

2025年3月12日

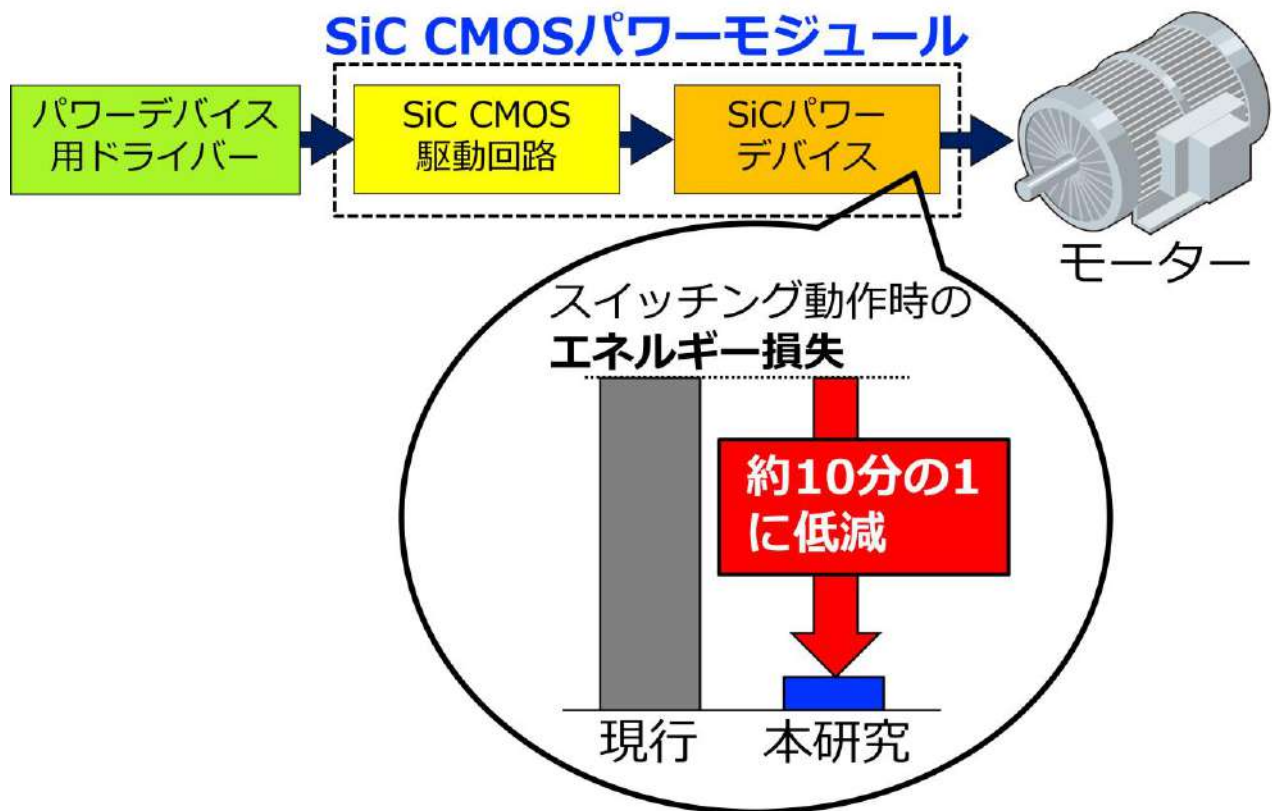
報道解禁制限日時：3月12日14時

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 / 株式会社 明電舎

世界初、SiC CMOS 駆動回路を内蔵したパワーモジュールによるモーター駆動を実現 高速スイッチング動作時のノイズ低減により低損失化を達成

ポイント

- SiC CMOS 駆動回路を内蔵したパワーモジュールによるモーター駆動を実現
- 開発した独自の駆動方法でノイズを低減し、モーターシステムの信頼性向上に寄与
- 現行パワーモジュールと置き換えるだけでスイッチング動作時のエネルギー損失を約 10 分の 1 に低減



SiC CMOS 駆動回路を内蔵したパワーモジュールによるモーターシステム

※原論文の図を改変したものを使用しています。

概要

国立研究開発法人 産業技術総合研究所（以下「産総研」という）先進パワーエレクトロニクス研究センター 八尾 惇 主任研究員、佐藤弘 研究チーム長、岡本光央 研究チーム長は、株式会社 明電舎（以下「明電舎」という）と共同で SiC CMOS 駆動回路を内蔵した SiC パワーモジュール（以下「SiC CMOS パワーモジュール」という）によるモーター駆動を世界で初めて実現しました。

SiC（シリコンカーバイド）パワーデバイスは、高い省エネルギー性能のため、電気自動車やハイブリッド車のモータードライブ制御など高効率化が重要な分野での応用が進められています。しかしながら、現行の SiC パワーデバイスは極めて低速なスイッチング動作でのみ用いられており、本来の省エネルギー性能を十分に引き出さずに使用されています。

産総研はこれまでに、SiC CMOS 駆動回路を用いた SiC パワーデバイス的高速スイッチング動作技術の開発に取り組んできました。今回、明電舎と共同でデバイスの基礎技術からモーターシステム応用までを含めた統合的な共同研究を行うことにより、SiC CMOS パワーモジュールを用いたモーター駆動に世界で初めて成功しました。開発した独自の駆動方法によってノイズを低減することにより、モーターシステムの信頼性向上と同時に、現行の SiC パワーモジュールを SiC CMOS パワーモジュールに置き換えるだけで、スイッチング動作時のエネルギー損失（スイッチングロス）を約 10 分の 1 に低減可能になりました。

なお、この研究成果の詳細は、2025 年 3 月 20 日に「令和 7 年電気学会全国大会」において発表されます。

下線部は【用語解説】参照

開発の社会的背景

SiC パワーデバイスは、エネルギー効率の向上が求められる多くの分野での応用が期待されています。このようなパワーデバイスは、スイッチのオン/オフを繰り返すことで電力の変換を行います。このスイッチング動作時に発生するエネルギー損失はスイッチングロスと呼ばれ、パワーデバイスのスイッチング速度を上げること（高速スイッチング動作を実現すること）により低減できます。SiC パワーデバイスは、高速スイッチング動作が可能のため、高い省エネルギー性能を有しています。しかしながら、現行の SiC パワーデバイスは極めて低速なスイッチング動作でしか用いられておらず、本来の性能を活用できていません。その大きな要因は、高速スイッチング動作由来のノイズにより、現行の駆動方法では SiC パワーデバイスが誤動作するリスクがあるからです。したがって、高速スイッチング動作時のノイズを低減可能な駆動方法を開発し、モーターシステム等に適用することが強く求められています。

研究の経緯

産総研ではこれまでに、SiC CMOS 駆動回路を用いることにより、SiC パワーデバイス的高速スイッチング動作が可能なることを明らかにしてきました（[産総研プレスリリース 2021 年 5 月 30 日](#)）。また、明電舎ではこれまでに、インバーター・モーターの実用化を進め、量産電気自動車にインバーター・モーターの供給を行っています。今回、産総研と明電舎の技術を融合し、デバイスの基礎技術からモーターシステム応用までを含めた統合的な共同研究を実施し、SiC CMOS パワーモジュールの実用化を目指した研究に取り組みました。

研究の内容

図 1 に、SiC CMOS パワーモジュールを用いたモーター駆動の概念図とモーター駆動時のインバーターの出力電流および出力電圧を示します。3 色の出力電流波形より、 120° 位相がずれた 3 つの正弦波が出力され、モーターが駆動されていることが分かります。すなわち、SiC CMOS パワーモジュールを用いたモーター駆動を世界で初めて実現しました。また、これまでは、SiC CMOS パワーモジュールに対し、極短時間の動作（1 ミリ秒以内の動作）の

みを実現していましたが、本研究では、SiC CMOS パワーモジュールの実用化に向け、インバーター連続動作を達成しました。これにより、電気自動車や産業機器用モーターへの適用など、システム応用の検討が可能となりました。

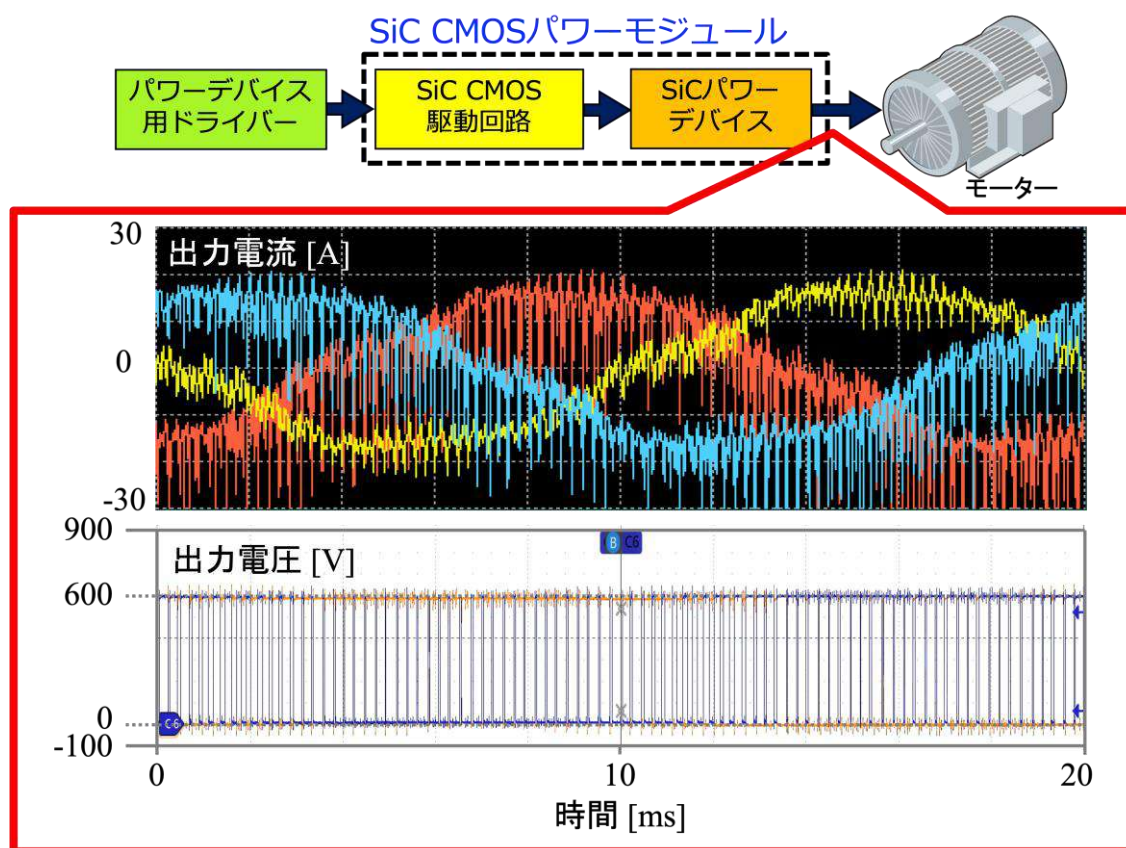


図 1 SiC CMOS パワーモジュールを用いたモーター駆動時の出力電流および電圧波形

※原論文の図を改変したものを使用しています。

図 2 に、本研究での SiC パワーデバイスの駆動方法の特徴とその結果を示します。SiC パワーデバイスの高速スイッチング動作を、現行のパワーデバイス用 ドライバー で実現するには、ノイズの影響による誤動作が発生するリスクがありました。本研究では、SiC CMOS パワーモジュールを用いた独自の駆動方法を開発し、ノイズを低減することにより、誤動作しやすい現行のパワーデバイス用ドライバーと組み合わせても、SiC パワーデバイスの高速スイッチング動作が可能であることを実証しました。これにより、使用実績がある現行のパワーデバイス用ドライバーを利用できるとともに、低ノイズ化が図れるため、モーターシステムの信頼性向上が期待できます。また、現行の SiC パワーモジュールを SiC CMOS パワーモジュールに置き換えるだけで、高速スイッチング動作が可能なることも示しています。

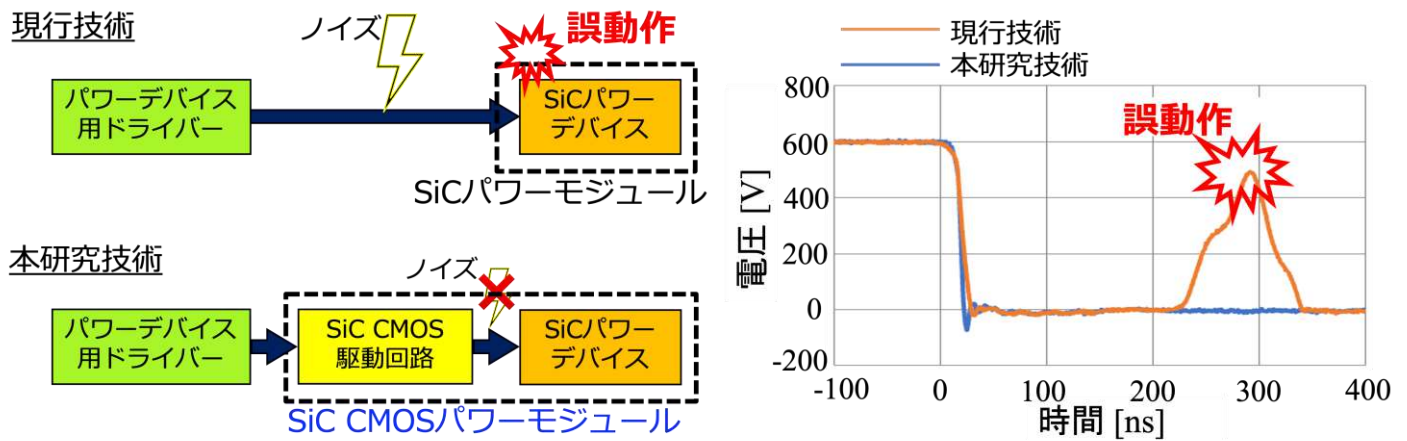


図2 本研究技術による誤動作の抑制結果

図3に、モーター駆動時のSiC CMOSパワーモジュールのスイッチング動作波形を示します。オフ状態からオン状態へのスイッチング動作波形（ターンオン波形）およびオン状態からオフ状態へのスイッチング動作波形（ターンオフ波形）のスイッチング速度は、それぞれ72 V/nsおよび85 V/nsでした。これは、現行のSiCパワーモジュールのスイッチング速度と比較して約10倍高速であり、発生するスイッチングロス概算で約10分の1に低減できることを実証しました。モーターシステムで高速スイッチング動作を実証した本成果により、電気機器メーカーによる高速スイッチング動作を用いた低損失システムの検討が可能となるため、実用化のための重要なマイルストーンが達成されました。今回の技術を契機に電気自動車等の消費電力低減が進み、カーボンニュートラル達成への一助となることが期待できます。

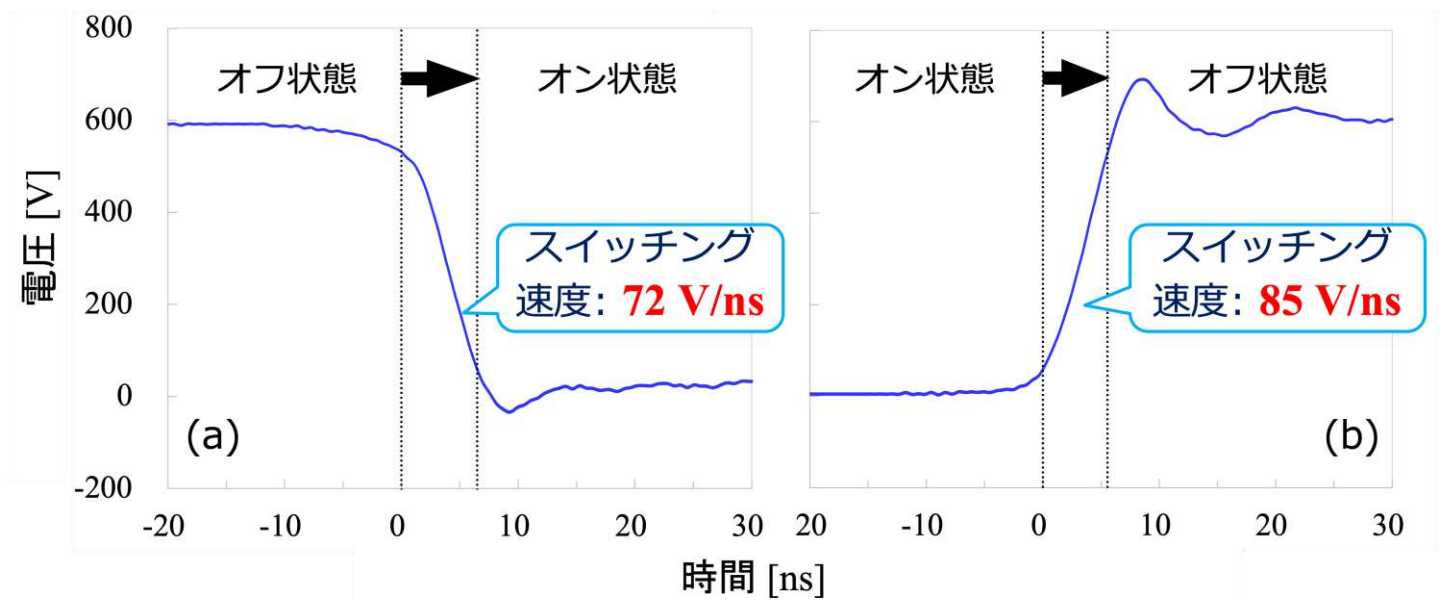


図3 モーター駆動時の(a)ターンオン波形および(b)ターンオフ波形

※原論文の図を改変したものを使用しています。

今後の予定

今後、モーターシステムの省エネルギー性能の実証、スイッチング動作のさらなる高速化に取り組みます。また、モーターシステム以外の別のシステムにも、SiC CMOS パワーモジュールを適用することにより、SiC パワーデバイスのさらなる普及に貢献します。

学会情報

学会名：令和 7 年電気学会全国大会

タイトル：SiC CMOS ゲートドライバを内蔵したパワーモジュールによるモータ駆動の実験実証

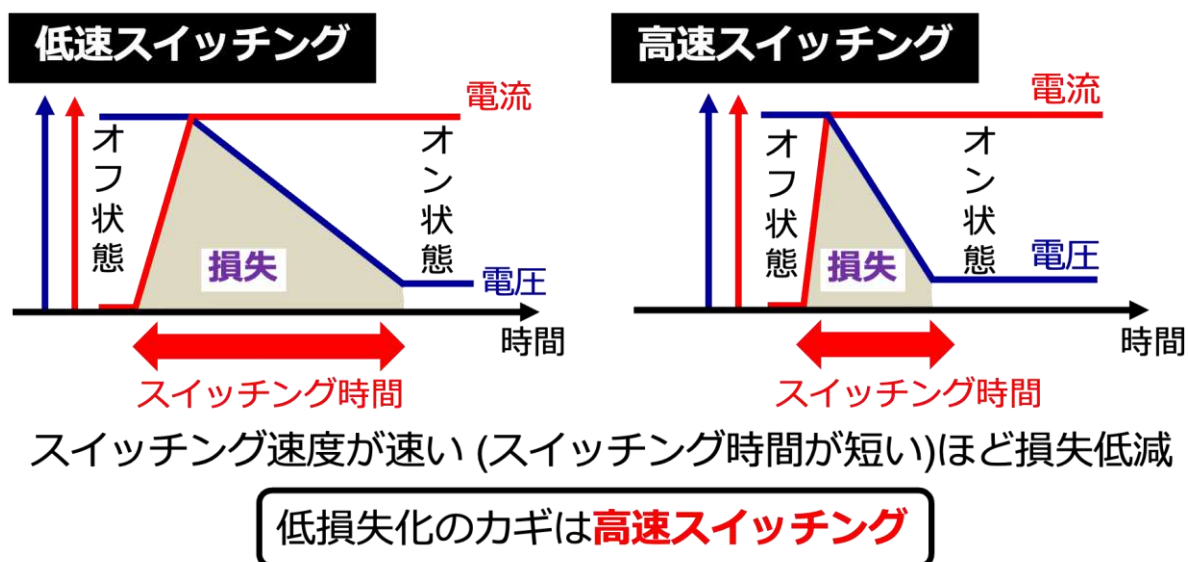
著者：上崎 文也，川村 繁和，小堀 賢司，小林 透典，堤 裕彦（明電舎），岡本 光央，佐藤 弘，八尾 惇（産総研）

掲載誌：令和 7 年電気学会全国大会講演論文集

用語解説

パワーデバイス

スイッチング動作により各種の電力変換（直流・交流変換、電圧変換、周波数変換など）を行うデバイス。スイッチングという言葉が示すように、パワーデバイスの内部ではスイッチのオン/オフを繰り返すことで電力変換を行う。このスイッチング動作時に発生するエネルギー損失がスイッチングロスとなるため、パワーデバイスのスイッチング速度を上げる（高速スイッチング動作を実現すること）により、スイッチングロスを低減できる。



SiC（シリコンカーバイド）パワーデバイス

SiCはSi（シリコン）とC（炭素）からなる化合物半導体。SiCパワーデバイスは、従来のSiパワーデバイスと比較して、耐高温、耐電圧、大電流特性に優れているとともに、動作時のエネルギー損失を低減できる。

CMOS

Complementary Metal Oxide Semiconductor（相補型金属酸化膜半導体）の略で、p型デバイスとn型デバイスを組み合わせた電子回路。片方がオン状態の時、他方がオフ状態となる相補的な動作をする。低消費電力、回路構成が簡素になる、など多くの利点がある。

駆動回路

パワーデバイスの制御電極（ゲート）へ送るオン／オフ信号を作る電子回路。

SiC CMOS 駆動回路

従来のSi駆動回路とは異なり、高温動作が可能であるため、同一パワーモジュール内で高温になるSiCパワーデバイス近傍に配置することができる。このことにより、パワーデバイスの制御電極（ゲート）へ信号を劣化することなく伝えるができる。産総研では、この特徴を用いることにより、SiCパワーデバイスの高速スイッチング動作が可能なることを明らかにしてきた。

パワーモジュール

複数個のパワーデバイスを1つのパッケージに組み込んだもの。

インバーター

直流から周波数の異なる交流を発生させる電力変換を行う回路。インバーターは周波数を変更できるため、周波数制御だけでモーターの回転速度を制御できる。そのため、モーターの可変速装置として用いられている。

ドライバー

制御回路（低電圧ユニット）からパワーデバイス（高電圧ユニット）へのオン／オフ信号のデータと電力の伝送をするとともに、低電圧ユニットと高電圧ユニット間の電気的な絶縁等を行う回路。

本件に関する問い合わせ先

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

先進パワーエレクトロニクス研究センターパワー回路集積チーム

主任研究員 八尾 惇

〒305-8569 茨城県つくば市小野川 16-1

080-2208-0964 (もしくは 050-3522-5374) a.yao@aist.go.jp

株式会社 明電舎

コーポレートコミュニケーション推進部 広報・IR 課

03-6420-8100 kouhou@mb.meidensha.co.jp

機関情報

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

<https://www.aist.go.jp/>

ブランディング・広報部 報道室 hodo-ml@aist.go.jp

株式会社 明電舎

<https://www.meidensha.co.jp/>

コーポレートコミュニケーション推進部 広報・IR 課 kouhou@mb.meidensha.co.jp

配付先

経済産業記者会 | 経済産業省ベンクラブ | 中小企業庁ベンクラブ | 資源記者クラブ | 文部科学記者会 | 科学記者会 | 筑波研究学園都市記者会 | PR Wire