



採用が進むロームの SiC パワーデバイスソリューション

はじめに

半導体パワーデバイスは、我々の生活における様々な機器に応用されている。これら機器の更なる省エネルギー化を実現するために、パワーデバイスの技術動向は大いに注目されている。

ロームでは、個別半導体、LSI の開発・製造により培われた技術を応用し、パワーデバイス製品を事業の柱の一つとして注力している。シリコン半導体材料をベースとした高性能 IGBT デバイスの製品開発・展開はもちろん、画期的な特性を有した SiC（シリコンカーバイド）半導体を用いたパワーデバイス製品も展開している。加えて総合半導体メーカーとして、制御 IC やパワーデバイスと IC を複合化したインテリジェントパワーモジュール製品の展開も実現している。以下に、ロームの最新パワーデバイスソリューションを紹介する。

シリコンカーバイド半導体パワーデバイス

SiC パワーデバイス（ケイ素と炭素からなる化合物半導体、炭化ケイ素「シリコンカーバイド」を材料とするパワー半導体）の先進性とすぐれた性能に注目し、長年の研究を経て、ロームは 2010 年より SiC ショットキーバリアダイオード、SiC MOSFET、2012 年よりフル SiC パワーモジュール製はい品を量産開始することで業界をリードしてきた。現在、これら SiC パワーデバイス製品は、産業機器をはじめとし、車載、民生機器など様々なアプリケーションにおいて採用され、その有効性を発揮し省エネルギー化を実現している。

① SiC ショットキーバリアダイオード

SiC ショットキーバリアダイオード（以下、SBD）は、高速リカバリ特性と低順方向電圧特性を有し、高効率電源機器・太陽光のパワーコンディショナーなどで多く使用されているデバイスである。ロームは、AEC-Q101 に準拠した車載向けディスクリット製品も 2012 年より製品展開しており、近年、需要が急増している電気自動車・プラグインハイブリット自動車の車載充電回路に多数のメーカーで採用されている。

さらにロームでは、2016 年 4 月より、第 3 世代 SiC ショットキーバリアダイオード製品をリリースした。ローム SiC SBD の特長である低順方向電圧特性を維持したまま、サージ電流耐量を高めることに成功した。（図 1）また、高温環境下での特性にも優れ、順方向電圧・リーク電流ともに旧世代品と比べ大幅な改善を実現している。（図 2）

サーバー・PC 等の高効率電源 PFC 回路での採用が見込まれるが、これらのアプリケーションでは高いサージ電流耐量が求められるケースが多く、市場ニーズに応えた製品といえる。650V 耐圧 2A~20A 仕様の製品を既にリリースしており、今後 1200V 耐圧品のラインアップも拡充してゆく。

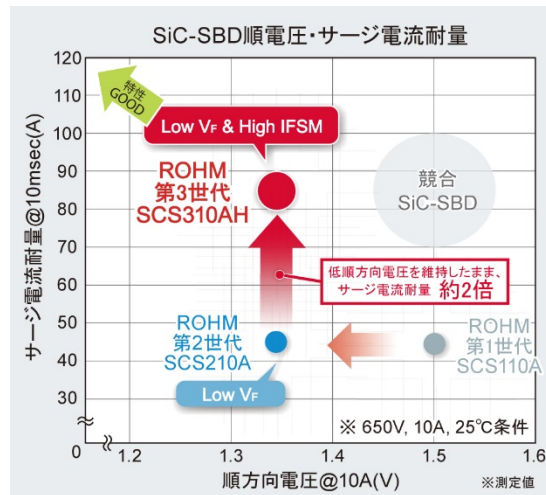


図 1. 順方向電圧特性とサージ電流耐量の相関グラフ

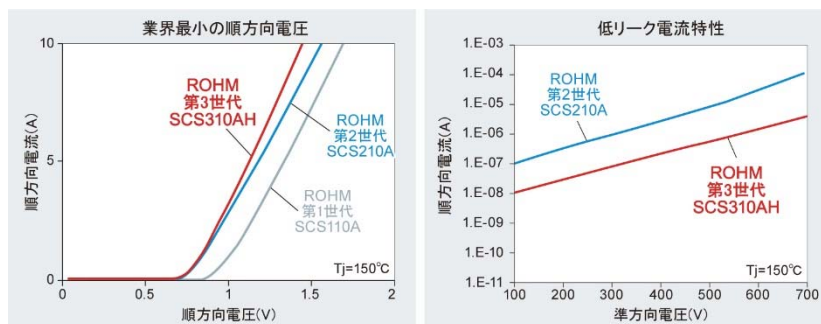


図 2. 各世代 SiC SBD の順方向電圧、リーク電流特性比較

② SiC MOSFET

1000V を超える電圧耐量を持ったスイッチングデバイスにおいて、SiC MOSFET は IGBT 製品と比較し、スイッチング損失を大幅に低減できることから、ハイパワーのアプリケーションに最適のデバイスといえる（図 3）。ロームでは、2015 年より世界で初めてトレンチゲート構造を採用した製品の量産化に成功し、さらに導通損失（オン抵抗）の低い製品をリリースしている。現在、650V、1200V 耐圧品をラインアップしている。

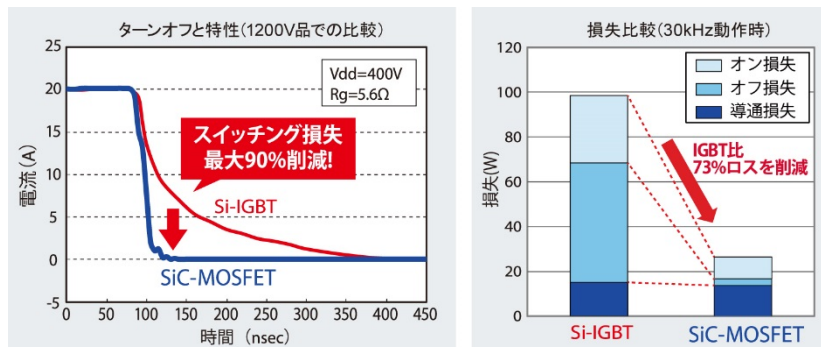


図 3. Si IGBT と SiC MOSFET のスイッチング損失比較

ロームの第 3 世代トレンチ MOSFET 構造は、オン抵抗低減に非常に有効であるが、さらにデバイスの長期信頼性を確保することを目的とし、ゲートトレンチ部分に発生する電界を緩和する独自構造を採用している。

トレンチ型 SiC MOSFET の「SCT30XXKL シリーズ」および「SCT30XXAL シリーズ」は、既に量産化され

ているプレーナー型の SiC-MOSFET に比べ、同一チップサイズでオン抵抗を 50%削減し、あわせてスイッチング性能（入力容量を約 35%低減）の向上を実現している。（図 4）太陽光発電用パワコンや産業機器向け電源、工業用インバータなど、あらゆる機器の電力損失を大幅に低減する。

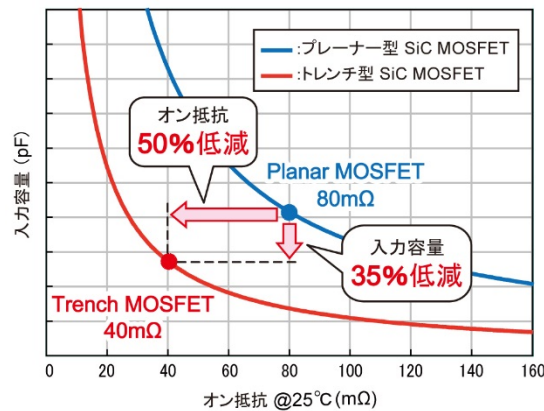


図 4. 同一チップサイズでのトレンチ型 SiC MOSFET とプレーナー型 SiC MOSFET のオン抵抗・入力容量性能比較

また 1700V 耐圧の SiC MOSFET も既に展開済みで、制御用 IC とスイッチングデバイスを組み合わせたソリューション提案を行い、産業機器向けに採用が進んでいる。（図 5）



図 5. 1700V SiC MOSFET 製品と制御 IC のソリューション提案

1500V 以上の耐電圧性能を有したシリコンデバイスと SiC デバイスの規格化オン抵抗（デバイス単位面積あたりの MOSFET 駆動時における抵抗値、低いほど良い）を比較した場合、約 100 分の 1 の規格化オン抵抗を実現することが可能となる。（図 6）オン抵抗が大幅に低減されたことにより発熱が抑えられ、結果ヒートシンクなどの冷却器の小型化を実現することができた。システムとして全体コストの削減に貢献することで、主に産業機器向けの補機電源などで採用が加速的に進んでいる。

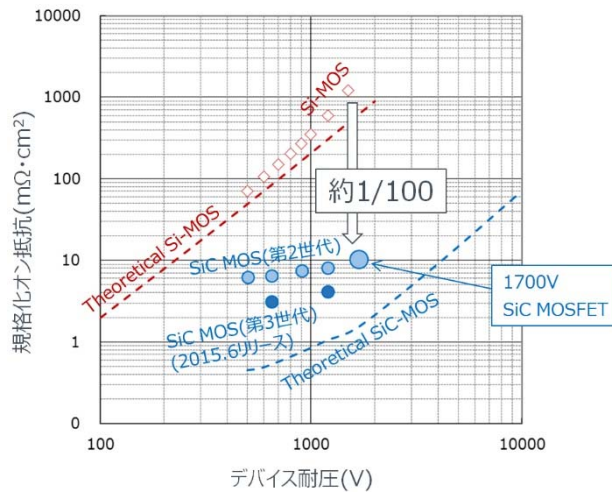


図 6. 1500V 耐圧における Si MOSFET と SiC MOSFET の規格化オン抵抗の比較

③ フル SiC パワーモジュール

フル SiC パワーモジュールとは上記で紹介した SiC ショットキーバリアダイオード、SiC MOSFET を使用したパワーモジュール製品である。同等定格電流の IGBT モジュール製品と比較し、高周波駆動を可能にすることで大幅なスイッチング損失低減を実現している。

今年、ロームは産業機器用の電源、太陽光発電パワーコンディショナーや UPS 等のインバータ、コンバータ向けに 1200V 400A、600A 定格のフル SiC パワーモジュール「BSM400D12P3G002」、「BSM600D12P3G001」を開発した。一般的な同等電流定格の IGBT モジュールと比べ、スイッチング損失を 64%低減することに成功した。（チップ温度 150℃時）また、高周波駆動による周辺受動部品の小型化はもちろんのこと、スイッチング損失の低減効果が大きくなるため、冷却システムなどの小型化にも寄与する。例えば、損失シミュレーションに基づく試算において、同等電流定格の IGBT モジュールと比較した場合、SiC モジュールの使用により水冷ヒートシンクを 88%小型化※することを確認している。（図 7）

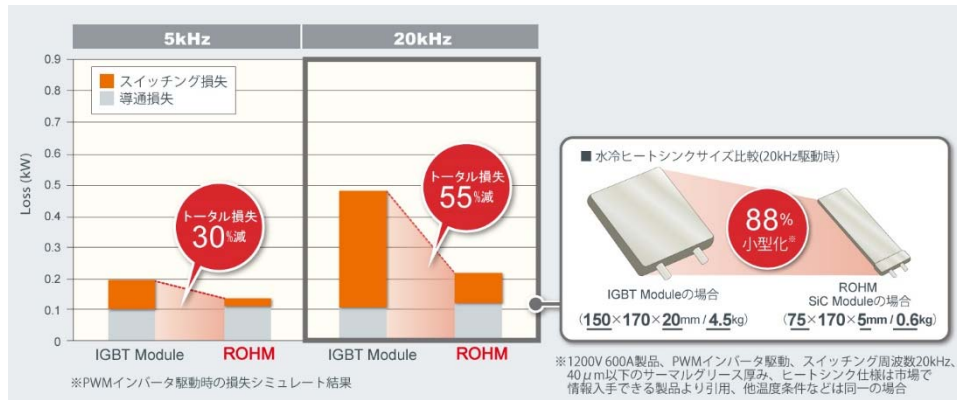


図 7. 同等電流定格の Si IGBT モジュールと SiC モジュールを比較した損失シミュレーション結果

これまで、ハーフブリッジタイプの製品を展開してきたが、さらにチョップタイプの製品ラインアップも拡充している。（図 8）

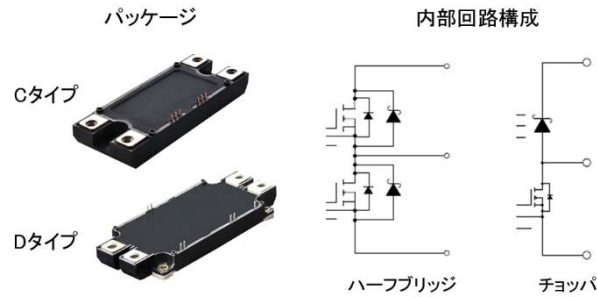


図 8. フル SiC パワーモジュールのパッケージ外観と内部回路構成

アプリケーション例

SiC デバイスはこれまで、太陽光のパワーコンディショナーや車載用充電器などで使用されてきたが、最近では、EV（Electric Vehicle：電気自動車）車のパワートレイン部での活用も期待されている。ロームは、昨年 FIA フォーミュラ E 選手権に参戦するヴェンチュリー・フォーミュラ E チーム（Venturi Formula E Team）と 3 年間のテクノロジー・パートナーシップを結び、マシン駆動の中核を担うインバータ部分に SiC ショットキーバリアダイオードを提供した。これにより、シーズン 2 で使用していたインバータと比較して効率が 1.7%改善、2kg の小型化を達成した。さらに放熱系の小型・軽量化によりインバータの体積は 30%小型化しており、今後は SiC MOSFET の搭載を予定している。^{注 1}（図 9）

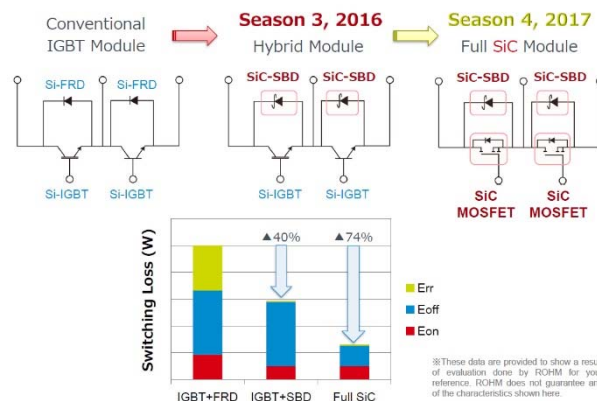


図 9. Formula E における SiC パワーモジュールの進化

SiC パワートランジスタは、産機・パワーコンディショナー用のコンバータやインバータに加え、パルス電源や誘導加熱装置でも採用が始まっている。SiC の材料特性から見ると、EV だけでなく電鉄のモータインバータや充電系統、電力インフラなど幅広い分野への参入が期待され、実用化に向けた評価が開始されている。（図 10）

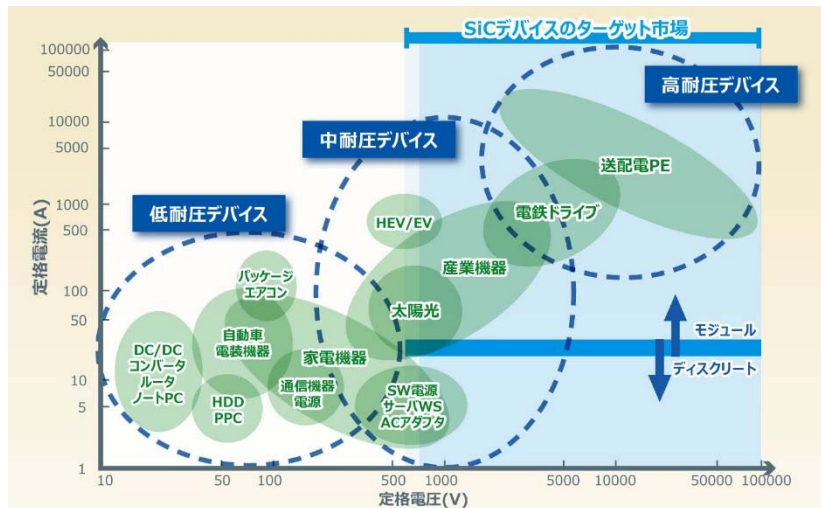


図 10. SiC パワーデバイスのターゲット市場

今後の展開

総合半導体メーカーとして、パワーデバイス製品の充実（Si・SiC 共に）を図るとともに、最適な駆動用 IC やそれらを組み合わせたインテリジェントパワーモジュール製品を展開することで、さらなるアプリケーションの省エネルギー化を図り、社会に貢献してゆく。

（2017 年 11 月 2 日 電波新聞 第 2 部 電波ハイテクノロジー 掲載）

注1. 2017 年 11 月 2 日時点。2017 年 12 月に開幕したシーズン 4（2017-2018）では、MOSFET とダイオードを同梱したフル SiC パワーモジュールを提供し、SiC を搭載する前のシーズン 2 のインバータと比較して、43%小型化、6kg の軽量化を実現している。



本資料に記載されている内容はロームの製品（以下「ローム製品」といいます）のご紹介を目的としています。ローム製品のご使用にあたりましては、別途最新の仕様書およびデータシートを必ずご確認ください。本資料に記載されております情報は、何ら保証なく提供されるものです。万が一、当該情報の誤りまたは使用に起因する損害がお客様または第三者に生じた場合においても、ロームは一切の責任を負うものではありません。本資料に記載されておりますローム製品に関する代表的動作および応用回路例は、一例を示したものであり、これらに関する第三者の知的財産権およびその他の権利について権利侵害がないことを保証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。ロームは、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。本資料に記載されております製品および技術のうち、「外国為替及び外国貿易法」その他の輸出規制に該当する製品または技術を輸出する場合、または国外に提供する場合には、同法に基づく許可が必要です。本資料の記載内容は 2017年 11月 現在のものであり、予告なく変更することがあります。