

モータ制御用RC-IGBT

RC-IGBT for Motor Control

Hideki Takahashi, Mitsuru Kaneda, Yoshifumi Tomomatsu

要 旨

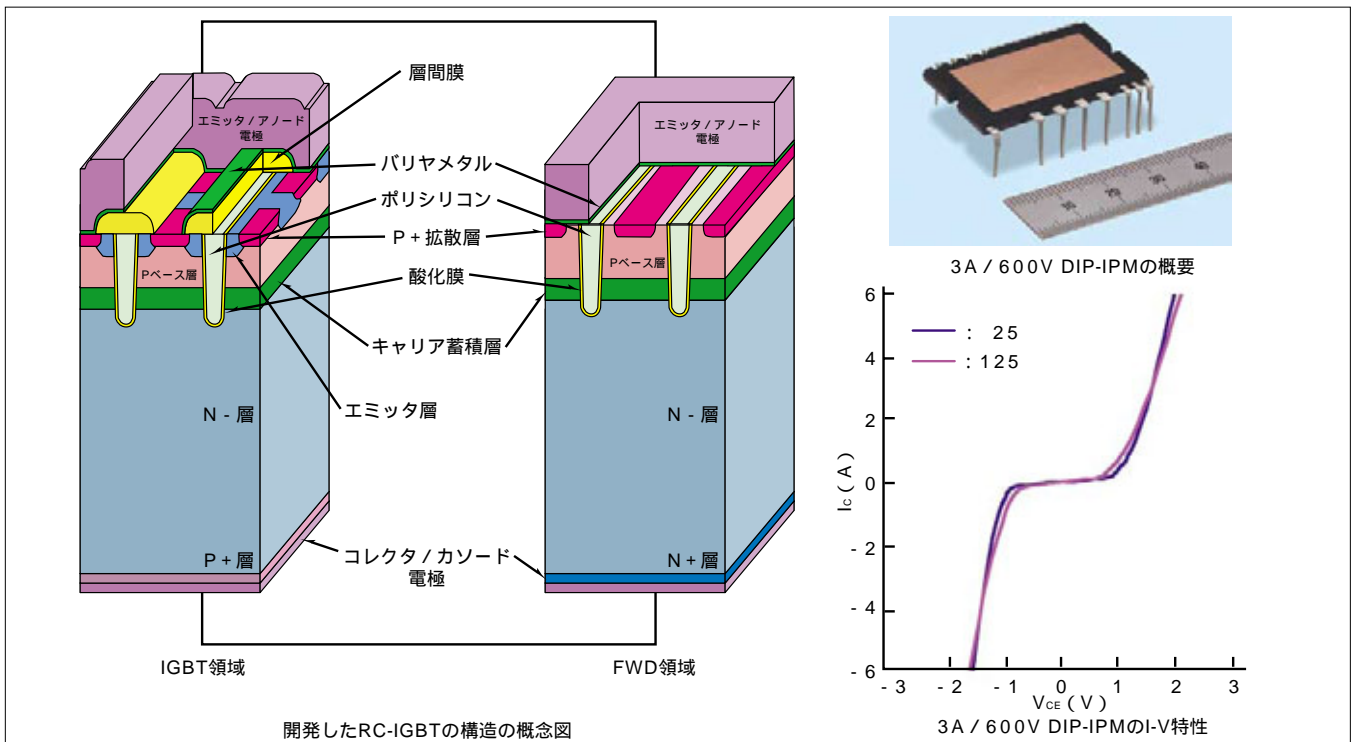
IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)が誕生した当時から、FWD(Free Wheeling Diode)をIGBTに内蔵させた逆導通IGBT(RC(Reverse Conducting)- IGBT)のアイデアはあった。しかし、量産された当初のIGBTは飽和電圧 $V_{CE(sat)}$ とターンオフロスとのトレードオフ関係を改良するために、裏面構造はパンチスルー型であり、厚いコレクタP層を持つパンチスルー型では裏面加工が非常に難しいことから、RC-IGBTの実現は不可能であった。最近になり、IGBTの特性改善とウェーハ材料のノンエピ化(ノンエピタキシャルウェーハ化の略)で、各社とも薄厚ウェーハ技術の開発を積極的に行っている。三菱電機では100 μ m以下の薄厚ウェーハへの裏面加工技術開発を行うとともに、FWDをIGBTに内蔵させたRC-IGBTを構造と製造プロセスの両面から研究・開発してきた⁽¹⁾。

RC-IGBTの表面側構造は当社オリジナルのCSTBT(Carrier Stored Trench- Gate Bipolar Transistor)⁽²⁾構造を採用した。Pベース層とエミッタ/アノード電極の接続に工夫をこらしてダイード領域を形成し、IGBTと逆並

列に配置した。表面構造を形成したウェーハの裏面側を研磨した後、CSTBTとFWD直下の研磨面にそれぞれP層とN層を形成した。RC-IGBTにCSTBTを採用することで、CSTBTの特徴であるIGBTの低飽和電圧特性を実現した。さらに、CSTBTのキャリア蓄積層がFWD動作の場合にはリカバリー電流の低減に寄与した。

RC-IGBTの開発においては、コレクタショート構造に起因するIGBTのスナッチバック現象、IGBTのゲートをオンさせると内蔵FWDの順電圧(V_F)が上昇する問題が発生したが、RC-IGBTの表面と裏面の構造を最適設計することでこれらの問題は解決した。

当社は白物家電のモータ制御用として世界で初めてRC-IGBTを搭載した3A/600VのDIP-IPM(Dual In-line Package Intelligent Power Module)の販売を2006年から開始した⁽³⁾。ただし、RC-IGBTのリカバリー電流は、現在のところIGBTとFWDが別々の場合より大きく、今後さらなる改善を行い、RC-IGBTの適用範囲を拡大していく予定である。



開発したRC-IGBTの構造の概念図及び製品化したDIP-IPMの外観とI-V特性

RC-IGBTの構造はNPT(Non Punch Through)-CSTBTとIGBTのPベースをアノードにしたFWDを並列接続している。製品化したDIP-IPMは $V_{CE(sat)}$ が1.6V、 V_F が1.3VとIGBTとFWDが別々の製品と比べても遜色(そんしょく)ない値である。

*パワーデバイス製作所