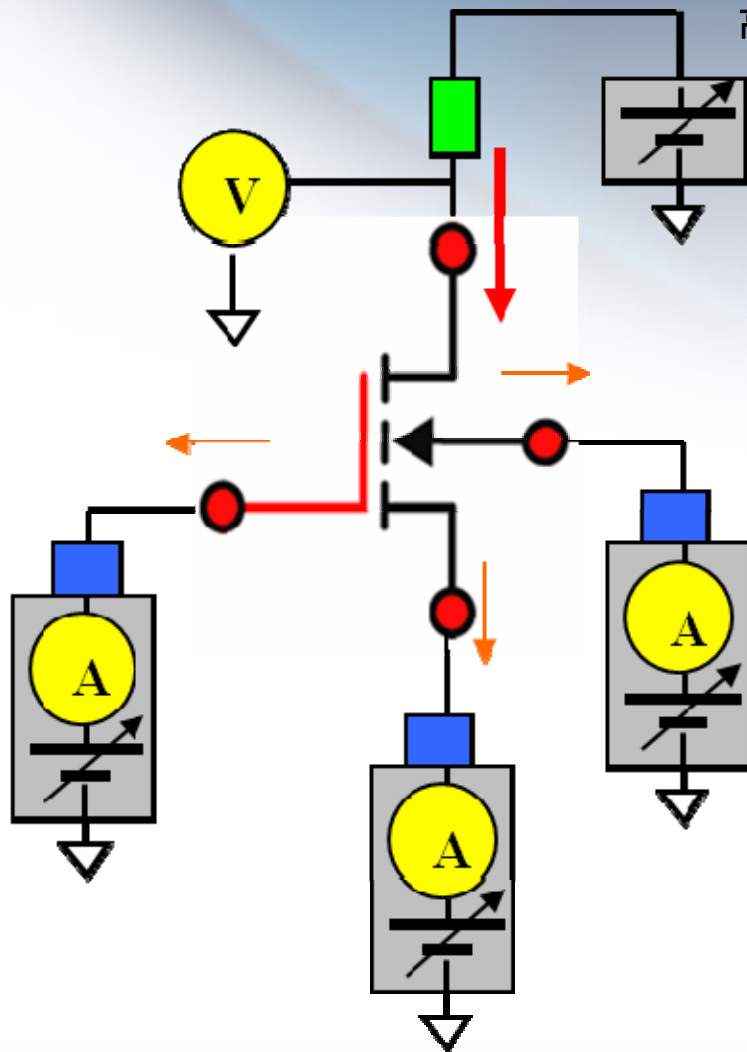
高電圧試験

KEITHLEY

A GREATER MEASURE OF CONFIDENCE | www.keithley.com

高電圧試験(リーク電流測定)の構成例

高電圧電源または高電圧SMU $\leq 15\text{kV}$ (実績ベース)



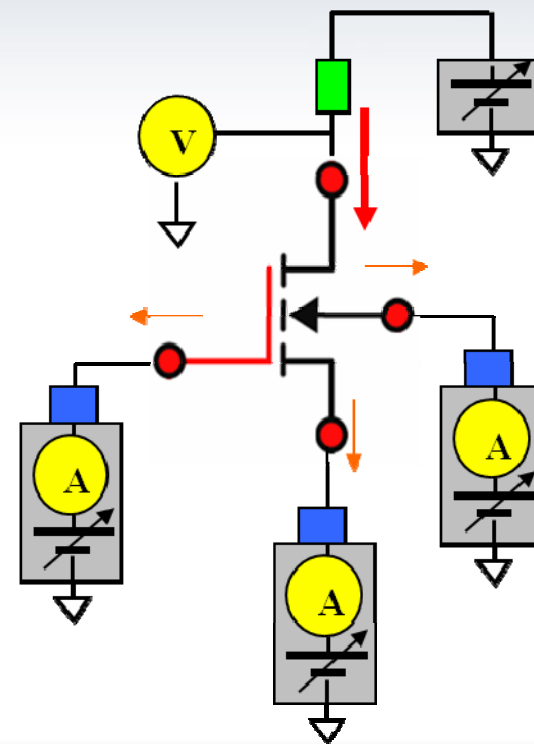
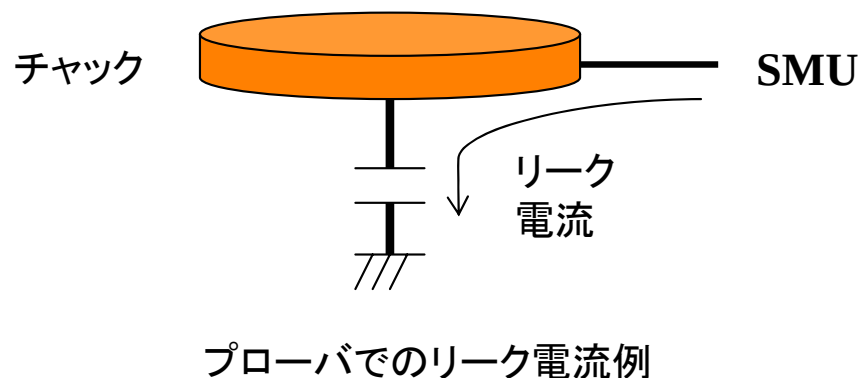
ブレイクダウン試験例

高電圧測定のポイント1

高電圧SMU使用時のリーク電流誤差

セレクトなどのリレー、プローバ内部(チャックなど)でのリーク電流誤差が発生

⇒ 各端子での電流測定



高電圧測定のポイント2

SMUとその他保護回路

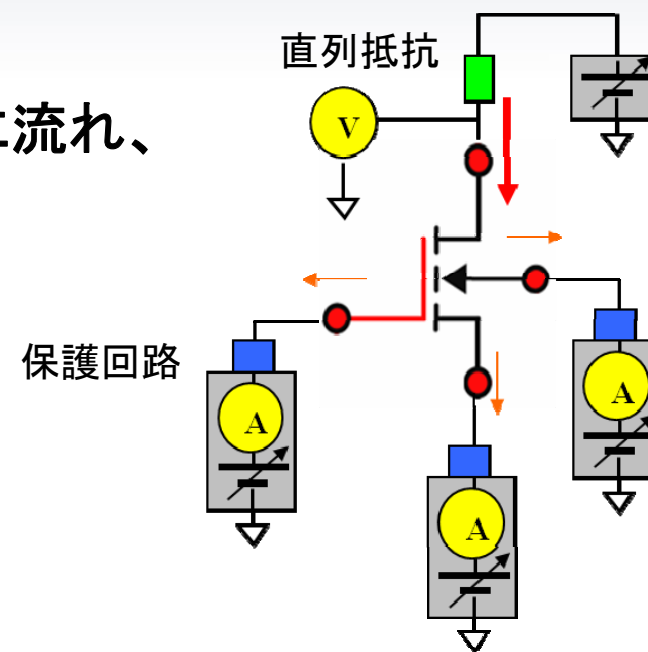
被測定物がショートした際に、以下の現象が起こる可能性あり

- ## 1. (瞬間的に)高電圧が他端子のSMUへ印加される

⇒ 保護回路が必要

- ## 2. (瞬間的に)過電流がプローブやデバイスに流れ、 ダメージを与える

⇒ 直列抵抗が必要



KEITHLEY

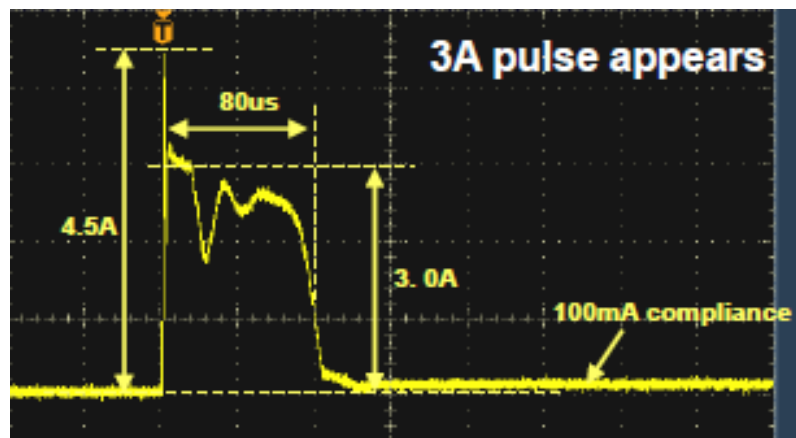
A GREATER MEASURE OF CONFIDENCE | www.keithley.com

電流コンプライアンス

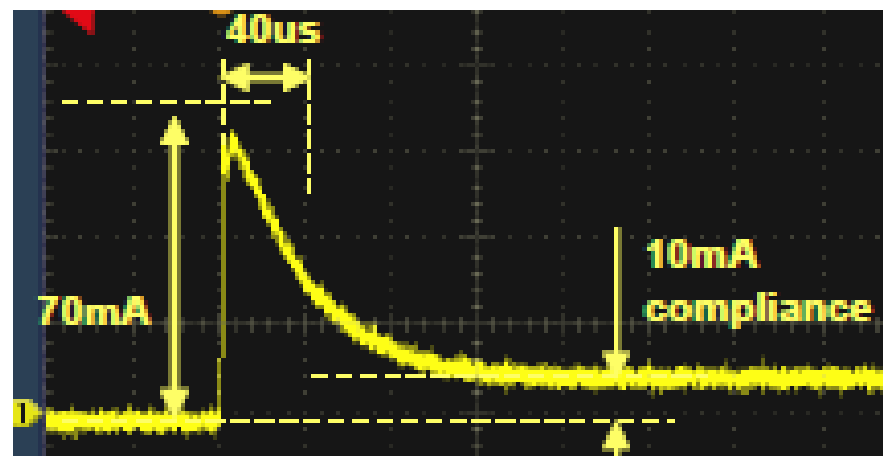
電流コンプライアンスの有効性

印加電圧70Vコンプライアンス10mAでHI-LO間をショートした場合

抵抗なし



1kΩ 直列抵抗



KEITHLEY

A GREATER MEASURE OF CONFIDENCE | www.keithley.com

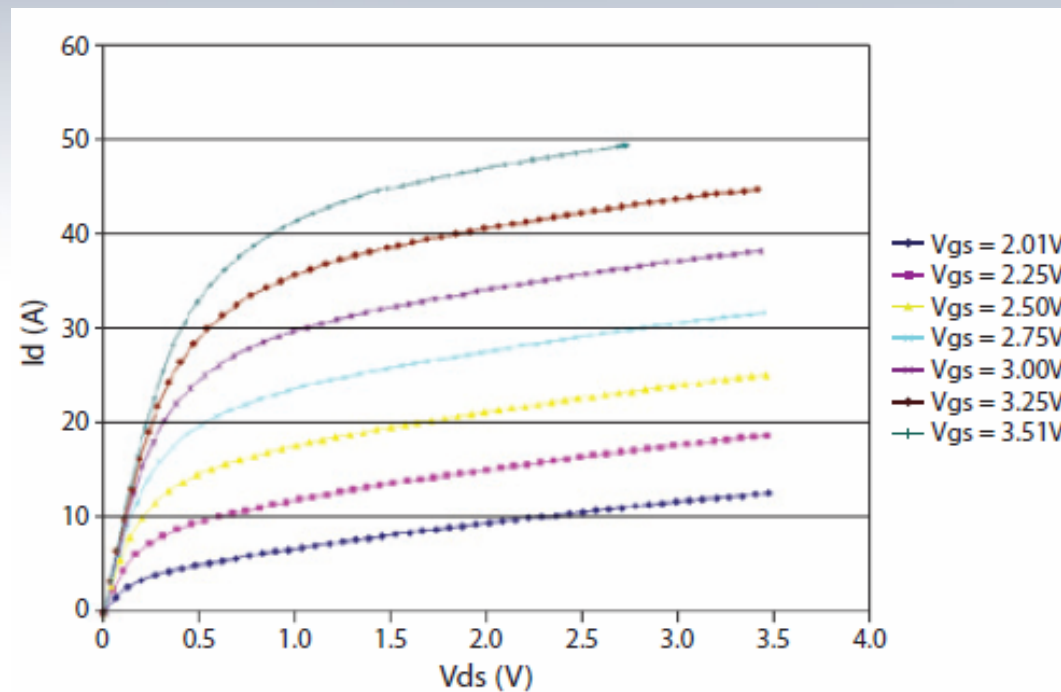
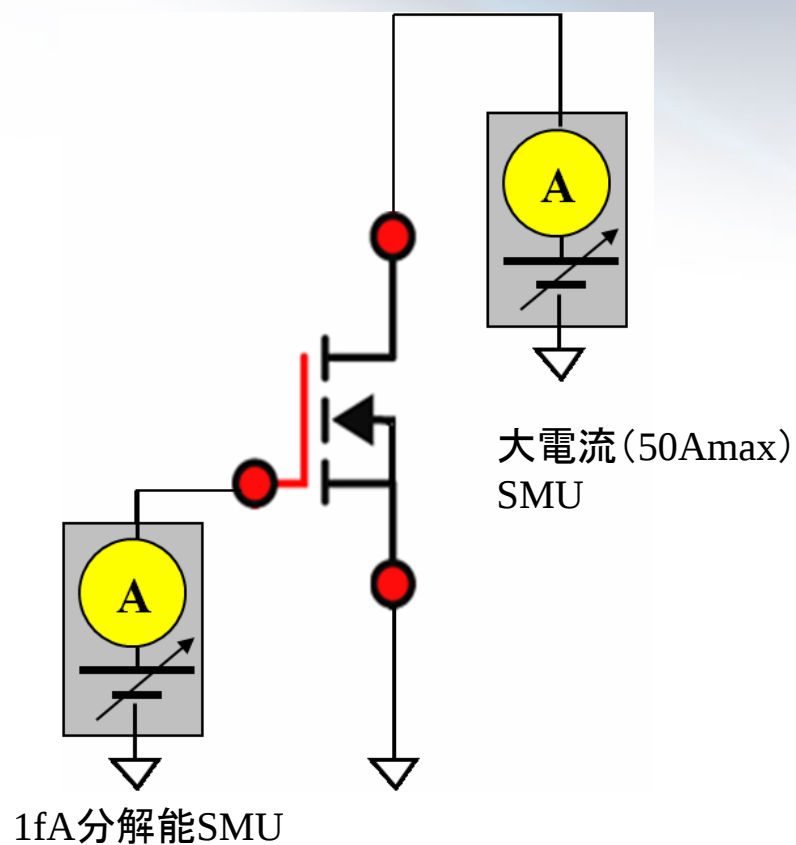
大電流試験

KEITHLEY

A GREATER MEASURE OF CONFIDENCE | www.keithley.com

大電流試験構成

最大50A試験の構成例



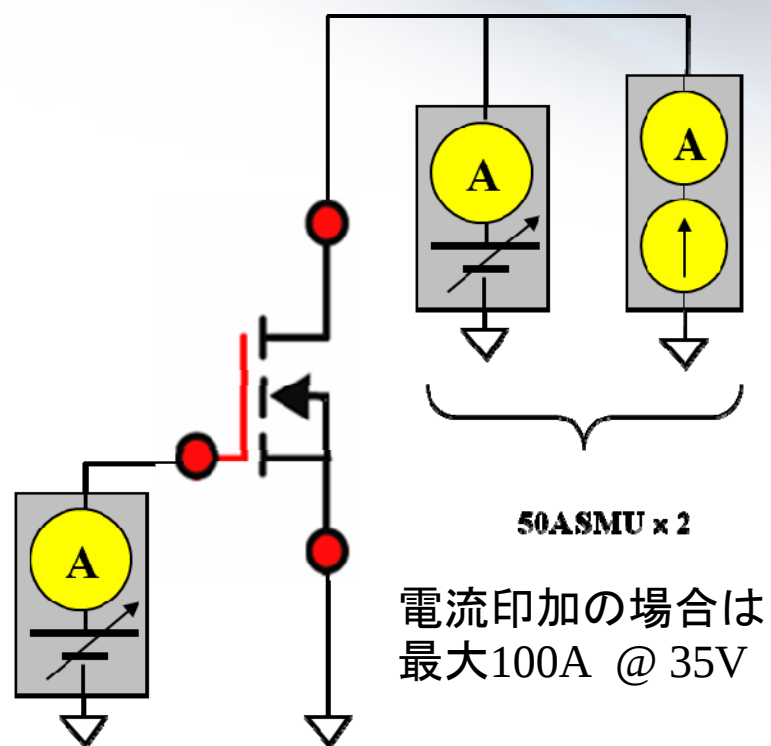
パワーMOSFET
の V_{ds} I_d 特性

KEITHLEY

A GREATER MEASURE OF CONFIDENCE | www.keithley.com

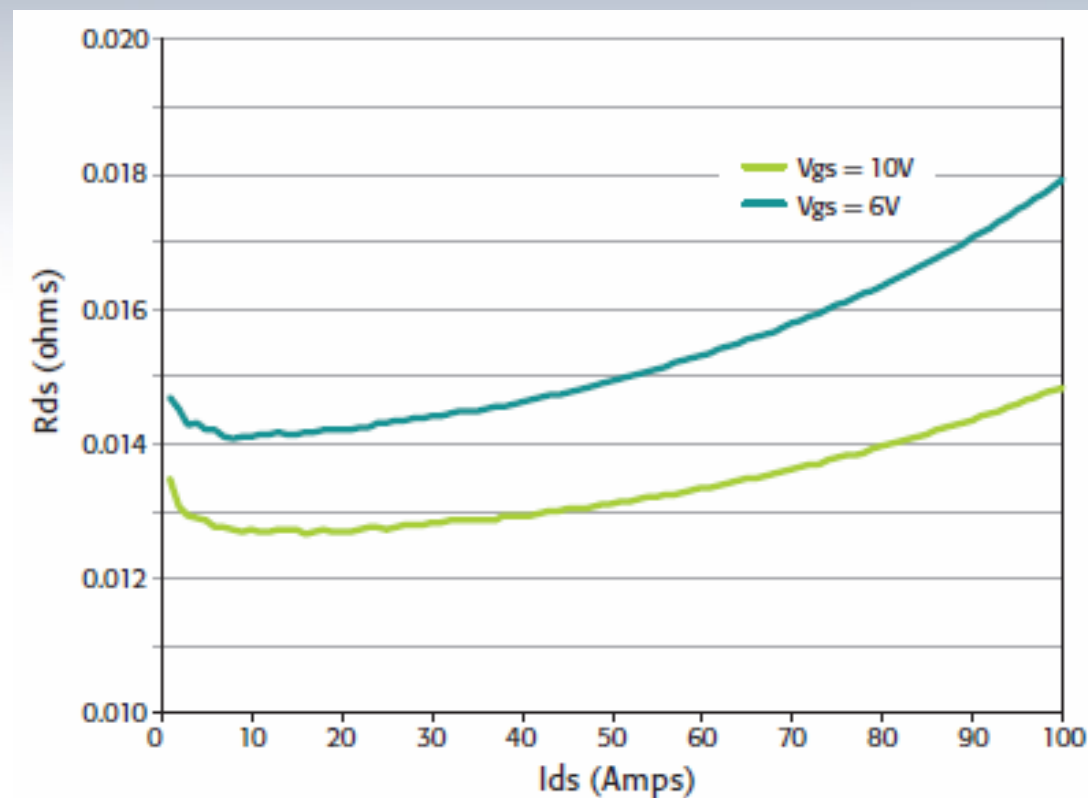
大電流SMU応用例

最大電流を大きくする場合



電流印加の場合は
最大100A @ 35V

電圧印加の場合は
最大95A @ 35V

パワーMOSFET $R_{ds(on)}$ 特性

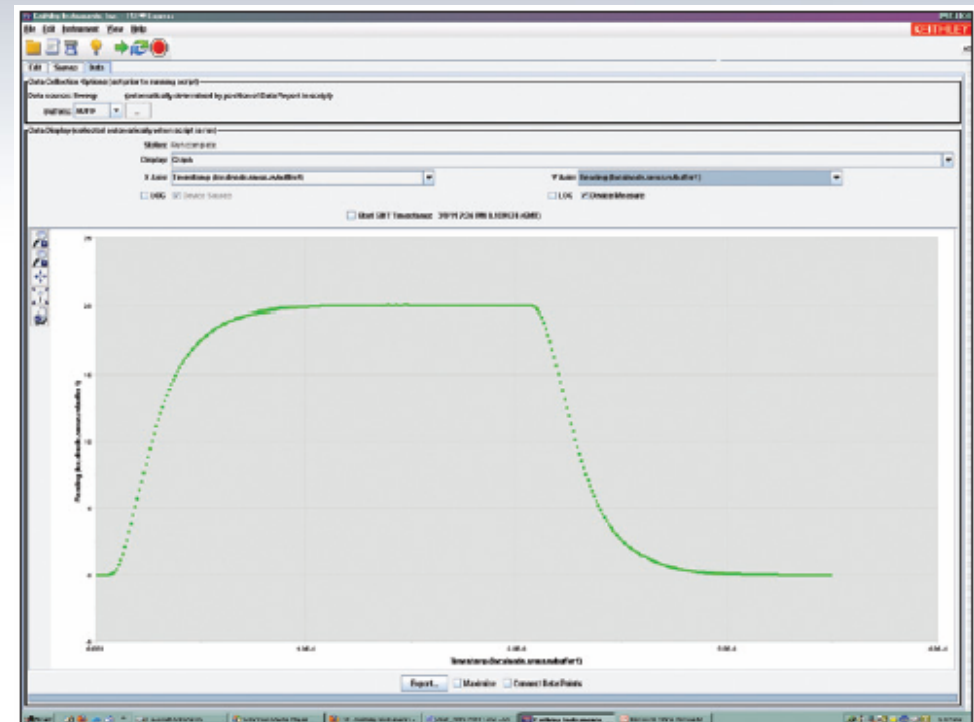
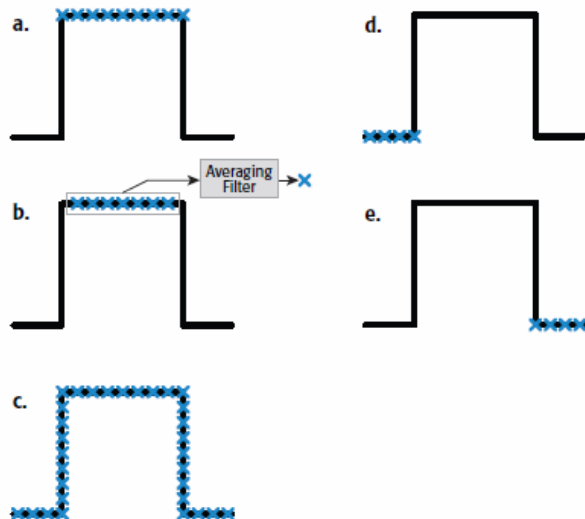
KEITHLEY

A GREATER MEASURE OF CONFIDENCE | www.keithley.com

高速ADC

高速 ADC と積分型 ADC

18ビット1M サンプルングの高速
ADCによりパルス波形のモニタが
可能 ⇒ パルス幅の選択等に有効

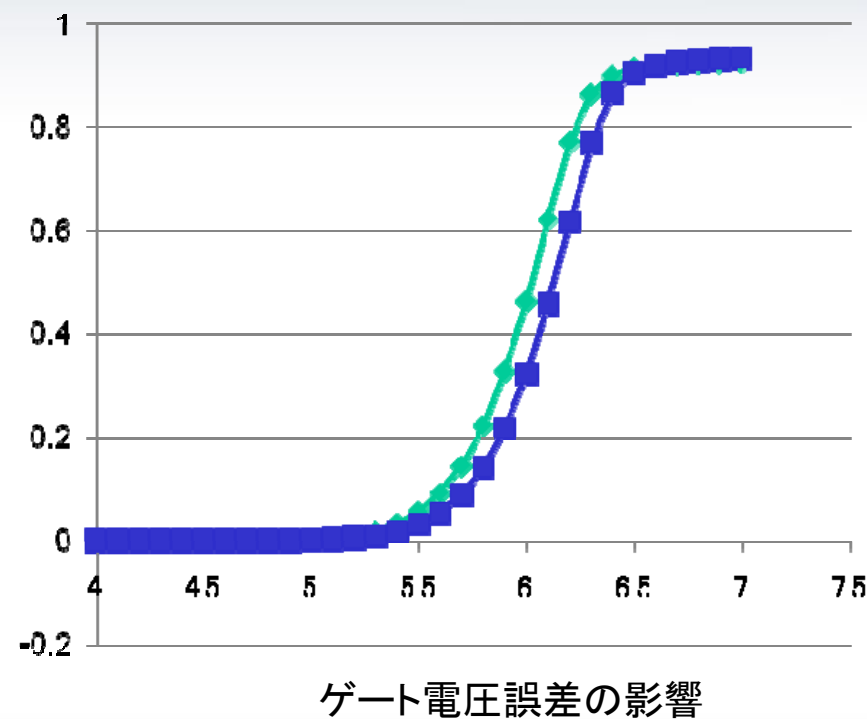
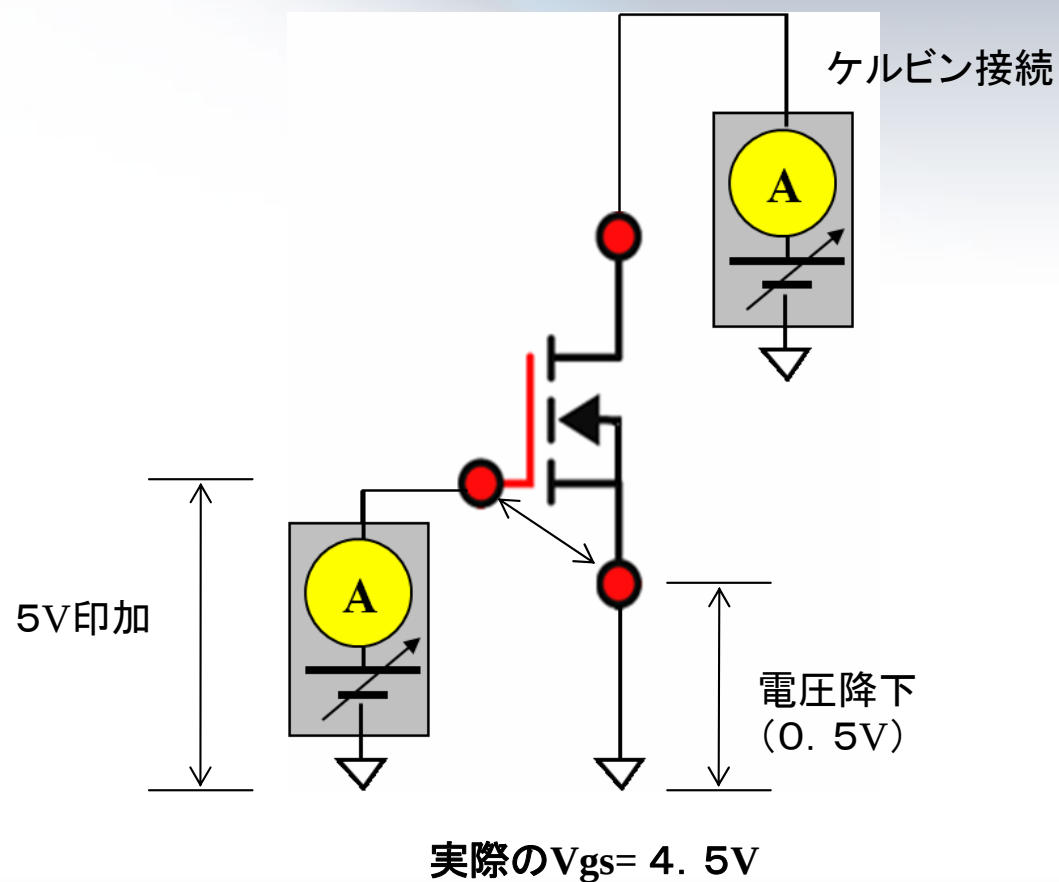


KEITHLEY

A GREATER MEASURE OF CONFIDENCE | www.keithley.com

大電流測定時の誤差

大電流試験時におけるゲート電圧誤差



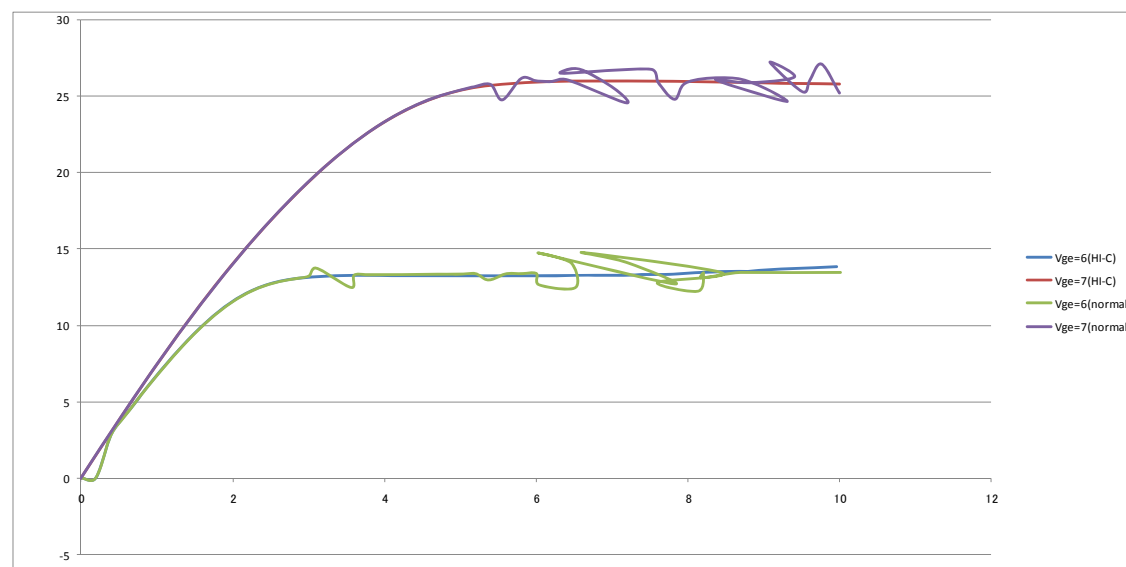
発振対策

ハイキャパシタンスモード

パワーデバイス(IGBTやパワーMOSFET)は発振を起こしやすい

⇒ 通常ゲートに直列抵抗などを接続

⇒ ハイキャパシタンスモードで外部対策は不要



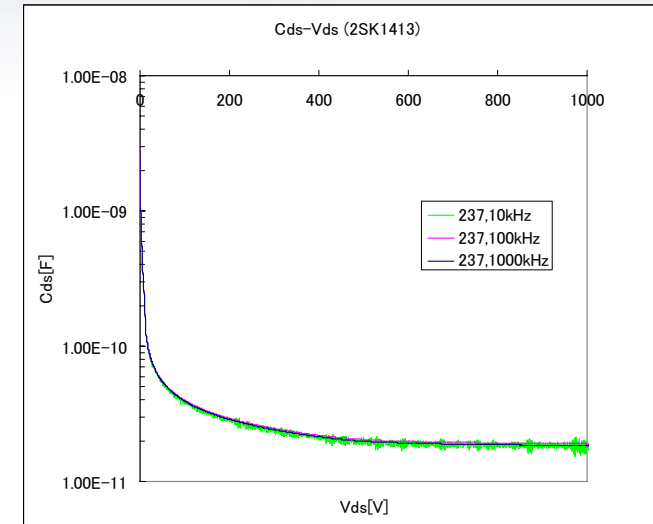
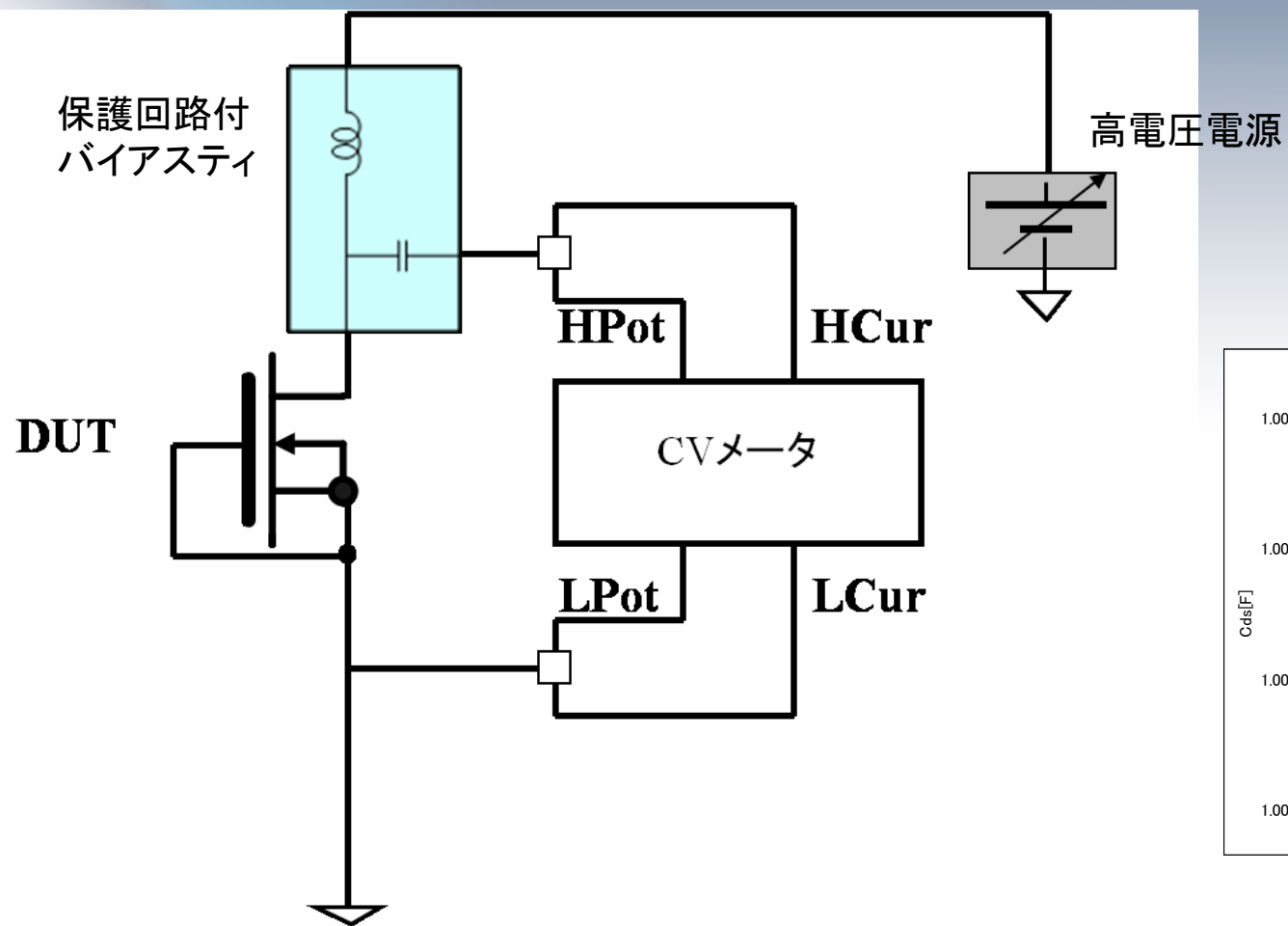
KEITHLEY

A GREATER MEASURE OF CONFIDENCE | www.keithley.com

高電圧CV試験

KEITHLEYA GREATER MEASURE OF CONFIDENCE | www.keithley.com

高電圧CV試験

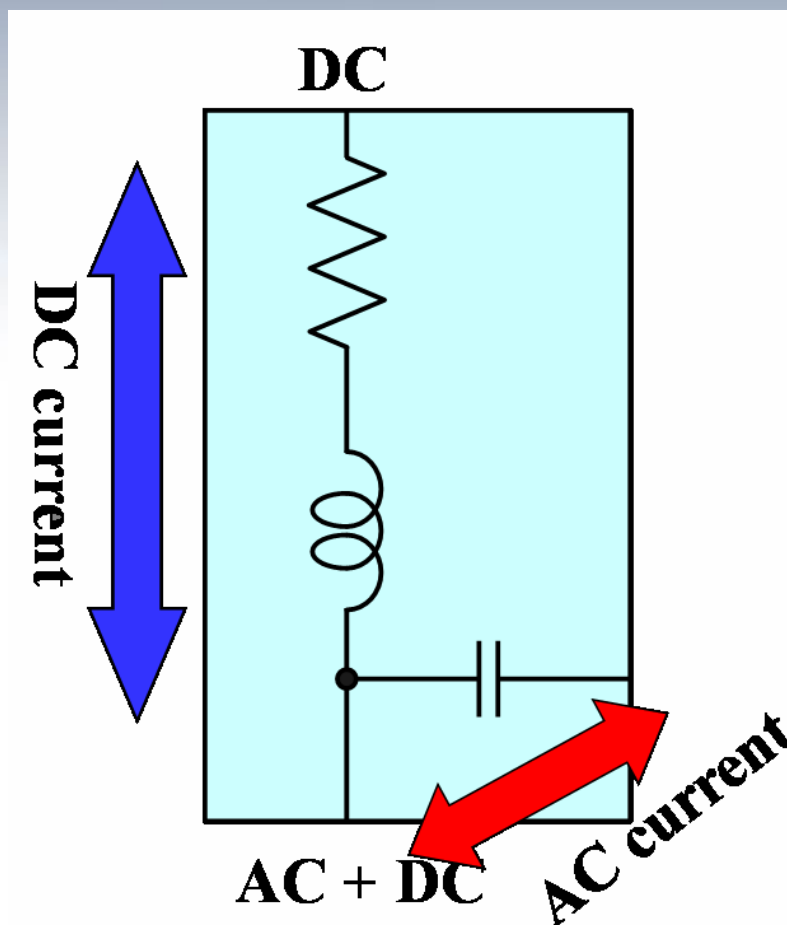


高電圧CV測定のポイント

高電圧用バイアススティ

- ・保護抵抗
- ・高耐圧素子
- ・高耐圧コネクタ

⇒ (SMUと組み合わせて)
JFETなどの測定も可能
(C_{iss} 、 C_{oss} 、 C_{rss})



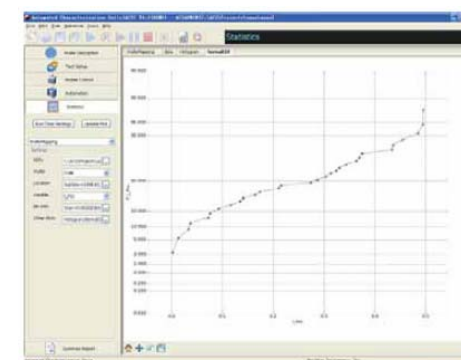
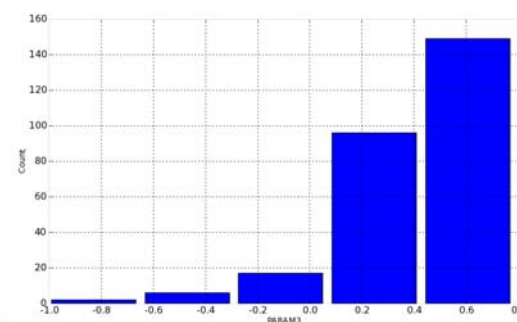
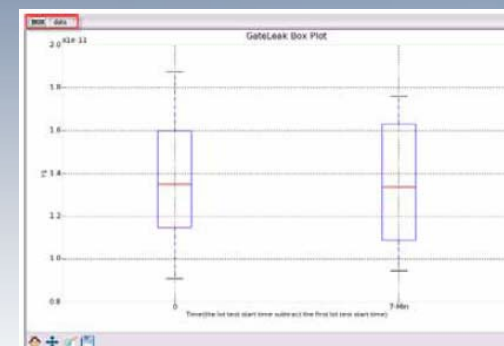
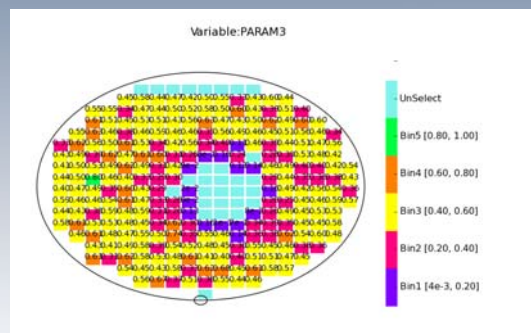
KEITHLEY

A GREATER MEASURE OF CONFIDENCE | www.keithley.com

統合ソフトウェア

計測環境を統合するソフトウェア

- 計測器制御
- プローバ制御
- その他外部機器(温度コントローラなど)の制御
- データ管理
- 簡易統計解析機能(ビンング、ヒストグラム、ボックスチャート、トレンドチャート他)
- 手動から自動計測まで対応
- JEDEC規格対応のWLR測定モジュール
(HCI、TDDB、NBTI他)



The Keithley logo is a red rectangle with the word "KEITHLEY" in white, bold, sans-serif capital letters.A GREATER MEASURE OF CONFIDENCE | www.keithley.com

まとめ

KEITHLEYソリューションの特徴

- 最大15kVの耐圧試験に対応
- 高耐圧試験時の高精度リーク特性
- 最大100Aまでの大電流IV試験に対応
- 最大5kVの高電圧CV測定に対応
- ワンボックスと同等の操作性
- 電源、測定器の選択肢が多い
- ソフトウェアのカスタマイズが容易
- 機器の追加交換が容易(拡張性、トラブル時の対応)
- 研究・開発～プロダクションで共通の機器を使用可能