

B-2

パワーデバイスの信頼性評価

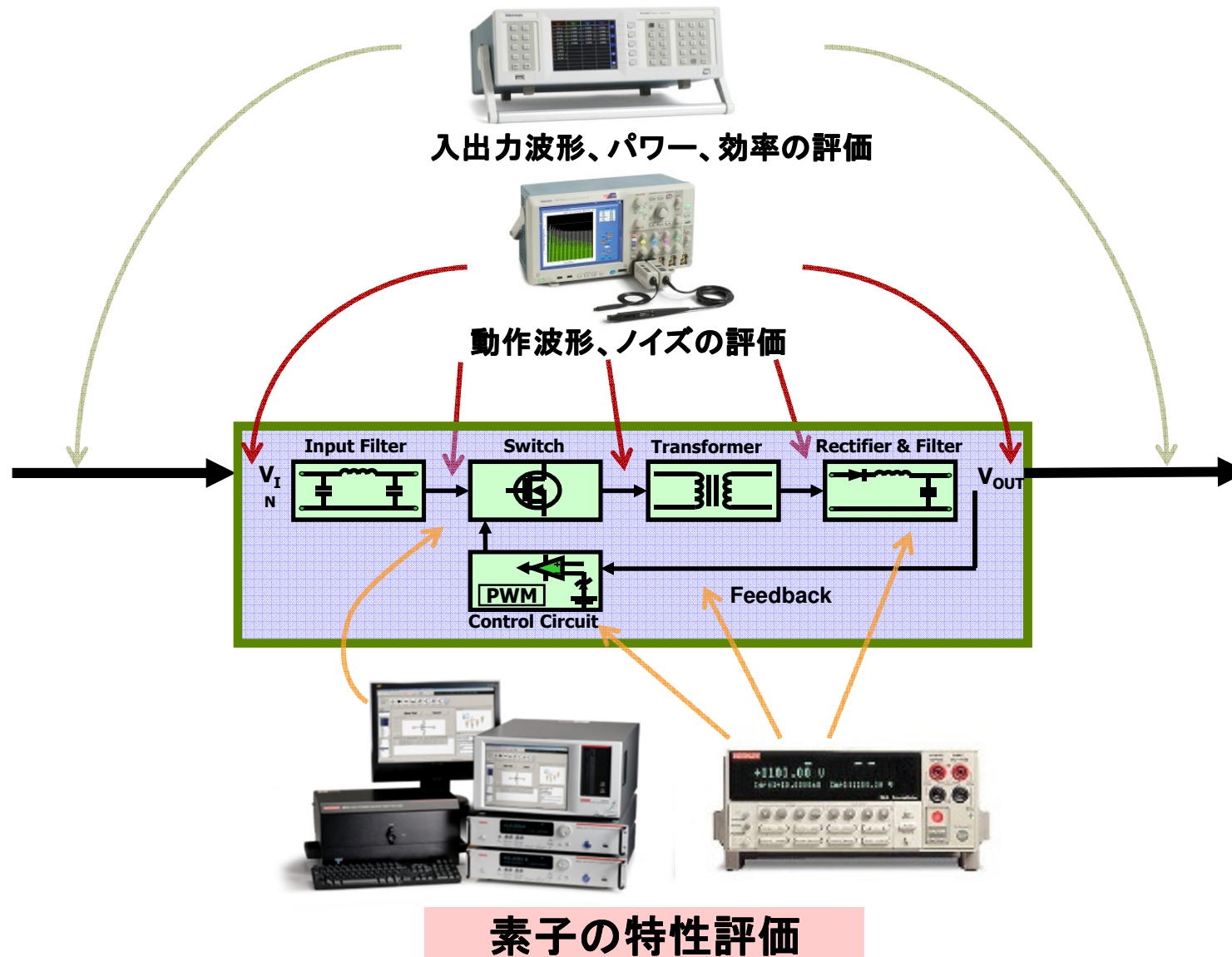


宮本 純一

Tektronix[®]

KEITHLEY
A Tektronix Company

素子評価の位置づけ





Agenda

□ パワーデバイス信頼性試験

□ HTRBを例に

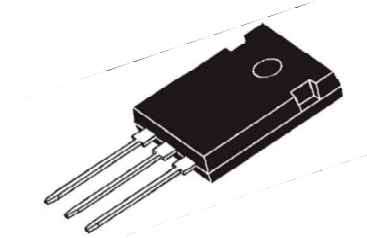
- 接続
- デバイス破壊
- データハンドリング
- アボートデザイン

□ TDDBを例に

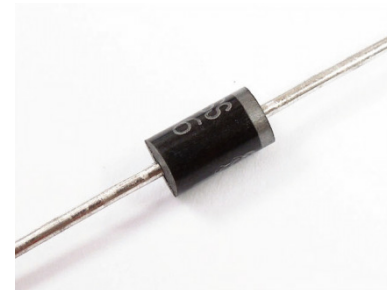
- Gate容量
- 電圧降下
- 過剰損傷

□ まとめ

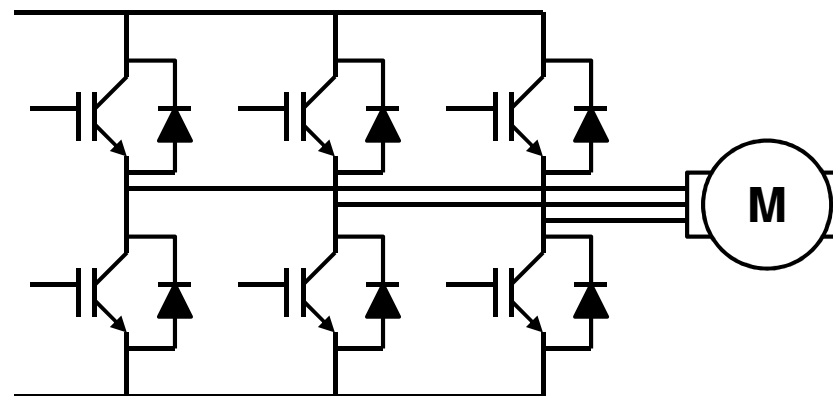
1. パワーデバイスに求められる特性



IGBT, MOSFET



ダイオード

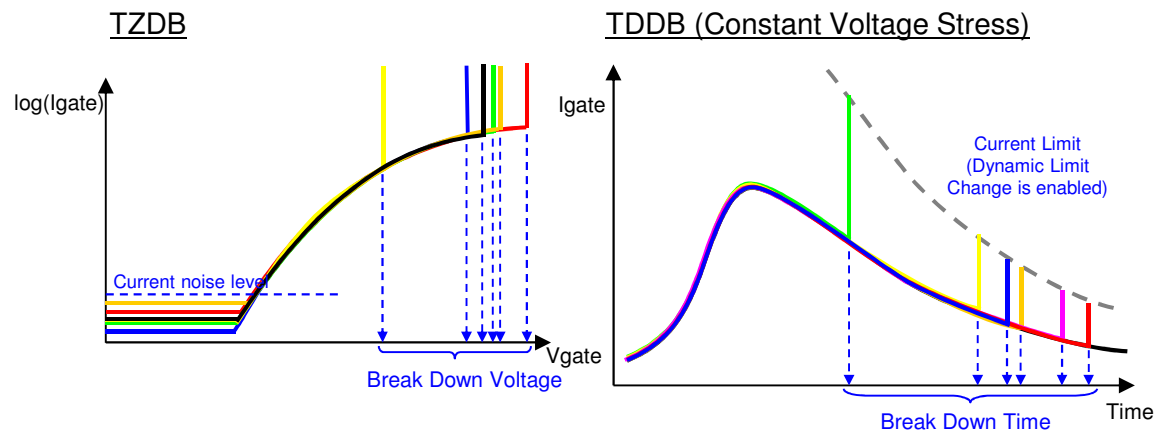


インバータ回路

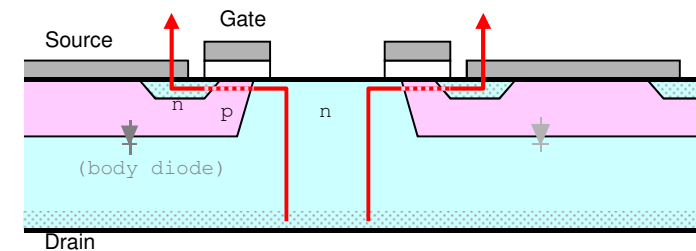
1. 高耐圧(OFF時)
 2. 低ON抵抗
 3. 高速スイッチング
- 信頼性試験

2-1. パワーデバイス信頼性試験 – 種類

		測定手法	
		電圧ランプ法	定電圧法
測定対象	ゲート酸化膜	TZDB (Time Zero Dielectric Break down)	TDDDB (Time Dependent Dielectric Break down)
	耐圧構造 Drain-Source Collector-Emitter	耐圧試験 Vramp試験	HTRB (MOSFET) (High Temperature Reverse Bias testing)



縦型MOS FET 断面

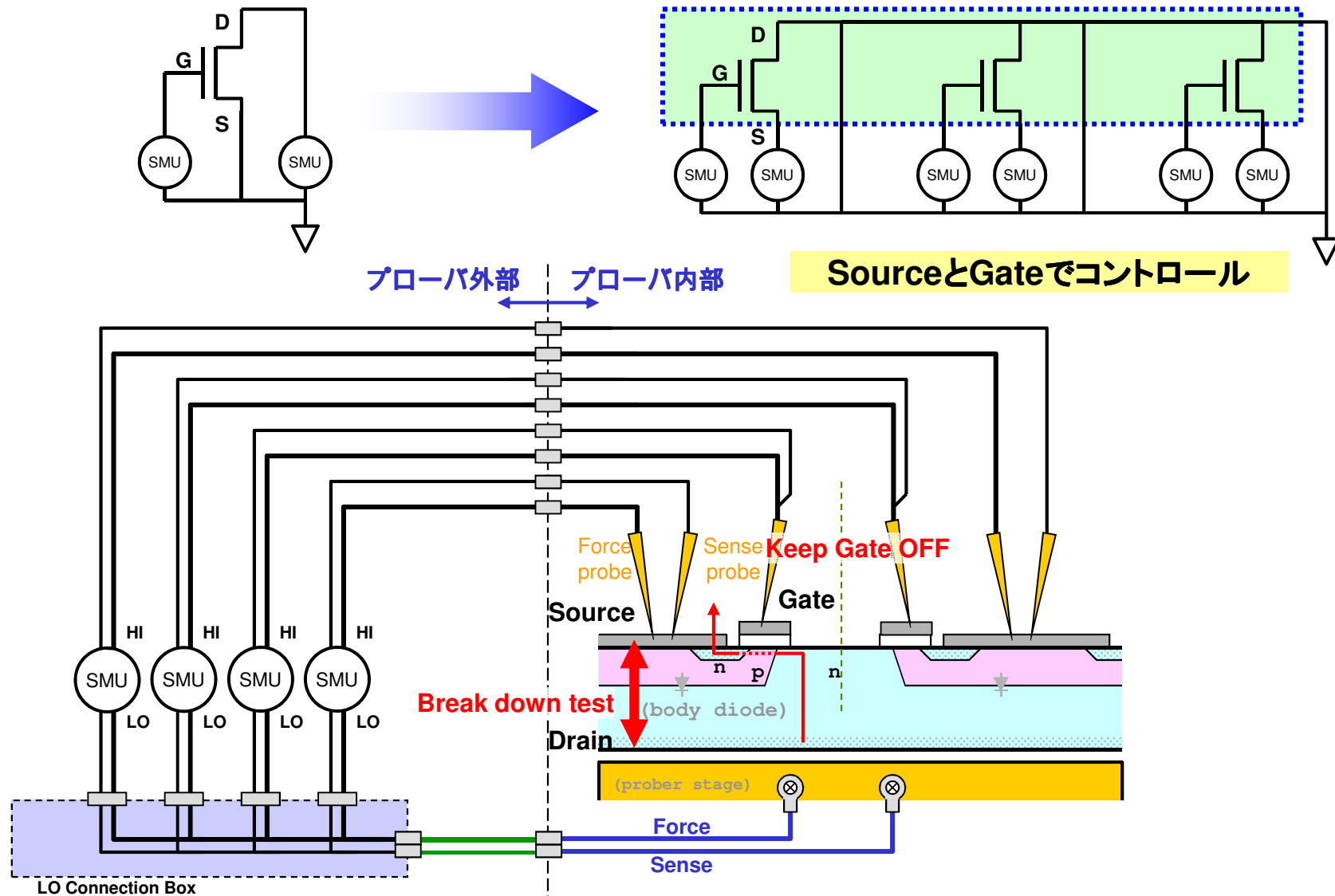


2-2. パワーデバイス信頼性試験 – 特徴と難しさ

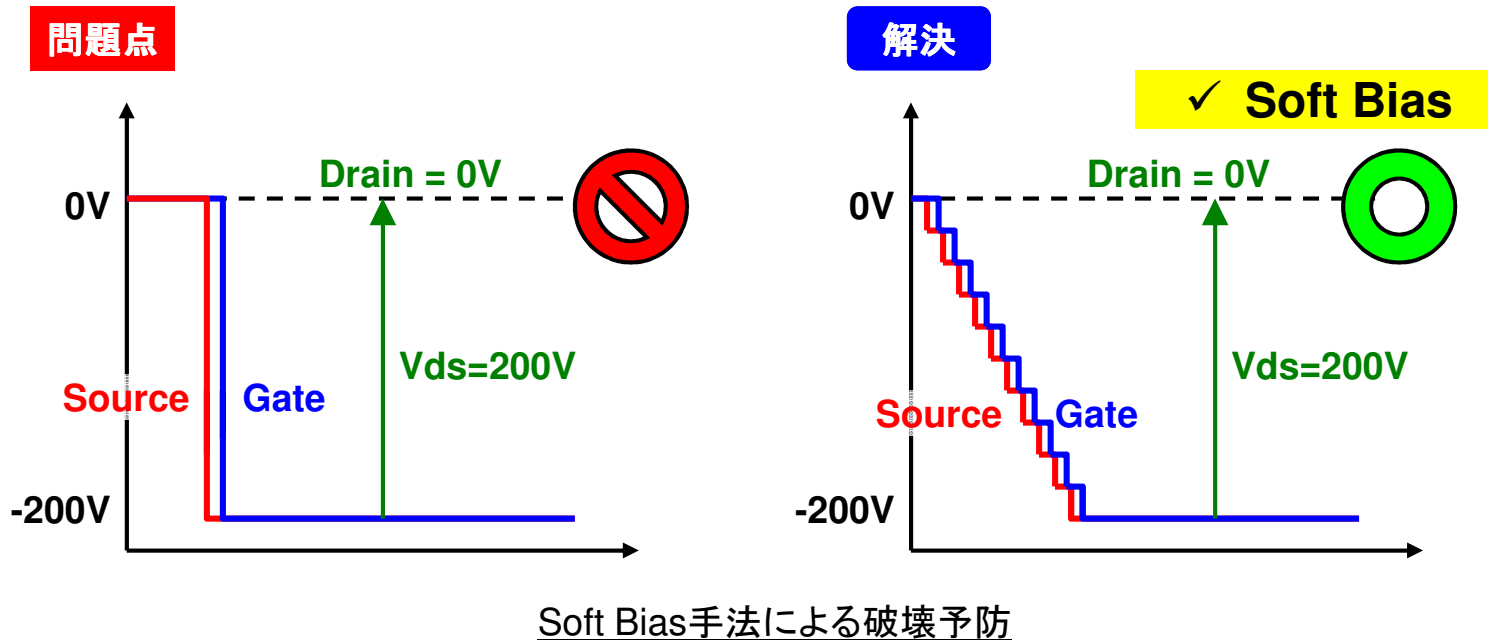
1. 長時間試験、試験効率の悪さ
2. 大サイズのデータ
3. 装置を壊すハイパワー
4. 破壊タイプの試験でやり直し不可

3-1. HTRB – パラレル測定接続問題

長時間試験 → パラレル測定必須



3-2. HTRB – デバイスがすぐに壊れる問題



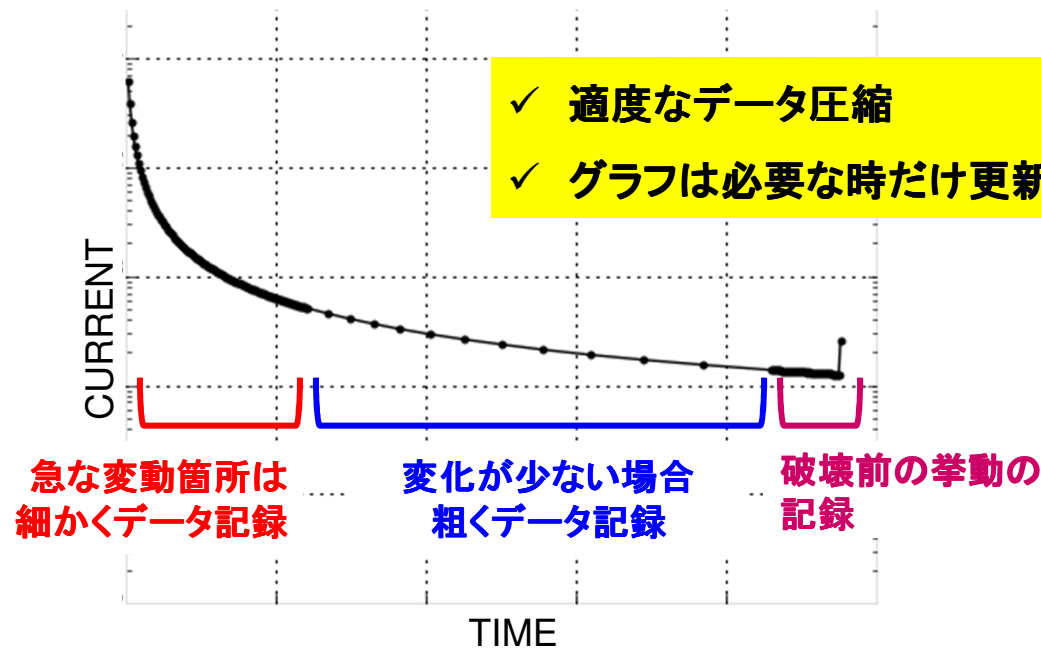
- ケースレー独自の**Soft Bias機能**でテスト開始・終了時のデバイス破壊を予防
- ランプレートはコントロール可能
- 突入電流防止や、一部のデバイス構造への過剰ストレス防止にも役立つ

3-3. HTRB – 大サイズ データのハンドリング問題

問題点

- 100MBを超えるファイル。表計算ソフトで開けない。
- 大データによる測定系のトラブル

解決



適度なデータ圧縮の例

- ・ ファイルサイズ 1000時間測定 数MB/device (参考値)
- ・ デバイスの変化に応じて自律的に記録箇所を選択。必要な箇所を残して適度にサイズを圧縮。
- ・ パラレル測定では、記録の粗密箇所はデバイスごとに変化する。

3-4. HTRB – アボートデザイン問題

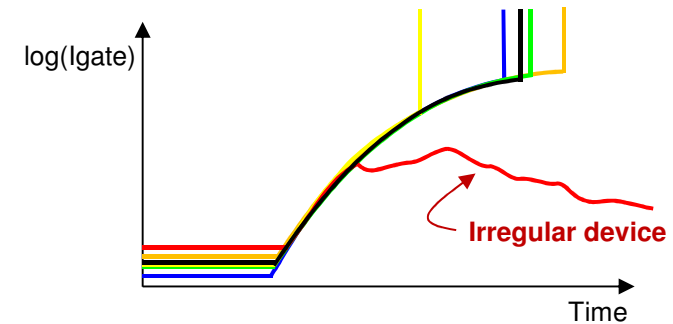
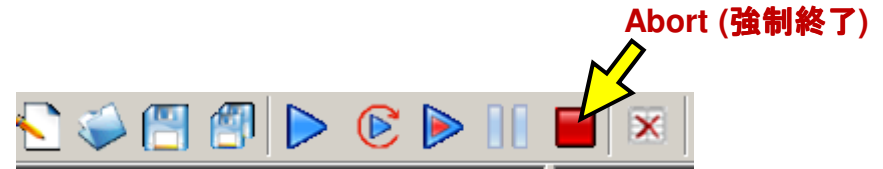
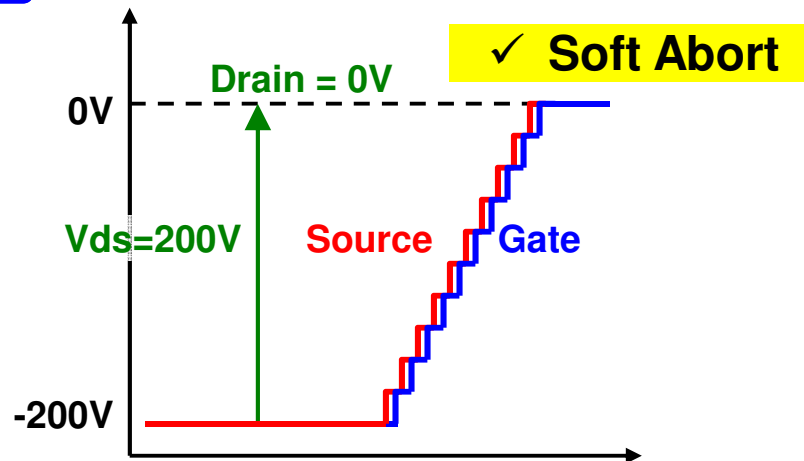
問題点

典型的なトラブル

- データが保存されずに強制終了
- post test(終了時状態確認)が行われない
- デバイスが壊れる

IV特性試験を信頼性試験に流用すると陥りやすい

解決



Abortが必要な例

- イレギュラーな振る舞い
- ユーザーの間違い、やり直し
- お試し動作の終了

✓ Skip機能



強制終了とは別の
停止、終了機能を設
ける

4-1. TDDDB – 大Gate容量問題

問題点

大電流パワーデバイス



Gate容量大



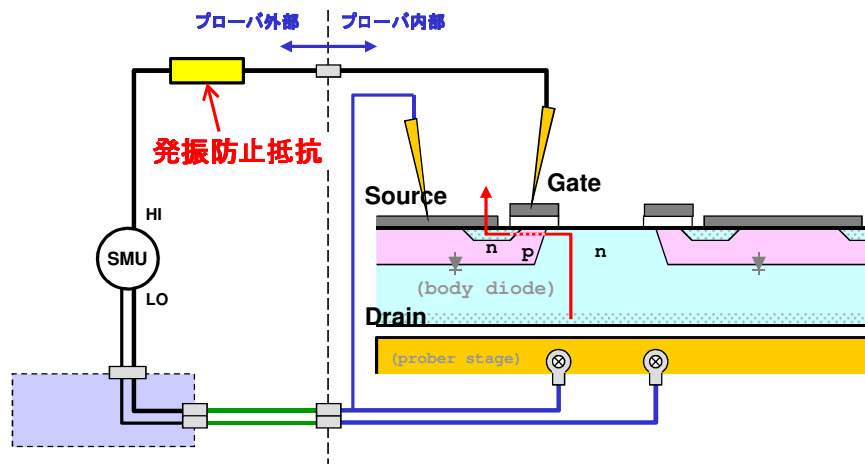
SMUに発振のリスク

SMUの許容容量 : 1nF~10nF (最大)

パワーデバイスのGate容量 : 1nF~数10nF

解決

方法1 発振防止抵抗を入れる



方法2 SMUのHi-Cモードを利用する
(大容量モード)

Keithley 2636Bの場合

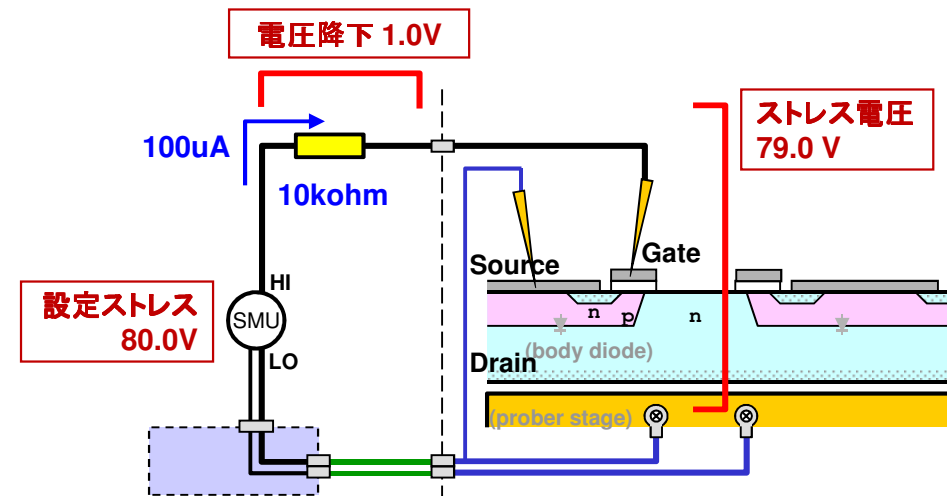
最大負荷容量

- ✓ 通常モード : 10nF (代表値)
- ✓ Hi-Cモード : 50uF (代表値)

4-2. TDDB – 電圧降下問題

問題点

- ストレス電圧が設定より弱くなる
- リーク電流の変動によりストレスが変動
- 破壊時間の過剰見積もり

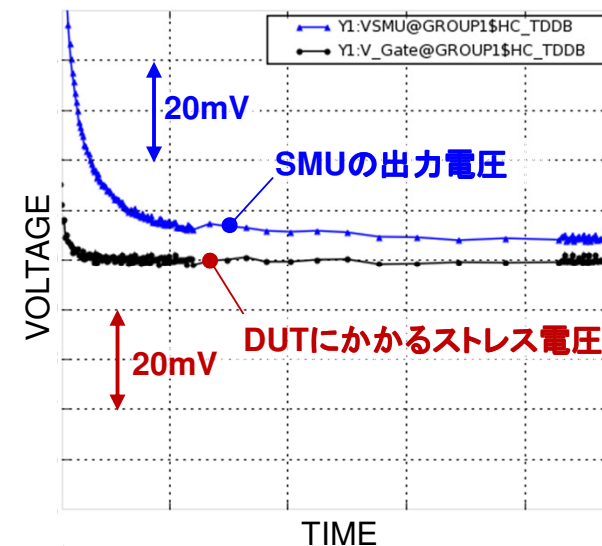
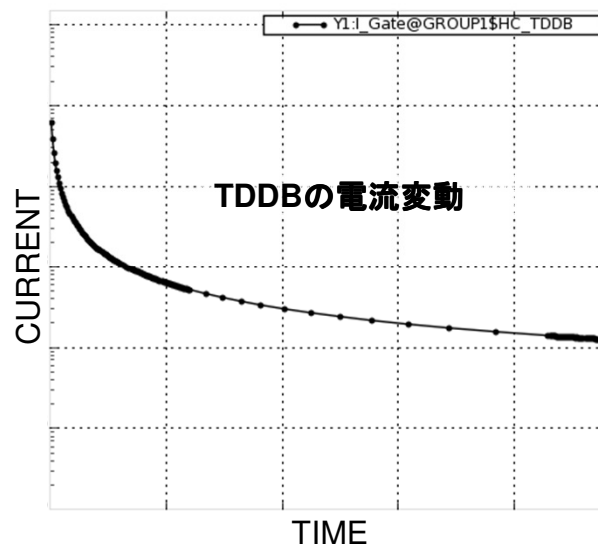


発振防止抵抗による電圧降下の例

条件によっては1%以上のストレス電圧が降下

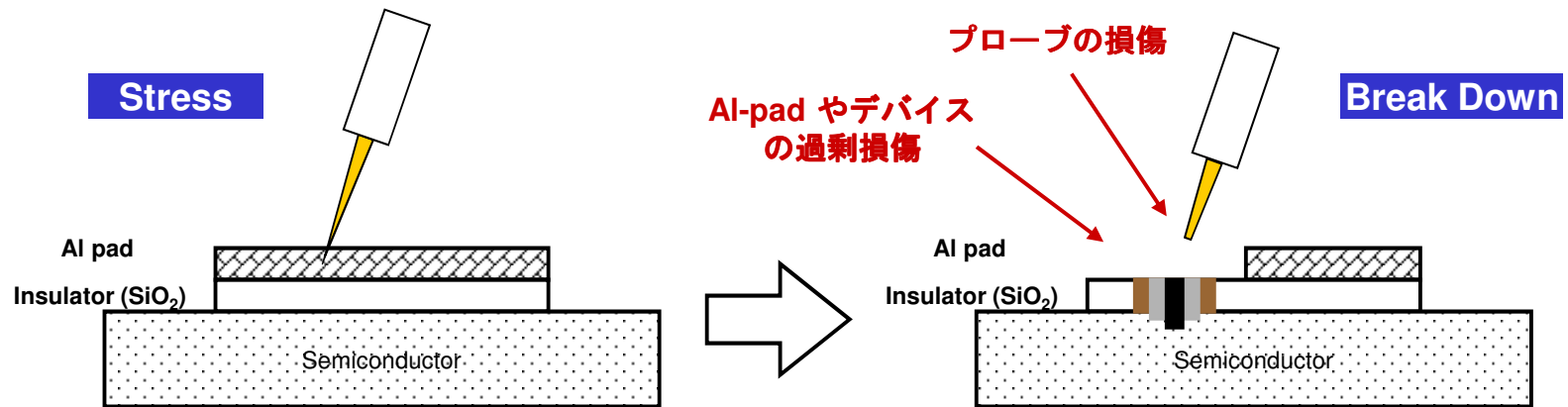
解決

✓ ソフトウェア電圧補正



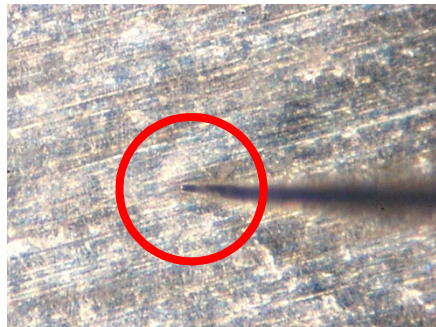
電圧補正の例

4-3. TDDB – 過剰損傷問題 (1)

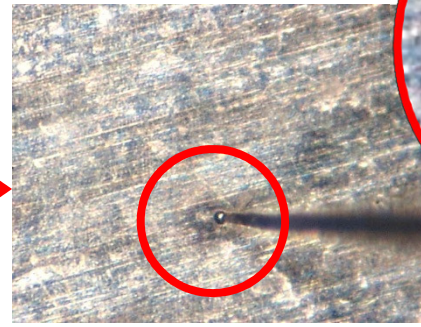


プローブ破損の模擬実験

損傷前



突入電流による損傷



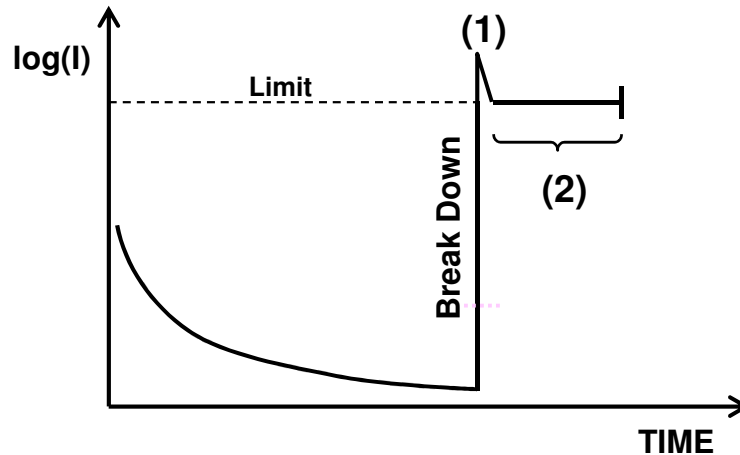
プローバー協力：
株式会社アポロウェーブ 様



損傷する電流値や損傷状況は
プローブ材料や形状により異なる

4-4. TDDB – 過剰損傷問題 (2)

問題点



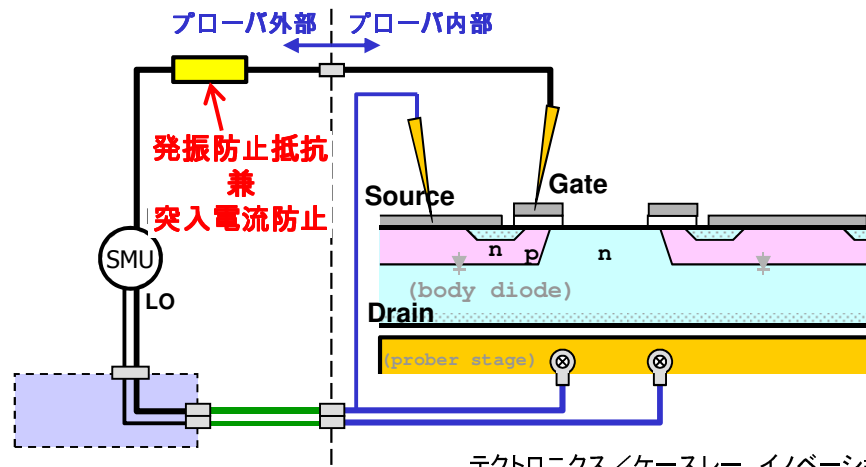
損傷の原因

- (1) 突入電流
- (2) 出力停止までの高い電流値の継続

解決

突入電流対策

方法1 突入防止抵抗を入れる



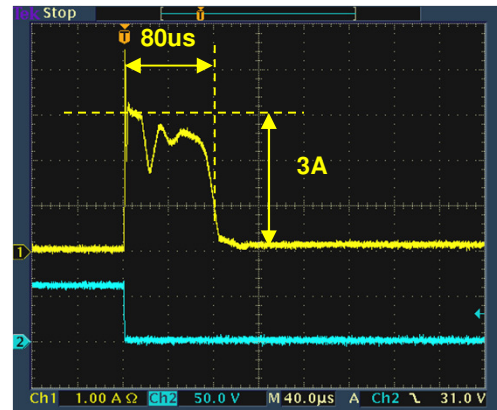
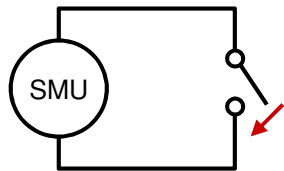
方法2 突入電流防止回路



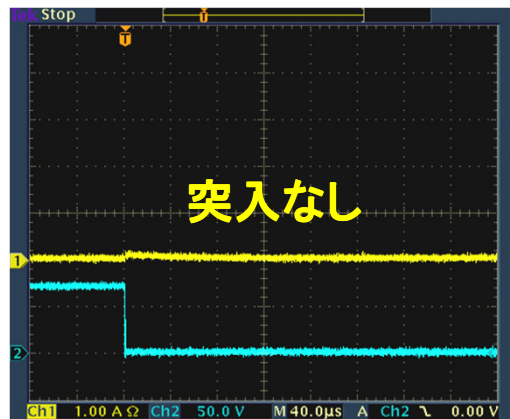
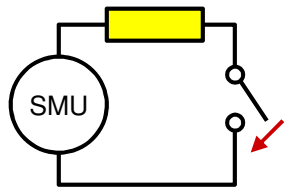
※ 単品での販売はしていません
※ 外観は実際と異なる場合があります

4-5. TDDB – 過剰損傷問題 (3)

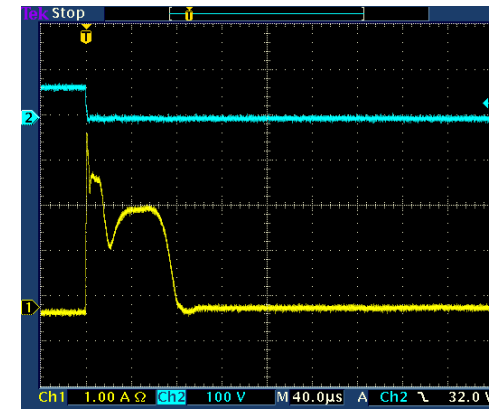
方法1 突入防止抵抗を入れる



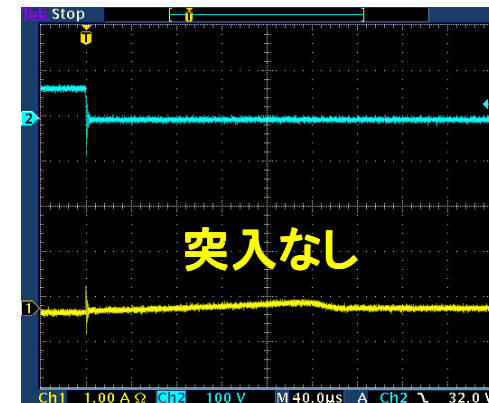
※ 2636A/Bの場合



方法2 突入電流防止回路



※ 2636A/Bの場合

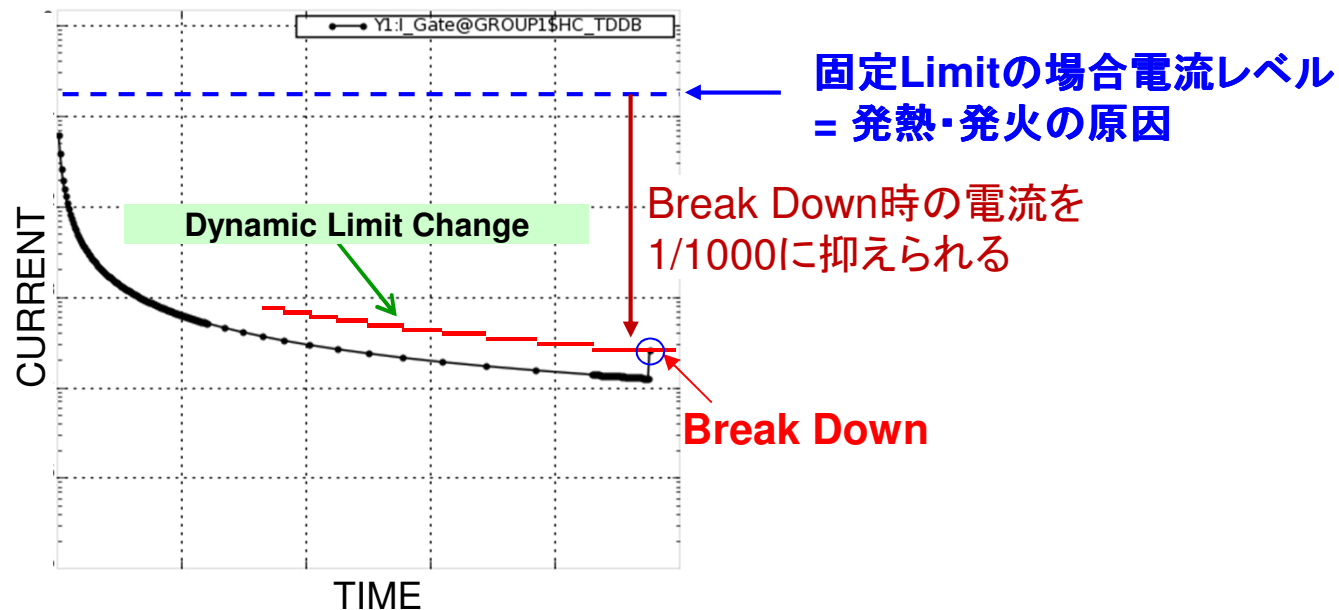


4-6. TDDB – 過剰損傷問題 (4)

解決

停止までの電流値

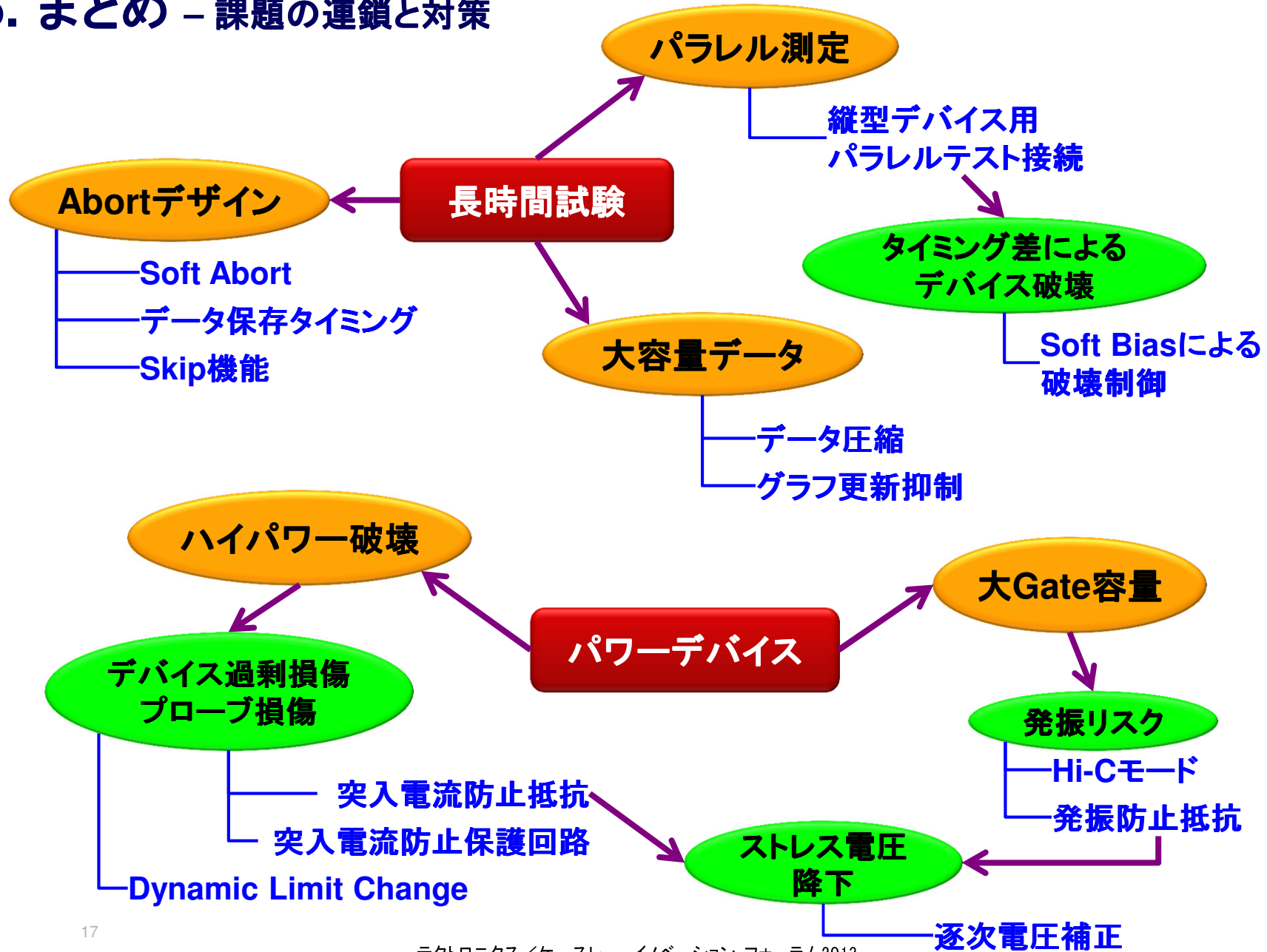
✓ **Dynamic Limit Change** (デバイスに合わせた自律的Limit変動機能)



ケースレー独自の Dynamic Limit Change法

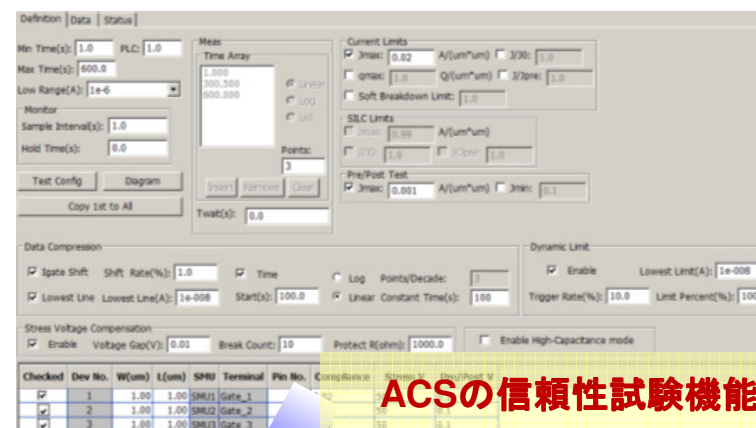
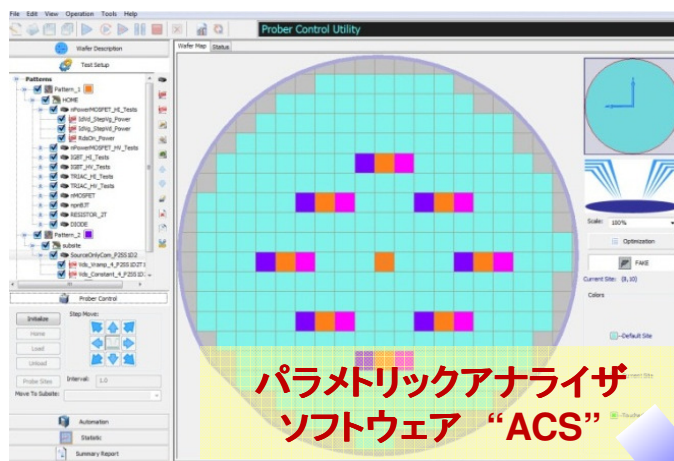
- 独自のアルゴリズムでデバイス状態に合わせて自律的にLimitを変動
- パラレル測定では、各デバイス毎に別々に変動
- 発火、デバイスの過損傷、プローブの損傷を抑える

5. まとめ – 課題の連鎖と対策

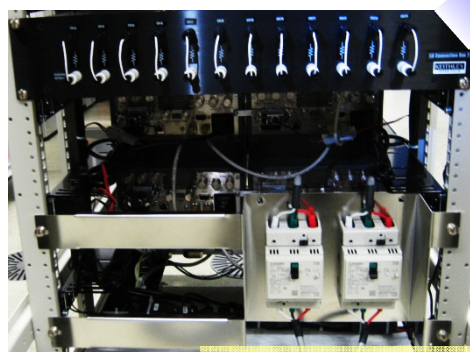


Software + Hardware + Know-How = Solution

– ケースレーの総合力をご活用ください



パワーデバイス
信頼性試験



実践的な、安全機能、リスク対策、インテグレーション

参考情報

KEITHLEY
A Tektronix Company

*Application Note
Series*

Number 3220

V_{DS} Ramp and HTRB Reliability Testing of High Power Semiconductor Devices with Automated Characterization Suite (ACS) Software

<http://www.keithley.jp/data?asset=57559>

KEITHLEY
A Tektronix Company

*Application Note
Series*

Number 3163

Creating Multi-SMU Systems with High Power System SourceMeter[®] Instruments

<http://www.keithley.jp/data?asset=56466>

KEITHLEY
A Tektronix Company

*Application Note
Series*

Number 3204

Testing Power Semiconductor Devices with Keithley High Power System SourceMeter[®] SMU Instruments

<http://www.keithley.jp/data?asset=57464>

本テキストの無断複製・転載を禁じます。テクトロニクス/ケースレーインストルメンツ
Copyright © Tektronix, Keithley Instruments. All rights reserved.

www.tektronix.com/ja
www.keithley.jp/



Twitter

[@tektronix_jp](https://twitter.com/tektronix_jp)



Facebook

<http://www.facebook.com/tektronix.jp>

