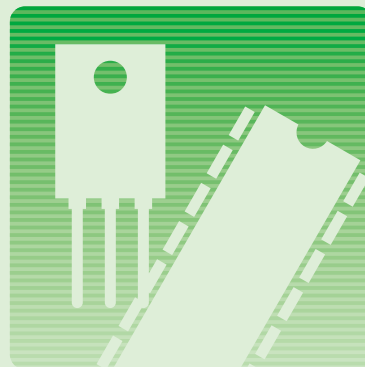


半導体

産 業
電 装



CO₂ 排出抑制による地球温暖化対策や、安全・安心で持続可能な社会を実現するために、電気エネルギーを効率的に利用し、省エネルギー・創エネルギーに貢献するパワーエレクトロニクス技術への期待が高まっている。近年、産業機器や家電製品だけでなく、自動車、太陽光発電、風力発電などの幅広い分野で、電力変換素子のキーデバイスとしてパワー半導体の需要が拡大している。富士電機は、パワー半導体の代表的な素子である IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) を中心に、多くの技術革新とともに、さらなる高効率化、小型化、高信頼性化といったニーズに応える製品を実現してきた。

産 業

富士電機は IPM (Intelligent Power Module) を開発し、製品化している。最新の第 7 世代 IGBT-IPM 「P638 パッケージ」では、第 7 世代のチップ技術やパッケージ技術を適用し、650 ~ 1,700 V 耐圧の幅広い製品を系列化した。また、第 3 世代小容量 IPM 「P633C シリーズ」IPM としてエアコンや産業用インバータ、サーボ用途に駆動 IC と保護機能を内蔵した IPM を開発した。

IGBT チップと FWD (Free Wheeling Diode) チップを一体化し、さらなる高密度化が期待できる RC-IGBT (逆導通 IGBT) 技術と第 7 世代 X シリーズの技術とを組み合わせた 1,700 V RC-IGBT モジュール「Dual XT」を開発し、第 7 世代 IGBT モジュール「X シリーズ」製品の系列をさらに拡充した。小型・高密度化に伴う温度上昇を低減し、これにより、これまで実現ができなかった同一パッケージでの電流定格拡大が可能となった。また、SiC 素子の適用拡大を進めて第 2 世代 SiC-MOSFET を搭載し、Si-IGBT とパッケージ互換となる All-SiC 2 in 1 モ

ジュール (1,200 V、1,700 V) を開発した。これにより電力変換装置の大幅な出力電流アップに貢献できる。

ディスクリート製品では、PCS や UPS 用機器の高効率・小型化の要望に応えるため、新たにディスクリート IGBT 「XS シリーズ」1,200 V 耐圧 40 A 製品を系列化した。

IC 製品では、電源回路の小型化、軽負荷時の効率向上およびシステムコストダウンという市場要求に応えるため、小容量の平滑コンデンサに対応した出力電圧リップルの抑制と軽負荷の効率を改善する制御機能を内蔵し、部品点数の削減を可能とする、臨界モード PFC 制御 IC 「FA1B00N シリーズ」、および LLC 電流共振制御 IC 「FA6C00N」シリーズを開発した。

通信基地局電源や EV ステーション用機器の高効率・小型化および高信頼性の要望に応えるため、ディスクリート SiC-SBD 「第 2 世代シリーズ」650 V 耐圧 6 A、8 A、10 A 製品の系列化を行った。

IC 分野では、小型で高品質が要求される産業用 IPM 向けに、600 V 保証の三相 1 チップ HVIC を開発し、チップ面積を削減した。

電 装

電装分野では、X シリーズ技術を基に車載エアコン向けに最適化、業界トップクラスの低損失を実現した車載用小容量 IPM を開発した。自動車の電子制御システムの高集積化に対応するため、小型・高放熱 SON (Small Outline Non-leaded) パッケージを採用した第 5 世代 IPS (Intelligent Power Switch) を開発した。

また、xEV 向けに、小型・薄型で高出力の直接水冷パワーモジュールを開発している。

産 業

① 第7世代 IGBT-IPM 「P638 パッケージ」

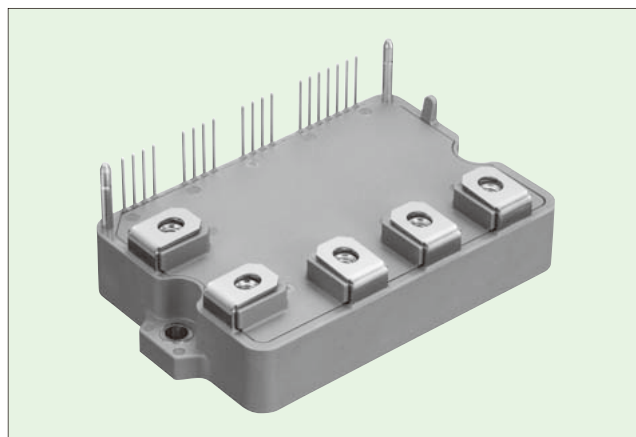
近年、モータ制御装置などに使用されるIPM (Intelligent Power Module) には、低損失化や高出力での駆動、小型化の要求が高まっている。これらの要求に応えるため、第7世代 IPM では、第6世代 IPM に比べて損失を10% 低減した。また、連続動作時のチップの許容温度を従来の125℃から150℃に拡大しており、より高電流出力での駆動が可能となる。今回、小型ながら主端子をねじで取り付ける「P638 パッケージ」を開発し、第7世代 IPM 系列に加えた。この製品は、従来の第6世代の同一定格品に比べて設置面積を54% 削減し、小型化を達成した。

○定格：650 V/50 A、75 A、100 A、150 A

1,200 V/25 A、35 A、50 A、75 A

○外形寸法：W90×D55×H22 (mm)

図1 「P638 パッケージ」



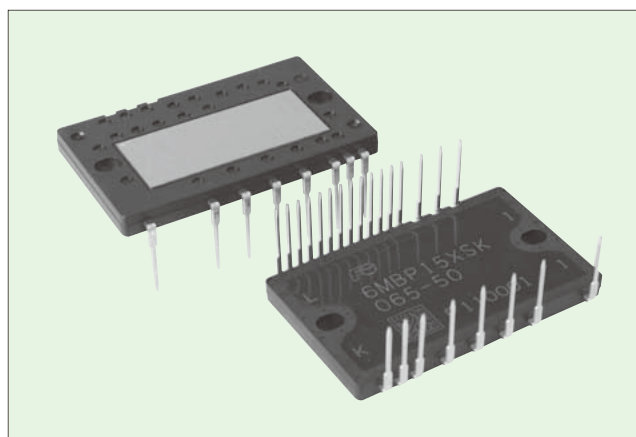
② 第3世代小容量 IPM 「P633C シリーズ」

近年、中国および他の新興国を中心にエネルギー需要が増加し、環境対策の重要性からエアコンなどのモータドライブ機器のインバータ化が加速している。これらのインバータ回路で求められる低損失と EMC (電磁両立性) の要求に応えるため、定格電圧 / 定格電流：650 V/15 ~ 30 A の第3世代小容量 IPM 「P633C シリーズ」を開発した。

第7世代 IGBT と FWD チップ技術をベースに、拡散と濃度プロファイルの最適化によって、発生損失は従来比32% の低減と発生ノイズの10 dB μ V 低減を同時に実現した。さらに、耐ノイズ性が高い三相1チップ HVIC*を新たに開発し、これを採用することにより、外来サージ耐量を向上させた。

*関連記事：本号 半導体 “600 V 保証三相1 チップ HVIC”

図2 「P633C シリーズ」



③ 1,700 V 第7世代 「X シリーズ」産業用 RC-IGBT モジュール 「Dual XT」

IGBT モジュールの大容量化、高信頼性といった市場要求に応えるため、IGBT と FWD の機能をワンチップ化した RC-IGBT (逆導通 IGBT) を搭載した定格電圧1,200 V 第7世代 「X シリーズ」産業用 RC-IGBT モジュールを製品化している。新たに1,700 V 「Dual XT」(1,700 V/800 A) を開発し、系列に加えた。

同じパッケージを用いて IGBT と FWD を搭載した旧世代の第6世代 「V シリーズ」のモジュールに比べ、最大定格電流を550 A から800 A に拡大した。さらに、第7世代と RC-IGBT 技術により、損失と放熱性を改善した。これにより低周波動作時の温度変化を抑制し、熱応力による疲労破壊を防ぎ、顧客装置の長寿命化を実現する。

図3 「Dual XT」(1,700 V/800 A)



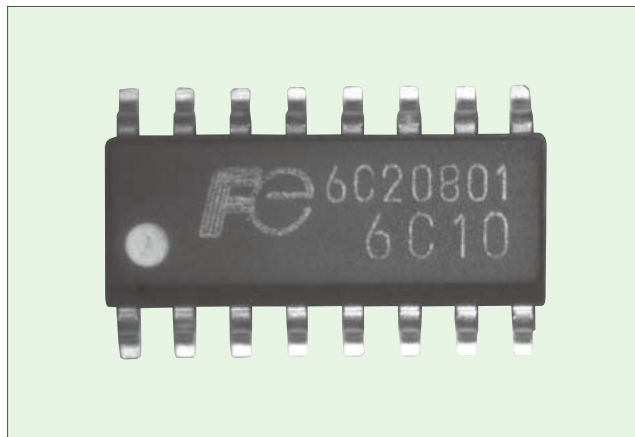
産 業

④ 第 4 世代 LLC 制御 IC 「FA6C00 シリーズ」

出力電力が 75 W を超えるスイッチング電源には、高効率化や低ノイズ化に有効な LLC 電流共振回路が広く使用されている。この回路を使った電源では、軽負荷時の効率のさらなる改善や電源部品の削減が求められている。

この要求に応えるため、第 4 世代 LLC 制御 IC 「FA6C00 シリーズ」を開発した。この IC は、10~20 W の中負荷領域では、従来の連続スイッチング制御に代わり高周波バースト制御を採用して、出力電圧リップルと音鳴りを抑制しながら効率も同時に改善した。10 W 以下の軽負荷領域では、従来と同様に低周波バースト制御を行う。また、出力電圧制御に共振電流位相比制御を新たに採用することで、位相補償部品を 9 個から 2 個に削減して電源のコストダウンを可能にした。

図 4 「FA6C00 シリーズ」

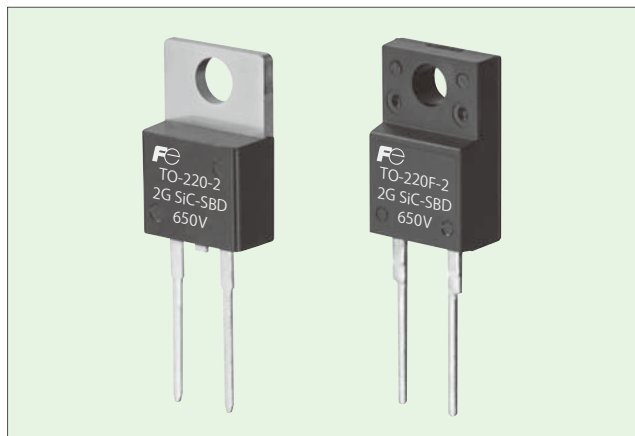


⑤ 第 2 世代 ディスクリート SiC-SBD

サーバや通信基地局、充電ステーションなどでは、電源機器の高効率化、および高信頼性の要求が強い。これらを実現する 650 V の第 2 世代 ディスクリート SiC-SBD を開発した。従来の第 1 世代品と比較して、基板抵抗の低減、オーミック領域の接触抵抗低減により、順電圧 V_F とサージ順電流 I_{FSM} を改善した。主な特徴を次に示す。

- (1) 低順電圧 ($T_{vj}=25^\circ\text{C}$ 、従来比 18% 低減) による電源機器の高効率化
- (2) サージ順電流 (耐サージ電流) の改善 ($T_{vj}=25^\circ\text{C}$ 、従来比 64% 向上) による電源機器の高信頼性化
- (3) 定格電圧 / 定格電流: 650 V / 6 A、8 A、10 A
- (4) 外形: TO-220-2、TO-220F-2

図 5 第 2 世代 ディスクリート SiC-SBD



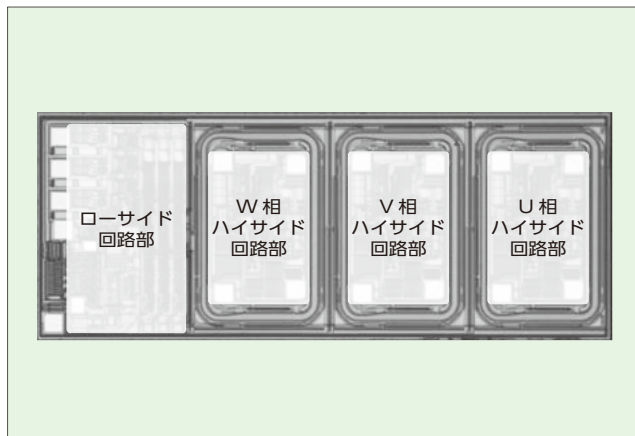
⑥ 600 V 保証三相 1 チップ HVIC

小型で高品質が要求される産業用 IPM 用に、600 V 保証の三相 1 チップ HVIC を開発した。三相 1 チップ HVIC は U、V、W 相の上アーム側 IGBT のゲート駆動回路を一つのチップに集積したハイサイドゲートドライバ IC である。従来の 3 チップ構成の IC を 1 チップ化したことでワイヤ本数も削減でき、IPM の小型化が可能となる。

今回開発した IC では、ノイズ誤動作防止回路やデバイス集積化技術により、IGBT のスイッチングや外来サージに起因したノイズに対する高い耐性とチップ面積の縮小を両立した。従来の単相 HVIC の総チップ面積に比べて 40% 以上削減した。これにより、ノイズ耐性の高い高品質な IPM 製品の実現に貢献している。

*関連記事: 本号 半導体 “第 3 世代小容量 IPM 「P633C シリーズ」”

図 6 三相 1 チップ HVIC のチップ



電装

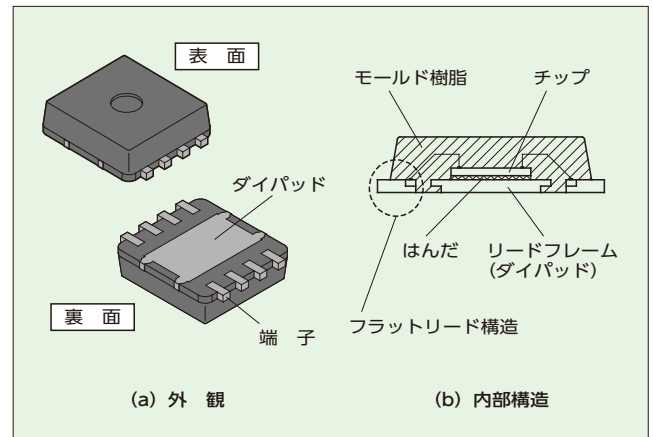
① 車載用第5世代IPS「F5202H」

自動車の電子制御システムの大規模化に伴い、システムの高集積化が進み、MOSFET、保護回路と制御回路を一体化したIPS（Intelligent Power Switch）などの部品の小型・高放熱化が求められている。

第5世代IPS「F5202H」では、この要求に応えるため、裏面に放熱性に優れたダイパッドを備えたSON（Small Outline Non-leaded）パッケージを採用し、従来製品の「F5106H」に比べ、パッケージ面積を45%削減し、熱抵抗を80%低減した。三重拡散構造デバイス技術を適用し、基本機能を維持したままチップサイズを45%削減し、パッケージの小型化に対応した。エンジンルーム内の過酷な環境での使用を想定し、使用部材の最適化を行い、車載向け集積回路（IC）の信頼性規格AEC-Q100に準拠した。

●関連論文：富士電機技報 2020, vol.93, no.4, p.219

図7 「F5202H」



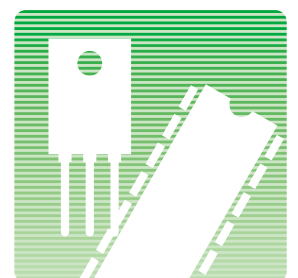
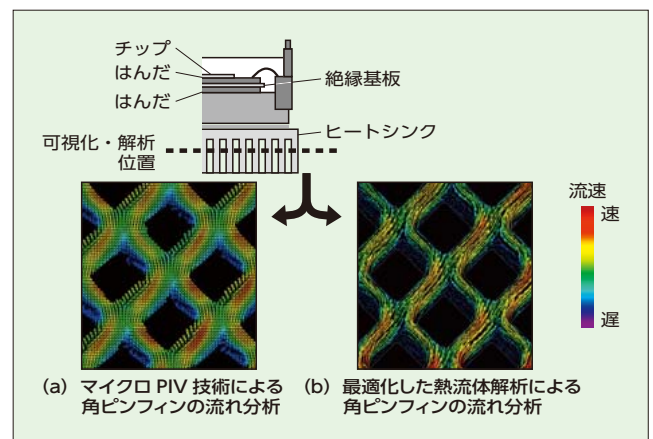
② 可視化技術を用いた熱流体解析技術の高度化

車載用パワーモジュールは、高電力密度化（小型・薄型化、高出力化）を達成するために、高い冷却性能を持つ直接水冷技術を採用している。さらなる高電力密度化のため、流れの可視化技術と熱流体解析を併用した高精度な設計技術の構築によって冷却性能の向上を進めている。

マイクロPIV（Particle Image Velocimetry）を用いた可視化技術により、冷却器内部の流れを詳細に可視化し、フィン周りの流れを正確に捉えた。可視化の結果を活用し、熱流体解析のメッシュルールなどの解析条件を最適化することで、解析誤差を3～5%に抑えた。

今後、この解析技術を活用してフィン周りの流れを最適化し、冷却性能を向上させることで、さらに高電力密度化したモジュールを開発していく。

図8 可視化技術と熱流体解析による角ピンフィンの流れ





*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。