



アプリケーションノート

Pulse Rider PG-1000 シリーズ

半導体アプリケーション用パルス発生器



不揮発性メモリ・セルの特性評価

メモリ研究の傾向は、大容量メモリのデータ保持と RAM の速度を両立する不揮発性 RAM と呼ばれる新しいメモリを開発することです。

新しいセルタイプには、FeRAM（強誘電体 RAM）、ReRAM（抵抗変化型 RAM）、MRAM（磁気抵抗変化型メモリ）、STT-MRAM（スピントルク磁気抵抗メモリ）、PCM（相変化メモリ）など、多くの種類があります。

これらのタイプのメモリは、異なる物理的原理を使用した材料の導電率の変化、たとえば、細いワイヤの形成と破壊による材料スタックへの変化、または材料構造のアモルファスから多結晶への変化、または磁気フィールドの整列に基づいています。

このアプリケーションノートでは、パルス発生器を使って STT-MRAM セルをテストする方法について説明します。

MRAM のメモリ・セルは、薄い絶縁体で分離された 2 つの強磁性体で構成される磁気トンネル接合(Magnetic Tunnel Junctions ; MTJ) を使用します。2 つの強磁性体の磁場が同じ方向を向いている場合、電子は絶縁体層を介して 1 つの強磁性体から別の強磁性体にトンネリングできます。最初の強磁性体は固定された磁場を持っていますが、2 番目の強磁性体の磁場は電流パルスを適用して変更できるため、磁場の向きを逆にするとスタックの導電率が変化します。

ビットをプログラムまたは消去するために、電流パルスがスタックを介して適用されますが、想定される磁場の向きは、現在のパルス方向によって異なります。

プログラムと消去プロセスの効率は、パルスの持続時間と振幅に依存するため、このテクノロジーの研究と開発の段階で、パルスの幅と振幅のさまざまな組み合わせをテストすることが有用であり、これを行う簡単な方法は、幅、振幅、反復率を変更できるパルスジェネレータを使用することです。

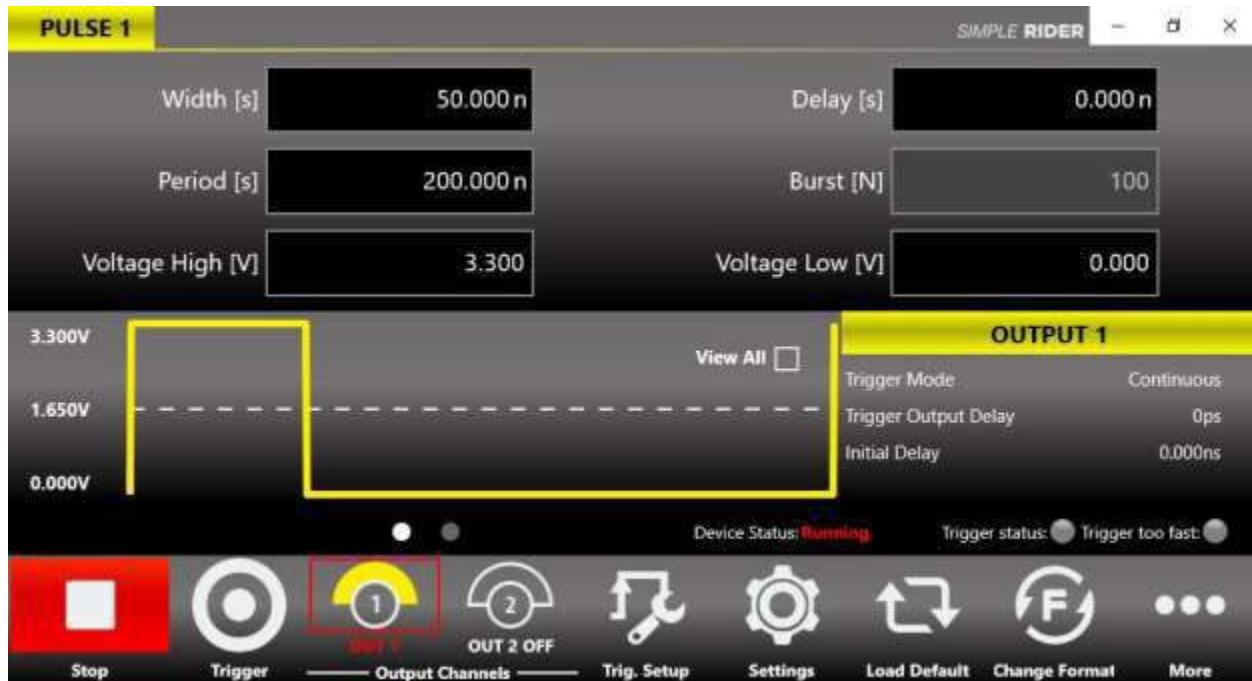


図 1 : SimpleRider PG、單一セルのプログラムまたは消去の設定：パルス特性 50ns @3.3V

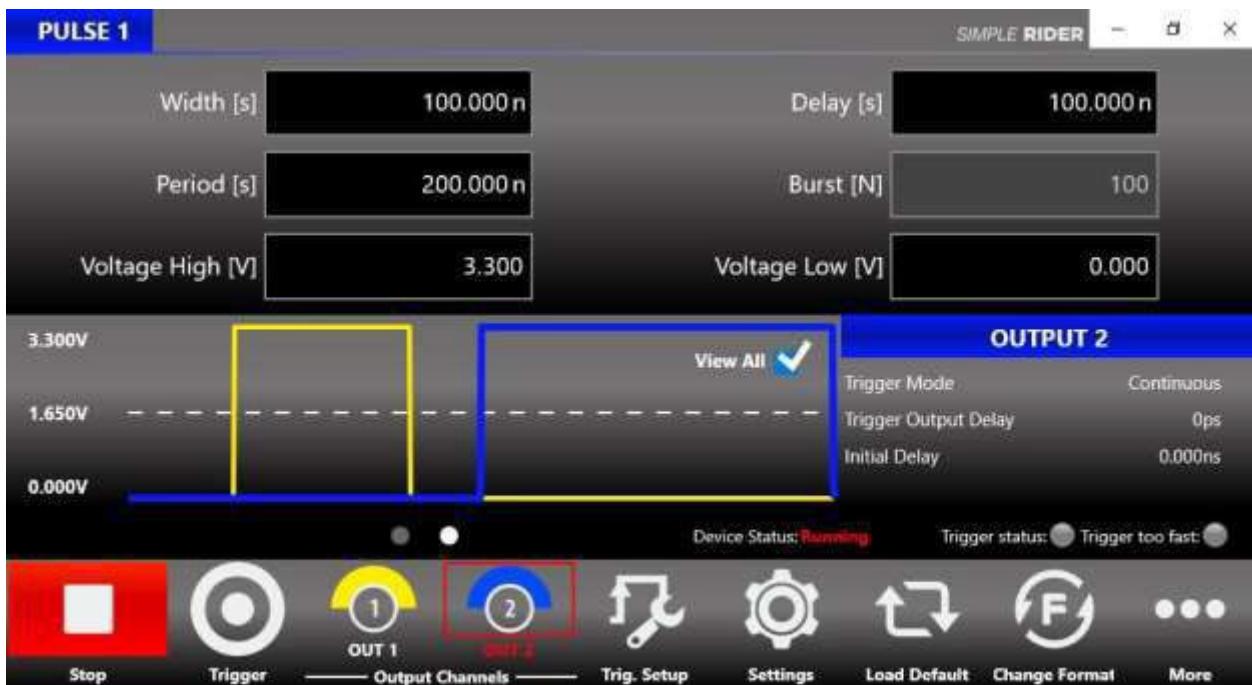


図 2 : SimpleRider PG、單一セル・アレイのプログラムまたは消去の設定：パルス特性 100ns @3.3V

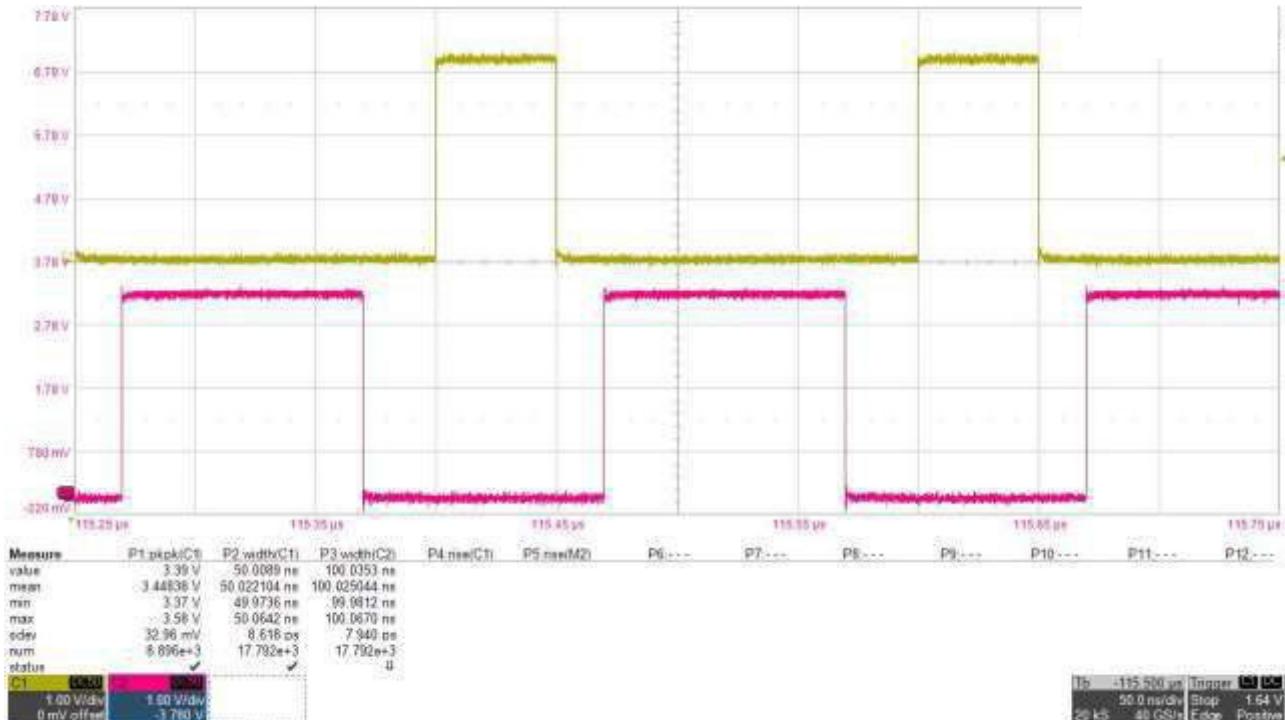
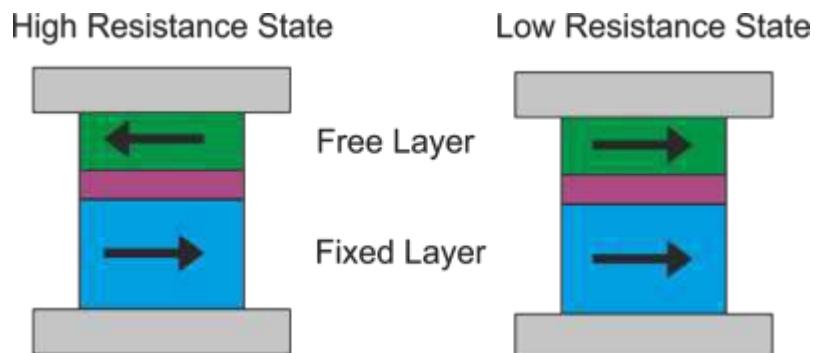
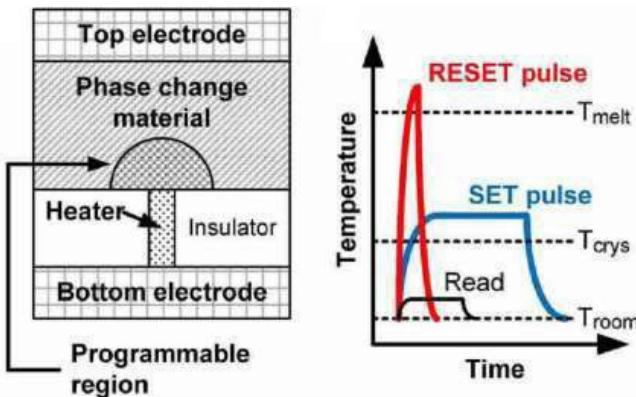


図 3: チャンネル 1 では単一セルをプログラムまたは消去するため 50ns@3.3V のパルスを生成
チャンネル 2 ではセル・アレイをプログラムまたは消去するため 100ns@3.3V のパルスを生成



PCM メモリ・セルは、カルコゲニド材が非結晶から結晶に相変化することに基づいており、材料が非結晶相にある場合は抵抗が高く、結晶相にある場合は抵抗が低くなります。

ビットをプログラムまたは消去するには、材料の相を変更する必要があります。大きく低電圧のパルスは相を非結晶から結晶に変化させ、逆に短く高い電圧のパルスは相を結晶から非結晶に変化させます。



上図から分かるように、パルスの振幅と幅の制御が重要で、Active Technologies の Pulse Rider PG-1000 シリーズ・パルス発生器は、10ps の時間分解能と 10mV の垂直分解能を有しています。

不揮発性 RAM に適用される最新の技術では、より高速なパルスを必要としており、70ps 以下の遷移時間と最大 5Vpp の振幅信号を発生する Active Technologies の Pulse Rider は、この要求に完璧に応えることができます。

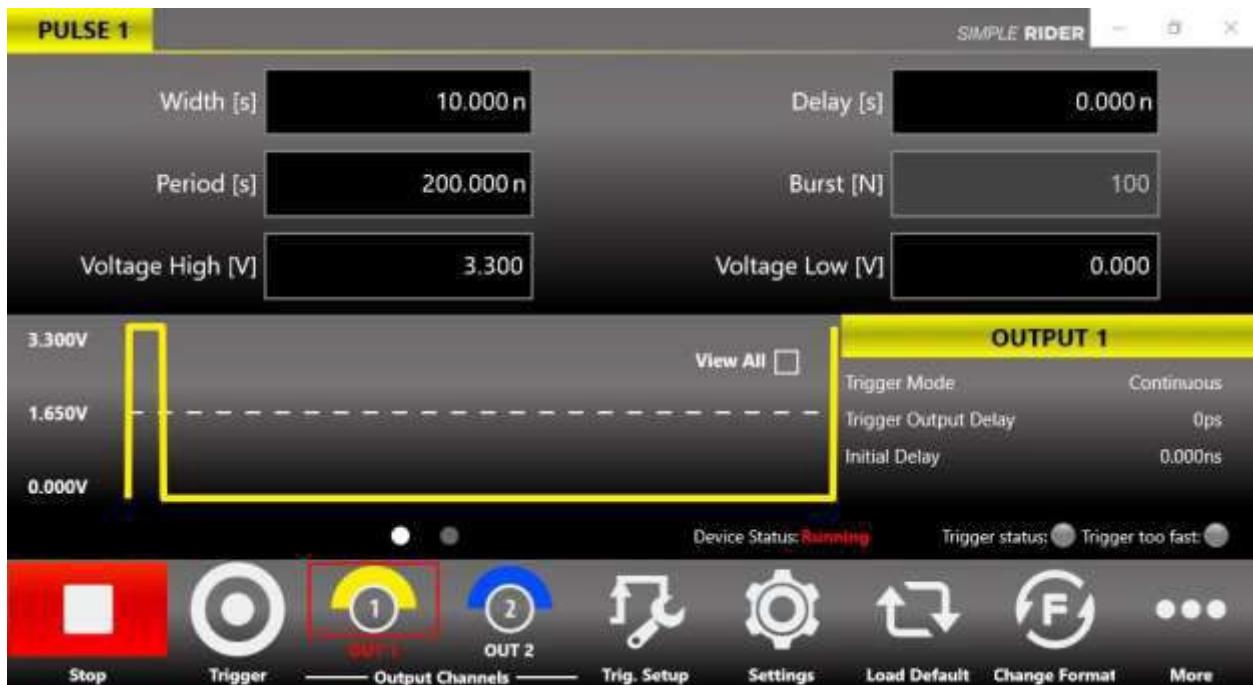


図 4 : SimpleRider PG、極小パルス 10ns@3.3V（リセットパルス）の設定



図 5 : SimpleRider PG、"大"パルス 80ns@1.6V (セットパルス) の設定

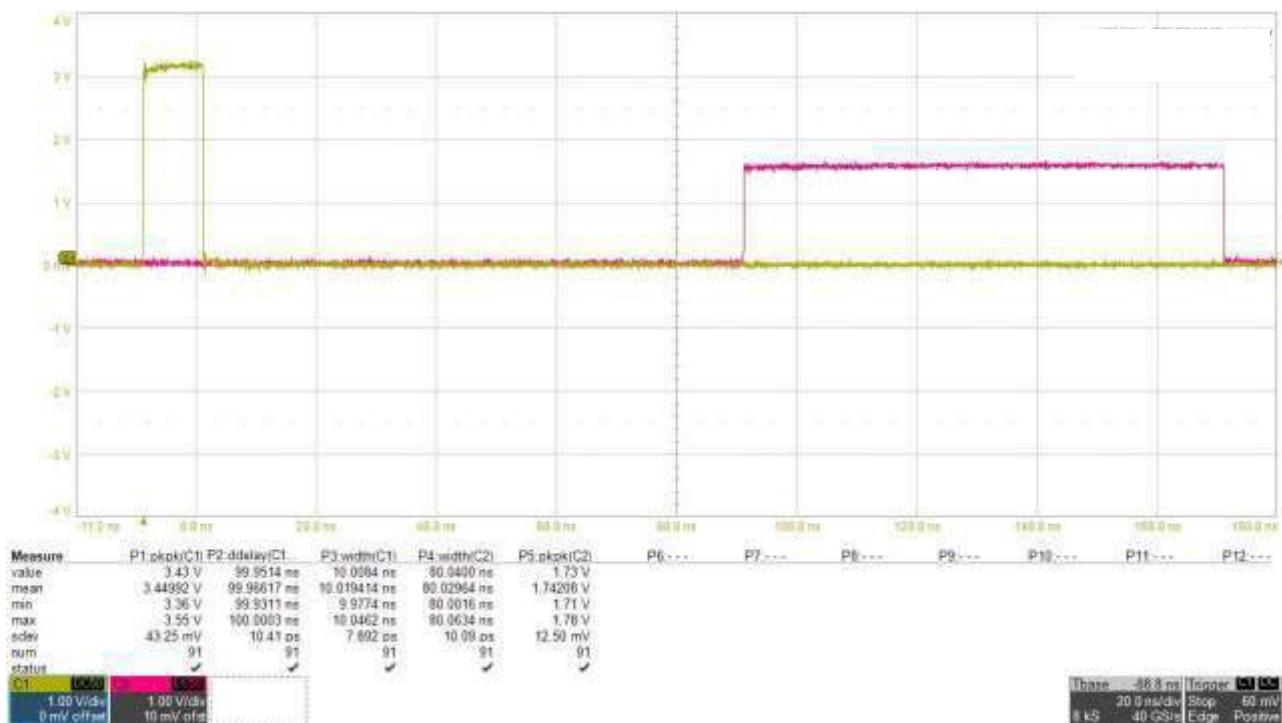


図 6 : 単一セルをプログラムまたは消去するため、10ns @3.3V と 80ns @1.6V のパルスを生成

MOSFET のテスト

最新の MOSFET トランジスタを開発する際の課題は、MOS コンデンサの誘電体に High- κ (高誘電率) 材料を使用することです。これにより、絶縁体を流れるリーク電流を減らすことができますが、同時に、電圧しきい値の不安定性、キャリアチャネルのモビリティの低下、そして最終的には信頼性の低下など、電荷トラップによる問題が発生します。

電荷トラップは、トランジスタが「オン」状態にあり、チャネル電荷のビットが絶縁層に蓄積されて、しきい値を変更する組み込み電位を作成するときに発生します。

電荷トラップ現象は、厚さ、誘電体のタイプ、技術プロセスなど、ゲートスタックのさまざまな物理的パラメータに依存しますが、ゲート電圧とパルスデューティサイクルにも依存します。

この技術を改善するためには、電荷トラップメカニズムを理解することが非常に重要であることは明白です。

この電荷トラップ現象の程度は $1\mu\text{s}$ 未満から数十ミリ秒まで変化し、DC 測定は信頼できないため、さまざまなタイプのパルス I-V 測定が利用されます。

全てのタイプの $I_d V_g$ 測定は、ドレイン端子にバイアスをかけ、ゲート端子にパルスを供給することで得られ、パルスのタイプに応じて、測定値を 3 つの主要なカテゴリに分類できます：

- **DC $I_d V_g$ カーブ**：ゲート信号は DC レベルであり、いくつかのバイアス・ポイントで測定し、カーブが得られます。この方法では、結果はバイアスによる電荷トラップ効果に依存し、この測定は、高速スイッチ用に開発されたデバイスでは信頼できません。
- **ショートパルス $I_d V_g$ カーブ**：電荷が誘電体層に蓄積される時間がないため、幅がナノ秒単位の高速エッジのパルスを供給することで、デバイス固有の応答を分析することができます。最終的にさまざまなバイアス・ポイントに対して測定を繰り返すことで、カーブを取得することができます。この測定は電荷トラップ現象の情報は与えてくれません。
- **スローパルス $I_d V_g$ カーブ**：この手法は、傾斜したエッジを持つ長いパルス（マイクロ秒のオーダー）のみを供給することで構成されます。この方法では、傾斜が十分に速い場合、電荷が MOS スタックに蓄積する時間がないため、結果は素直なデバイスの $I_d V_g$ 曲線になります。時間の経過に伴うドレイン電流の劣化を測定し、トラップ電荷効果を観察するには長いパルスが必要であり、目標が定義されたバイアス・ポイントでの電荷トラップ効果を研究することである場合、エッジのスルーレートは重要ではありませんが、重要なことは、立ち上がりエッジが非常に速いということだけです。

もしエッジが十分に速い場合には、ゲート電圧のリーディングエッジの直後のドレイン電流はパルス測定から得られたものに匹敵するため、得られた結果はそのバイアス・ポイントの DC カーブとショートパルスのカーブの両方に十分匹敵し、その後、ドレイン電流は DC 測定で測定された値に到達するまで、時間の経過とともに減少し始めます。

スローパルス技術は、スイッチングストレスの前後の電荷トラップ効果の増分を研究することにより、スイッチング用に開発されたデバイスの寿命を予測するためにも使用できます。

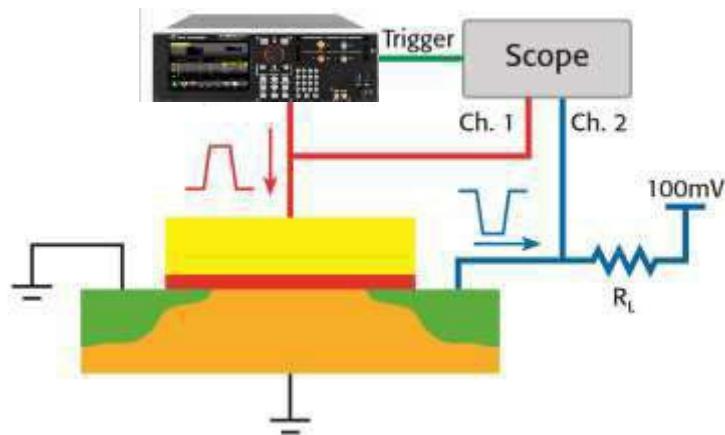


図 7 : I_d - V_g 測定の原理的スキーム

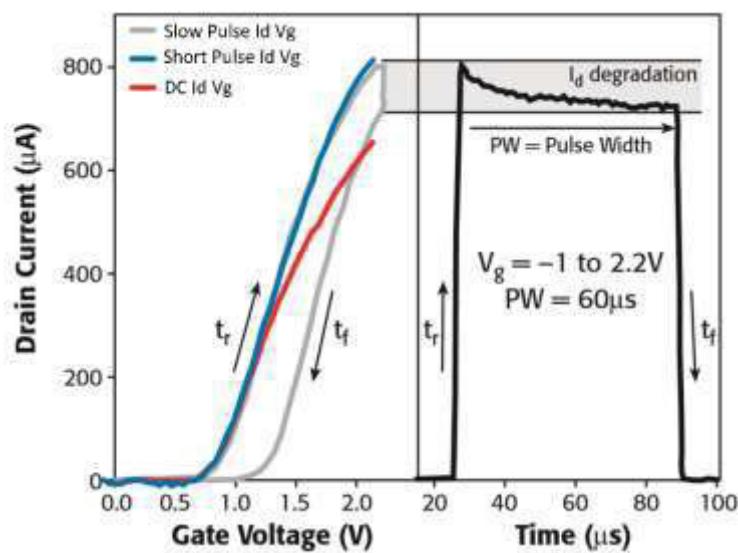


図 8 : それぞれの測定方法の比較例

Active Technologies の Pulse Rider PG-1000 シリーズ パルス発生器は 70ps 以下の高速エッジ、5 Vpp までの振幅、ベースラインオフセット $\pm 2.5V$ 、パルス幅 300ps から 1s までの信号を発生することができるため、ショートパルスとスローパルスのテスト用のパルスを発生させる理想的な機器と言えます。



図 9：ショートパルスの UI、ベースライン-1V、最大 2.2V（振幅 3.2V）、長さ 30 ns シングルモード

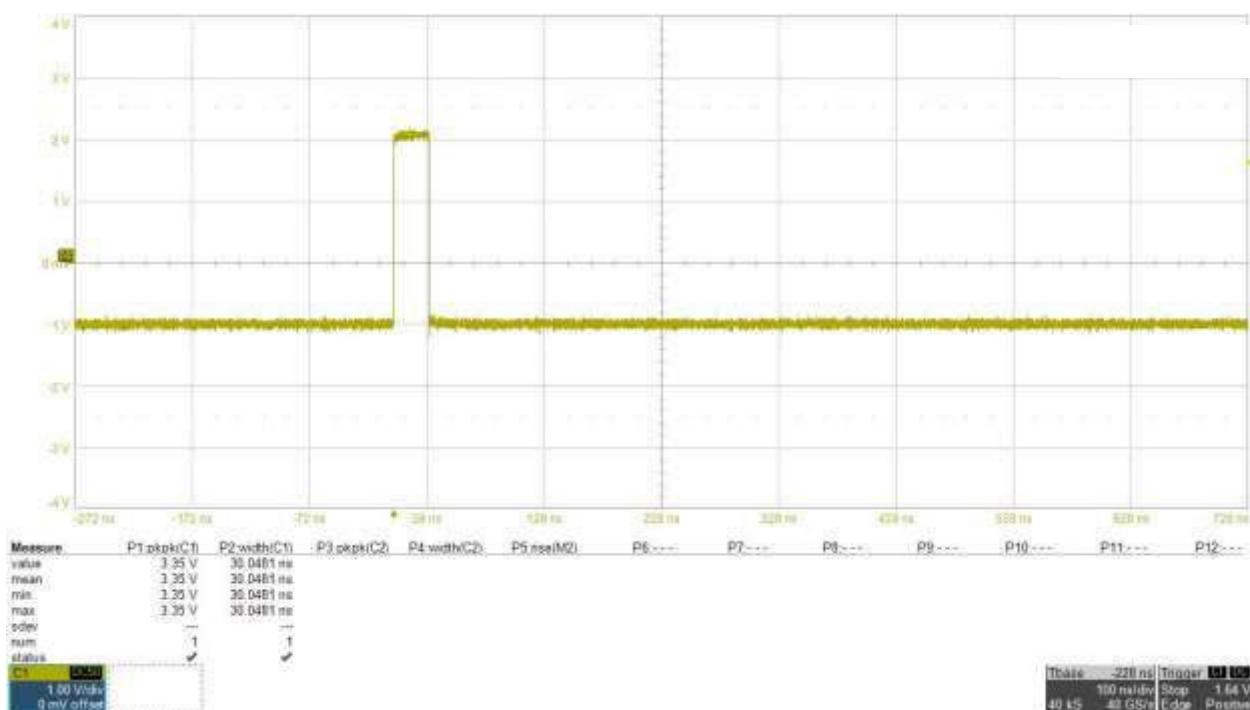


図 10：ショートパルス MOSFET 特性用ゲートパルスのオシロスコープ画面

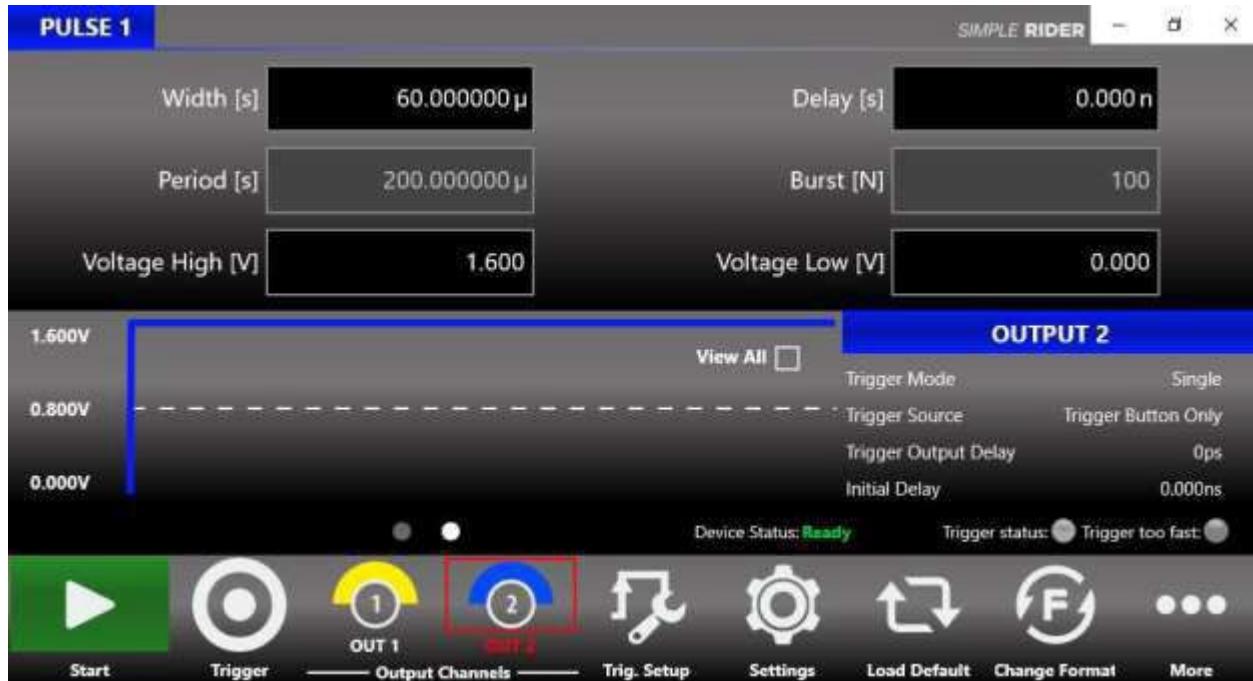


図 11：スローパルスの UI、ベースライン 0V、最大 1.6V（振幅 1.6V）、長さ 60 μ s シングルモード

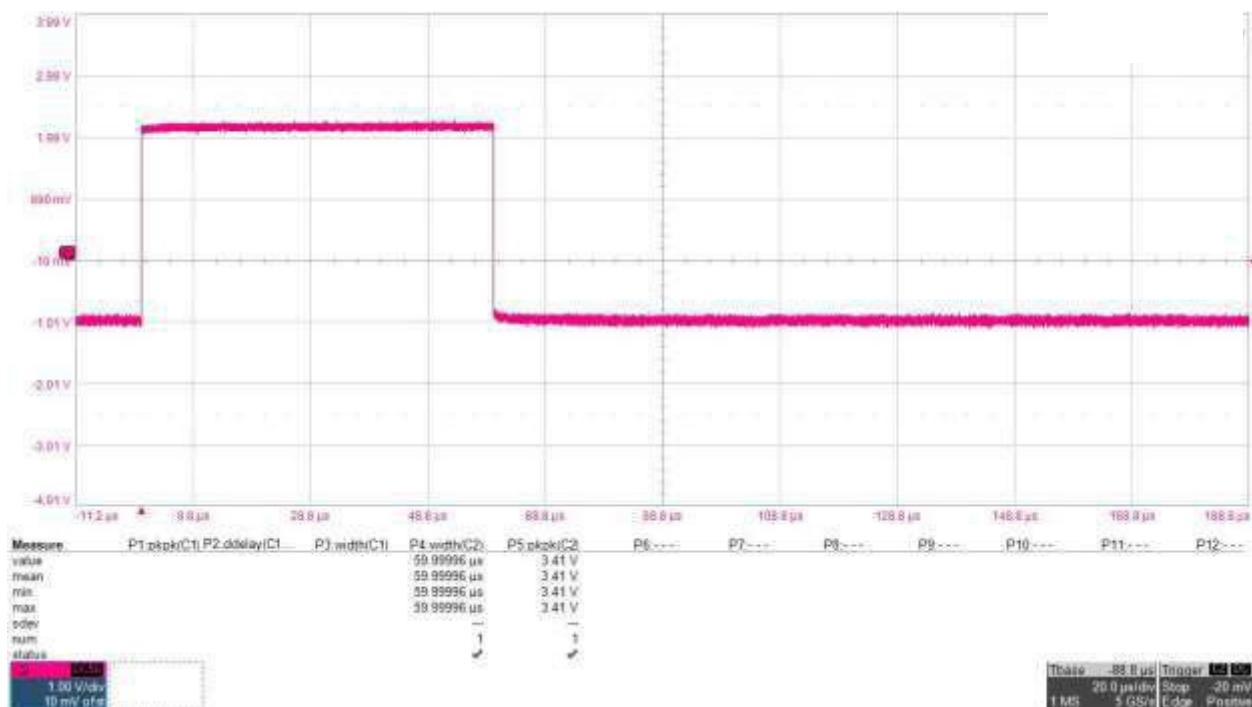


図 12：スローパルス MOSFET 特性用ゲートパルスのオシロスコープ画面

PULSE RIDER

Pulse Rider シリーズは、もっとも使い易いタッチスクリーン・ディスプレイ・インターフェイス (SimpleRider™) を使って、高品質な信号を提供します。

パルスを生成するのに必要なのは、たった数回のスクリーンタッチのみです。

この革新的なハードウェア・アーキテクチャは、完全に独立したタイミング・パラメータで 2 重、3 重、4 重パルスのような、さまざまなパルスシーケンスを生成することを可能にします

※ 製品を廃棄する場合には、地方自治体の条例・規則に従って廃棄してください。 ● 製品改良等により、外観および性能の一部を予告なく変更することがあります。
※ 社名、商品名等は各社の商標または登録商標です。 ● お問い合わせは、下記当社営業部および営業所または取次店へお問い合わせください。 ● 価格は変更の可能性があります。ご注文の際にはご確認を頂けますようお願い申し上げます。

IWATSU
岩崎通信機株式会社

技術的なお問い合わせ フリーダイヤル :

 0120-102-389 E-mail:info-tme@iwatsu.co.jp

受付時間 土日祝日を除く営業日の 9:00 ~ 12:00/13:00 ~ 17:00

URL: <https://www.iwatsu.co.jp/tme>

■計測営業課 ☎168-8501 東京都杉並区久我山1-7-41 TEL 03-5370-5474 FAX 03-5370-5492
■アカウント営業課 ☎168-8501 東京都杉並区久我山1-7-41 TEL 03-5370-5474 FAX 03-5370-5492
■国際営業課 ☎168-8501 東京都杉並区久我山1-7-41 TEL 03-5370-5483 FAX 03-5370-5492
■西日本営業所 ☎550-0005 大阪府大阪市西区西本町2-3-6山岡ビル1F TEL 06-6535-9200 FAX 06-6535-9215
■中日本営業所 ☎460-0002 愛知県名古屋市中区丸の内3-7-33アカモンビル TEL 052-228-3834 FAX 052-951-3576