

# B4

## パワーデバイスのIV測定テクニック

KEITHLEY



A GREATER MEASURE OF CONFIDENCE

Tektronix Innovation Forum 2012

Jun. 13<sup>th</sup>, 2012

ケースレーインスツルメンツ社

山崎 健一



## はじめに

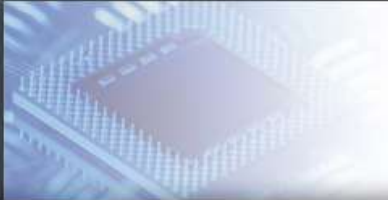
### プレゼンテーションのテーマ

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



## 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  
(大電流、高電圧、大電流、高電圧の組み合わせ)
- ◇ 統合ソフトウェア
- ◇ まとめ

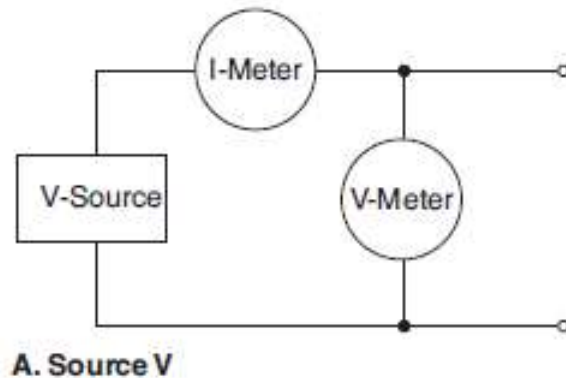


## SMUとは

### SMU = Source Measure Unit

#### 電圧印加モード :

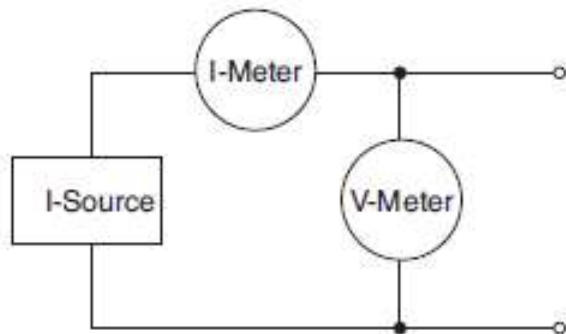
- ・電圧印加/電流コンプライアンス
- ・電圧/電流測定



A. Source V

#### 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

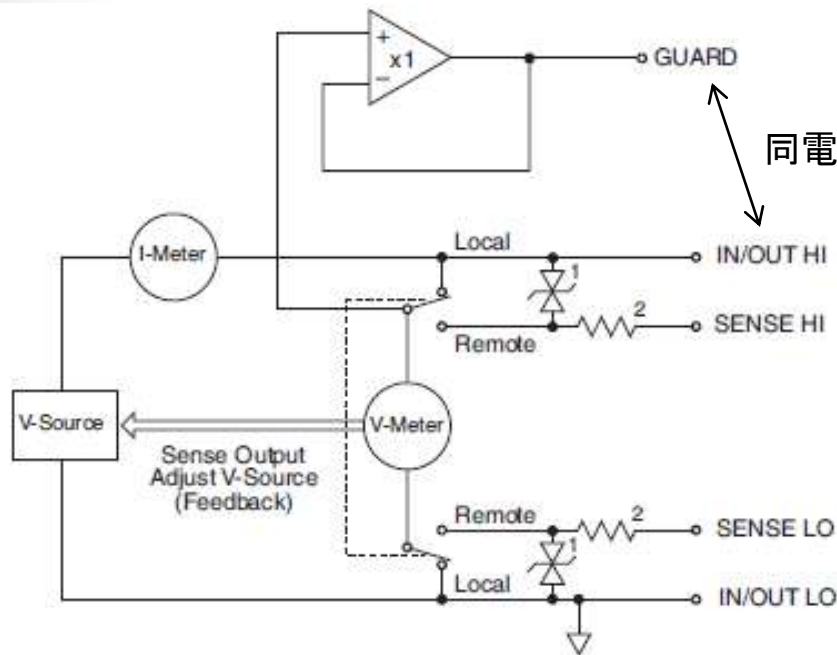


B. Source I

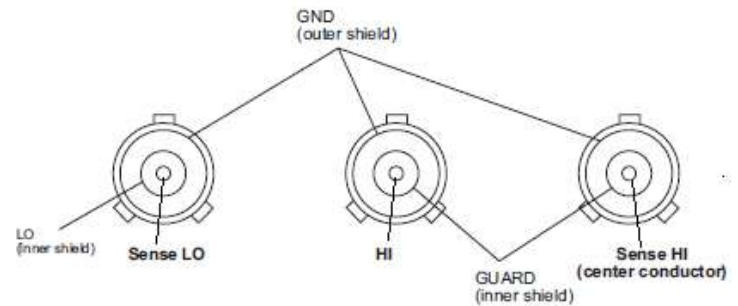
2つのA/Dコンバータ搭載により、電圧と電流を同時測定



# SMUのしくみ



同電位(GUARDはIN/OUT HIと同じ電位を出力)



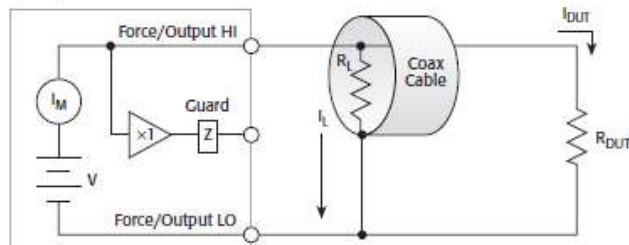
トライアキシャルコネクタ



# SMUの機能1 : ガード

- ガード機能 : リーク電流を抑える

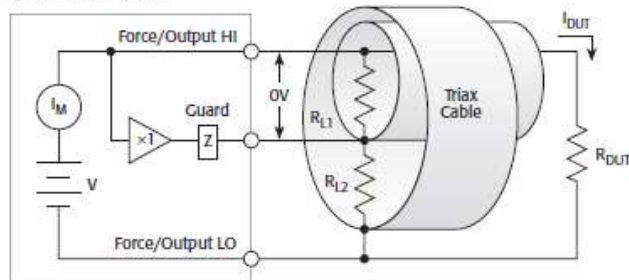
a) Unguarded Circuit



SMU

$R_L$  = Coax Cable Leakage Resistance  
 $I_L$  = Leakage Current  
 $R_{DUT}$  = Resistance of Device Under Test  
 $I_M = I_{DUT} + I_L$

b) Guarded Circuit

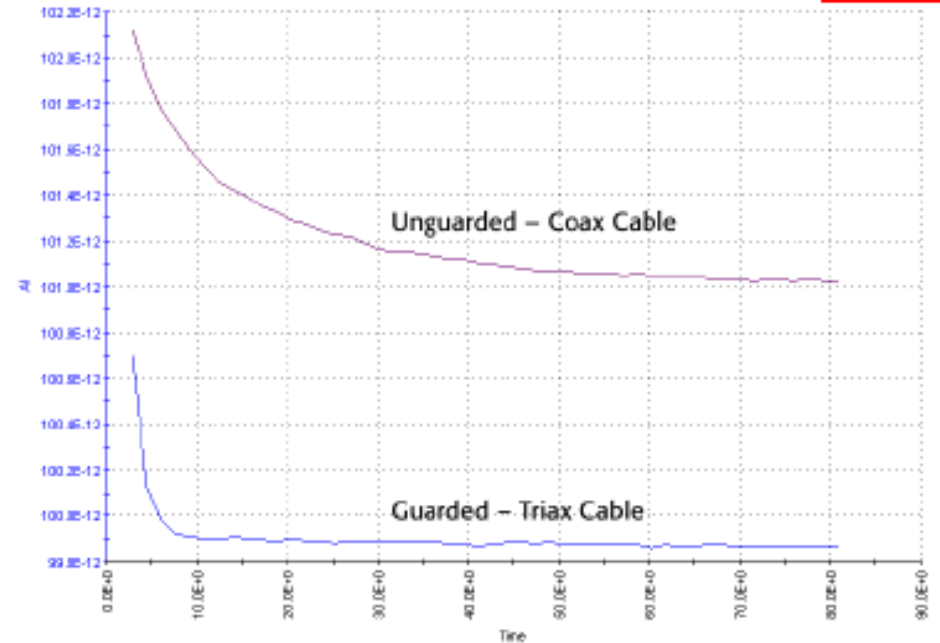


SMU

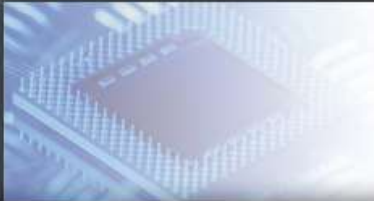
$R_{L1}$  = Triax Cable Inside Shield Leakage Resistance  
 $R_{L2}$  = Leakage Resistance Between Shields  
 $R_{DUT}$  = Resistance of Device Under Test  
 $I_M = I_{DUT}$

10/26/2006 18:33:26

KEITHLEY



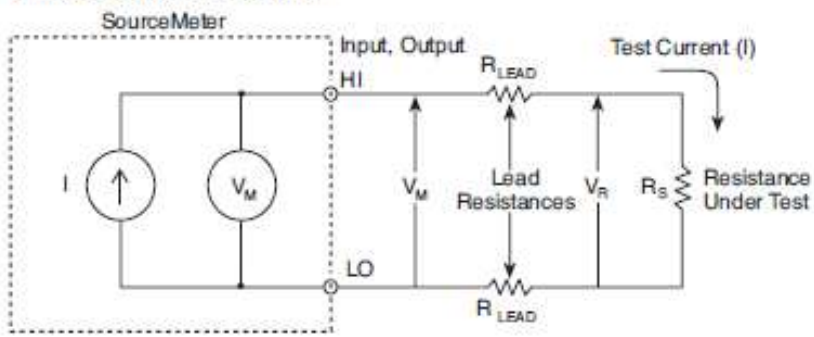
同軸ケーブルと三重同軸ケーブルのリーク電流データ



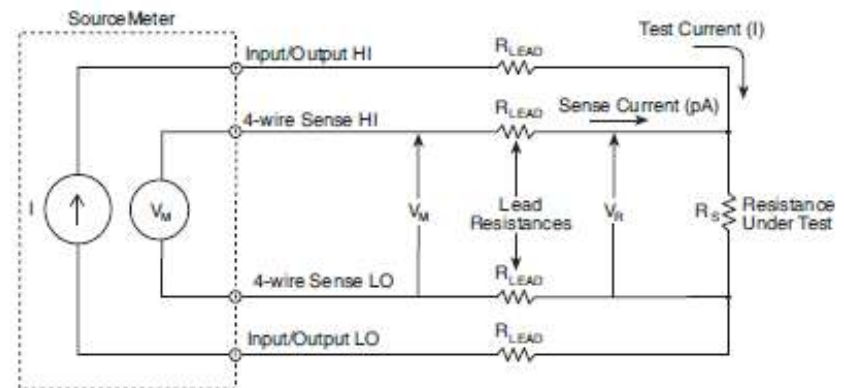
## SMUの機能2：リモートセンス

- リモートセンス機能(ケルビン接続)：ケーブル等のインピーダンス値による電圧降下を補正

2-wire resistance sensing



4-wire resistance sensing



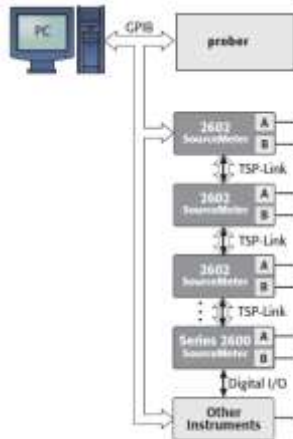
リモートセンスを使用しない場合(左)とする場合(右)



## キーテクノロジー(TSP)

### TSP : Test Script Processor

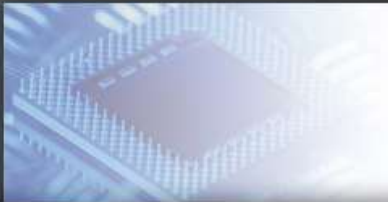
- ・ 最大64SMUまでをグループ化
- ・ LUA言語スクリプトの実行
- ・ LANケーブル接続
- ・ 500ns未満のSMU間同期





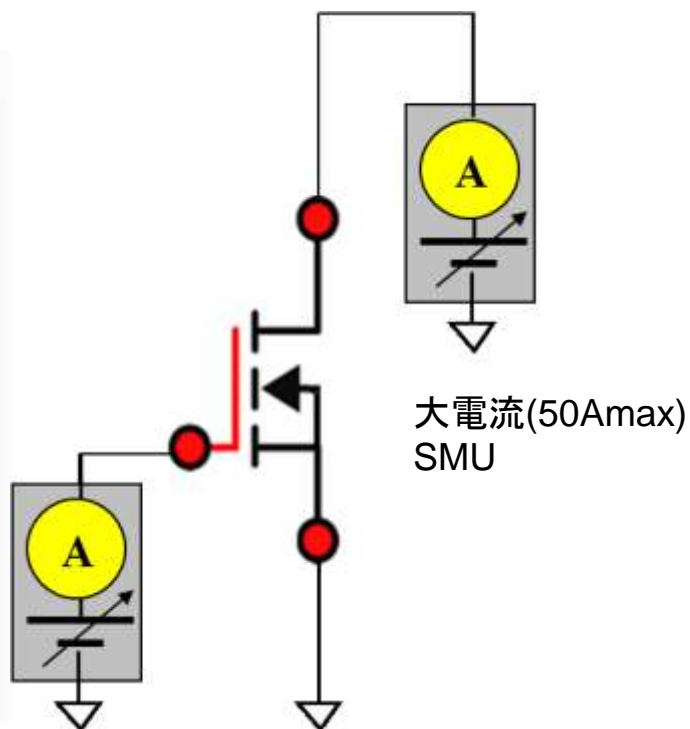


# 大電流試験

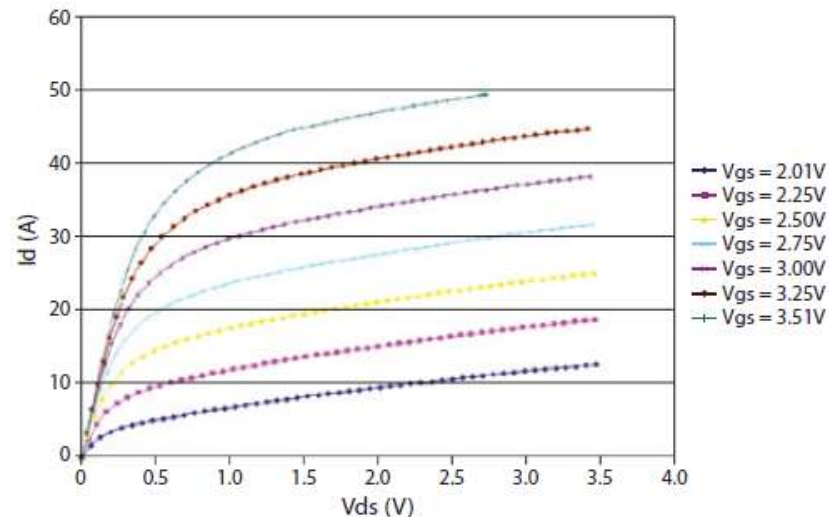


# 大電流試験構成

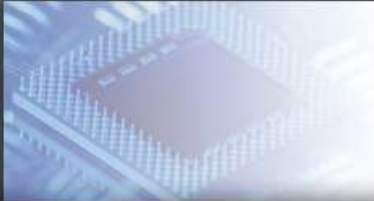
## 最大50A試験の構成例



1fA分解能SMU

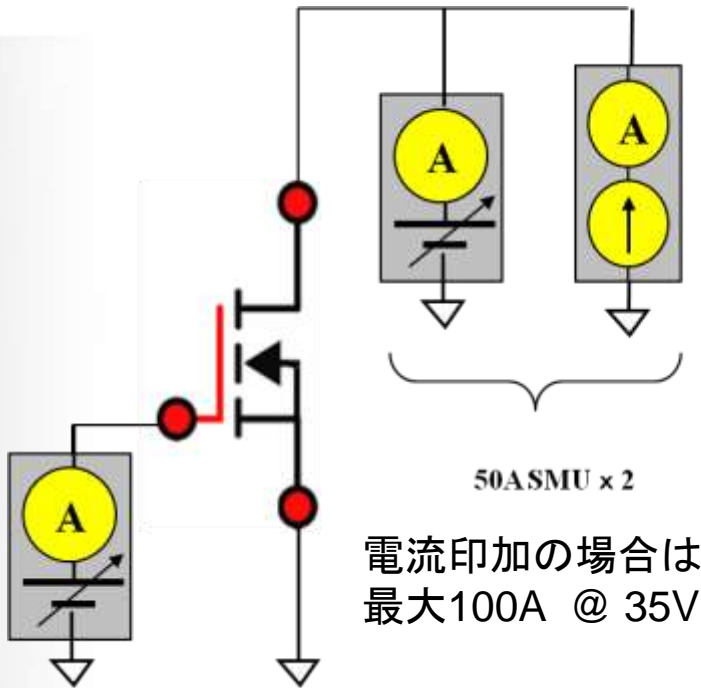


パワーMOSFETのVdsId特性



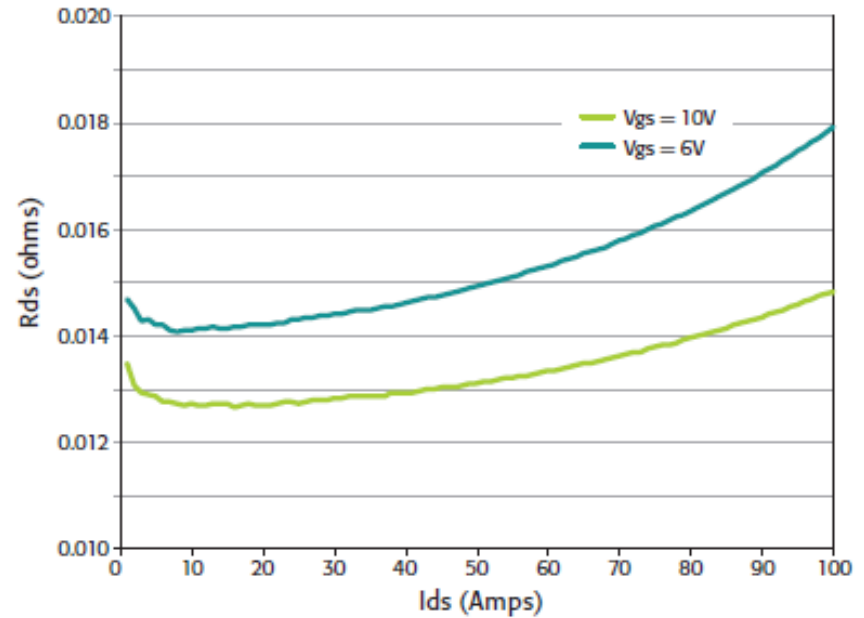
# 大電流SMU応用例

## 最大電流を大きくする場合

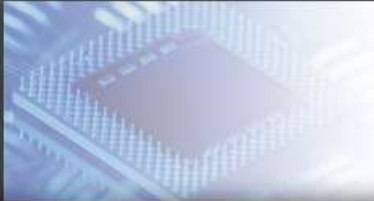


電流印加の場合は  
最大100A @ 35V

電圧印加の場合は  
最大95A @ 35V



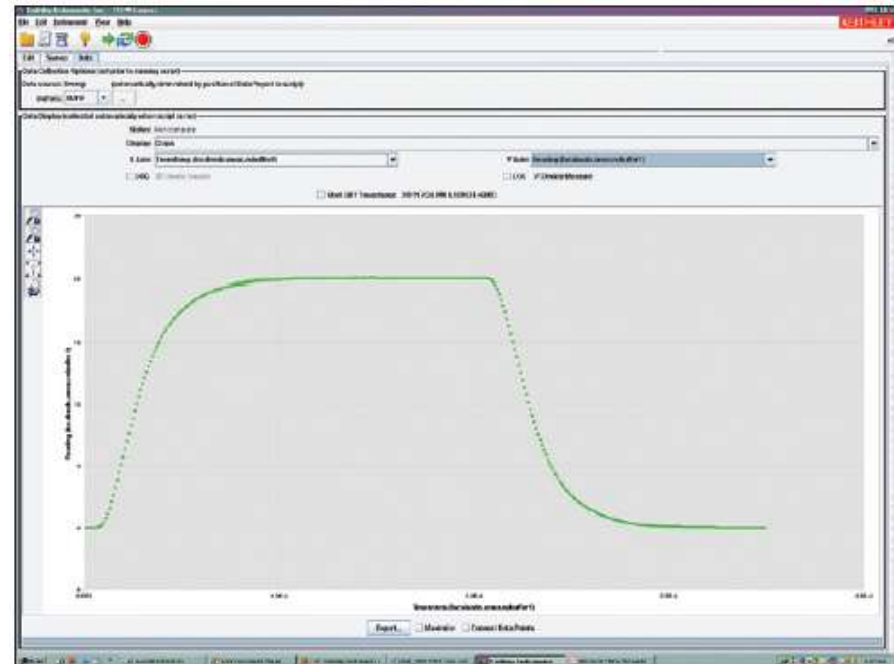
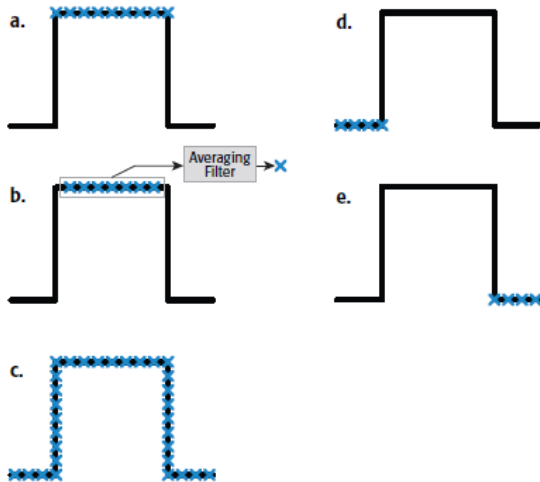
パワーMOSFET Rdson特性

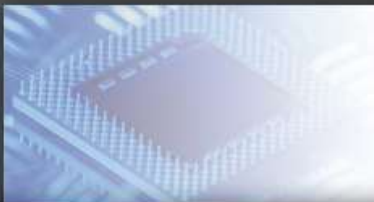


# 高速ADC

## 高速 ADC と積分型 ADC

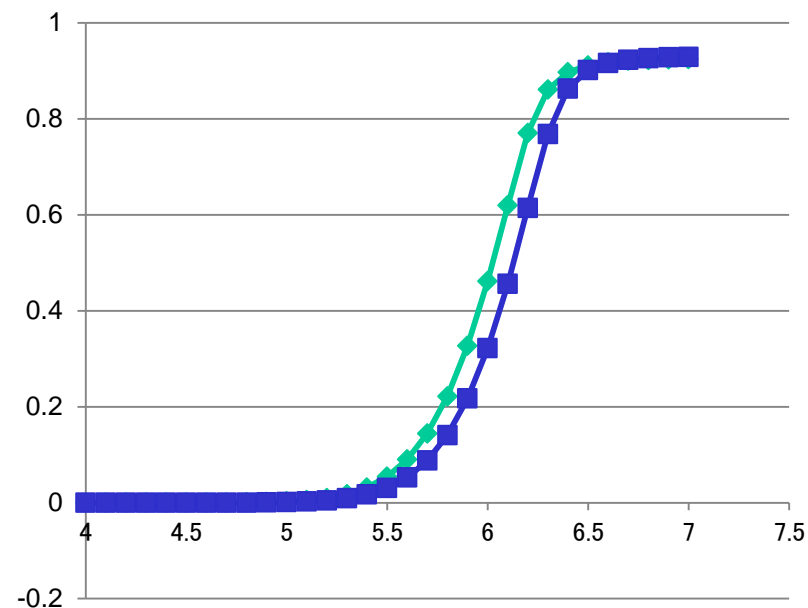
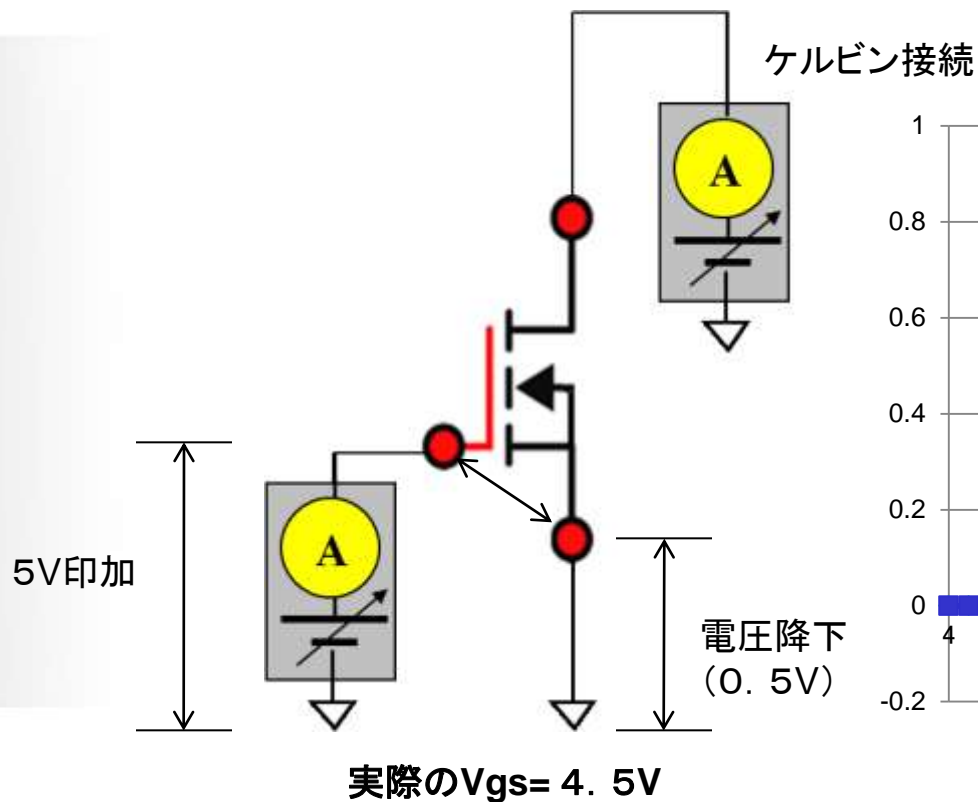
18ビット1M サンプリングの高速  
ADCによりパルス波形のモニタが  
可能 ⇒ パルス幅の選択等に有効





# 大電流測定時の注意点(誤差)

## 大電流試験時におけるゲート電圧誤差

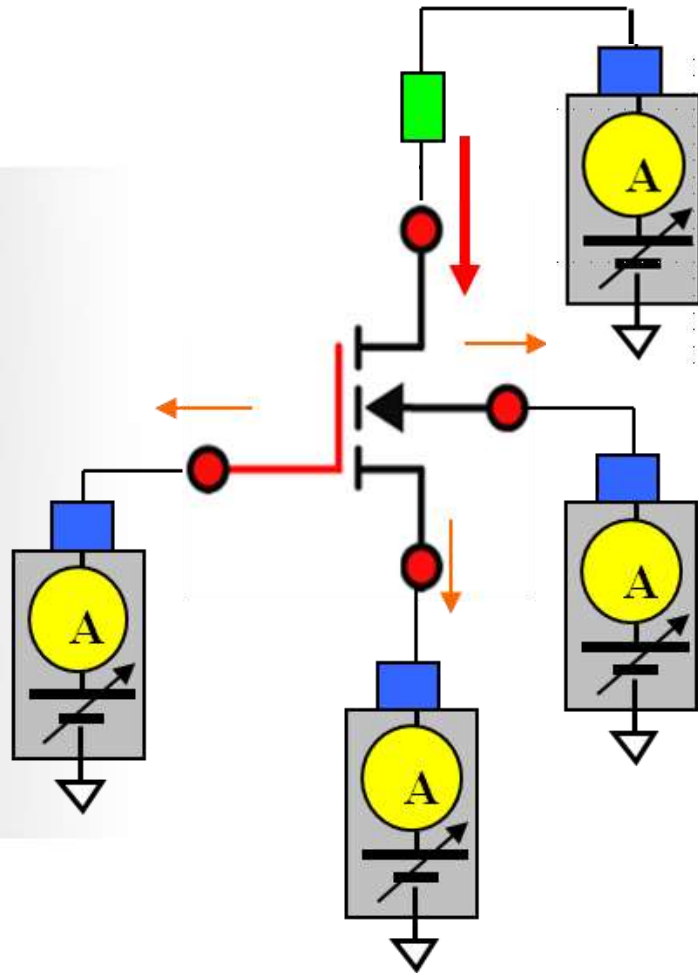


ゲート電圧誤差の影響

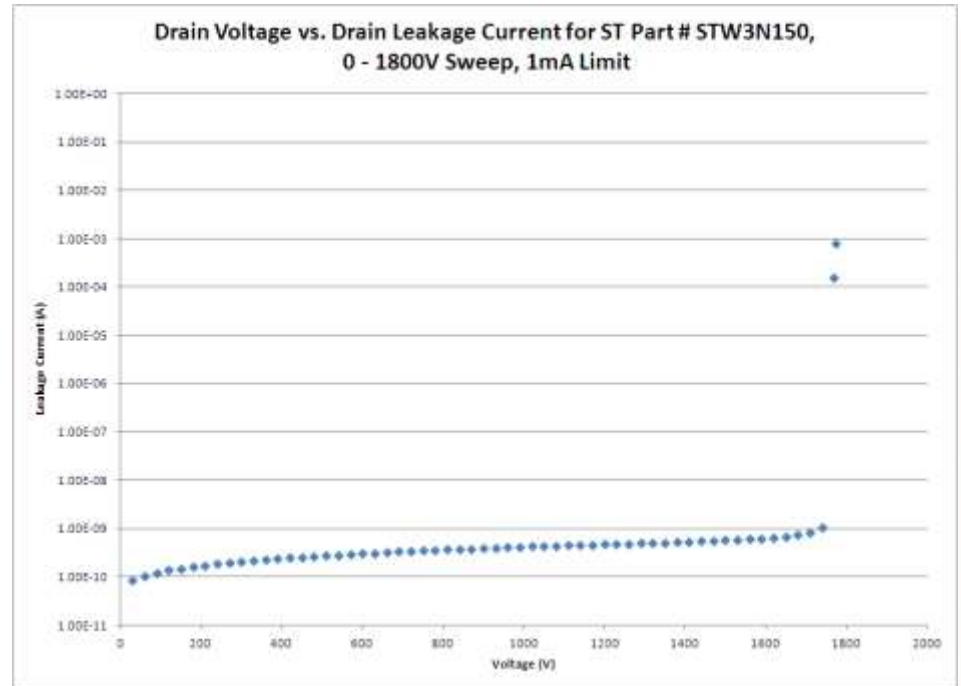


# 高電圧試験

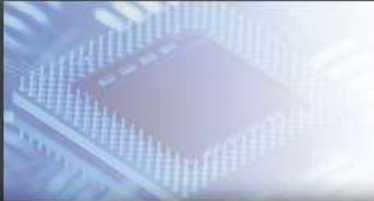
# 高電圧試験(リーク電流測定)の構成例(その1)



高電圧SMU  $\leq 3kV$



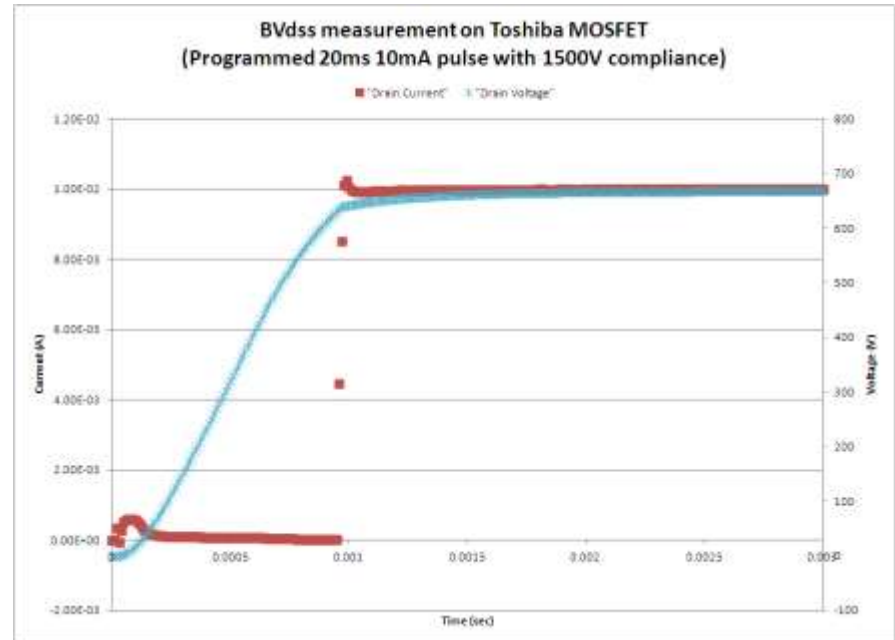
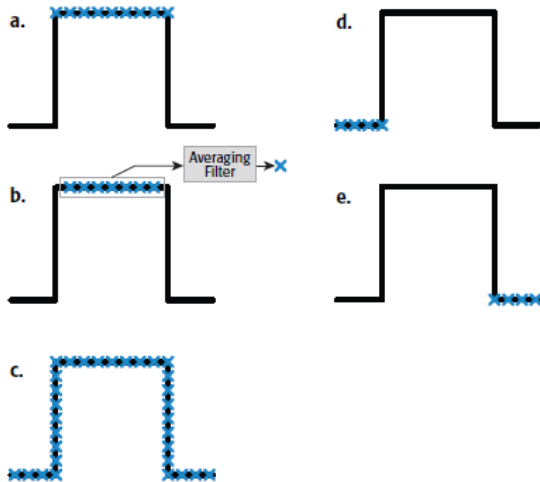
ブレークダウン試験例



# 高速ADC

## 高速 ADC と積分型 ADC

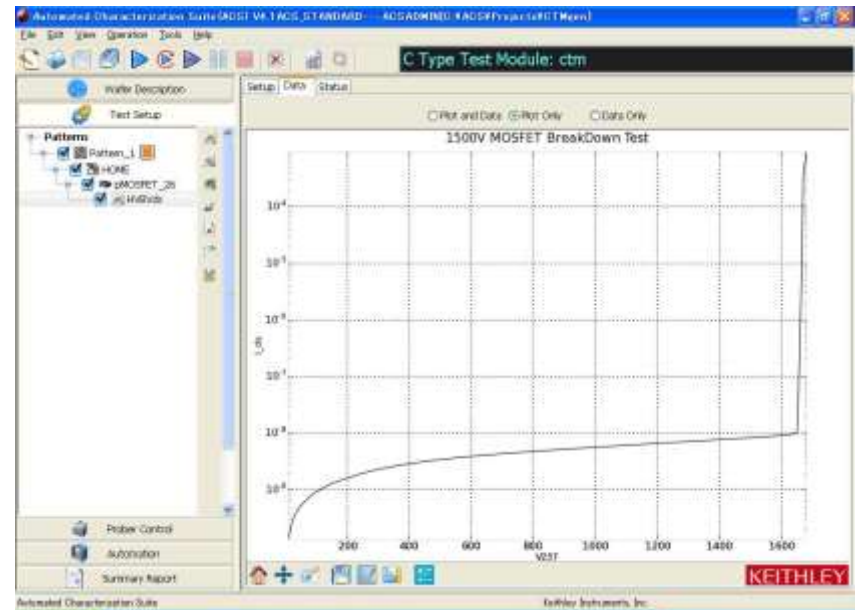
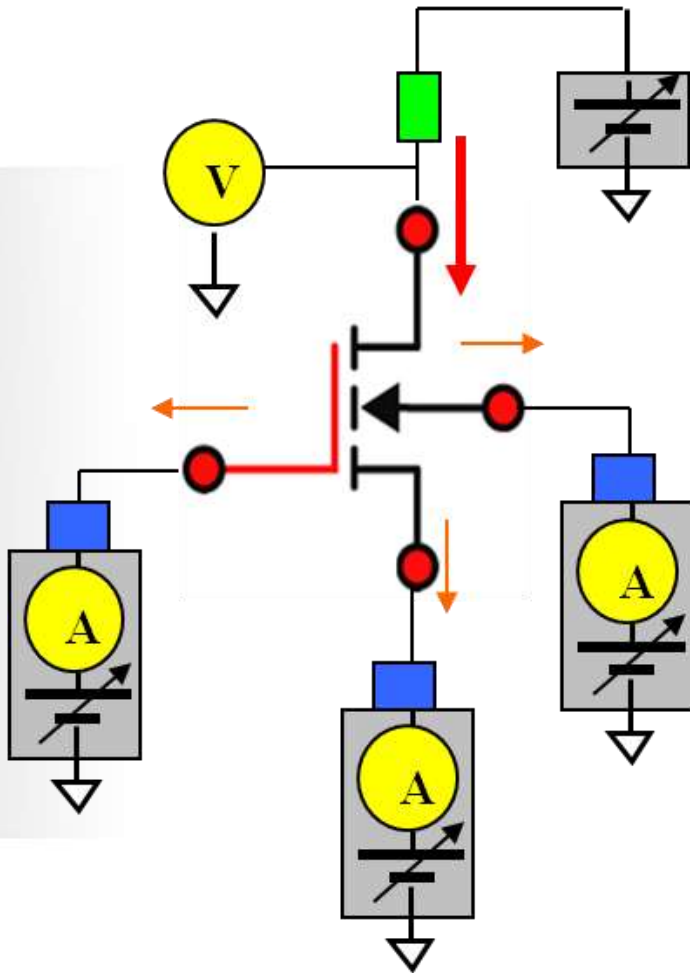
大電流SMUと同様に  
 18ビット1M サンプリングの高速  
 ADCによりパルス波形のモニタが  
 可能 ⇒ セtring時間決定等に有効





# 高電圧試験(リーク電流測定)の構成例(その2)

高電圧電源 <=30kV (実績ベース)



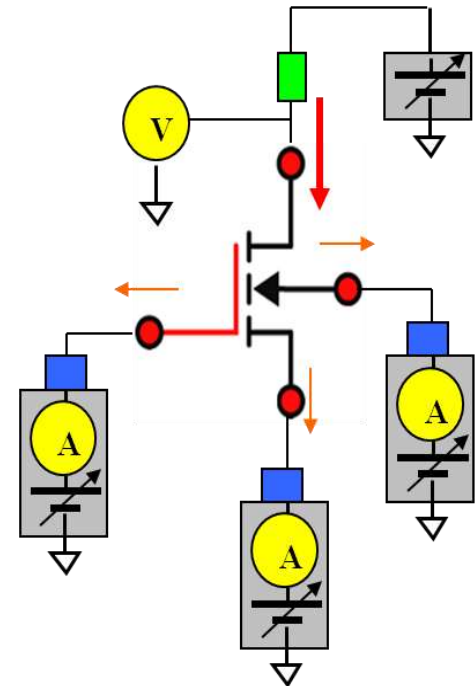
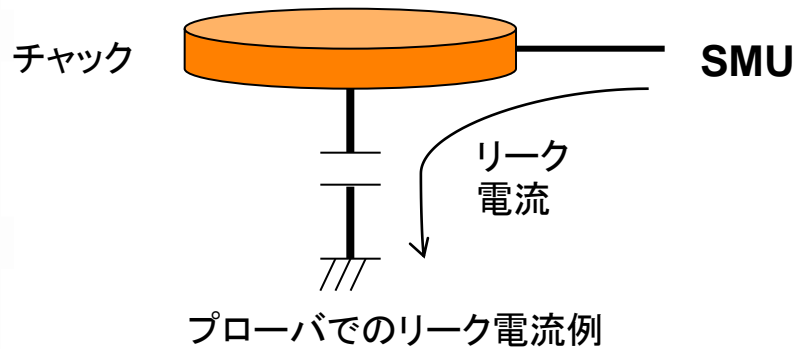
ブレイクダウン試験例

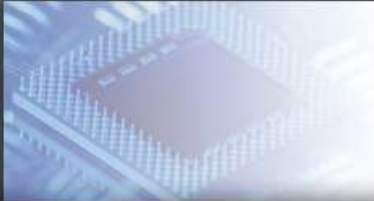
# 高電圧測定のポイント1

## 高電圧SMU、高電圧現使用時のリーク電流誤差

セレクトタなどのリレー、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

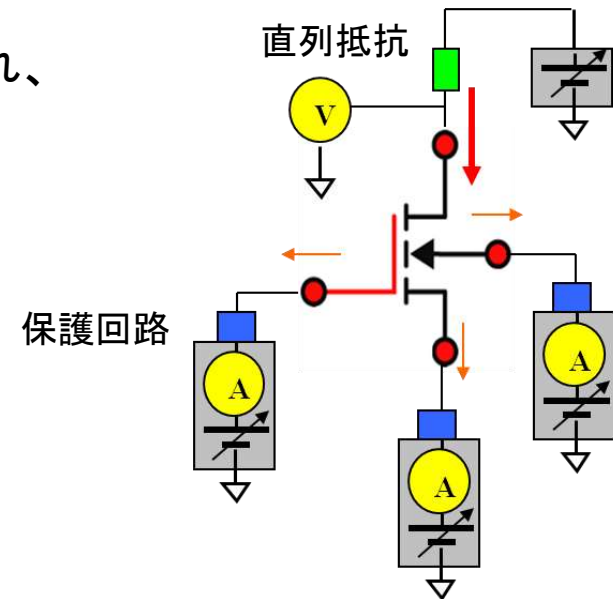
1. (瞬間的に)高電圧が他端子のSMUへ印加される

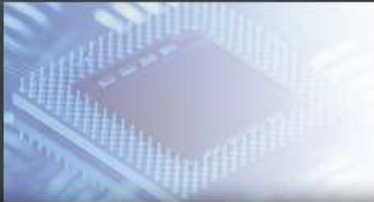
⇒ 保護回路が必要

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



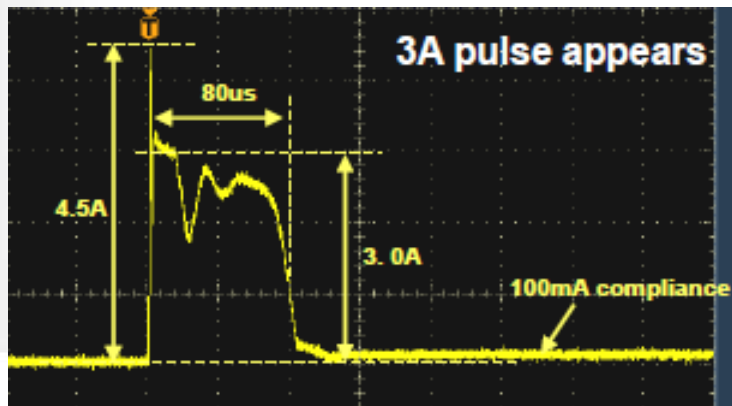


## 電流コンプライアンス

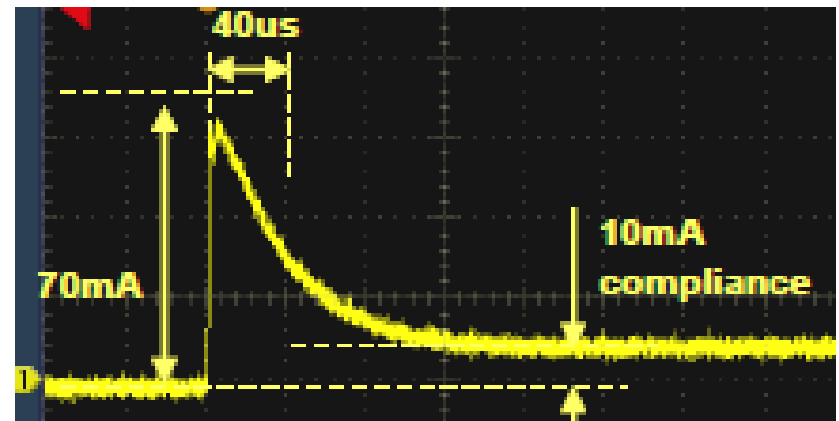
### 電流コンプライアンスの有効性

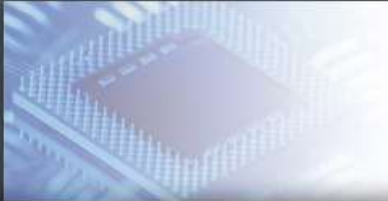
印加電圧70Vコンプライアンス10mAでHI-LO間をショートした場合

抵抗なし



1kΩ直列抵抗





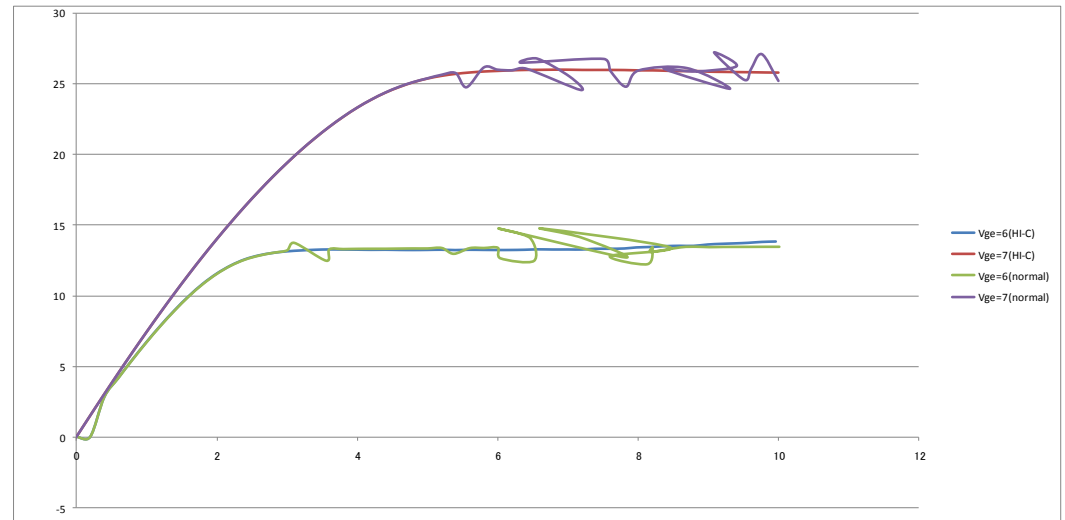
## 発振対策

### 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

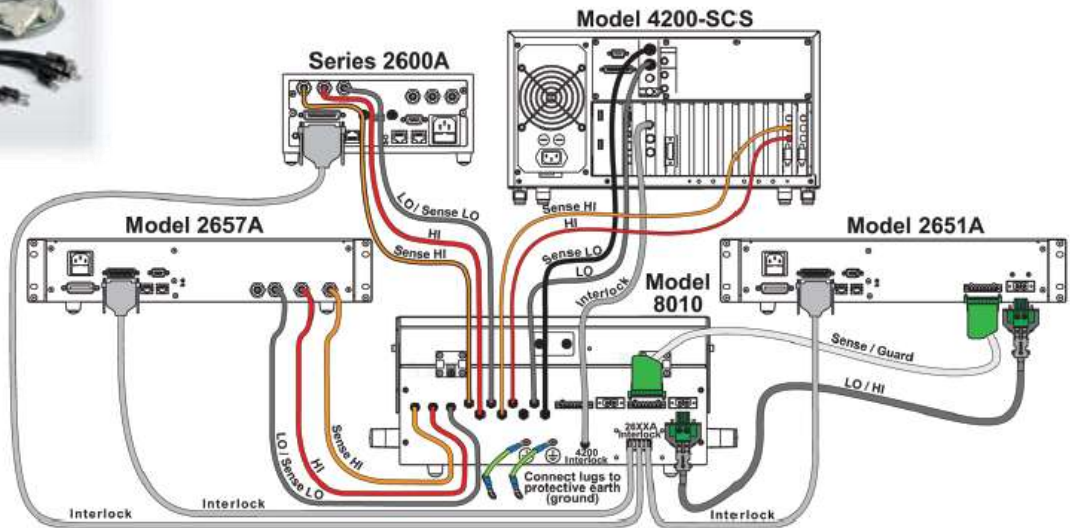
⇒ 通常ゲートに直列抵抗などを接続

⇒ ハイキャパシタンスモードで外部対策は不要

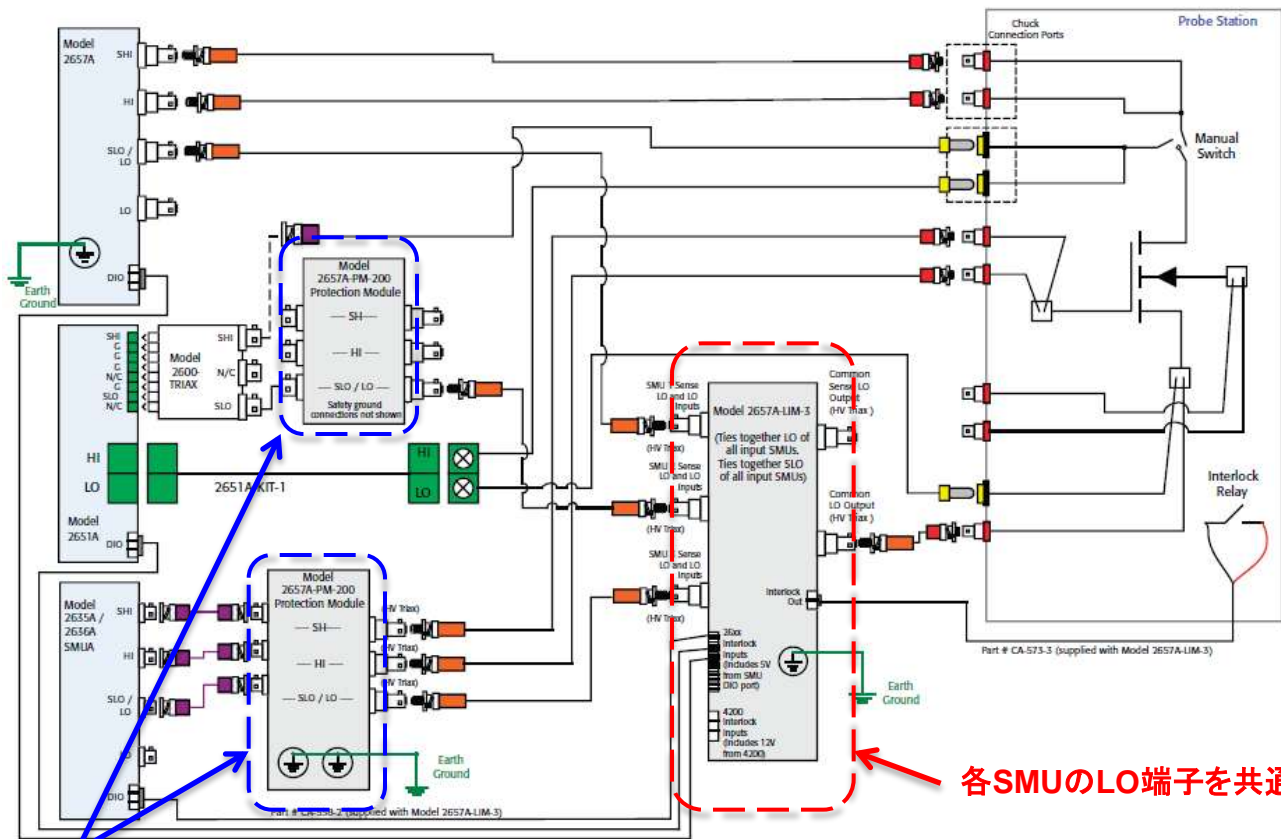




# 高電圧、大電流測定の接続例 パッケージの場合

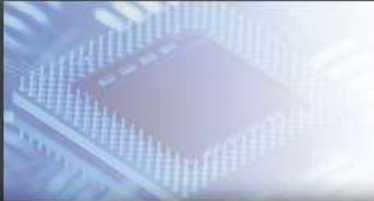


# 高電圧、大電流測定 of 接続例 プローバ(ウェハ)との接続

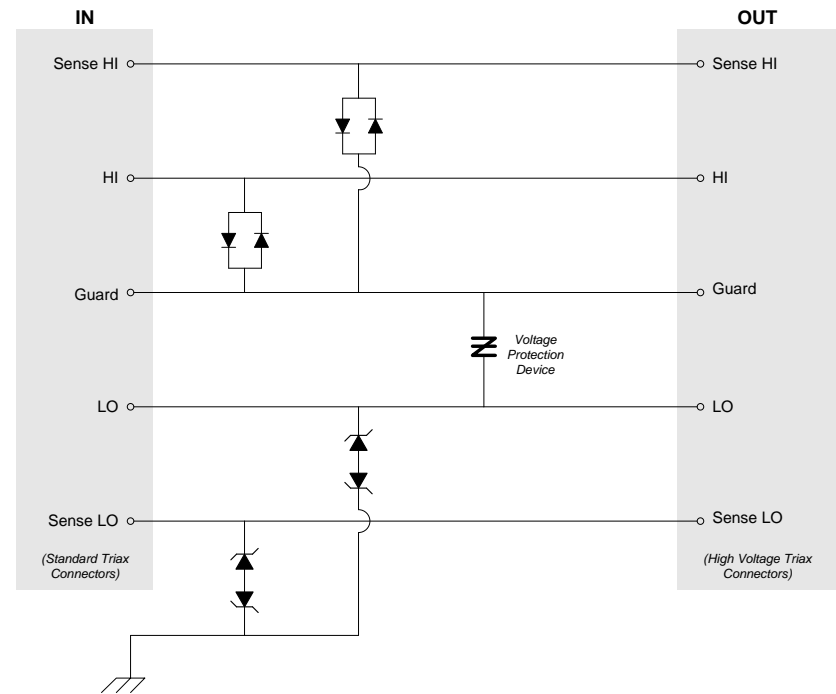


各SMUのLO端子を共通化

保護回路モジュール



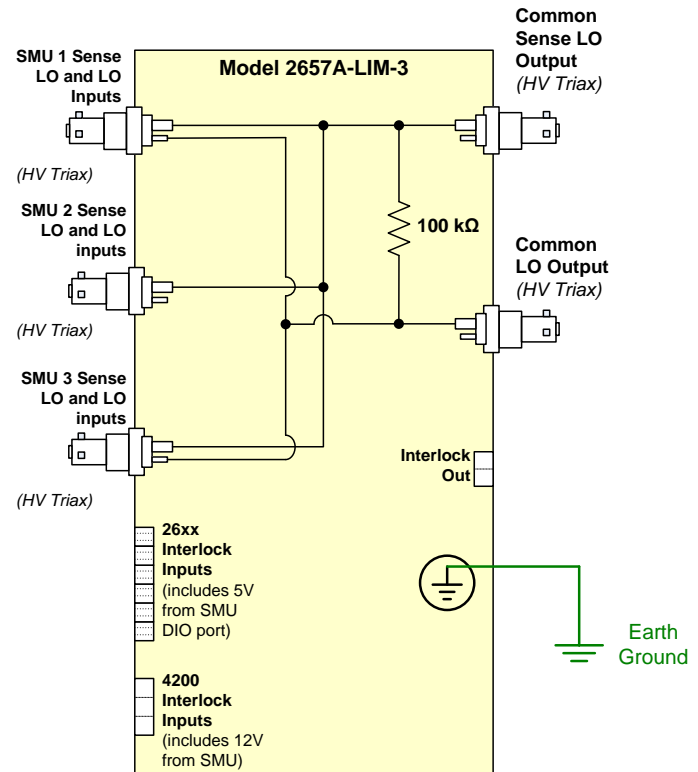
# 保護回路モジュール 2657A-PM-200







# LO接続モジュール 2657A-LIM-3





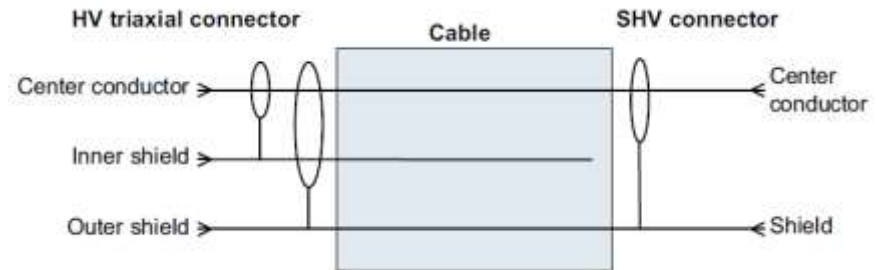
# ケーブル、コネクタ

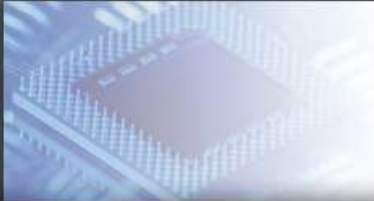


Model HV-CA-554



Model SHV-CA-553

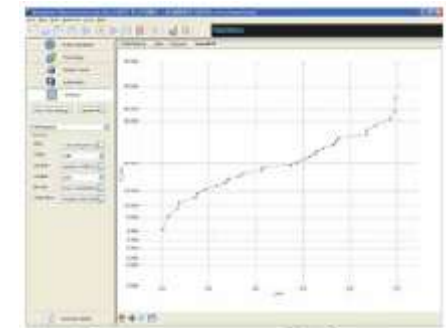
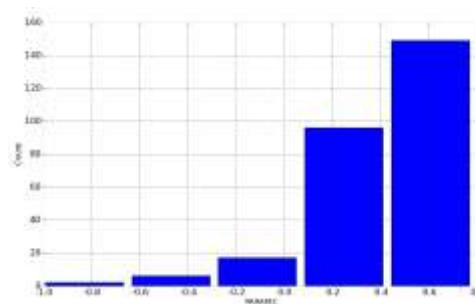
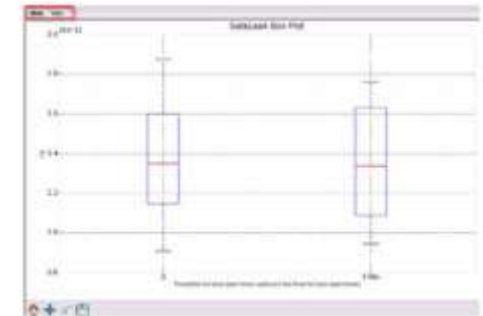
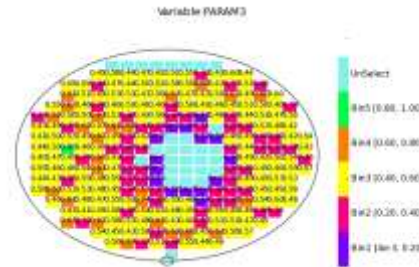


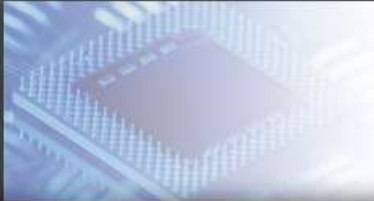


## 統合ソフトウェア

### 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(ビンニング、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、TDDDB、NBTI他)





## まとめ

### KEITHLEYソリューションの特徴

- ・ 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15kVの耐圧試験に対応
- ・ 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