

# 第7世代「Xシリーズ」1,200 V/250 A RC-IGBT モジュール

7th-Generation “X Series” 1,200-V/250-A RC-IGBT Modules

平田 朋也\* HIRATA, Tomoya

山野 彰生\* YAMANO, Akio

近年、人口増加や経済成長により、エネルギー需要が世界的に拡大し、CO<sub>2</sub> 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の実現に向け、さまざまな施策が行われている。このような中、電気エネルギーを効率的かつ安定的に変換する電力変換装置への期待が高まっている。また、この電力変換装置のキーデバイスである IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) モジュールへの期待も高まっている。

富士電機はこれまで、多くの技術革新によって、IGBT モジュールの小型化、低損失化および高信頼化を行い、電力変換装置の小型化や出力電流拡大による低コスト化および高性能化に貢献してきた。最新世代である第7世代「Xシリーズ」IGBT モジュールでは、低損失化・高信頼性化による高パワー密度化を実現した。

しかし、IGBT モジュールのさらなる小型化や出力電流の拡大を行おうとすると、IGBT モジュール内の IGBT および FWD (Free Wheeling Diode) チップのパワー密度が増大し、動作温度が上昇して信頼性低下の可能性が懸念される。高い信頼性を保ちながら、IGBT モジュールのさらなる高パワー密度化を行うために、Xシリーズの技術に加え、新たに RC-IGBT (Reverse-Conducting IGBT: 逆導通 IGBT) の技術を適用した、産業用 X シリーズ RC-IGBT モジュールを開発した。

## 1 RC-IGBT の特徴

一般に電力変換装置で使用する IGBT モジュールは、図1に示すように IGBT と FWD の2種類の半導体チップを逆並列に接続している (IGBT+FWD 方式)。これに対し RC-IGBT は、逆並列に接続している IGBT と FWD の機能をワンチップ化している。同一定格電流の条件では、RC-IGBT チップの面積を1とすると、従来の IGBT チップの面積は0.78、FWD チップの面積は0.55 となり、IGBT チップの面積は大きく放熱性に優れ、従来チップよりも熱抵抗が低い。また、従来の IGBT チップと FWD チップを合わせた面積よりも、RC-IGBT チップの面積は約23% 縮小できる。

X シリーズのチップ技術による低損失化と、RC-IGBT による放熱性の向上により、モジュールの出力を同じパッ

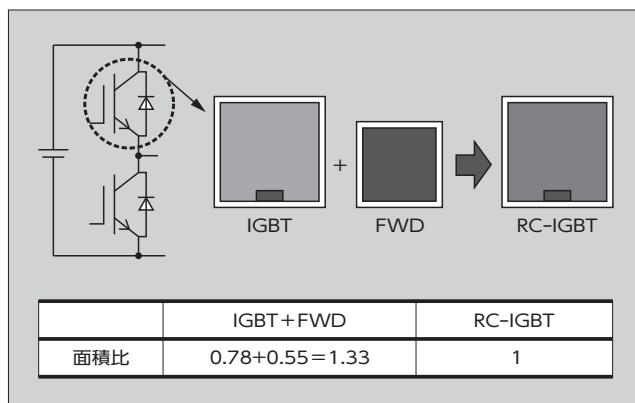


図1 RC-IGBT のチップ概略図

ケージのまま拡大した。

## 2 製品ラインアップと EconoPACK™ 1,200 V/250 A

図2にラインアップとして新たに加えた6 in 1 Xシリーズ RC-IGBT モジュール EconoPACK™<sup>(注1)</sup> の製品外観、ラ

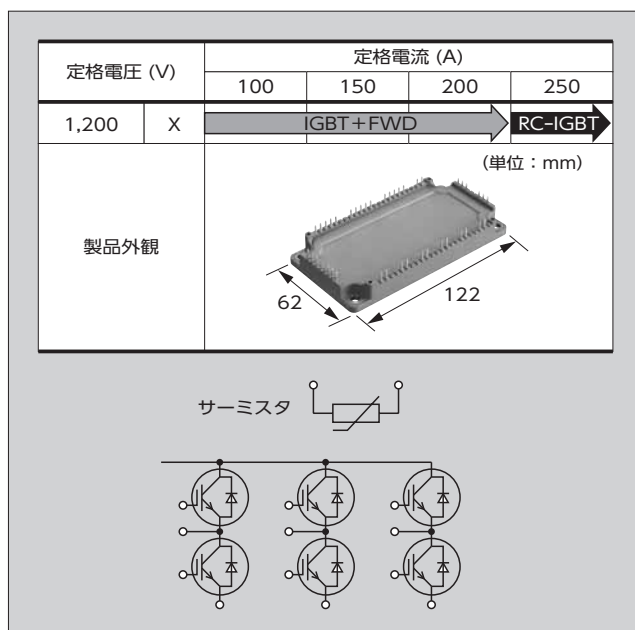


図2 EconoPACK™ 1,200 V のラインアップ

〈注1〉 EconoPACK™ : 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産業事業部産業モジュール部

インアップおよび等価回路図を示す。このパッケージを使い、IGBT と FWD を組み合わせた従来の X シリーズ IGBT モジュールの最大電流定格は 200 A であった。

X シリーズ RC-IGBT モジュールでは、微細化および薄ウェーハ化の X シリーズの技術を適用することで、飽和電圧とスイッチング損失とのトレードオフ関係を改善し、発生損失を低減した。また、X シリーズのパッケージ技術の一つである高放熱絶縁基板の採用と RC-IGBT 技術である 1 チップ化によるチップ面積の拡大によって、従来よりも熱抵抗が低減し放熱性が向上した。これらの技術により、従来の IGBT+FWD モジュールと同じパッケージで定格電流を 250 A まで拡大している。

3 特性

図3に、電力変換装置において連続定格出力動作(100% 負荷)から過負荷動作(200% 負荷、3s)に移行する動作パターンを示す。過負荷動作に入ることによって出力電流が増加し、モジュールの発熱が急激に増加する。図3の動作パターンで過負荷動作3s時における発生損失、接合温度  $T_{vj}$  および定常動作時からの接合温度の上昇  $\Delta T_{vj}$  を計算した結果を図4に示す。X シリーズ RC-IGBT モジュールは、X シリーズ IGBT モジュールと比較して同一動作条件にて発生損失を9%低減した。また、最高接合温度  $T_{vj\ max}$  が31°C低くなった。

図3の動作パターン時の連続定格出力電流と過負荷動作3s後の接合温度を図5に示す。X シリーズ RC-IGBT モジュールは175°Cの接合温度において、X シリーズ IGBT モジュールと比較して、出力電流が24%増加できる。その結果、X シリーズ RC-IGBT モジュールを搭載することによって、電力変換装置の出力電流を拡大することや小型化することが可能である。

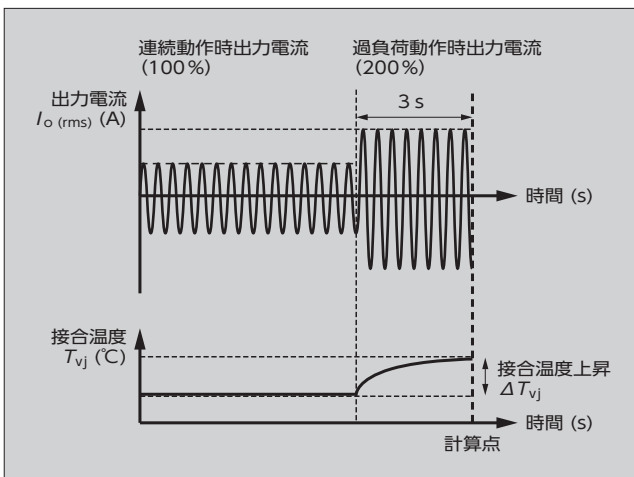


図3 過負荷動作時の運転パターン

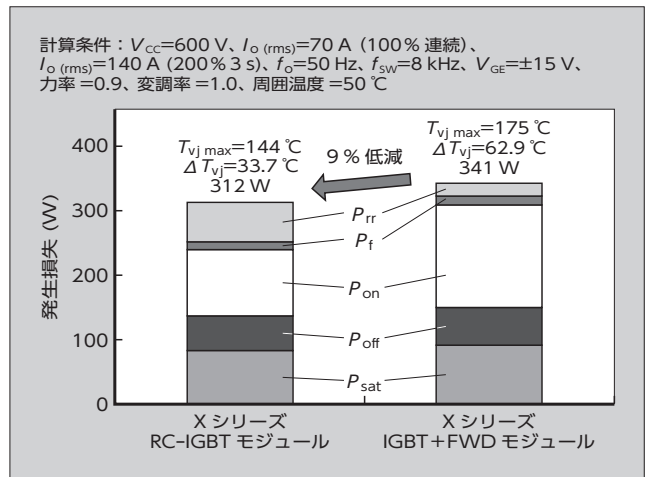


図4 過負荷動作時の発生損失および接合温度

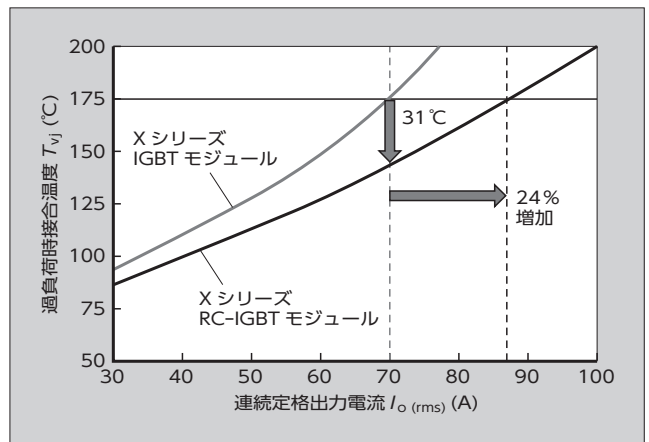


図5 過負荷動作時の出力電流と接合温度

4 EconoPACK™<sup>(注2)</sup> 1,200 V/250 A RC-IGBT における信頼性の確保

図3の過負荷動作3s後のXシリーズIGBTモジュールおよびXシリーズRC-IGBTモジュールのチップの  $T_{vj}$  の温度変化を、図6に示す。従来のIGBT+FWD方式では、IGBTおよびFWDがそれぞれ発熱と放熱を繰り返す。一方、RC-IGBTでは一つのチップの中のIGBT領域およびFWD領域が交互に発熱する。そのため、IGBT領域の動作中はFWD領域を含めた全領域で放熱でき、同様にFWD領域の動作中はIGBT領域を含めた全領域で放熱できるため、放熱性が高い。その結果、 $T_{vj}$  の温度変化は従来のIGBT+FWD方式と比較して大幅に抑制できる。

このようにXシリーズRC-IGBTモジュールでは、図3および図4に示す  $\Delta T_{vj}$  および図6に示す  $T_{vj}$  の温度変化が大幅に低減し、モジュール内の熱応力の変化を大幅に緩和できる。その結果、従来のIGBT+FWDモジュール

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

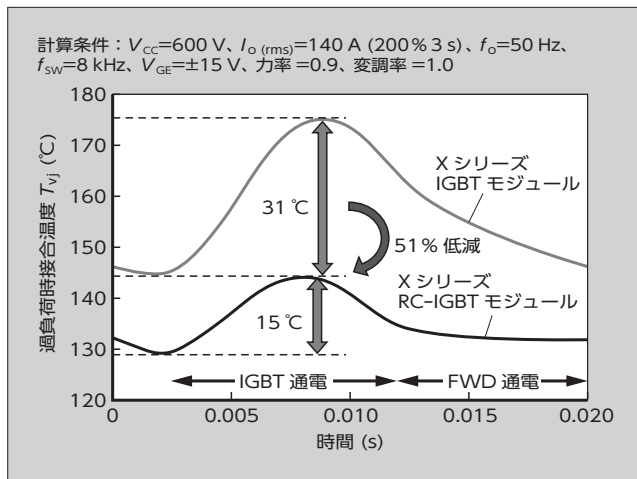


図6 過負荷時接合温度  $T_{vj}$  の温度変化

よりも高い定格電流としながら、同等の高い信頼性を確保している。

### 発売時期

2021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営業統括部営業第一部

電話 (03) 5435-7152





\*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。