

# 1,700 V 耐圧 SiC ハイブリッドモジュール

1,700 V Withstand Voltage SiC Hybrid Module

牛島 太郎\* USHIJIMA, Taro

近年、地球温暖化を防止するために、これまで以上に CO<sub>2</sub> などの温室効果ガスの削減が求められている。温室効果ガスを削減する手段の一つとして、パワーエレクトロニクス機器の省エネルギー化がある。中でもインバータの高効率化が挙げられ、特にインバータの主要な素子であるパワーデバイスの低損失化の要求が強い。

代表的なパワーデバイスである IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) モジュールには、従来は Si (シリコン) の IGBT チップと FWD (Free Wheeling Diode) チップを用いてきた。この Si デバイスに替わって、耐熱性と高い破壊電界強度を持った SiC (炭化けい素) デバイスが装置の高効率化や小型化を実現するものとして期待されている。

富士電機では 600 V 耐圧 SiC-SBD (Schottky Barrier Diode)、および 1,200 V 耐圧 SiC-SBD の開発を完了し、これらの SiC-SBD と Si-IGBT を組み合わせて搭載した SiC ハイブリッドモジュールを製品化している。今回、690 V 入力インバータ用に 1,700 V 耐圧の SiC ハイブリッドモジュールを開発し、製品化した。

本稿では、「M277 パッケージ」に搭載した 1,700 V 耐圧 SiC ハイブリッドモジュールの特徴とスイッチング特性について述べる。

## 1 特徴

M277 パッケージの外観と外形図を図 1 に示す。従来の Si モジュールから容易に置き換えることができるように Si モジュールと同じ M277 パッケージを採用し、富士電機で量産立上げを行った 1,700 V 耐圧 SiC-SBD チップと第 6 世代「V シリーズ」IGBT チップを搭載した。SiC-SBD は、これまで使用していた Si ダイオードに比べ、低抵抗でかつスイッチング特性に優れている。また、バンドギャップが広いので、熱励起されるキャリアが非常に少なく温度上昇による影響を受けにくい。したがって、高温動作が可能である。図 2 にトータル発生損失のシミュレーション結果を示す。キャリア周波数  $f_c$  が 2 kHz のとき、SiC ハイブリッドモジュールの損失は Si モジュールに比べて約 26% 低い。また、SiC ハイブリッドモジュールは、 $f_c$  が高い領域における損失が Si モジュールより低いので

\* 富士電機株式会社電子デバイス事業本部事業統括部モジュール技術部

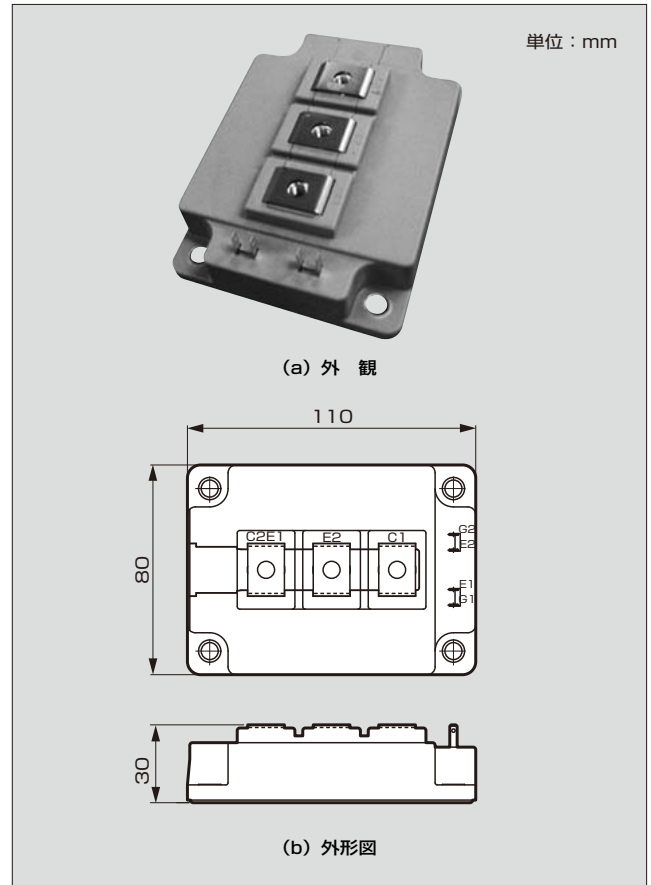


図 1 「M277 パッケージ」

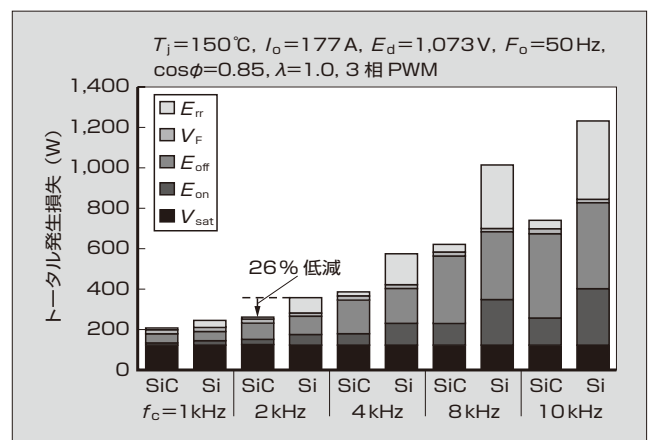


図 2 トータル発生損失のシミュレーション結果

高周波動作に有利である。

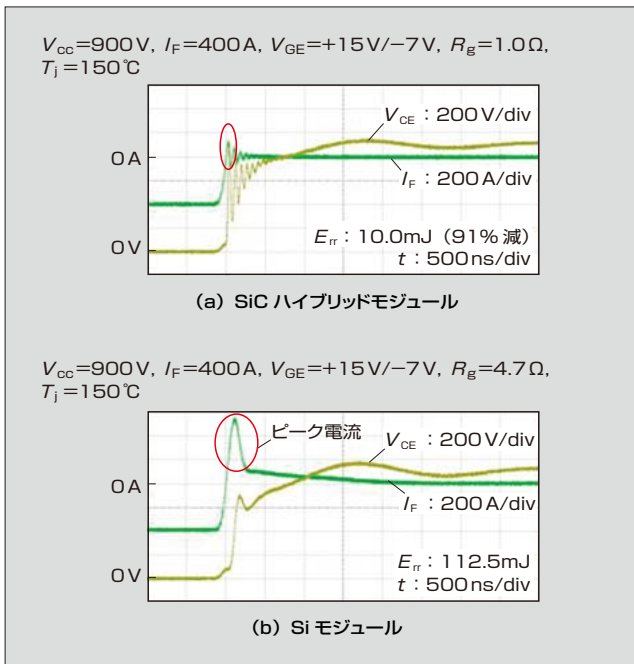


図3 逆回復波形

## ② スイッチング特性

### (1) 逆回復損失特性

図3に、SiCハイブリッドモジュールとSiモジュールの400A品における逆回復波形を示す。SiCハイブリッドモジュールは、逆回復ピーク電流がほとんどない。これはSiC-SBDがユニポーラデバイスであるため、少数キャリアの注入が起きないことに起因する。400A品の逆回復損失はSiモジュールに比べて約91%低い。

### (2) ターンオン損失特性

図4に、SiCハイブリッドモジュールとSiモジュールの400A品におけるターンオン波形を示す。SiCハイブリッドモジュールは、SiC-SBDの逆回復ピーク電流が対

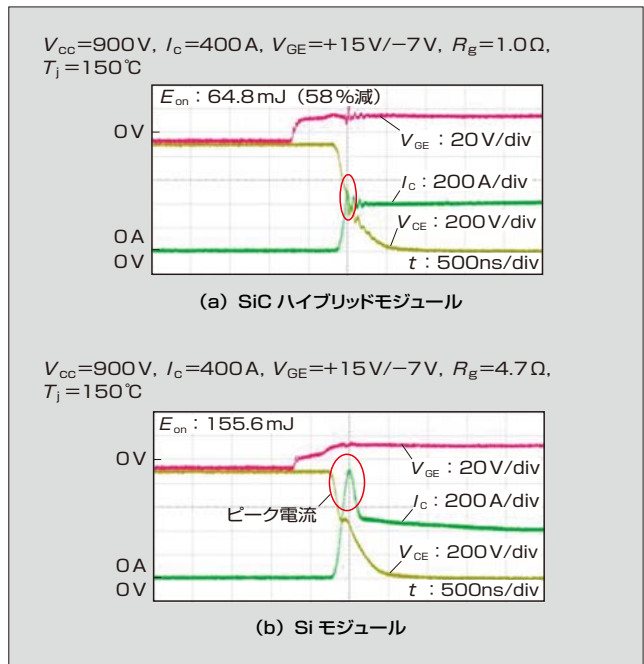


図4 ターンオン波形

向アーム側のIGBTターンオン電流に影響するため、ターンオン損失が低減する。逆回復波形と同様にターンオンピーク電流はほとんどなく、400A品のターンオン損失はSiモジュールと比べて約58%低い。

## 発売時期

2014年10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事業統括部  
モジュール技術部産業モジュール3課  
電話 (0263) 27-7457

(2014年11月21日 Web公開)

# AT-NPC 3レベル大容量 IGBT モジュール —大容量モジュール用パッケージ「M404パッケージ」—

AT-NPC 3-level High-Power IGBT Module —  
Package for High-Power Module “M404 Package”

山本 紗矢香\* YAMAMOTO, Sayaka

近年、再生可能エネルギーが注目され、特に太陽光発電や風力発電の市場が伸びている。これらの分野では電力変換効率を向上させるため、高電圧化、大容量化、高効率化が進んでいる。

富士電機は、3レベル電力変換回路を一つのパッケージに収めた 1,200 V/400 A 定格の IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) モジュールを既に製造している。さらなる大容量化に対応するため、PrimePack<sup>(注)</sup>の一部を改良し、太陽光発電用 PCS (Power Conditioner) や風力発電、UPS (無停電電源装置) などに対応できる汎用性の高い 3レベル大容量 IGBT モジュール用パッケージ「M404 パッケージ」を開発した。定格電圧 1,200 V、定格電流 450 A、650 A、900 A の 3 型式をラインアップした。M404 パッケージは、並列接続も容易であるため、装置のいっそうの大容量化に対応できる。

本稿では、M404 パッケージの特徴と電気的特性について述べる。

## 1 特徴

M404 パッケージは、既存の大容量パッケージ PrimePack 内に 3レベル変換回路とサーミスタを集積した大容量 IGBT モジュール用のパッケージである。M404 パッケージの外観と外形図を図 1 に、ラインアップと主な特性を表 1 に示す。

- (a) さらなる大容量化のための並列接続が可能である。
- (b) モジュール内部の主端子ブスバーをラミネート構造としたため、内部インダクタンスが小さい。
- (c) 装置の小型化に対応できるようにモジュール実装面積を省スペース化し、冷却フィンの面積を小さくできる。
- (d) 温度検出用のサーミスタを内蔵している。

## 2 電気的特性

RB (Reverse Blocking) -IGBT を使用することで、素子数が減り、オン抵抗が下がり、変換効率が向上する。

### (1) 導通損失の低減

3レベル電力変換方式は、2レベル電力変換方式より

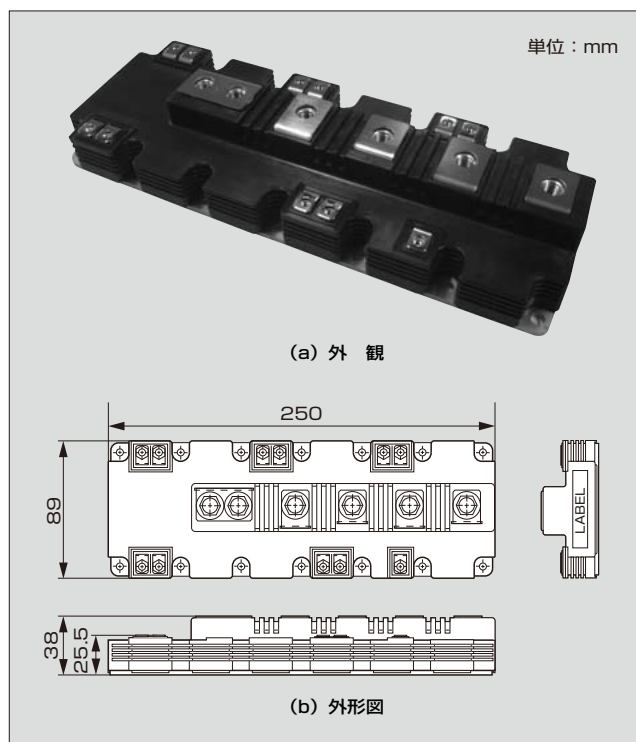


図 1 「M404 パッケージ」

も変換効率が低い。3レベル電力変換方式には 2種類あり、中間双方向スイッチング (AC スイッチ) を使用する AT-NPC (Advanced T-type Neutral-Point-Clamped) 方式と、スイッチング素子が直列につながる NPC 方式がある。等価回路を図 2 に示す。

AT-NPC 方式は、電流を通過する素子数が NPC 方式より少ないので、導通損失が抑えられる。さらに、AC スイッチに富士電機独自の RB-IGBT を適用することで、素子数が少なくなり、さらに導通損失が低減する。図 3 に、各変換方式におけるトータル発生損失とトータル効率を示す。RB-IGBT を適用した AT-NPC 方式は、RB-IGBT を用いない場合に比べ、0.1 ポイント効率が向上している。2レベル電力変換方式と比較した場合、0.6 ポイントもの効率向上となる。

### (2) 耐圧の最適化

既存の 3レベル製品は、AC スイッチ部が 600 V 耐圧 RB-IGBT であった。これに対し、現在、太陽光発電分

\* 富士電機株式会社電子デバイス事業本部事業統括部モジュール技術部

〈注〉 PrimePACK : Infineon Technologies AG の商標または登録商標

表1 「M404 パッケージ」ラインアップと主な特性

項目		仕様		
方式		AT-NPC		
形式		4MBI450VB-120R1-50	4MBI650VB-120R1-50	4MBI900VB-120R1-50
パッケージ寸法		L250×W89×H38 (mm)		
インバータ部	$V_{CES}$	1,200 V		
	$I_C$ (IGBT)	450 A	650 A	900 A
	$-I_C$ (FWD)	450 A	650 A	900 A
	$V_{GES}$	±20 V		
	$T_j$	175 °C		
	$T_{jop}$	150 °C		
	$V_{GE(th)}$ (chip) $V_{GE}=20$ V	6.0~7.0 V ( $I_C=450$ mA)	6.0~7.0 V ( $I_C=650$ mA)	6.0~7.0 V ( $I_C=900$ mA)
	$V_{CE(sat)}$ (chip) $V_{GE}=15$ V, $T_j=25$ °C	typ.1.85 V ( $I_C=450$ A)	typ.1.8 V ( $I_C=650$ A)	typ.1.85 V ( $I_C=900$ A)
	$V_F$ (chip) $T_j=25$ °C	typ.1.70 V ( $I_C=450$ A)	typ.1.75 V ( $I_C=650$ A)	typ.1.70 V ( $I_C=900$ A)
	$R_{th(I-C)}$ (IGBT)	max. 0.068 °C/W	max. 0.049 °C/W	max. 0.038 °C/W
$R_{th(I-C)}$ (FWD)	max. 0.098 °C/W	max. 0.077 °C/W	max. 0.054 °C/W	
ACスイッチ部	$V_{CES}$	900 V		
	$I_C$ (RB-IGBT)	450 A	650 A	900 A
	$V_{GES}$	±20 V		
	$T_j$	150 °C		
	$T_{jop}$	125 °C		
	$V_{GE(th)}$ (chip) $V_{GE}=20$ V	5.3~7.3 V ( $I_C=450$ mA)	5.3~7.3 V ( $I_C=650$ mA)	5.3~7.3 V ( $I_C=900$ mA)
	$V_{CE(sat)}$ (chip) $V_{GE}=15$ V, $T_j=25$ °C	typ.2.30 V ( $I_C=450$ A)	typ.2.25 V ( $I_C=650$ A)	typ.2.30 V ( $I_C=900$ A)
	$R_{th(I-C)}$ (RB-IGBT)	max. 0.063 °C/W	max. 0.047 °C/W	max. 0.034 °C/W
共通	$V_{iso}$	AC 4,000 V (AC : 1 min)		

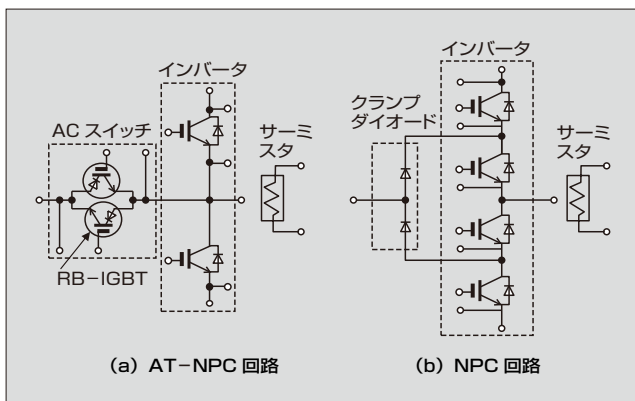


図2 3レベル IGBT モジュールの等価回路

野ではバス電圧 DC1,000 V が主流になりつつあり、この分野の製品の AC スイッチ部は DC500 V でスイッチングする。このため、既存の 600 V 耐圧では過電圧による素子破損の恐れがある。一方、既存の 1,200 V 耐圧 RB-IGBT ではオン電圧が高くなるため損失に影響が出る上、チップ占有面積が大きくなり集積化が困難になる。そこで、適用電圧に対して十分な過電圧耐量のある 900 V 耐圧 RB-IGBT を開発し、最適化を行った。

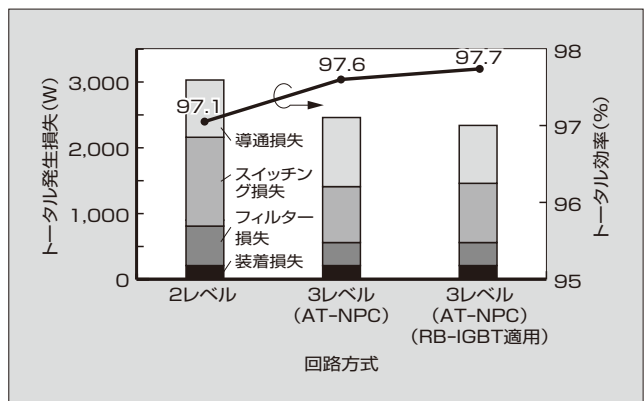


図3 各変換方式のトータル発生損失とトータル効率

発売時期

2015年1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事業統括部モジュール技術部

電話 (0263) 27-2943

(2014年11月21日 Web 公開)

# ディスクリット SiC-SBD

Discrete SiC-SBD

一ノ瀬 正樹\* ICHINOSE, Masaki

太陽光発電用パワーコンディショナ、風力発電用 DC/AC コンバータ、ハイブリッド車 (HEV) や電気自動車 (EV) やエアコン用の高効率インバータなどのパワーエレクトロニクス機器には、パワー半導体が数多く使用されている。パワーエレクトロニクス機器の電力損失を低減する上で、パワー半導体の効率向上が必須課題となっている。このため、従来の Si 半導体の性能限界を打ち破る次世代半導体として、SiC (炭化けい素) や GaN (窒化ガリウム) などのワイドバンドギャップ半導体が実用化されてきている。SiC は、Si に比べてバンドギャップは 3 倍以上、絶縁破壊電界は 5 倍以上、電子飽和速度は 2 倍以上、熱伝導率は約 3 倍といった優れた物性を持ち、Si よりも高温で利用できる。Si 半導体を SiC 半導体に置き換えることにより、パワー半導体素子のオン抵抗を下げ、電力変換回路の電力損失を大幅に削減できるので、機器のエネルギー利用効率の大幅な改善と省電力化が可能である。

富士電機は、SiC-SBD (Schottky Barrier Diode) を搭載したパワー半導体モジュールを製品化してきており、今回、ディスクリットパッケージに搭載した 650 V 10~50 A, 1,200 V 18~36 A の SiC-SBD を開発した。本稿では、650 V/10 A 品を代表として、その特徴と適用例について述べる。

## 1 特徴

### 1.1 順方向特性

図 1 に、SiC-SBD の順方向特性を示す。SiC-SBD の順方向電圧  $V_F$  は、Si-FRD (Fast Recovery Diode) より低い。また、Si-FRD とは逆に正の温度特性を持ち、温度上昇とともに  $V_F$  は増加する。このため、ダイオードを並列で使用する場合、Si-FRD では温度上昇により  $V_F$  が低下し、さらに電流が流れやすくなるため、一部のダイオードに電流が集中する。これに対して、SiC-SBD の場合は、温度の高いダイオードの電流が  $V_F$  の増加により抑えられ、並列のダイオード全体で電流を分担するので並列使用が容易になる。さらに、温度依存性も小さいため、高温での使用に適している。

\* 富士電機株式会社電子デバイス事業本部事業統括部ディスクリット・IC 技術部

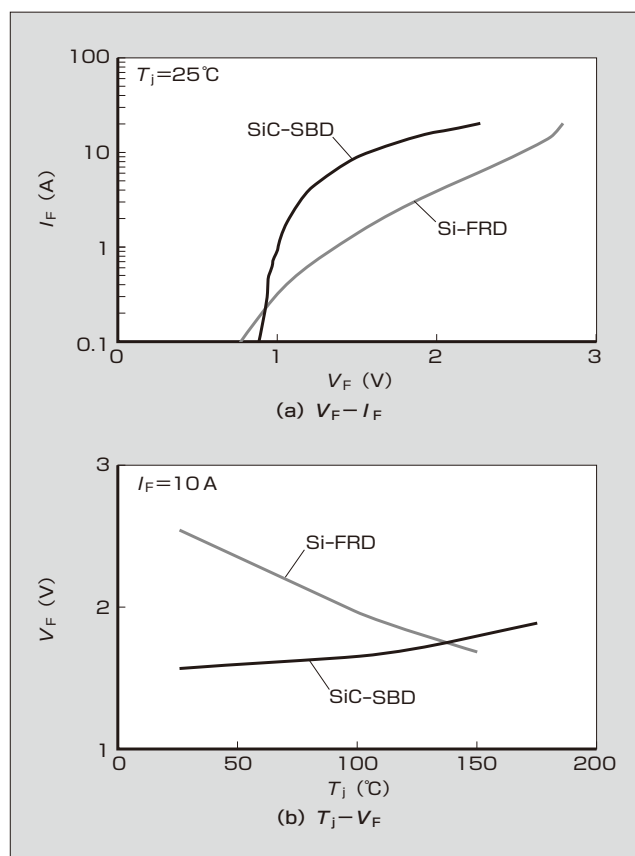


図 1 順方向特性

### 1.2 逆方向特性

図 2 に、SiC-SBD の逆方向特性を示す。SiC-SBD は、

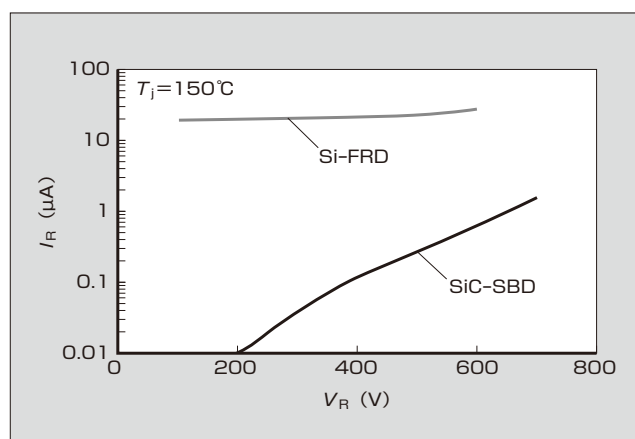


図 2 逆方向特性  $V_R$ - $I_R$

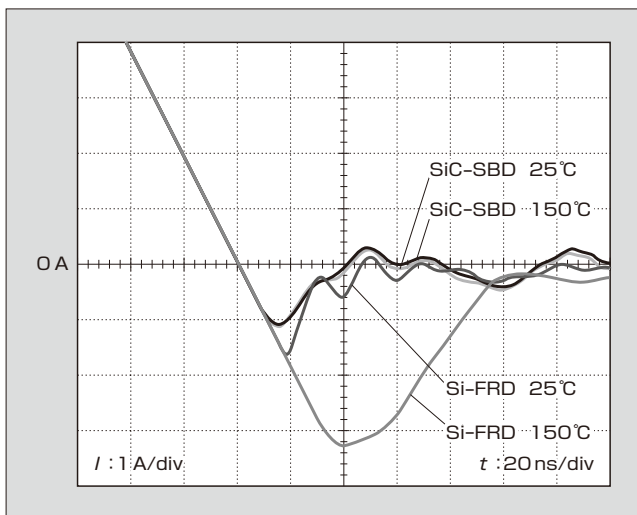


図3 スイッチング波形

Si-FRD に比べて逆漏れ電流  $I_R$  が小さい。高温でも  $I_R$  が小さいので、高温動作においても熱暴走が起こりにくい。

### 1.3 スイッチング特性

図3に、SiC-SBDとSi-FRDのスイッチング波形の比較を示す。Si-FRDはバイポーラ動作であり少数キャリアの蓄積があって消失に時間がかかるため、スイッチング速度は温度に依存する。一方、ユニポーラデバイスであるSiC-SBDは、伝導に寄与するのは蓄積効果のない多数キャリアであって寄生容量に基づく電流の充放電しかないため、高速スイッチングが可能であり、温度依存性もほとんどない。また、スイッチング電流の低減により、ノイズも低減する。これらの特徴から、SiC-SBDは高温高周波動作には極めて有利である。

## 2 適用例

ディスクリート SiC-SBD の適用例として、太陽光発電用パワーコンディショナ(図4)のチョップ回路、および電気自動車(EV)用急速充電器のDC/DCコンバータやインバータが挙げられる。スイッチングロスの低減によって効率改善やノイズ抑制、高周波駆動化に大きく寄与する。太陽光発電用パワーコンディショナでは、高速スイッチングが要求される電流連続モードでの効率向上が期待できる。また、EV用急速充電器では、高出力・大容量の二次電池に短時間で充電することが求められており、大

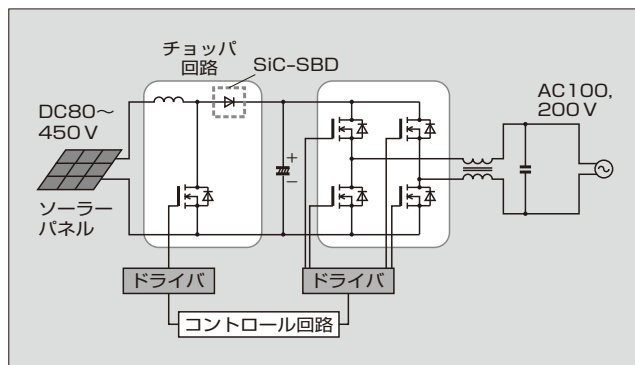


図4 太陽光発電パワーコンディショナ

表1 ディスクリート SiC-SBD の製品系列

電圧 (V)	電流 (A)	パッケージ			
		TO-220	TO-220F	T-Pack(s)	TO-247
650	10	FDCP10S65	FDCA10S65	FDCC10S65	FDCY10S65
	20	FDCP20C65	FDCA20C65	FDCC20C65	FDCY20C65
	25	FDCP25S65	FDCA25S65	FDCC25S65	FDCY25S65
	50	-	-	-	FDCY50C65
1,200	18	-	FDCA18S120	-	FDCY18S120
	36	-	-	-	FDCY36C120

幅な電力変換効率の向上が期待できる。

効率向上とノイズ低減により電力損失や発熱量が低減し、冷却機構、ノイズ対策部品、周辺部品の小型化または省略が可能となる。このため、高密度な実装によって小型・軽量で、高効率・高信頼性の電源が提供できるようになる。

## 3 製品系列

表1に、ディスクリート SiC-SBD の製品系列を示す。

### 発売時期

2015年1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事業統括部  
ディスクリート・IC技術部ディスクリート・IC企画課  
電話 (0263) 25-2942

# 株式会社ジャパンビバレッジホールディングス向け超小型カップ式自動販売機

Extremely Compact Cup-Type Beverage Vending Machines for Japan Beverage Holdings Inc.

畔柳 靖彦\* KUROYANAGI, Yasuhiko

山口 直美\* YAMAGUCHI, Naomi

中島 一秀\* NAKASHIMA, Kazuhide

カップ式自動販売機は、オフィス、工場、病院、高速道路のサービスエリアなどさまざまなロケーションで稼働している。約半数は従業員が多いオフィスで利用されており、中・大型機や多機能機が主体となっている。従業員が少ないオフィス向けのコンパクトサイズの製品は、ホット飲料専用機が主流であり、夏季に売上が減少するため設置箇所を増やすことが困難であった。

一方で、カップ式自動販売機のレギュラーコーヒー抽出システムを応用して2013年に開発したカウンタートップ機材は、その味が消費者から評価され、コンビニエンスストアにおけるコーヒー販売を大ヒットに導いた。

このような自動販売機の状況を捉え、“オフィス市場全体の活性化”を実現するため、カップオペレータ企業である株式会社ジャパンビバレッジホールディングス(JBHD)と超小型カップ式自動販売機を共同で開発した。コンパクトサイズで小規模オフィス向けの仕様でありながら、身近でおいしい本格的なコーヒーを提供するものである。

## 1 特徴

従来機種と比べた主な特徴は次のとおりである。

- (a) オフィス向けの新デザイン扉
- (b) コンパクトサイズでホット & コールド仕様
- (c) おいしいコーヒーを提供する1杯取りドリップ式のコーヒーブリュア
- (d) カップ内で飲料を調理する、清掃性・衛生性に優れたカップミキシング方式

JBHD向け超小型カップ式自動販売機の外観を図1に、仕様を表1に示す。

### (1) 新デザイン扉

従来のカップ式自動販売機のイメージを一新するため、デザイン自由度の高い一体シートキーを採用した。これはパネル表示器とシートキーを一体化したものであり、コーヒーショップのメニューボードをイメージした商品展示と選択ボタンを実現した。また、左右のモール部の色をシルバーメタリックとすることで高級感を演出し、さらに将来のリニューアルに備えて、着脱可能な構造とした。

### (2) 業界最先端の調理技術



図1 JBHD向け超小型カップ式自動販売機

表1 JBHD向け超小型カップ式自動販売機の仕様

項目	仕様
型式	FJX10
外形寸法	W550×D600×H1,700 (mm)
製品質量	135 kg
商品展示/押しボタン	フレーバ数: 6個 / 商品選択: 12ボタン ファンクション: 9ボタン
販売原料	レギュラー 2.1L×2 クリーム 1.4L×1 砂糖 1.4L×1 パウダー 1.4L×3
コーヒーブリュア	ドリップ式 ペーパーフィルタ カスバケツ容量: 14L
カップ機構	9オンス限定 2種類 (収容数: 210個)
製氷機貯水量	2.1 kg
湯タンク容量	3.0L
給水	水道直結/カセットタンク
排水バケツ容量	5.5L
冷媒	HFO-1234yf
消費電力量	849 kWh/y

2013年のコンビニエンスストアにおけるコーヒーブームの火付け役であり、富士電機の自動販売機コア技術であるレギュラーコーヒー抽出システムを搭載した。また、コンパクトサイズでカップミキシング方式を採用するため、業界初の横一軸搬送カップミキシング方式を搭載した。さらに、調理効率を高めるため、プロペラ攪拌(かくはん)時にカップを揺らす制御機能を搭載した。

### (3) 環境対応

真空断熱材を搭載した温水タンクや高効率制御製氷機

\* 富士電機株式会社食品流通事業本部三重工場設計部

などの搭載により、業界トップの低消費電力量 849 kWh/y を実現した。また、環境に優しいグリーン購入法適合冷媒 HFO-1234yf<sup>(注)</sup> を採用した。

(4) 簡単オペレーション

1杯ごとに攪拌用プロペラをリンスするオートサンテーション機能を搭載した。また、清掃部に脱着が簡単で丸洗いできる構造を採用した。

(5) サービス性・組立性の向上

コンパクトサイズであってもスマートにサービスや組立ができるように各機構部をブロック構造とし、ブロックごとに着脱できるようにした。

2 背景となる技術

2.1 省エネルギー温水タンク

カップ式自動販売機の保温・保冷の温度帯域は、97℃の熱湯から氷塊まであり、一般的な缶飲料自動販売機のホット飲料の55℃からコールド飲料の5℃までと比較して広い。さらに、食の安全のため、それぞれの制御温度は「食品衛生法」で規制され、その条件を外れた場合には自動的に売切れとする安全最優先の制御を行っている。食の安全を最優先で確保しつつ、高効率な冷却・加熱と調理機構をシステムとして確立することが課題である。その中でも、常に熱湯をためておく温水タンクは常時電力が最も大きいことから、温水タンクに関する省エネルギーの取組みが重要である。

従来の温水タンクは発泡樹脂だけで断熱していた。サーモグラフィーによる実測や熱解析などを行った結果、省エネルギーのためには全体的に断熱材の厚さを増す必要があることが分かった。しかし、全体のレイアウトからそれは困難であるため、より断熱性能の高い真空断熱材を採用することとした。真空断熱材を直接温水タンクに接触させることは、経年劣化や外表面の傷による断熱性能の低下などの問題がある。そこで、発泡樹脂で内側と外側から挟み込む三層断熱構造を採用した(図2)。これにより、温水タンクの年間消費電力量は従来の380 kWh/y

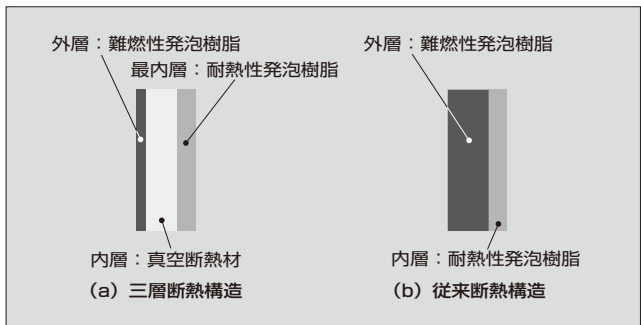


図2 温水タンク断熱構造

〈注〉 HFO-1234yf：地球温暖化係数（GWP）が4と低く、「国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律（グリーン購入法）」基準のGWP140未満に適合したノンフロン冷媒である。

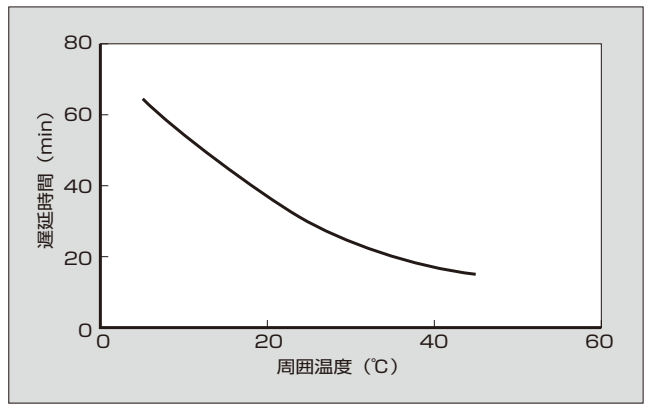


図3 製氷機コンプレッサの運転遅延時間

から325 kWh/y となり14%削減した。

2.2 省エネルギー製氷機

製氷機は水を製造してためておく機構である。製氷機用のコンプレッサは、氷の溶ける量に応じて起動と停止を繰り返す。起動開始から1~2minは冷媒が循環するために必要な時間であり、この間は氷を製造していない。つまり起動回数を減らすことは、氷を製造せずに冷媒を循環させるだけの時間を減少させることにつながり、より効率的に製氷することができることとなる。

水の需要は、季節による気温の変動によって大きく変化する。これに着目し、周囲温度をパラメータとして製氷機内の貯水量を最適化する高効率制御機能を開発した。コンプレッサに運転遅延時間(図3)を設けることで、夏季に製氷量を多く、冬季に少なくした。これにより、製氷機の年間消費電力量を25%削減した。

2.3 最先端調理技術“揺らぎ制御”

カップ式自動販売機は、カップ内で原料と湯をプロペラで攪拌するカップミキシング方式により調理を行っている。プロペラによる攪拌は、位置、回転数、時間の設定が可能であり、粒子、粘度など原料の特性に合わせて幅広く調整できる。これに加えて、本製品ではパドル攪拌時にカップを左右に移動させる最先端の調理技術“揺らぎ制御”(図4)を搭載した。攪拌効率を高めることで、

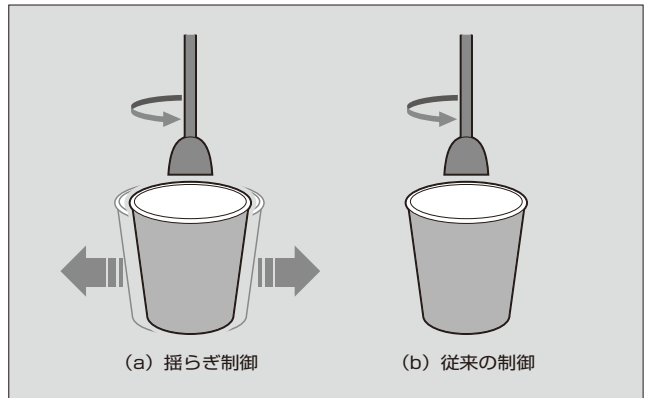


図4 最先端調理技術“揺らぎ制御”



飲料バリエーションのアップ，飲料品質の向上，販売時間の短縮が可能となった。

**発売時期**

2014年10月29日

---

**お問い合わせ先**

富士電機株式会社

営業本部食品流通営業統括部営業第三部営業第一課

電話 (03) 5435-7077



# 小型パッケージ “MiniSKiiP” 製品の系列化

Product Lineup of Miniaturized Package “MiniSKiiP”

関野 裕介\* SEKINO, Yusuke

磯崎 誠\* ISOZAKI, Makoto

小松 康佑\* KOMATSU, Kosuke

富士電機は、コンバータ回路、インバータ回路、ブレーキ回路および温度センサを一体化したPIM (Power Integrated Module) において、富士電機の最新の「Vシリーズ」IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) チップを小型パッケージ “MiniSKiiP” に搭載した新製品を開発し、系列化した。

インバータ装置の高効率化と小型化を達成するために、IGBT モジュールに対しては損失の低減および小型化が強く求められている。これに対して富士電機は、インバータの高効率化と小型化に貢献するPIMタイプの “ECONOPIM” 製品を既に系列化している。今回、新製品として系列化したMiniSKiiP製品は、銅ベースレス構造とスプリングコンタクト構造により、従来品であるECONOPIM製品と比較して設置面積を36%縮小するこ

とを実現している。



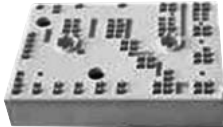
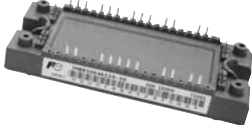
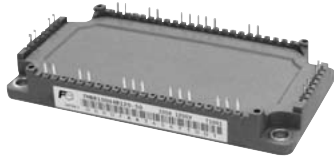
## 1 特徴

### 1.1 製品ラインアップ

表1に、MiniSKiiP製品と従来品のECONOPIM製品のラインアップを示す。従来品の定格電流が25~150Aであるのに対して、新製品のMiniSKiiP製品は8~100Aとし、新たに25A未満の定格をラインアップに加えて定格電流領域を拡充した。

また、MiniSKiiP 1タイプは8Aと15A、MiniSKiiP 2タイプは25Aと35A、MiniSKiiP 3タイプは50Aと75Aと100Aであり、容量に応じてサイズが異なっている。図1にMiniSKiiP 1の内部回路構成を示す。三相のコ

表1 MiniSKiiP製品とECONOPIM製品のラインアップ

定格電流		8A	15A	25A	35A	50A	75A	100A	150A
MiniSKiiP (新製品)	パッケージタイプ	MiniSKiiP 1		MiniSKiiP 2		MiniSKiiP 3			——
	外観								——
	設置面積	1,680 mm <sup>2</sup>		3,068 mm <sup>2</sup> (36%削減)		4,838 mm <sup>2</sup> (36%削減)			——
	質量	35 g		58 g (68%削減)		91 g (70%削減)			——
ECONOPIM (従来品)	パッケージタイプ	——	——	ECONOPIM 2		ECONOPIM 3			——
	外観	——	——						——
	設置面積	——	——	4,837 mm <sup>2</sup>		7,564 mm <sup>2</sup>			——
	質量	——	——	180 g		300 g			——

〈注1〉 MiniSKiiP : SEMIKRON Elektronik GmbH & Co.KGの商標または登録商標

〈注2〉 ECONOPIM : Infineon Technologies AGの商標または登録商標

\* 富士電機株式会社電子デバイス事業本部事業統括部モジュール技術部

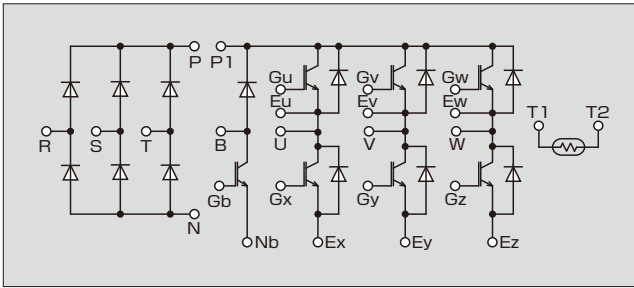


図1 MiniSKiiP 1 の内部回路構成

ンバータ回路，三相のインバータ回路，ブレーキ回路および温度センサを1パッケージに収めているため，1台で三相交流インバータを構成することができ，インバータ装置の小型化および装置設計の効率化に貢献する。

### 1.2 パッケージの小型化

表1に示すように，同一定格電流で比較すると，MiniSKiiP 2はECONOPIM 2に対して設置面積で36%，質量で68%削減し，MiniSKiiP 3はECONOPIM 3に対して設置面積で36%，質量で70%削減している。

### 1.3 装置取付け工数の削減

図2に，MiniSKiiPとECONOPIMをインバータ装置に取り付けたときの断面図を示す。MiniSKiiP製品は，はんだを使用しないスプリングコンタクト構造を採用しているので，1回のねじ締め工程によってモジュール，ヒートシンク，PCB（Printed Circuit Board）を同時に一括実装組立を行うことが可能である。一方，ECONOPIM製品は，モジュールとPCBを別々にねじでヒートシンクに組付けた後，はんだやプレスフィット構造による圧入で端子とPCBを接合し実装する。このように，MiniSKiiP製品は，ねじ締め工数の削減とスプリングコンタクト構造に

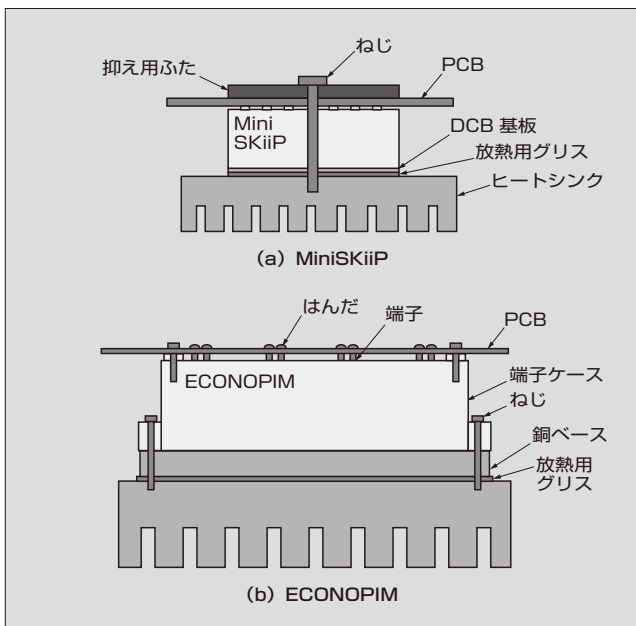


図2 装置取付け時の断面図

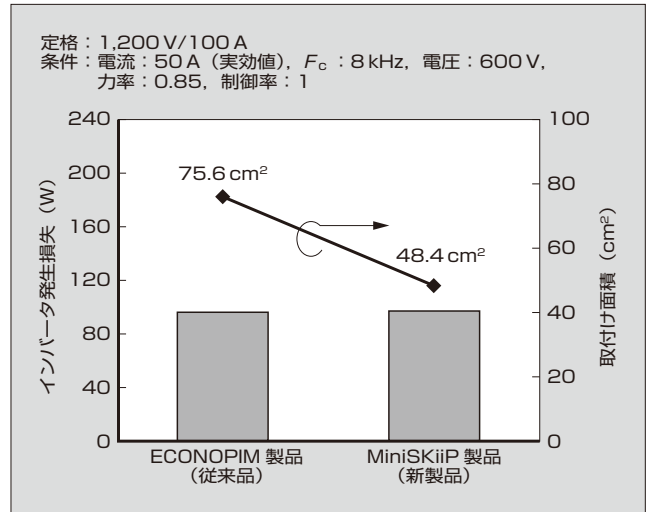


図3 インバータの発生損失とモジュールの取付け面積

よるはんだ付け工数の削減により，インバータ装置の組立が簡素化できる。

### 1.4 インバータの低損失化

図3に，1,200 V/100 A 定格のMiniSKiiP製品とECONOPIM製品のインバータ発生損失とモジュールの取付け面積の比較を示す。MiniSKiiP製品は，ECONOPIM製品と同等の低損失でありながら，モジュールの設置面積の低減を実現している。

## 2 背景となる技術

MiniSKiiP製品は，高密度実装，スプリングコンタクト構造の適用および絶縁封止材料の最適化により，小型化を実現している。

### 2.1 高密度実装

図4に，MiniSKiiP製品とECONOPIM製品の内部構造を示す。ECONOPIM製品はDCB（Direct Copper Bond-

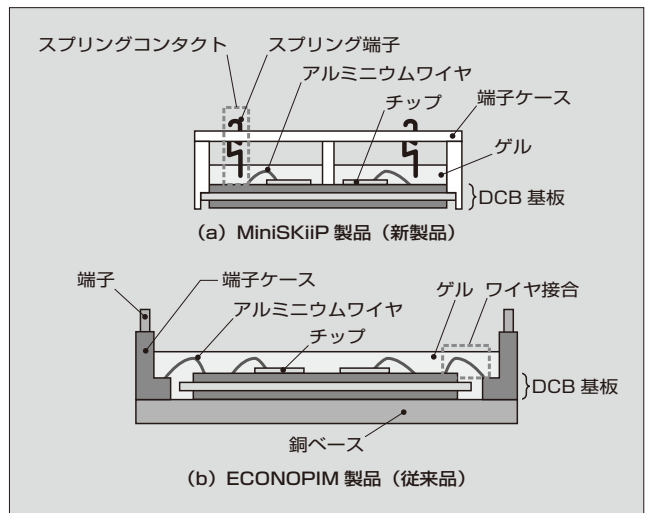


図4 内部構造

ing) 基板と外部接続した端子間をアルミニウムワイヤで接合していたため、DCB 基板面積の縮小化に限界があり、設置面積が大きくなっていた。これに対して MiniSKiiP 製品は、DCB 基板上に外部接続端子を配置したため、設置面積を縮小化できる。この結果、大幅な小型化を可能とした。

## 2.2 スプリングコンタクト構造

MiniSKiiP 製品には、インバータ装置の組立工程におけるはんだレス組立を実現するために、スプリングコンタクト構造の外部接続端子を採用した。図 5 に PCB 実

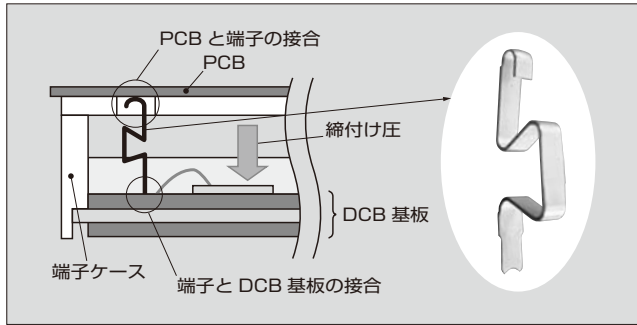


図5 PCB 実装後の断面図

装後の断面図を示す。PCB と MiniSKiiP 製品を同時に締め付けることで生じる応力によりスプリングが圧縮され、PCB と端子間で安定した接合が可能である。

## 2.3 絶縁封止材料の最適化

ECONOPIM 製品は、絶縁耐圧を考慮して十分な沿面距離を確保していたが、MiniSKiiP 製品は小型化による沿面距離の減少により、絶縁耐圧の低下が懸念された。そのため、従来採用していた封止材では、絶縁耐圧が市場要求を満足できないため、新たにゲルを開発し、ECONOPIM 製品と同等以上の絶縁耐圧を持つ高信頼性パッケージとした。

## 発売時期

2015 年 4 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  
事業統括部モジュール技術部企画課  
電話 (0263) 25-2943

