

車載用第 3 世代直接水冷型パワーモジュール

3rd-Generation Direct Liquid Cooling Power Module for Automotive Applications

榎本 一雄* ENOMOTO, Kazuo

小山 貴裕* KOYAMA, Takahiro

佐藤 憲一郎* SATO, Kenichiro

地球温暖化防止に向けた CO₂ 排出規制の強化により、エンジンとモータの双方を利用するハイブリッド自動車 (HEV) や、モータのみで走行する電気自動車 (EV) の開発が急速に進められており、さらなる普及が期待されている。HEV や EV では、動力制御に用いるインバータの設置スペースは限られており、高出力化する電池やモータに対応するため、高電力密度化とさらなる小型化が求められている。

これらの要求に対して、富士電機は車載用第 3 世代直接水冷型パワーモジュールを開発した (図 1)。この製品は、冷媒の流路を最適化し、従来品よりも高い放熱性能を持っている。さらに、新たにカバー一体型のアルミニウム製ウォータージャケットと、フランジ構造の冷媒出入り口を採用したことにより、ユーザは、フランジ出入り口に指定流量の冷媒を流す配慮を行うだけでよい。

また、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) には、第 7 世代のチップ技術を適用して損失を低減するとともに、FWD (Free Wheeling Diode) を一体化した RC-IGBT (Reverse-Conducting IGBT: 逆導通 IGBT) を採用して、モジュールの高電力密度化と小型化を図った。

1 特徴

今回、製品化した車載用第 3 世代直接水冷型パワーモ

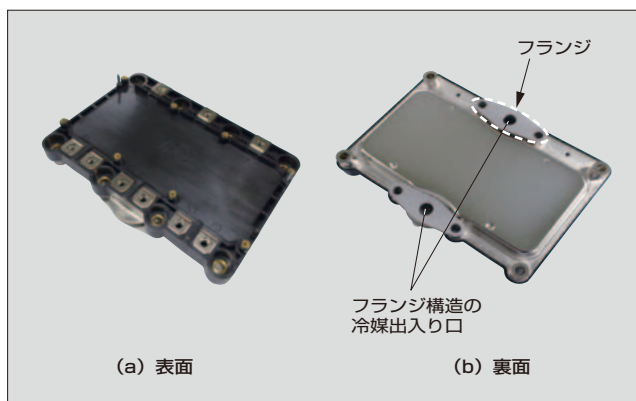


図 1 車載用第 3 世代直接水冷型パワーモジュール

* 富士電機株式会社電子デバイス事業本部事業統括部 EV モジュール技術部

‡ 富士電機株式会社電子デバイス事業本部開発統括部パッケージ実装開発部

表 1 車載用第 3 世代直接水冷型パワーモジュールの主な仕様

項目	仕様
コレクタ-エミッタ間電圧	750V
定格電流	800A
最大動作温度	175℃
外形寸法	W162 × D116 × H24 (mm)
質量	560g

ジュールの主な仕様を表 1 に示し、特徴を次に示す。

(1) パワーモジュールの小型化

IGBT と FWD を一体化した RC-IGBT を採用し、従来品と比較して 15% 小型化した。

パワーモジュールの高放熱化水冷フィンとカバーを一体化した冷却器構造により、放熱性の向上と薄型化を実現した。これらにより、車載用第 2 世代直接水冷型パワーモジュールよりも、約 1.6 倍の高電力密度化を実現した。

(2) 主端子配線の低インダクタンス化

各相の入力端子を独立させることと、配線を最短にすることでインダクタンスを下げて、高速スイッチング動作によるスイッチング損失を低減するとともに、電流遮断時のサージ電圧を低減した。

2 背景となる技術

2.1 RC-IGBT 適用技術

RC-IGBT は、フィールドストップ (FS) 型 IGBT を採用し、ストライプ状に交互に IGBT 領域と FWD 領域を一つのチップに配置した構造である (図 2)。ワンチップ化でチップ周辺部の耐圧を確保するためのガードリングと呼ばれる領域が削減でき、二つのチップで構成する従来よりもチップ面積が小さくなる。また、IGBT 動作時には FWD 部からも放熱し、逆に FWD 動作時には IGBT

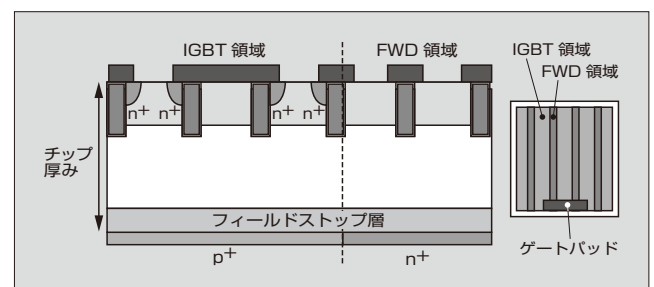


図 2 RC-IGBT の概略構造

部からも放熱するので、IGBTとFWDそれぞれの動作時に熱抵抗を低減できる効果がある。さらに、最新の薄ウェーブプロセス技術の適用と、トレンチ構造、チャンネル密度などの最適化により低損失化を実現し、チップの小型化が可能になった。

2.2 高放熱冷却技術

図3に、直接水冷パワーモジュールの従来構造と、新製品で採用した新構造の断面図を示す。従来構造では、ウォータージャケットはユーザが独自に設計し用意するため、ヒートシンクとウォータージャケットが個別部品となっていた。このため、ユーザは、流路設計だけでなく、水密性やフィン端部とジャケット底面間のクリアランスを考慮した設計が必要であった。新構造では、ヒートシンクとウォータージャケットを一体化してクリアランスの考慮を不要とした。さらに、フィン形状にも工夫を加え、従来構造よりも放熱性を30%向上させた。

2.3 低インダクタンス化技術

パッケージ内部の低インダクタンス化により、ターンオフ時と逆回復時のサージ電圧は減少する。RC-IGBTの採用と内部レイアウトの最適化により、従来品に対して新製品の内部インダクタンスは約半分である。

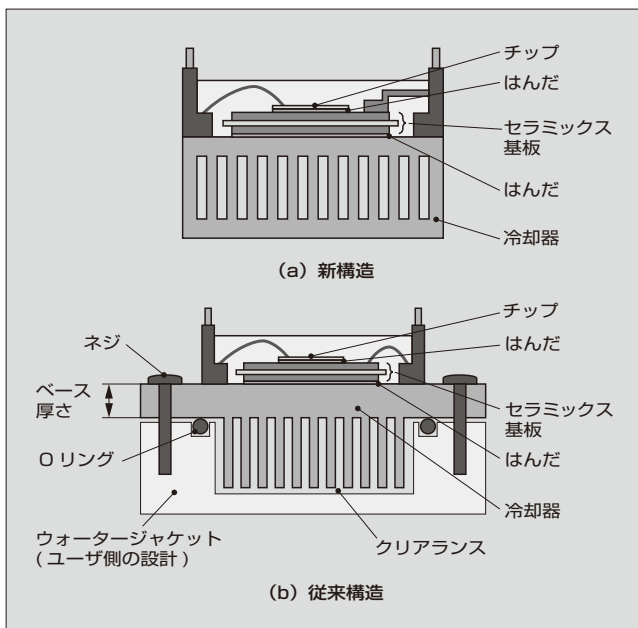


図3 パワーモジュールの断面構造

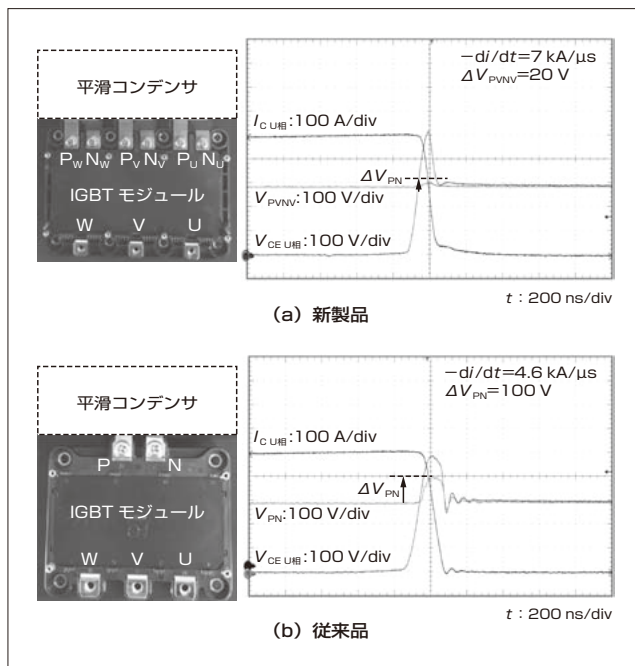


図4 ターンオフ時のPN端子間のサージ電圧

る。一方、パワーモジュールを使用するときは、平滑コンデンサを接続するため、ターンオフ時にPN端子間に発生するサージ電圧を抑えることも重要である。図4に、ターンオフ時のPN端子間のサージ電圧を示す。

従来品では、三相のPN端子をモジュール内で一括配線としているため、PN間に100Vのサージ電圧が発生している。一方、新製品では、三相のPN端子を独立配線とし、内部配線を含めて配線長を極力短くし、配線インダクタンスを小さくした。これにより、電流遮断速度が約1.5倍高いにもかかわらず、PN端子間サージ電圧は20Vとなり大幅に減少している。

発売時期

2016年11月

お問い合わせ先

富士電機株式会社
電子デバイス事業本部営業統括部営業第二部
電話 (03) 5435-7151



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。