

IGBT アプリケーションノート

新開発 第 3 世代 650V IGBT**産業機器向けソフトかつ高効率スイッチングデバイス**

近年、フィールドストップ構造トレンチ IGBT の開発により、更なる高性能デバイスがリリースされています。最新デバイスは低導通損失と低スイッチング損失を実現しており、スイッチング周波数が 20kHz 以上の回路でも高効率なシステムが実現可能となります。しかしながら、高性能なデバイスの使用にはしばしば困難が伴います。その内いくつかはデバイス固有の特性に由来します。例えば、小さく非線形な寄生容量はスイッチング速度の調整の難しさをもたらします。加えて、パッケージおよび PCB ボードに由来する寄生インダクタンスはコレクター-エミッタ間とゲート-エミッタ間のリンギングを引き起こし得ます。このようなアプリケーションの観点からの懸念により、最新 IGBT デバイスの用途が制限されることに繋がります。

ロームが新開発した第 3 世代のフィールドストップ構造トレンチ IGBT シリーズは、「パフォーマンス」と「使いやすさ」の両者を最適化した特性を提供します。高速かつスムーズなスイッチング動作により、第 3 世代 IGBT は外付けゲート抵抗を小さくした場合でも駆動が容易になっています。結果として、最小限の PCB ボードおよび EMI フィルタの設計負荷で、高効率な回路システムを実現することが可能です。

このアプリケーションノートでは、第 3 世代 IGBT シリーズの技術的な特長、および産業機器アプリケーションにおける使用上の利点について説明します。ポータブル溶接機と DC/AC インバータを例に挙げ、ロームの第 3 世代 IGBT と市場に流通している競合品 IGBT のデバイス性能を比較していきます。

1 - 第3世代 IGBT

ロームは IGBT の量産を 2009 年から開始しました。また、第2世代より図1に示す通りライトパンチスルー構造を導入しました。ライトパンチスルー構造は、低 $V_{CE(sat)}$ や高速スイッチングなど性能の利点を IGBT にもたらしめます。これは、ドリフト層におけるキャリア濃度勾配がエピタキシャル層を用いた従来のパンチスルー構造よりも小さくなることに起因します。これにより、電子密度（多数キャリア）が増加し、ホール密度（少数キャリア）が減少します。

第3世代 IGBT では、ライトパンチスルー構造に加えて、セル構造の微細化を実施しています。これによりデバイスの寄生容量を低減してスイッチング挙動を改善し、ドライブ回路の設計負荷を軽減することができます。更に、第2世代品と比較してウエハ厚の15%削減を達成しています。これは導通時のデバイス損失を低減するだけでなく、ターンオフ時に引き抜く必要のあるキャリア数が減少し、スイッチング損失も低減することが出来ます。

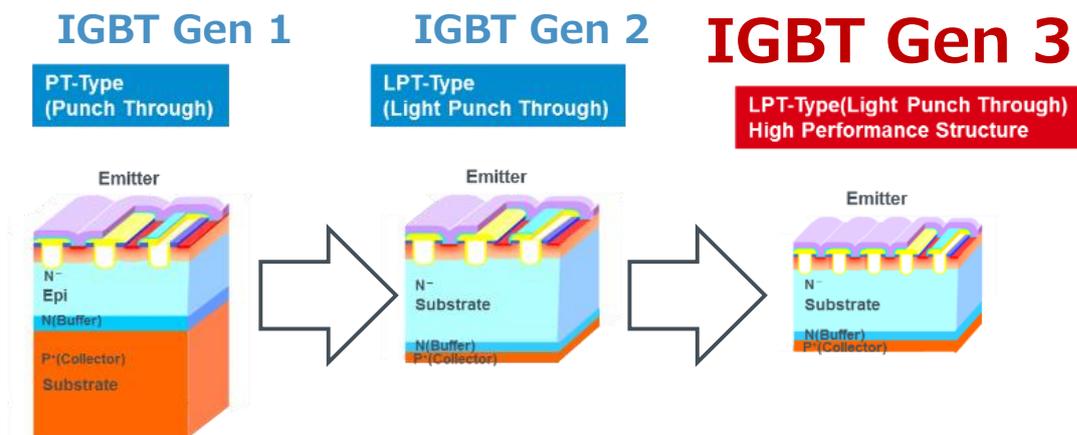


Figure 1. ローム IGBT の技術改善トレンド

2 - 製品ラインアップ

第3世代 IGBT のラインナップ一覧を表1にまとめています。また、デバイスの品番命名ルールを図2に示します。電流定格を表す箇所は、ケース温度 $T_c=100^\circ\text{C}$ における電流定格の2倍の値を規定しています（他社の IGBT と比較して記載が異なる場合があります）。各電流定格について、IGBT 単体品とファストリカバリダイオード（以下：FRD）同梱品の2種類を用意しています。RGTV シリーズは、同梱 FRD の電流定格は IGBT と同じです。RGW シリーズは、同梱 FRD の電流定格は IGBT の定格より小さいものを採用しており、各 FRD の電流定格値を表1の括弧内に記載しています。

なお、第3世代 IGBT は2つの製品シリーズに分類されます。

- **RGTV** シリーズ、高速スイッチング、かつ短絡耐量保証 $2\ \mu\text{s}$
- **RGW** シリーズ、超高速スイッチング、短絡耐量保証なし

上記の製品シリーズでは、ケース温度 $T_c=100^\circ\text{C}$ で 30A から 80A までの電流定格品を、TO-247N（非絶縁タイプ）と TO-3PFM（絶縁タイプ）の両方のパッケージにてラインアップしています。

Table 1. 第3世代 IGBT の製品ラインアップ

RGTV シリーズ

TO-247N			TO-3PFM	
	IGBT 単体品	FRD 同梱品 (ダイオード電流定格)	IGBT 単体品	FRD 同梱品 (ダイオード電流定格)
30A	RGTV60TS65	RGTV60TS65D (30A)	RGTV60TK65	RGTV60TK65D (30A)
50A	RGTV00TS65	RGTV00TS65D (50A)	RGTV00TK65	RGTV00TK65D (50A)
80A	RGTVX6TS65	RGTVX6TS65D (80A)	-	-

RGW シリーズ

TO-247N			TO-3PFM	
	IGBT 単体品	FRD 同梱品 (ダイオード電流定格)	IGBT 単体品	FRD 同梱品 (ダイオード電流定格)
30A	RGW60TS65	RGW60TS65D (20A)	RGW60TK65	RGW60TK65D (20A)
40A	RGW80TS65	RGW80TS65D (20A)	RGW80TK65	RGW80TK65D (20A)
50A	RGW00TS65	RGW00TS65D (30A)	RGW00TK65	RGW00TK65D (30A)

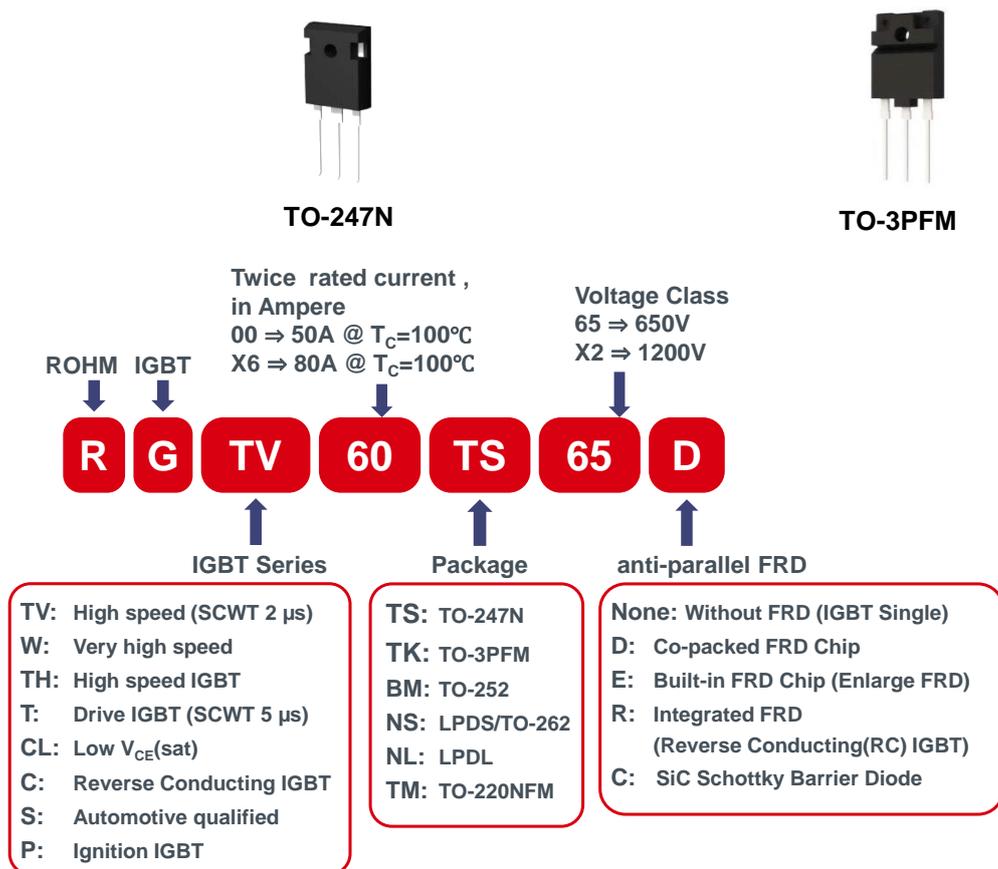


Figure 2. ROHM IGBT の品番命名ルール

3 - 第3世代デバイス

ロームは様々な IGBT シリーズをリリースしており、それぞれターゲットとしているアプリケーションおよび市場が異なります。短絡耐量 SCWT、飽和電圧 $V_{CE(sat)}$ 、スイッチング損失といったパラメータを各アプリケーションの要求に合わせて入れています。図3はロームの各 IGBT シリーズを横軸：短絡耐量、縦軸：スイッチング周波数で図示したものです。

第1世代 IGBT は車載イグナイタ市場をターゲットにラインアップしており、ブレイクダウン電圧の要求は 360V~560V 前後になります。

第2世代 IGBT のうち、RGCL シリーズは低 $V_{CE(sat)}$ に特化しています。一方でスイッチング損失を犠牲にしており、低いスイッチング周波数向けです。RGTH シリーズは低スイッチング損失を実現し、スイッチング電源 (SMPS) やバッテリー充電器といった産業機器分野にアプローチしています。これらのアプリケーションでは一般的に短絡耐量の保証は必要ありません。一方で、産業機器モータードライブ回路では $5\mu s$ の短絡耐量を要求されるため、RGT シリーズを推奨しています。最後に、RGS シリーズは短絡耐量の保証に加えて車載信頼性を満足しているため、電動コンプレッサーやヒーター等の用途向けで車載システムに採用されています。

図3の通り、新開発の第3世代 IGBT は主に高効率の産業機器アプリケーションをターゲットにしています。例えば、太陽光発電パワーコンディショナー、単相電源、無停電電源 (UPS)、バッテリー充電器、そして溶接機などです。これらのアプリケーションにおける短絡耐量の要求はごく短時間 ($\leq 2\mu s$)、もしくは $0\mu s$ です。その代わりに、IGBT のパフォーマンスを最大限に引き出すことが要求されます。これらの要求に応えるための、第3世代 IGBT の低導通損失と低スイッチング損失特性に関して次章から紹介していきます。

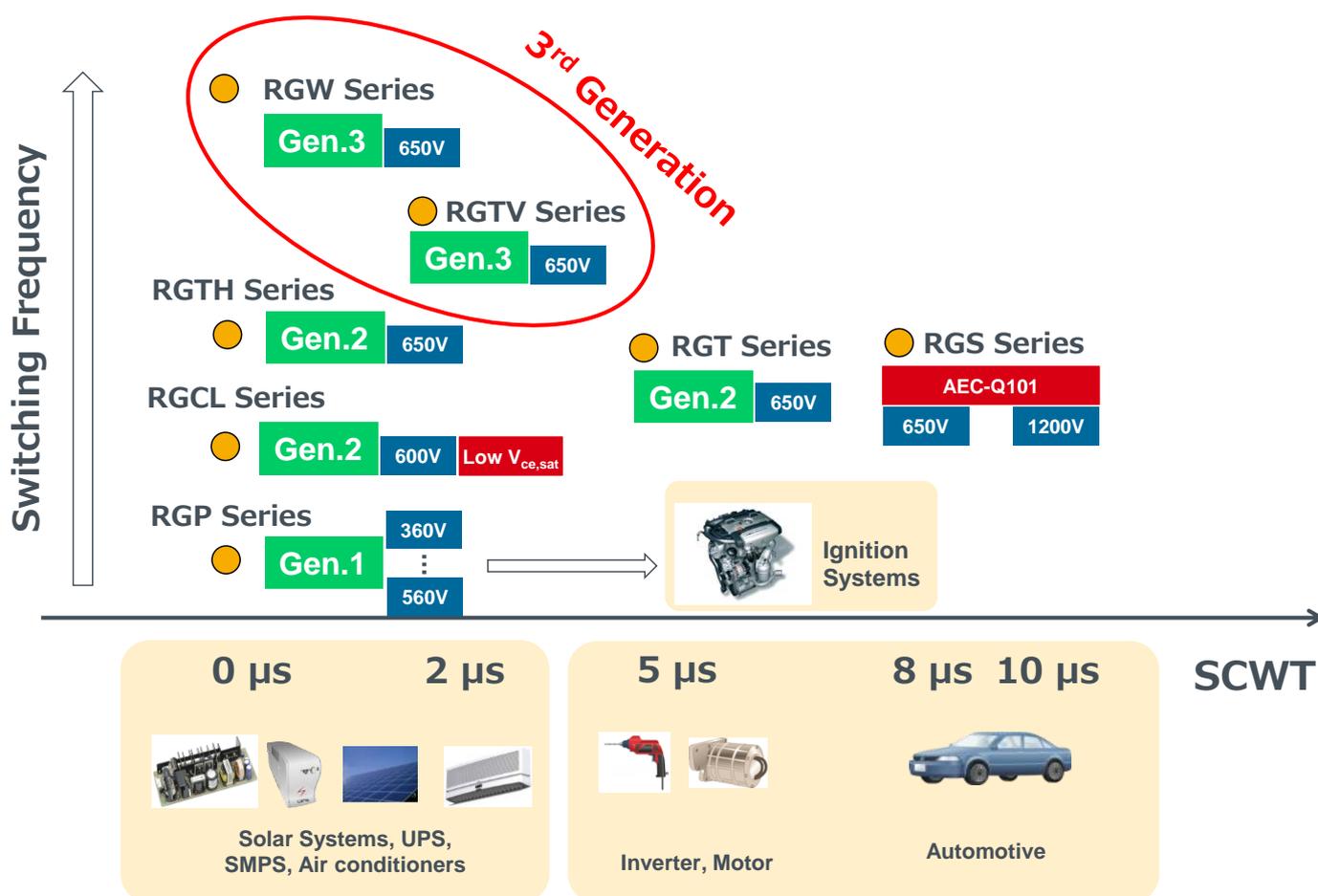


Figure 3. アプリケーションマップおよびリリース済みのローム IGBT シリーズ

4 - IGBT のパフォーマンス

第2章で説明した通り、第3世代のデバイス構造によって IGBT における $V_{CE(sat)}$ -ターンオフ損失のトレードオフを改善することが出来ました。これらのパラメータを最適化することで、低導通損失と低スイッチング損失を両立することが可能です。

図4は、第2世代 RGTH シリーズと第3世代 RGTV シリーズの同じ電流定格品同士での比較です。左側のグラフは、室温（25℃）と最大ジャンクション温度（175℃）における、コレクタ電流に対する $V_{CE(sat)}$ 特性をプロットしています。新製品の $V_{CE(sat)}$ は 25℃で 0.1V（約 6%）、175℃で 0.25V（約 12%）改善しています。

同様に、右側のグラフは同一条件におけるターンオフ波形の重ね合わせになります。第3世代のデバイス構造最適化による効果を確認することが出来ます。**RGTV60TS65D** はテール電流がほとんど無く、コレクタ電流の立下りが高速になっています。その結果として、 E_{off} 損失の 10%低減を実現しています。

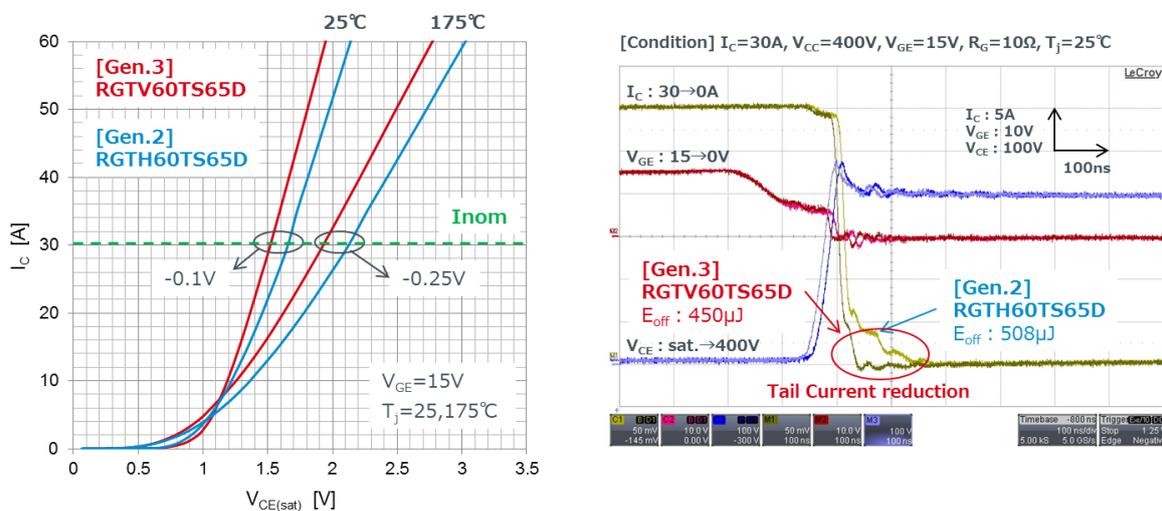


Figure 4. ロームの第2世代 IGBT と第3世代 IGBT の静特性および動特性比較

前章で示した通り、RGW シリーズは超高速 IGBT 製品になります。図5の RGW シリーズと RGTV シリーズの 50A 定格品同士でのターンオフ波形比較において、その結果を証明しています。同一条件において、**RGW00TS65D** は更に E_{off} 損失の 25%低減を実現しています。

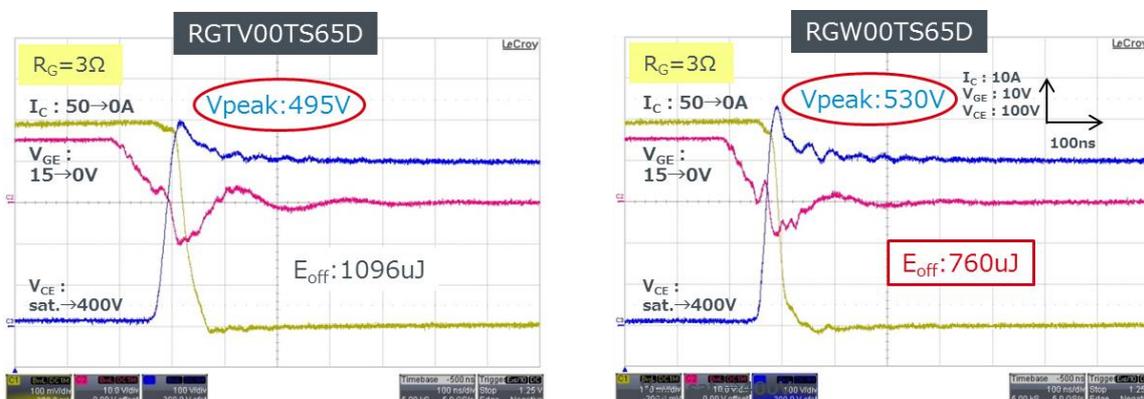


Figure 5. 50A 定格品 IGBT における RGTV シリーズと RGW シリーズの波形比較

IGBTと同様に、同梱されているファストリカバリダイオード（FRD）技術も改良されています。薄ウエハ化とフィールドストップ構造を適用した第6世代FRD技術を採用しています。それにより、低い順方向電圧 V_F と低い逆回復電荷 Q_{rr} を両立しています。これらの特長は、インバータ回路においてダイオードの損失を下げるだけでなく、対向 IGBT の損失を下げる重要な役割も果たします。それと同時に、第6世代FRDはリカバリ波形が非常にスムーズです。高速かつソフトリカバリで、FRDはもちろん IGBT におけるリングングも抑制することができます。このことは、図6のローム第6世代FRD、第3世代FRD、および競合品FRDの波形比較において確認することができます。第6世代品では、リカバリ時の電流・電圧波形のリングングがほとんどありません。それに加えて、 Q_{rr} の温度依存性も小さくなっています。

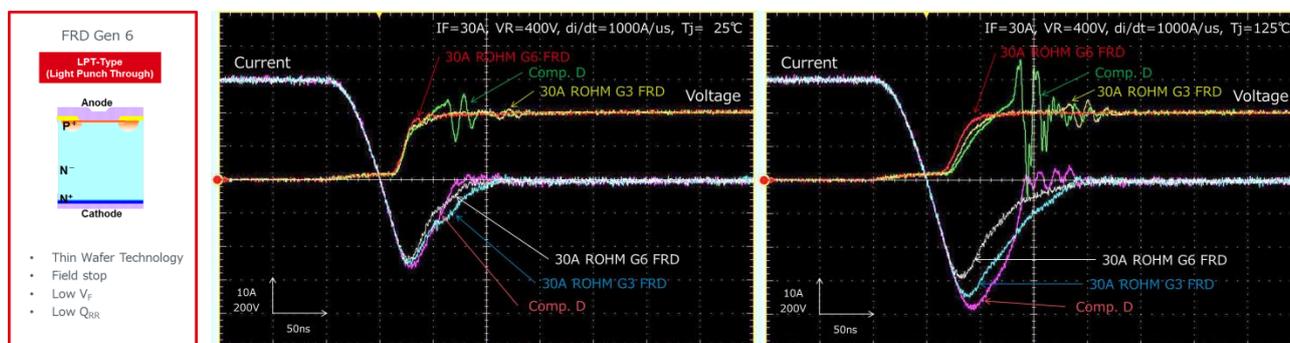


Figure 6. 第6世代FRD技術の概要 (左) 30A 定格品FRDの $T_j=25^\circ C$ と $T_j=125^\circ C$ におけるリカバリ波形 (右)

IGBTの $V_{CE(sat)}$ と E_{off} 特性改善、並びに同梱FRDの Q_{rr} 低減によりデバイスとしての損失を下げるすることができます。それがシステムの高効率化、冷却機構の簡素化にも繋がります。例えば、ヒートシンクや冷却ファンの小型化や削減が可能になります。次章では、ポータブル溶接機とDC/ACインバータを用いて、第3世代IGBTの各アプリケーションにおける効果を見ていきます。

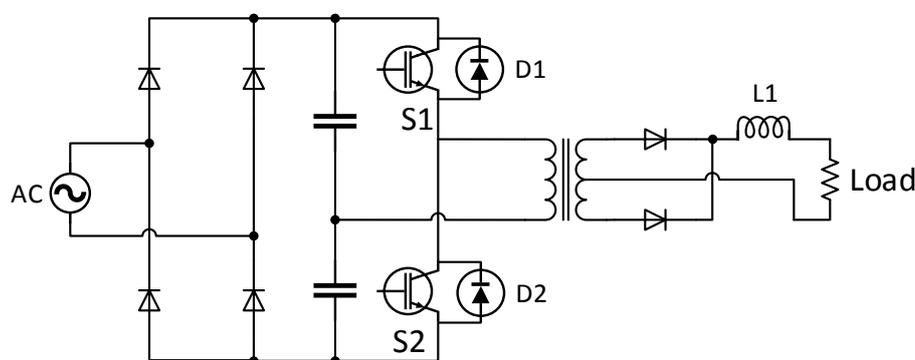
5 - ポータブル溶接機における利点

5.1 - 動作原理

ポータブル溶接機は絶縁型AC/DCコンバータです。溶接用途によってティグ溶接（TIG溶接）や被覆アーク溶接（MMA溶接）等が用いられます。図7はポータブル溶接機の一般的な外観とハーフブリッジ方式の主回路です。入力電力は5kWに制限されており、基本的に単相入力の機器であり、IGBTやMOSFETのディスクリート品がスイッチ S_1 とスイッチ S_2 に使用されます。同様に、2次側のダイオードもディスクリート品が用いられます。



(a)



(b)

Figure 7. (a) ポータブル溶接機の外観 (b) ハーフブリッジ方式の簡易回路図

このような溶接機の主動作波形が図8になります。この波形は図7におけるローサイドスイッチ **S2** における波形です。t₁ でスイッチ **S2** がターンオンします。t₁ から t₂ の期間は **S2** が導通しています。t₂ で **S2** がターンオフし、S1 に逆並列接続している **D1** にコイル電流が流れます（図8には波形無し）。t₃ で **D1** に流れる電流がゼロとなり、**S2** のコレクター-エミッタ間の電圧共振が DC 電圧の半値で始まります。t₄ でハイサイドスイッチ **S1** がターンオン、そして **S2** が全電圧を保持します。t₅ で **S1** がターンオフします。ここで **S2** の逆接続ダイオードの **D2** が導通し始めます。t₆ で **D2** に流れる電流がゼロとなり、再度 **S2** の V_{CE} が共振を開始します。t₇ で **S2** がターンオンします、この周期が繰り返されます。

Waveforms S2

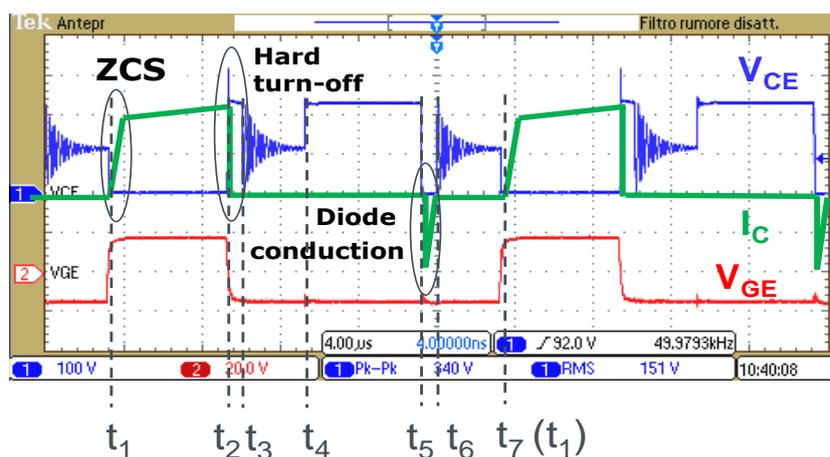


Figure 8. ハーフブリッジ方式のポータブル溶接機における簡易波形図

5.2 - IGBT における損失と特性比較

図8の波形に基づいて、1次側の半導体デバイスで発生する損失を判別することが出来ます。**S2** がターンオンする時 (t₁ と t₇)、1次側のコイルを通じての電流は流れていません。つまり、このスイッチング動作は電流値がゼロの時に起こり、この動作における損失は無視出来ます。一方で、**S2** がターンオフする時 (t₂)、1次側のコイル電流はゼロになり、一方で IGBT のコレクター-エミッタ間電圧が V_{CE(sat)} から DC 電圧まで上昇します。ここはもちろん損失の発生するプロセスであり、発生する電力損失は IGBT テクノロジーと電圧および電流、外付けゲート抵抗、寄生ループインダクタンス等の回路パラメータに左右されます。これらのスイッチング損失に加えて、t₁-t₂ 間の IGBT の導通損失、t₅-t₆ 間のダイオードの導通損失も存在します。ダイオードの導通期間は IGBT と比較して短いため、ダイオードの導通損失はシステム全体の損失への影響は少ないです。

上記で説明した損失メカニズムから考えると、次の IGBT パラメータがポータブル溶接機の性能を左右します。

- V_{CE(sat)}、導通損失の最小化
- E_{off}、スイッチング損失の最小化

それに加えて、IGBT デバイスとヒートシンクの間には絶縁シートを使用しない場合は特に R_{th,jc} もチップ温度を下げるために重要な役割を果たします。表2は各 40A 定格品 IGBT デバイスのパラメータ表です。各特性値はインターネット上のデータシートを参照しています。**RGTH80TS65D** と **RGW80TS65D** を比較することで、第3世代での特性改善を確認することが出来ます。**競合品 A** の V_{CE(sat)} と E_{off} 特性はロームの第2世代品と同等特性である一方、**競合品 B** は **RGW80TS65D** よりも更に低い E_{off} を示しています。

Table 2. 650V クラス 40A 定格品 IGBT における特性比較

デバイス	$V_{ce(sat)}$ @ 40A (25°C/175°C, typ)*	E_{off} @ 40A, 400V & 175°C ($E_{off}, R_{g,off}$)*	$R_{th,jc}$ (max)*
RGW80TS65D (第3世代品)	1.5 V / 1.85 V	910 μ J, 10 Ω	0.70 K/W
RGTH80TS65D (第2世代品)	1.6 V / 2.1 V	1200 μ J, 10 Ω	0.64 K/W
競合品 A	1.6 V / 2.1 V	1200 μ J, 22 Ω	0.53 K/W
競合品 B	1.65 V / 1.95 V	625 μ J, 15 Ω	0.65 K/W

* インターネットに掲載されているデバイスのデータシートに基づく

5.3 - ポータブル溶接機を用いた回路試験

この章では、ポータブル溶接機を用いた回路試験から得られたデータに基づいて議論します。前章の表 2 に記載した E_{off} 損失は、異なる外付けゲート抵抗値で測定されています。図 9 は、表 2 に記載のデバイスにおける外付けゲート抵抗値と電圧オーバーシュート（溶接機での実測値）の関係をプロットしています。この種類のシステムは、一般的に 100nH を超える回路上のループインダクタンスが存在しています。そのため、IGBT がターンオフする際の電流降下中に dI_c/dt 起因で大きな電圧スパイクが生じる場合があります。ブレイクダウン電圧から 20% のマージンを確保するためには、スパイク電圧は 520V を超えないように設計します。例えば入力電圧を 360V と考えた場合、電圧オーバーシュートは 160V を超えないようにする必要があります。

図 9 に示している通り、 $R_{g,off} = 10\Omega$ の条件下において電圧オーバーシュートが許容値より低いのは **RGTH80TS65D** と **RGW80TS65D** だけです。一方、**競合品 A** と **競合品 B** は $R_{g,off}$ を 22 Ω まで大きくする必要があります。

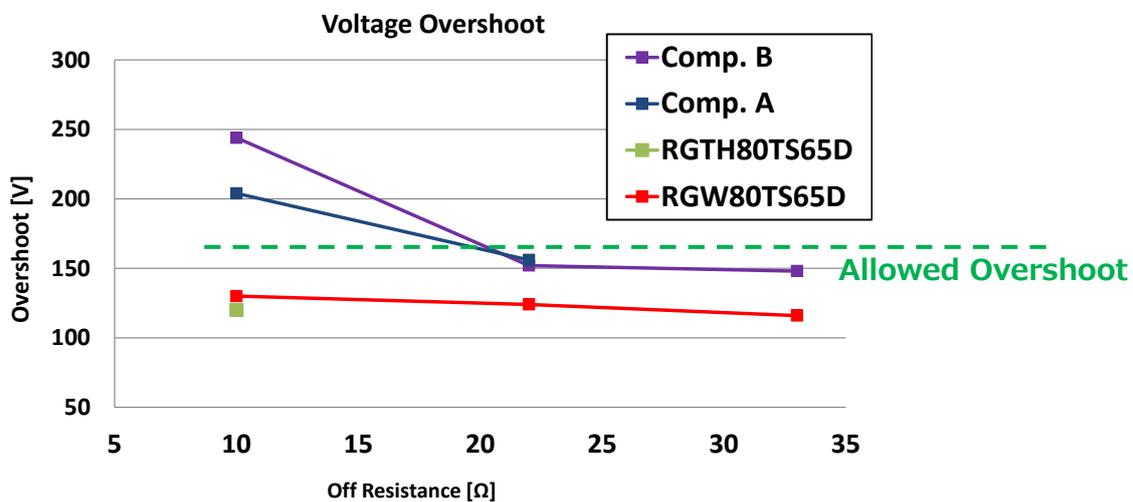


Figure 9. 各 IGBT 使用時の外付けゲート抵抗とターンオフ時電圧オーバーシュートの関係

続いて、表 3 に示す回路パラメータの溶接機を使用して各 IGBT デバイスの性能を評価しました。冷却機構は強制空冷、IGBT は絶縁シート無しで実装しています。そのため、ジャンクション温度を算出する際は IGBT デバイスの $R_{th,jc}$ 特性も重要となります。

Table 3. IGBT の性能比較に用いた溶接機の回路パラメータ

回路パラメータ	設定値
回路方式	ハーフブリッジ
出力電流	175 A
スイッチング周波数	50 kHz
定格出力電力	2.5 kW
デューティー比	~ 40 %
S1/S2 平均電流	~ 16 A @ 定格電力
S1/S2 スwitching電流	~ 40 A @ 定格電力
ON/OFF ゲート電圧	15 V / 0 V

溶接機での試験時間は合計 3 分間で、手順としては最初の 1 分間は定格電力で駆動します。その後の 1 分間（2 分目）は回路駆動無し、その後の 1 分間（3 分目）に再度定格電力で回路を駆動させました。図 10 の左側は、この 3 分間における IGBT のケース温度測定結果です（ケース温度は実装されている裏面側ではなくモールド表面側を測定しています）。図 9 での結果を踏まえて、 $R_{g,off}$ 値は **RGTH80TS65D** と **RGW80TS65D** で 10Ω、**競合品 A** と **競合品 B** で 22Ωを適用しています。図 10 の右側は、3 分間試験における最終ケース温度とケース初期温度の差分を比較しています。

予想通り、**RGW80TS65D**（第 3 世代品）は **RGTH80TS65D**（第 2 世代品）よりも低い温度上昇を示しています。**競合品 A** の温度上昇はロームの第 2 世代品よりは低いものの第 3 世代品よりは高くなっています。**競合品 B** は試験した中で温度上昇は最も低くなっています。

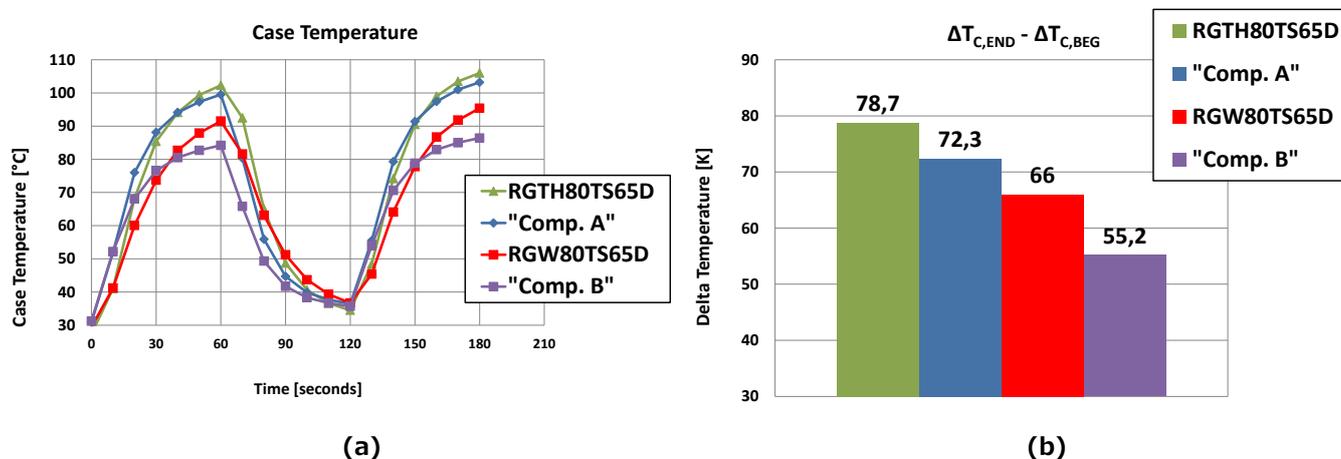


Figure 10. (a) 各 IGBT 使用時の溶接機での 3 分間試験におけるケース温度（表面側）

(b) 同試験における最終ケース温度とケース初期温度の差分

ここで、もう一つの重要特性である、IGBT のターンオフ時における振る舞いについて比較していきます。この振る舞いは、コレクターエミッタ間やゲートエミッタ間で生じるリングングに関係してきます。

図 11 は、溶接機の回路上で評価した際の IGBT のコレクターエミッタ間およびゲートエミッタ間の電圧波形です。**RGW80TS65D**（左）の 10Ωでの電圧波形と比較すると、**競合品 B**（右）の 10Ωでの電圧波形は 2 倍以上の電圧オーバーシュートに加えて、ピーク電圧に到達した後にリングングが継続します。一方で **RGW80TS65D** は、最初の電圧オーバーシュートの後スムーズに DC リンク電圧へ近づいていきます。この結果から、**競合品 B** が引き起こす EMI ノイズのレベルは **RGW80TS65D** よりも大きいことが予測されます。それに加えて、コレクターエミッタ間のリングングはゲートエミッタ間にもリングングを発生させます。**競合品 B** のゲートエミッタ間のリングングは IGBT デバイスのしきい値電圧よりも大きくなっています。それはつまり、セット全体の回路そのものを破壊する可能性のある、寄生ターンオンおよび上下アーム短絡のリスクを示しています。

リングングの振幅低減は、ターンオフ時の外付けゲート抵抗を大きくすることにより可能です。それは図 11 右下の 33Ωでの測定結果からも見て取れます。しかしながら、**競合品 B** は電圧オーバーシュートを低減しても、 V_{CE} のリングング期間は **RGW80TS65D** の 10Ω条件下よりも長いままでした。加えて、 V_{GE} のピーク電圧は依然として IGBT デバイスのしきい値よりも大きいままでした。

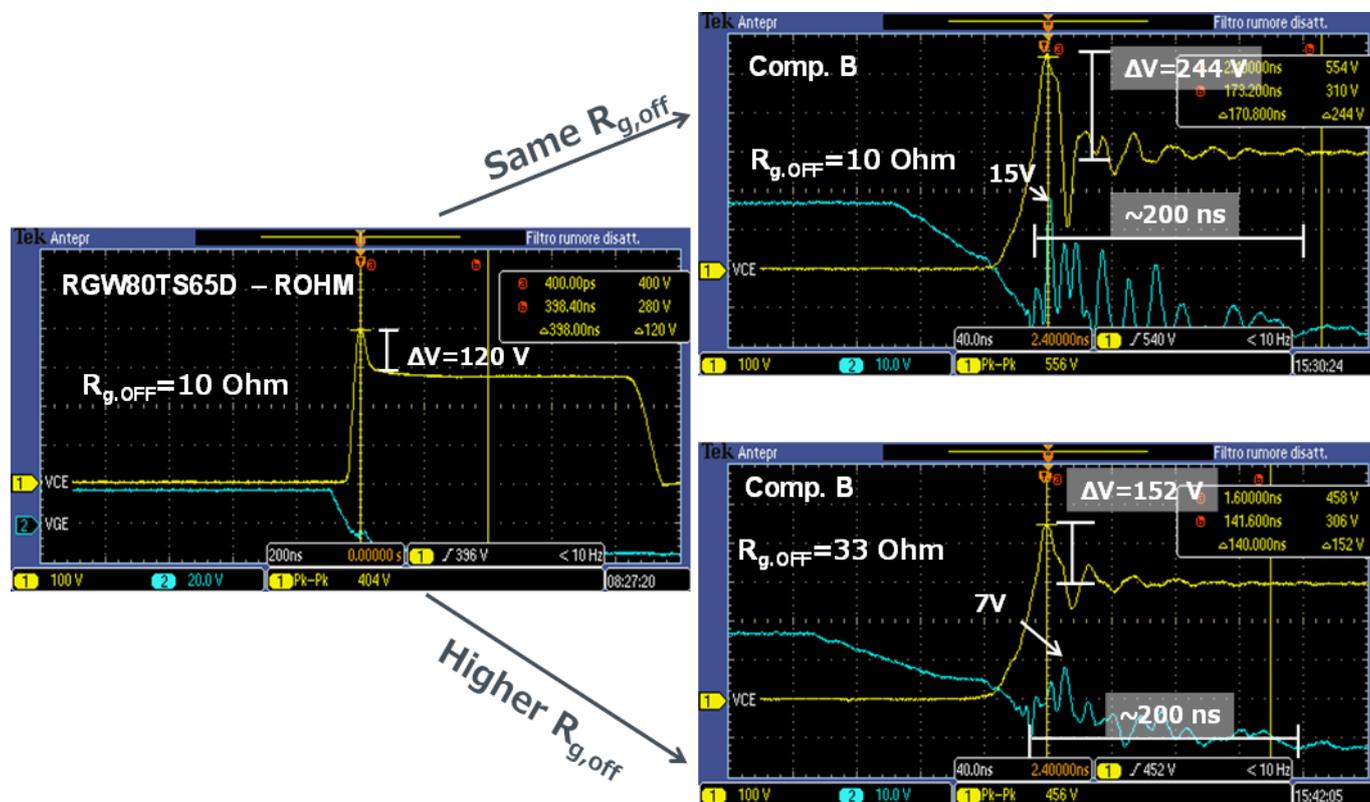


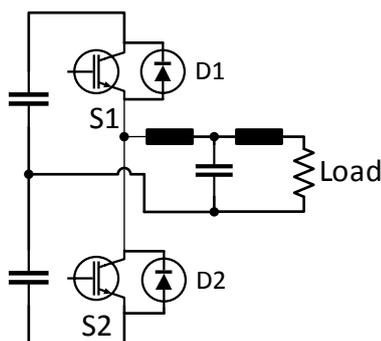
Figure 11. 溶接機での評価におけるターンオフ時の IGBT 波形、 V_{CE} (黄色)、 V_{GE} (水色)

6 - DC/AC インバータにおける利点

太陽光発電パワーコンディショナーや無停電電源（UPS）等のシステムは、直流電圧を交流電圧に変換するインバータ回路を少なくとも 1 つは有しています。インバータ回路で生み出されたエネルギーは、パワーコンディショナーの場合は送電網に、UPS の場合は交流負荷に提供されます。一般的に使用されている回路方式として、単相システムではハーフブリッジ回路（HB）やフルブリッジ回路（FB）、三相システムでは 3 レベル回路や中性点クランプ回路（NPC）があります。これらの用途において IGBT を用いたディスクリート品やモジュール品が広く普及しています。溶接機の回路とは違い、これらの回路では IGBT はターンオン時もターンオフ時もハードスイッチングになります。そのため、IGBT に同梱されている逆接ダイオードの特性が重要な役割を果たします。第 4 章で触れたように、第 3 世代 IGBT に同梱されている第 6 世代 FRD は低い順方向電圧と逆回復電荷の低減を実現しています。

ハードスイッチング駆動における IGBT の性能を確認するために、単相のハーフブリッジ回路インバータを用いました。

図 12 の左側は簡易回路図、右側は主な回路パラメータを示しています。



回路パラメータ	設定値
入力電圧	400 V _{DC}
出力電圧	130 V _{AC}
定格電力	2 kW
周波数	24 kHz
ON/OFF ゲート電圧	15 V / -3 V

Figure 12. 評価に使用したインバータの簡易回路図 (左) インバータの主な回路パラメータ (右)

インバータ回路での比較評価においては、前述の溶接機と同じく **RGW80TS65D** (第3世代品) と **RGTH80TS65D** (第2世代品) を使用しました。加えて、競合他社からは**競合品 B**を含む最新シリーズの中から、ソフトスイッチング版のデバイスを**競合品 C**として比較しました。前章の評価と同様に、インバータ評価の前に適切な $R_{g,off}$ 値を選択しました。このインバータ回路のループインダクタンスは 50nH 程度と溶接機よりも低いため、**RGW80TS65D** と **RGTH80TS65D** は $R_{g,off}$ に 5Ω を使用しました (回路上でターンオフ時の電圧オーバーシュートが 650V 耐圧の 20% マージンを考慮した 520V 以下になる $R_{g,off}$ 値)。同様の考え方で、**競合品 C** の $R_{g,off}$ には 10Ω を使用しました。 $R_{g,on}$ は全てのデバイスで 5Ω です。

上記の通り決定した外付けゲート抵抗値でインバータ回路の効率を測定しました。図 13 がその測定結果であり、負荷率は 10% から 100% まで推移させています。この結果には IGBT での損失に加えて出力フィルタ、ケーブル、コネクタ等での損失も含まれていることになります。ただし、評価回路上における変更点は **S1** および **S2** に使用する IGBT デバイスと外付けゲート抵抗値のみです。

図 13 より、第3世代品を用いた効率結果が第2世代品と比較して改善されていることが確認出来ます。低出力時で 1.4%、中・高出力時で 0.4% に及ぶ効率改善となりました。**競合品 C** と **RGW80TS65D** 間の差異は測定誤差の範囲内であり、インバータ効率において同等と言えます。

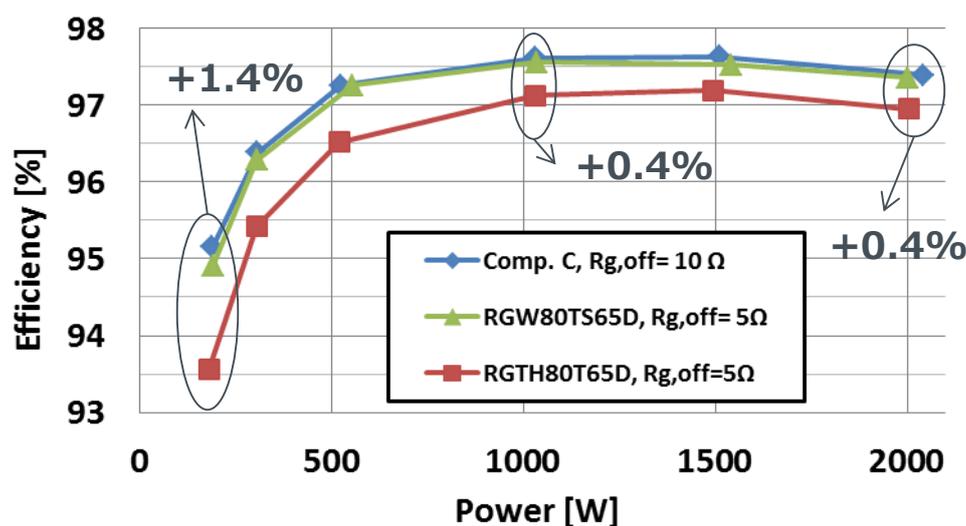


Figure 13. 第2世代品、第3世代品、競合品 C の 40A 定格 IGBT 間での効率比較

7 - 要約

ロームの第3世代 IGBT は特筆すべき技術の進化を遂げています。

TO-247N パッケージ品において RGTV シリーズは 80A、RGW シリーズは 50A までの電流定格品を提供しています ($T_c=100^\circ\text{C}$)。

RGTV シリーズおよび RGW シリーズは、様々な産業機器アプリケーションにおける要求特性を満たすべく開発しました。

(アプリケーション例：単相電源、太陽光発電パワーコンディショナー、無停電電源 (UPS)、バッテリー充電器、そして溶接機など)

DC/AC インバータやポータブル溶接機の回路を用いた比較評価結果からは、ベンチマークである競合他社の高速スイッチング IGBT シリーズと比較して大差のないパフォーマンスを示すだけでなく、ターンオフ波形がソフトかつリングを抑制した挙動となっていることが分かります。抵抗値の低い外付けゲート抵抗を用いた場合においても安定した動作を保証することが出来ます。同梱ダイオードに関しても、リカバリ時の温度依存性が少なく、かつソフトリカバリ特性を実現した第6世代 FRD の技術を取り入れました。これらの結果、ロームの第3世代 IGBT は回路性能、回路設計の効率化、フィルタ設計の簡易化の観点において、これら全ての最適化を実現出来るデバイスとなりました。

ご 注 意

- 1) 本資料の記載内容は改良などのため予告なく変更することがあります。
- 2) 本資料に記載されている内容は製品のご紹介資料です。ご使用に際しては、別途最新の仕様書を必ずご請求のうえ、ご確認ください。
- 3) ロームは常に品質・信頼性の向上に取り組んでおりますが、半導体製品は種々の要因で故障・誤作動する可能性があります。
万が一、本製品が故障・誤作動した場合であっても、その影響により人身事故、火災損害等が起こらないようご使用機器でのディレーティング、冗長設計、延焼防止、バックアップ、フェイルセーフ等の安全確保をお願いします。定格を超えたご使用や使用上の注意書が守られていない場合、いかなる責任もロームは負うものではありません。
- 4) 本資料に記載されております応用回路例やその定数などの情報につきましては、本製品の標準的な動作や使い方を説明するものです。
したがって、量産設計をされる場合には、外部諸条件を考慮していただきますようお願いいたします。
- 5) 本資料に記載されております技術情報は、製品の代表的動作および応用回路例などを示したものであり、ロームまたは他社の知的財産権その他のあらゆる権利について明示的にも黙示的にも、その実施または利用を許諾するものではありません。上記技術情報の使用に起因して紛争が発生した場合、ロームはその責任を負うものではありません。
- 6) 本資料に掲載されております製品は、耐放射線設計はなされていません。
- 7) 本製品を下記のような特に高い信頼性が要求される機器等に使用される際には、ロームへ必ずご連絡の上、承諾を得てください。
・輸送機器（車載、船舶、鉄道など）、幹線用通信機器、交通信号機器、防災・防犯装置、安全確保のための装置、医療機器、サーバー、太陽電池、送電システム
- 8) 本製品を極めて高い信頼性を要求される下記のような機器等には、使用しないでください。
・航空宇宙機器、原子力制御機器、海底中継機器
- 9) 本資料の記載に従わないために生じたいかなる事故、損害もロームはその責任を負うものではありません。
- 10) 本資料に記載されております情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、万が一、当該情報の誤り・誤植に起因する損害がお客様に生じた場合においても、ロームはその責任を負うものではありません。
- 11) 本製品のご使用に際しては、RoHS 指令など適用される環境関連法令を遵守の上ご使用ください。
お客様がかかる法令を順守しないことにより生じた損害に関して、ロームは一切の責任を負いません。
本製品の RoHS 適合性などの詳細につきましては、セールス・オフィスまでお問合せください。
- 12) 本製品および本資料に記載の技術を輸出又は国外へ提供する際には、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」など適用される輸出関連法令を遵守し、それらの定めにしたがって必要な手続を行ってください。
- 13) 本資料の一部または全部をロームの許可なく、転載・複写することを堅くお断りします。



ローム製品のご検討ありがとうございます。
より詳しい資料やカタログなどご用意しておりますので、お問合せください。

ROHM Customer Support System

<http://www.rohm.co.jp/contact/>