ディスクリート 650 V TRENCHSTOP™ IGBT7 T7 ファミリの紹介

About this document

Scope and purpose

優れた性能を備えた第 7 世代のディスクリート IGBT およびダイオード技術が多様なシリーズとしてリリースされました。これはインフィニオンの短絡定格 TRENCHSTOP™、TRENCHSTOP™ Performance、および HighSpeed 3 に代わる、非短絡定格の TRENCHSTOP™ 5 テクノロジーを使用しています。

650 V TRENCHSTOP™ IGBT7 T7 IGBT (以下、IGBT7 T7 と呼びます) は、最新のフル定格 EC7 (エミッタ制御) ダイオードが同梱されており、IGBT 飽和電圧 V_{CSsat} とダイオード順方向電圧 V_F を大幅に低減します。最大遮断電圧 V_{CE} も 600 V から 650 V に引き上げられました。優れた可制御性と短絡耐久性を備えた IGBT7 T7 は、HV-H3TRB の耐湿性を備え、短絡耐量を持ったデバイスの中で最高の電気的性能を発揮します。

IGBT7 T7 は、UPS/PV やエアコンの PFC トポロジなど、幅広いアプリケーションで非常に使いやすい産業用モータドライブ向けのクラス最高のデバイスです。

Intended audience

このアプリケーションノートは、ディスクリート 650 V IGBT7 T7 ファミリの紹介を希望する人を対象とします。

Table of contents

About this document **1**
Table of contents **1**
1 はじめに **2**
1.1 手順 2
1.2 ディスクリート 650 V IGBT7 T7 の概要 2
1.3 IGBT テクノロジー 3
2 製品のメリット **4**
2.1 より低い IGBT 飽和電圧 (V_{CEsat}) およびより低いダイオード順方向電圧 (V_F) 4
2.2 SCWT (短絡耐量)、ブロッキング電圧、導通およびスイッチング損失 5
2.3 可制御性 6
3 アプリケーションにおけるディスクリート IGBT7 T7 の利点 **7**
3.1 モータドライブ 7
3.2 UPS、PV、エアコンの PFC アプリケーション 8
4 結論 **10**
5 参考資料 **11**
改訂履歴 **12**

1 はじめに

1.1 手順

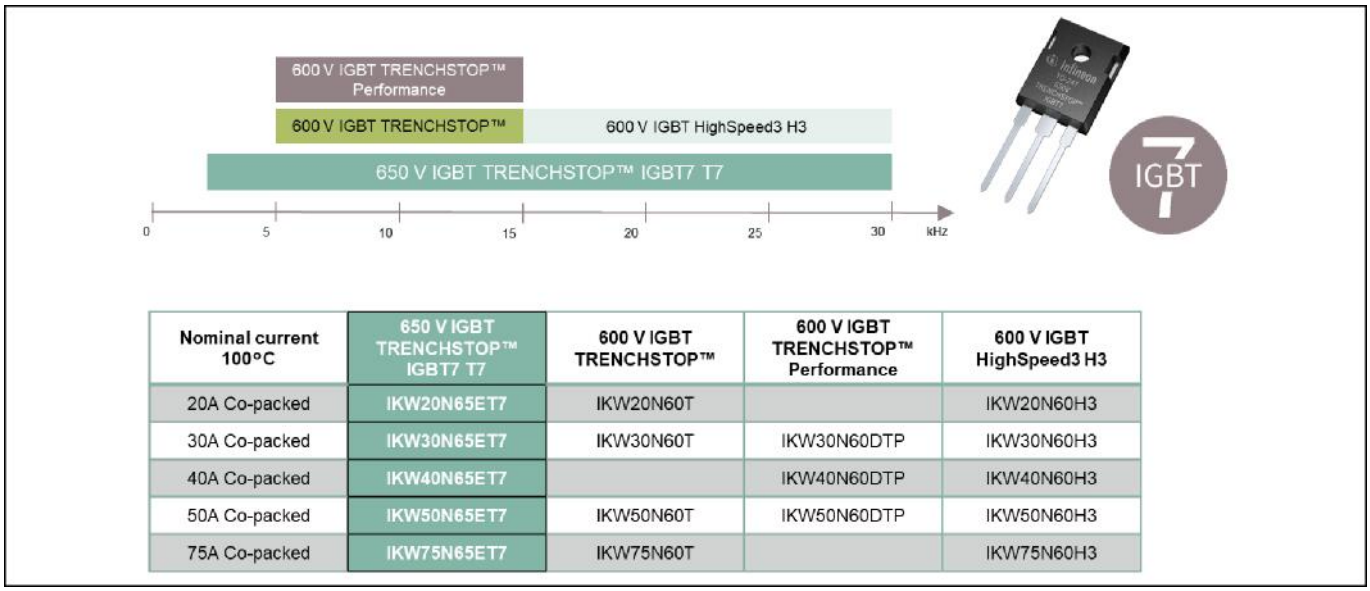
以下の情報は、デバイスの実装の参照としてのみ提供されており、デバイスの特定の機能、状態、または品質の説明または保証と見なされるべきではありません。このアプリケーションノートは、第 7 世代の 650 V ディスクリート IGBT ファミリの一般的な改善と利点を説明することを目的とします。パワーエレクトロニクスシステムの設計者向けの背景情報と、顧客アプリケーションでディスクリート IGBT7 T7 デバイスを設計する利点に関する詳細情報を提供します。

1.2 ディスクリート 650 V IGBT7 T7 の概要

ディスクリート 650 V IGBT7 T7 および EC7 (エミッタ制御 7) ダイオード技術は、次のような最先端のインフィニオン技術の後継として開発されました。

- エミッタ制御 HE ダイオード (60T と呼ばれる IKWxxN60T) と 600 V TRENCHSTOP™ IGBT が同封
- 600 V TRENCHSTOP™ Performance DuoPack IGBT およびダイオードシリーズ (DTP と呼ばれる IKWxxN60DTP)
- ソフトで高速逆回復の逆並列ダイオード (H3 と呼ばれる IKWxxNH3) と HighSpeed 3 H3 IGBT が同封

括弧内の xx は、デバイスの電流定格を表します



Nominal current 100°C	650 V IGBT TRENCHSTOP™ IGBT7 T7	600 V IGBT TRENCHSTOP™	600 V IGBT TRENCHSTOP™ Performance	600 V IGBT HighSpeed3 H3
20A Co-packed	IKW20N65ET7	IKW20N60T		IKW20N60H3
30A Co-packed	IKW30N65ET7	IKW30N60T	IKW30N60DTP	IKW30N60H3
40A Co-packed	IKW40N65ET7		IKW40N60DTP	IKW40N60H3
50A Co-packed	IKW50N65ET7	IKW50N60T	IKW50N60DTP	IKW50N60H3
75A Co-packed	IKW75N65ET7	IKW75N60T		IKW75N60H3

Figure 1 TO-247 パッケージのインフィニオン 600V / 650 V IGBT テクノロジーの概要

第 7 世代の IGBT は、簡単なプラグアンドプレイソリューションで、より高いブレークダウン電圧 (650 V) とより高い効率を提供します。IGBT7 T7 は、主に産業用モータドライブアプリケーションを対象としており、特に短絡耐量が必要な場合は、PV/UPS および空調 PFC アプリケーションにも最適です。新世代の主な機能は、次のように強調できます。

- 低 IGBT 飽和電圧 (V_{CEsat}) および低ダイオード順方向電圧 (V_F)
- 高いコレクタ-エミッタ間電圧 650 V および 150°C および V_{CC} = 400V での 3 µs SCWT(短絡耐量)定格
- 優れた可制御性
- 湿度の耐久性の向上

新世代の利点と機能の詳細については、第 2 章と第 3 章で説明します。

1.3 IGBT テクノロジー

第 7 世代のディスクリート IGBT (IGBT7 T7) には、マイクロパターントレンチ (MPT) に基づく IGBT 構造が使用されます。このセルの概念は、以前に使用されていた正方形のトレンチセルとは対照的に、サブミクロンのメサで分離された平行なトレンチセルを実装することを特長としています。**Figure 2** に、トレンチ設計の MPT 構造の概略図を示します。セルピッチが小さく、ゲート領域間のメサが狭いトレンチセルの場合、エミッタ電極に近いキャリアストレージが大幅に増加します。したがって、ドリフトゾーンの導電率が大幅に増加し、順方向電圧が大幅に低下します。[1]

新しい技術と新しい構造により、スイッチング損失をさらに改善 (低減) し、飽和電圧 V_{CEsat} もさらに低下させられます。

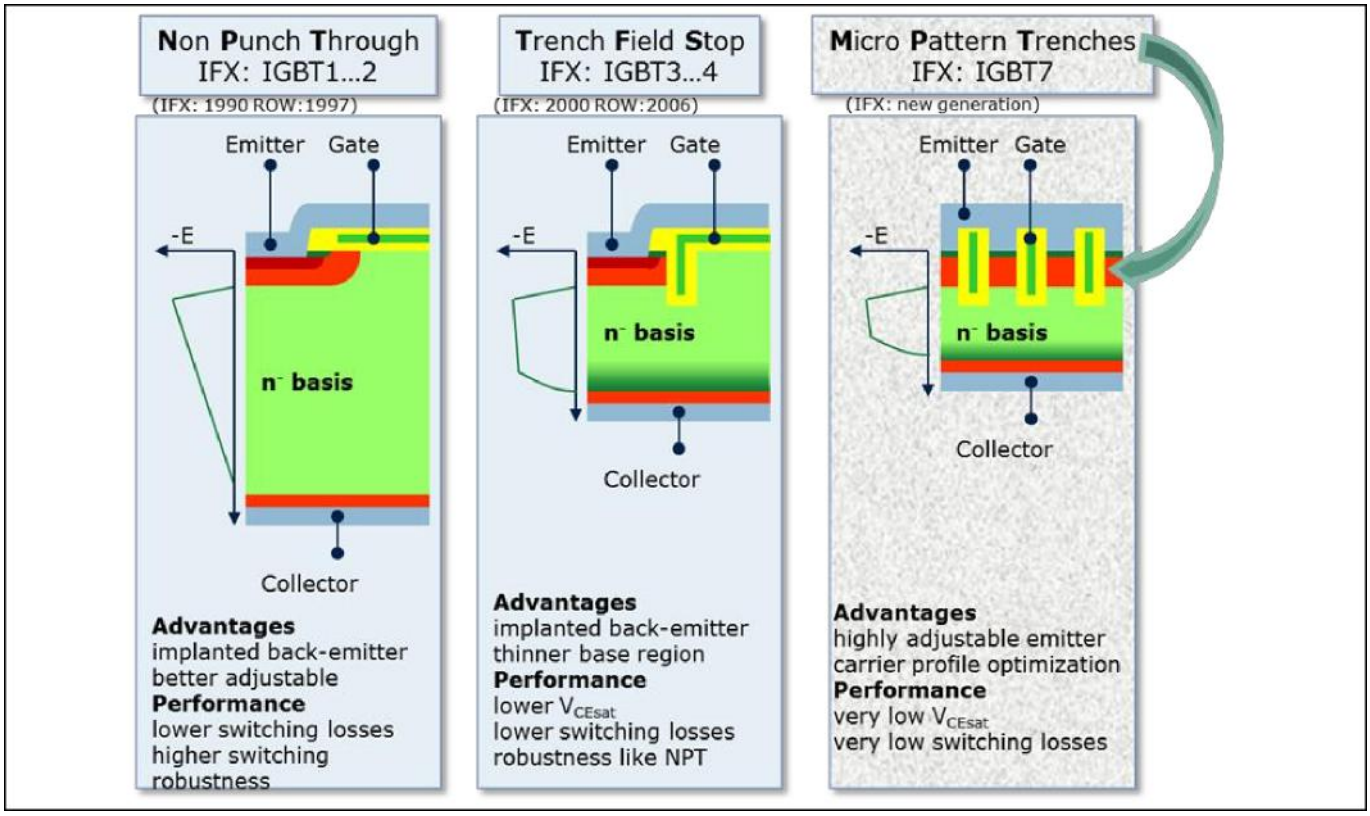


Figure 2 チップ技術の概要 [1]

2 製品のメリット

2.1 より低い IGBT 飽和電圧 (V_{CEsat}) およびより低いダイオード順方向電圧 (V_F)

IGBT7 T7 を TRENCHSTOP™および HighSpeed テクノロジー (60DTP、60T、および 60H3) と比較すると、静的損失の削減に大きな一歩が見られます。

そのオン状態の IGBT 飽和電圧 V_{CEsat} は、60H3 チップと比較して最大 30% (650 mV) 低下します。これは、特に通常中程度のスイッチング周波数で動作する産業用ドライブアプリケーションの場合、最終アプリケーションでの大幅な損失削減を意味します。

IGBT 自体だけでなく、エミッタ制御ダイオード EC7 のダイオード順方向電圧 (V_F) も、ドライブアプリケーションに合わせて調整されます。以前の同梱ダイオードと比較して、順方向電圧降下が最大 150 mV 低く (60DTP ファミリと比較して)、逆回復の円滑さも向上しています。

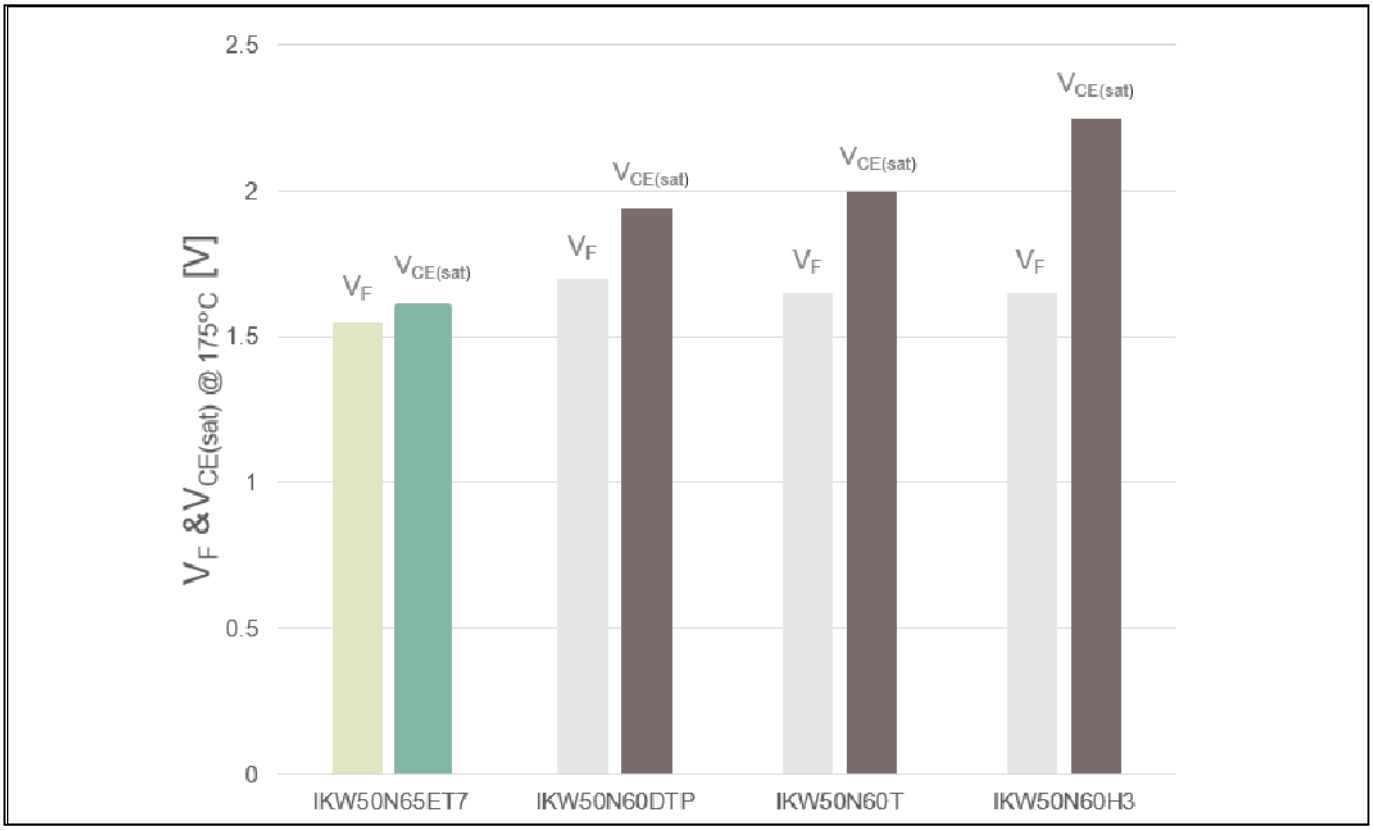


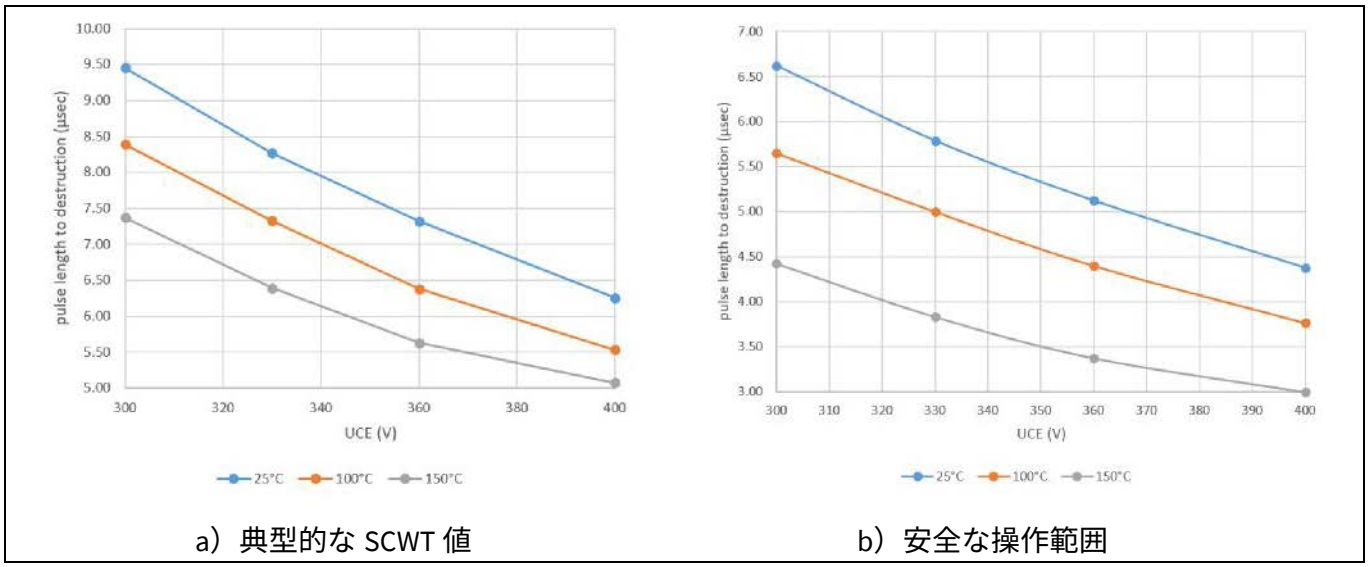
Figure 3 前世代と比較した IGBT7 T7 最大値の飽和電圧と EC7 ダイオード順方向電圧

Figure 3 に、前世代のインフィニオンチップと比較した 650 V IGBT7 T7 ファミリの飽和電圧 V_{CEsat} および順方向電圧 V_F を示します。

要約すると、IGBT7 T7 は、全体として最高のダイオード順方向電圧および IGBT 飽和電圧性能を提供し、総損失の低減に貢献します。利点は、このドキュメントの次のセクションに示されています。

2.2 SCWT (短絡耐量)、ブロッキング電圧、導通およびスイッチング損失

IGBT7 T7 テクノロジーの短絡耐量 (SCWT) は、V_{CC} = 330 V、T_{vj} = 100°C、V_{GE} = 15.0 V のテスト条件下で 5 µs と定義されており、ほとんどのアプリケーションに関連しています。SCWT は、V_{CC} または T_{vj} のアプリケーション条件に応じて、3〜6.5 µs の安全な動作範囲で使用できます (**Figure 4** を参照)。短絡機能を維持することにより、IGBT7 T7 のパフォーマンスがさらに向上し、システムはより低い電力損失とより優れた熱的挙動を示します。



a）典型的な SCWT 値　　b）安全な操作範囲

Figure 4　650 V IGBT7 T7 テクノロジーの一般的で安全な SCWT 値

Figure 5 に、モータインバータに重点を置いたインフィニオン IGBT の 4 つの主要な機能を表します。レーダーチャートに、第 7 世代で導通損失とスイッチング損失を大幅に改善できることを示します。これは、製造業者の運用に大きなメリットをもたらします。詳細は第 3 章に記載します。

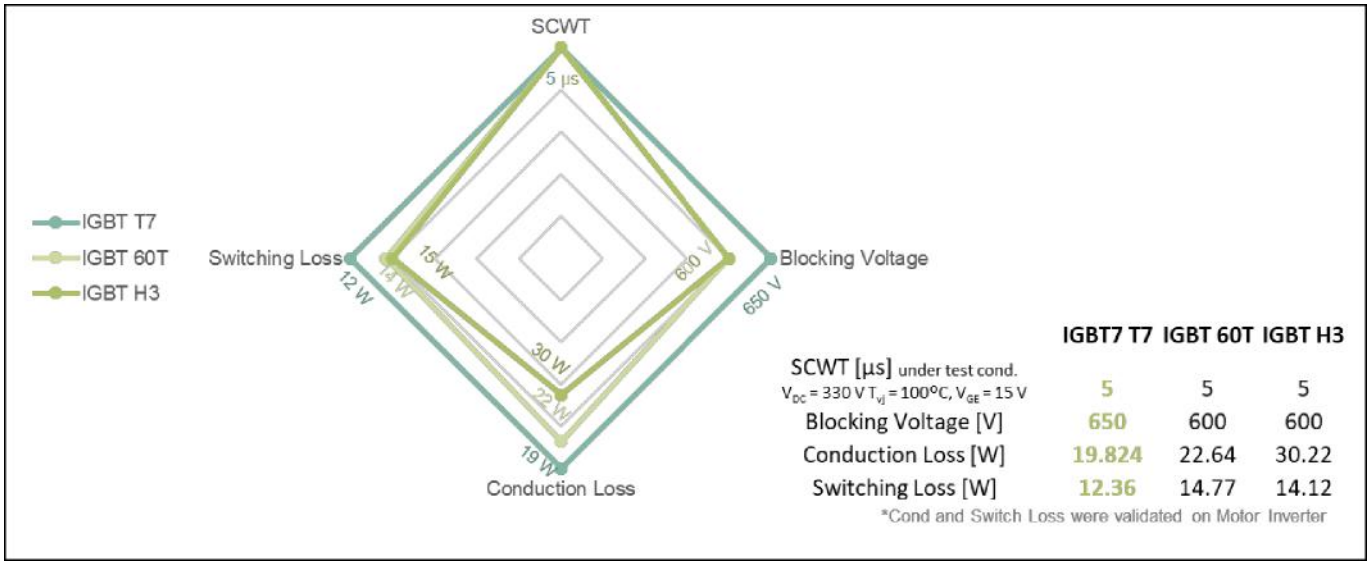


Figure 5　前世代と比較した IGBT7 T7 テクノロジー特性のレーダーチャート

さらに、IGBT7 T7 のブロッキング電圧は前世代と比較して 50 V 向上しています。これにより、デバイスのブロッキング電圧のマージンが大きくなり、スイッチのより高いオーバーシュート電圧が許容できた

製品のメリット

り(スイッチングが速くなる可能性があります)、DC リンク電圧が高くできたり、信頼性が高くなります。

2.3 可制御性

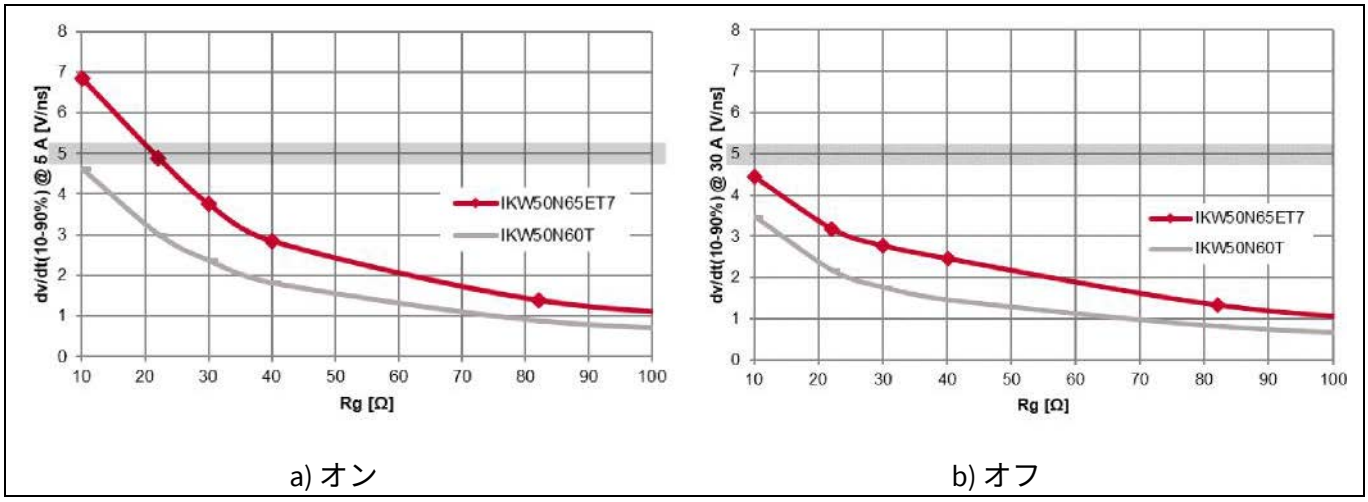
前世代の技術である TRENCHSTOP™ IGBT3 ファミリ、例えば IKW50N60T は、優れた可制御性と優れた EMI 性能を備えていることが知られています。IGBT7 T7 は、この機能を維持し、総電力損失を最大 20%削減します。

Figure 6 に、IGBT7 T7 が 5 kV/µs 以下での動作に設計および最適化されていることを示します。これは、モータメーカーが 400 V モータの最悪の条件下においてインバータ端子で 5 kV/µs の dv/dt 制限を超えないことを推奨するモータドライブアプリケーションに理想的です。この推奨事項は、最終的にコイルの絶縁に損傷を与える可能性のあるアーク放電を防ぐためのものです。

IGBT のスイッチング速度は、$dv/dt = \Delta V_{CE}/\Delta t_r$ として定義されます。電圧と時間の差は、2 つの異なる方法で決定できます。最も一般的な方法は、DC リンク電圧の 90%および 10%の値を使用することです。IGBT7 T7 は、高レベルの制御性を提供します。可制御性は、ゲート抵抗 (R_G) の値を調整することによって dv/dt を変化させるデバイスの能力に対応します。

測定により、ターンオン条件の場合、IGBT の dv/dt が最も高いのは低電流であることが示されます。このため、可制御性チャートは、**Figure 6** a) に示すように 5 A で測定されました。

ターンオフ状態での最悪の状態は約 30A であることが検出されたため、**Figure 6** b) のチャートに示すように、モータドライブインバータのゲート抵抗 (R_g) の選択は大電流で行われました。



a) オン　　b) オフ

Figure 6　IKW50N65ET7 および IKW50N60T デバイスの IGBT dv/dt 対ゲート抵抗 R_G

3 アプリケーションにおけるディスクリート IGBT7 T7 の利点

第 7 世代の 650 V 短絡耐量 IGBT デバイス (IGBT7 T7) は、特にモータドライブインバータの電力コンポーネントとして、産業用アプリケーションに適しています。これは通常、3 相誘導または永久磁石同期モータを駆動する 2 レベルの 3 相インバータです。IGBT7 T7 は、UPS (無停電電源装置)、PV (太陽光発電)、エアコン PFC (力率補正) トポロジなどの幅広いアプリケーション、特に IGBT の短絡定格が必要な場合にも使用できます。

3.1 モータドライブ

実際のアプリケーション条件で IGBT7 T7 の改善点を検証するために、この新しいデバイスをインフィニオンが開発した評価ボードでテストし、実際のモータインバータ条件で動かすためのテストベンチとして使用されました。テクノロジーの利点を理解するために、モータドライブのアプリケーション要件に基づいて 1 対 1 の比較が行われました。

評価ボードの詳細については、アプリケーションノート[4]を参照してください。

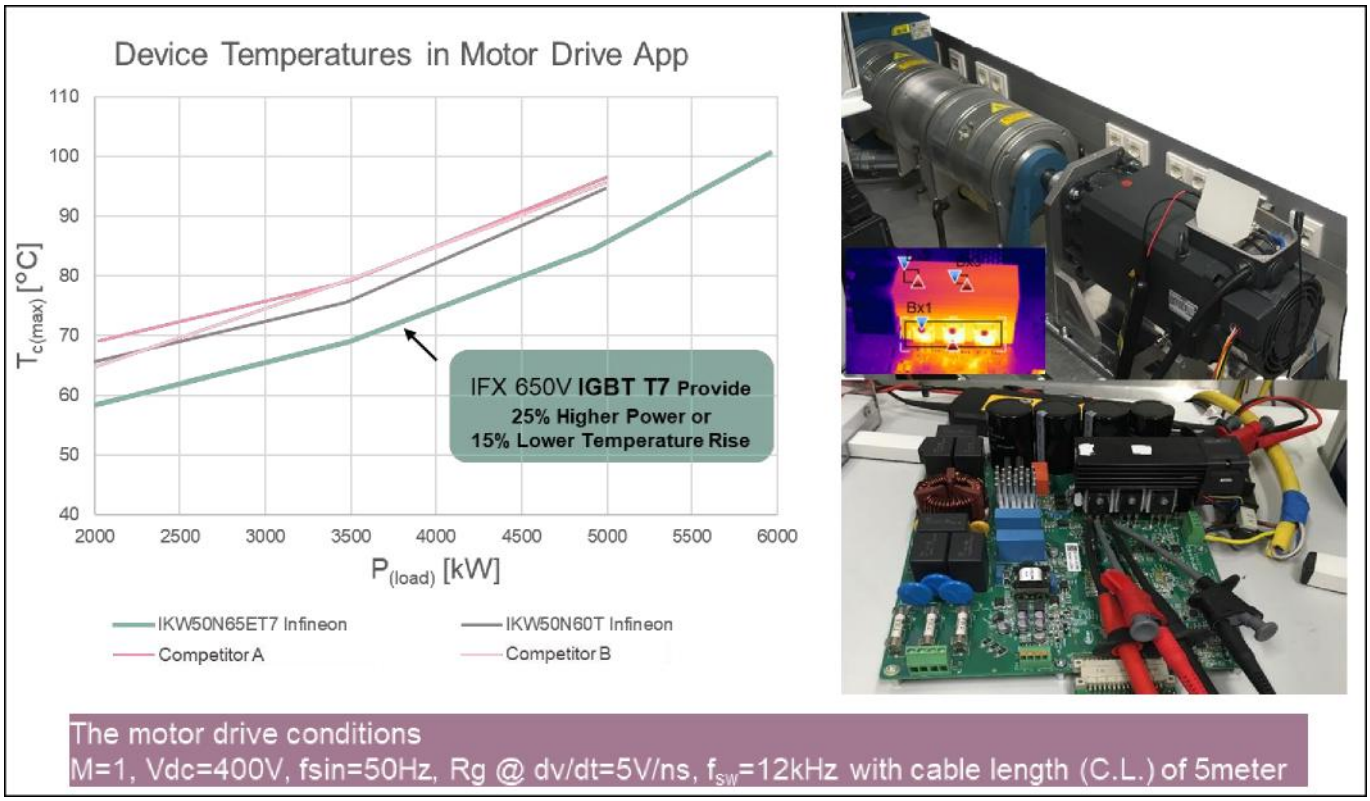


Figure 7 モータドライブアプリケーション測定の熱結果とテストセットアップ

新しい IGBT7 T7 は、優れた熱性能を示し、ターゲットアプリケーションの動作パラメータでの温度上昇を抑えます。**Figure 7** に示す熱結果の詳細な分析によって示されるように、温度分布はすべての電力範囲にわたって非常に均一です。これにより、既存のアプリケーションでのデバイスと同様の温度を維持しながら、システムの電力を最大 25%増加させることができます。同じ電力が維持されている場合、古いテクノロジーが IGBT7 T7 に置き換えられたら、最大 15%の低い温度上昇で電源スイッチを駆動できます。これは、特に実際のアプリケーションで遭遇する過酷な熱環境において、デバイスの信頼性の向上と平均寿命の延長につながります。

アプリケーション測定により、TRENCHSTOP™テクノロジーと競合他社の中で最も温度が低い IGBT7 T7 の優位性が確認されています。

アプリケーションにおけるディスクリート IGBT7 T7 の利点

提案された IGBT7 T7 ディスクリートソリューションのパフォーマンスを前世代および競合他社と比較して実証するために、3 相 B6 トポロジに基づくシミュレーションモデルを開発して、インバータの損失を推定しました。

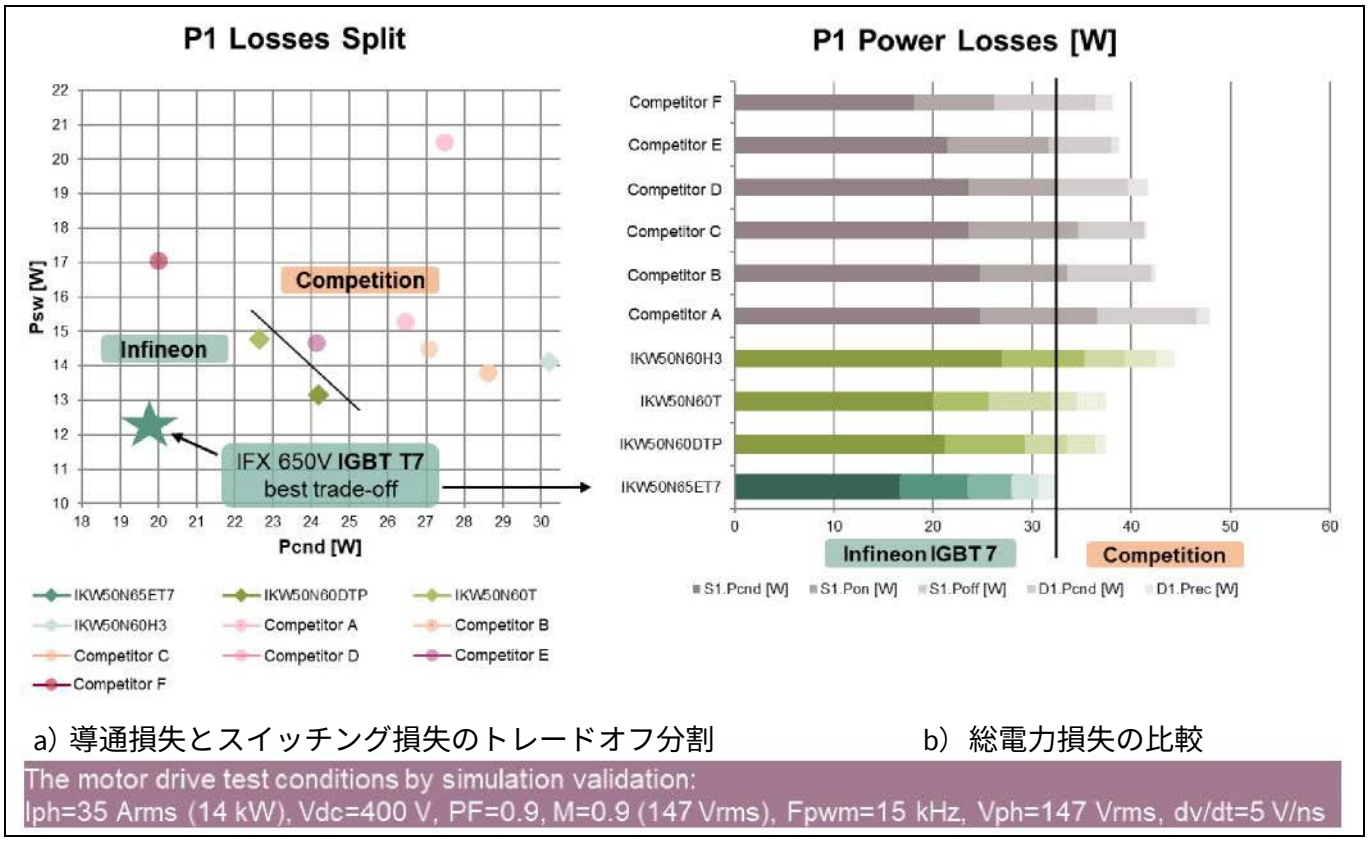


Figure 8　モータインバータシミュレーションにおけるインフィニオンと競合他社のデバイスの電力損失比較

Figure 8 に、シミュレーションが 100°C の T_j で行われ、I_{ph} = 35 A の負荷電流を切り替えた場合の、インバータ段のスイッチあたりの損失の分布を示します。IGBT7 T7 は損失が低く、 15 kHz のスイッチング周波数での導通損失とスイッチング損失のバランスが取れています。このおかげで、インバータステージは、前世代や多くの競合デバイスと比較して、すべての負荷範囲で優れたパフォーマンスを発揮します。このシミュレーションは、Figure 7 に示す実際のアプリケーション測定結果と一致します。

モータドライブアプリケーションで IGBT を比較すると、結果は、インフィニオンが新しく開発した 650 V デバイスが、すべての短絡定格デバイスの中でクラス最高であることを示しています。

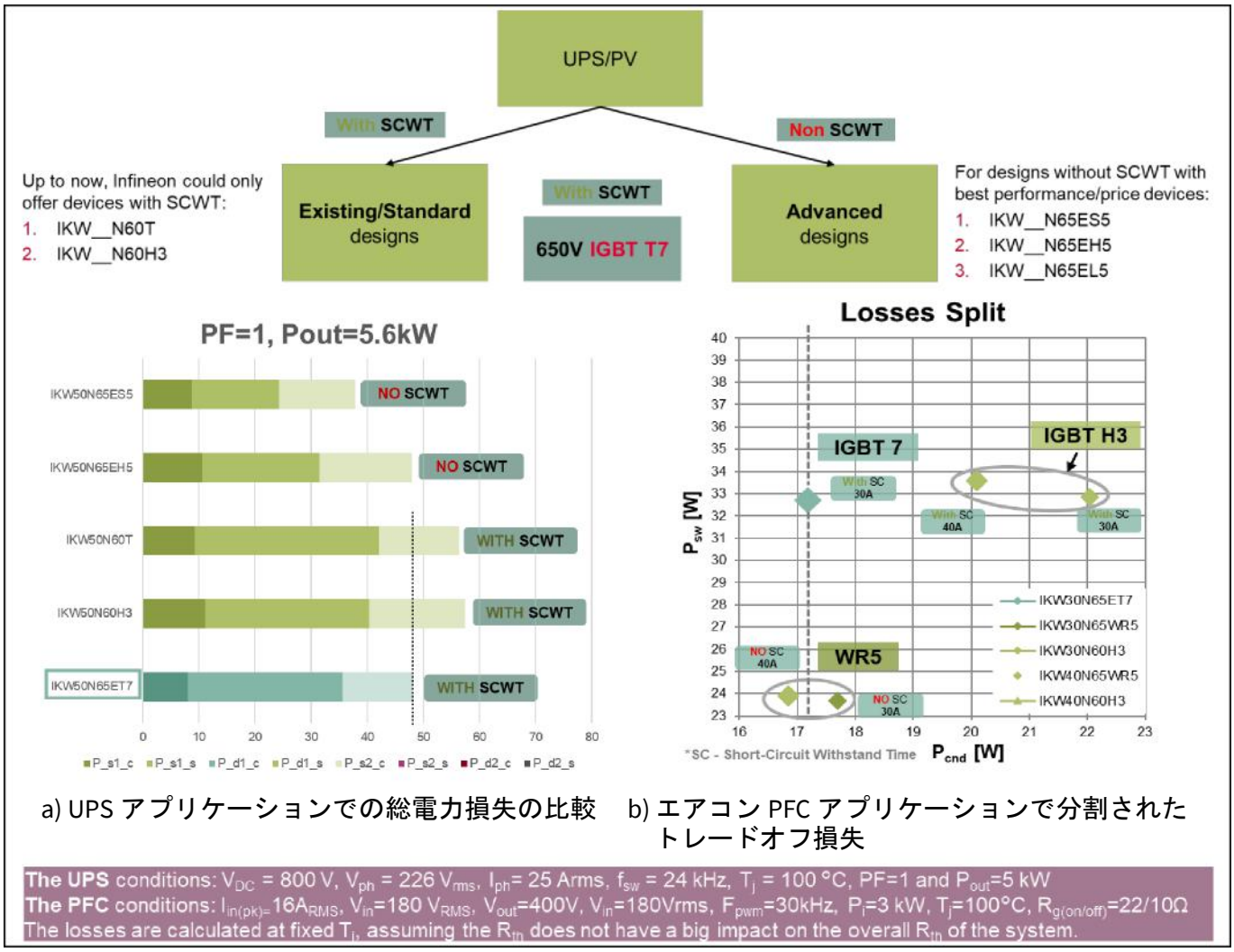
3.2　UPS、PV、エアコンの PFC アプリケーション

前のセクションと同様に、UPS、PV、エアコン PFC などのアプリケーションで新しく開発された IGBT 世代の性能を理解するために調査が行われました。一方では、IGBT7 T7 が UPS/PV アプリケーションでどのように機能するかを理解すること、他方では、エアコン PFC アプリケーションでのパフォーマンスの向上を確認することに焦点が当てられました。

まだ短絡耐量デバイスを必要とし、最高のパフォーマンスを得るために TRENCHSTOP™ Performance IGBT および HighSpeed 3 H3 IGBT ファミリを使用する UPS/PV 設計者はたくさんいます。TRENCHSTOP™ 5 ファミリが推奨される、短絡耐量の頑丈なデバイスを必要としない多くの設計もあります (L5, H5, ただし最も一般的には S5 デバイス)。IGBT7 T7 は、60T または H3 ソリューションよりもはるかに優れたパフ

アプリケーションにおけるディスクリート IGBT7 T7 の利点

ォーマンスを発揮し、S5 または H5 デバイスの優れた代替品です。これは、IGBT7 T7 が TRENCHSTOP™ 5 と HighSpeed 3/ TRENCHSTOP™ Performance ファミリの間のギャップを埋めることを意味します。詳細については、**Figure 9** a) を参照してください。



a) UPS アプリケーションでの総電力損失の比較　b) エアコン PFC アプリケーションで分割されたトレードオフ損失

Figure 9　IGBT7 T7 デバイスを使用した UPS/PV およびエアコン PFC アプリケーションの電力損失の比較

Figure 9 b) から、PFC エアコンに最適なインフィニオンのデバイスは間違いなく非 SC (短絡耐量) 定格の TRENCHSTOP™ 5 テクノロジー (WR5) であり、IGBT7 T7 は伝導損失に関して同じレベルにあることがわかります。しかし、短絡定格の HighSpeed 3 H3 IGBT と比較してトレードオフ図を見ると、導通損失が大幅に改善されていることがわかります。HighSpeed 3 デバイスは、短絡機能を必要とする既存/標準の PFC トポロジで今でもよく使用されています。これらのトポロジでは、IGBT7 T7 は完全な代替品ですが、パフォーマンスは向上します。

4 結論

インフィニオン IGBT の第 7 世代は、前世代に比べて大幅な技術の向上を表しています。IGBT7 T7 は、産業用モータドライブ、UPS/PV 市場、PFC トポロジなど、複数のアプリケーションとトポロジで使用するためのクラス最高のデバイスです。

以下に要約を示します。

IGBT7 T7 製品の機能:

- 1.35 V のより低い V_{CEsat} およびより低いスイッチング損失
- 650 V のより高い絶縁破壊電圧
- 高速でフル定格の同梱 EC7 ダイオードであり、Rapid 1 ダイオードよりも効率的でソフト
- 高電圧、湿度の耐久性の向上 (HV-H3TRB テストに合格)
- 公称 (I_n) の 3 倍のパルス電流定格

アプリケーションにおける IGBT7 T7 の利点:

- モータドライブアプリケーションでクラス最高のデバイスであり、最大 25%高い電力密度または最大 15%低い温度上昇を示します。したがって、同じ電力での冷却要件が低くなります。
- UPS/PV アプリケーションでは、TRENCHSTOP™ 5 (S5, H5, L5) などの非短絡定格デバイスとのギャップを埋め、HighSpeed 3 (H3) や TRENCHSTOP™ Performance (60T) ファミリよりもはるかに優れたパフォーマンスを発揮します。
- エアコン PFC の場合、非 SC (短絡耐量) 定格の TRENCHSTOP™ 5 テクノロジー (WR5) のレベルで低い導通損失を提供し、短絡定格の HighSpeed 3 テクノロジーと比較して大幅なパフォーマンスの向上を示します。

5 参考資料

[1] Infineon Technologies AG “AN2018-14 TRENCHSTOP™ 1200 V IGBT7 Application Note”

[2] Infineon Technologies AG “Revision 1.0, 2013-07-26 Evaluation Board -EVAL_1ED020I12-BT” **https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-1ED020I12-BT_Evaluationboard-ApplicationNotes-v01_00-EN.pdf?fileId=db3a304340155f3d014029a4589402ef**

[3] Infineon Technologies AG “AN2019-25 CoolSiC™ MOSFET motor drives evaluation board 7.5kW” **https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-EVAL-M5-E1B1245N-SiC-ApplicationNotes-v01_00-EN.pdf?fileId=5546d4626cb27db2016d438785217e27**

[4] Infineon Technologies AG “AN2020-04 CoolSiC™ MOSFET motor drives evaluation board TO247 packages” **https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-Evaluation_board_EVAL-M5-IMZ120R-SiC-ApplicationNotes-v01_00-EN.pdf?fileId=5546d462700c0ae60170a08dcc430f53**

[5] Infineon Technologies AG “Revision 1.1, 2015-08-12 RC-Drives IGBT for consumer and automotive applications” **https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-Application%20Note%20RC-Drives,%20RCDF%20and%20RC-DA-AN-v01_00-EN.pdf?fileId=5546d4624f205c9a014f6e634ccf7a56**

改訂履歴

Document version	Date of release	Description of changes
1.0	2021-11-18	本版は英語版 AN-2020-15 について、CYPRESS DEVELOPER COMMUNITY の参画者によって日本語に翻訳されたドキュメントです。

Trademarks
All referenced product or service names and trademarks are the property of their respective owners.

Edition 2021-11-18
Published by
Infineon Technologies AG
81726 Munich, Germany

© 2021 Infineon Technologies AG.
All Rights Reserved.

Do you have a question about this document?
Email: erratum@infineon.com

Document reference
<Revision 1.1>

重要事項
本文書に記載された情報は、いかなる場合も、条件または特性の保証とみなされるものではありません（「品質の保証」）。本文に記された一切の事例、手引き、もしくは一般的価値、および／または本製品の用途に関する一切の情報に関し、インフィニオンテクノロジーズ（以下、「インフィニオン」）はここに、第三者の知的所有権の不侵害の保証を含むがこれに限らず、あらゆる種類の一切の保証および責任を否定いたします。

さらに、本文書に記載された一切の情報は、お客様の用途におけるお客様の製品およびインフィニオン製品の一切の使用に関し、本文書に記載された義務ならびに一切の関連する法的要件、規範、および基準をお客様が遵守することを条件としています。

本文書に含まれるデータは、技術的訓練を受けた従業員のみを対象としています。本製品の対象用途への適合性、およびこれら用途に関連して本文書に記載された製品情報の完全性についての評価は、お客様の技術部門の責任にて実施してください。

本製品、技術、納品条件、および価格についての詳しい情報は、インフィニオンの最寄りの営業所までお問い合わせください（**www.infineon.com**）。

警告事項
技術的要件に伴い、製品には危険物質が含まれる可能性があります。当該種別の詳細については、インフィニオンの最寄りの営業所までお問い合わせください。

インフィニオンの正式代表者が署名した書面を通じ、インフィニオンによる明示の承認が存在する場合を除き、インフィニオンの製品は、当該製品の障害またはその使用に関する一切の結果が、合理的に人的傷害を招く恐れのある一切の用途に使用することはできないこと予めご了承ください。