

第8章

MOSFETのように駆動しやすく
バイポーラのようにオン電圧が低い

IGBTの種類と特徴

川村 強 Tsuyoshi Kawamura

太陽電池の出力 12 V や 24 V, 48 V は昇圧回路で 300 V に変換し, 家庭で使う 200 V_{RMS} や 100 V_{RMS} に, インバータで変換します. これらの回路には, IGBT というスイッチング動作のトランジスタが使われています. MOSFET と比較して電力密度を高く取れることが特徴です. 【編集部】

IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor, 絶縁ゲート・バイポーラ・トランジスタ) は, バイポーラ・トランジスタや MOSFET と同様, 3本足のパワー・トランジスタです.

電圧駆動で駆動電力が少ないという MOSFET の特徴と, ON したときのコレクタ-エミッタ間の電圧降下が小さく通電損失が少ないというバイポーラ・トランジスタの特徴を兼ね備えています. 逆に言うと, MOSFET のオン抵抗が高いという欠点とバイポーラ・トランジスタのベース電流が大きいという欠点を補うために生まれた製品です.

シリコンの厚さを薄くすることで $V_{CE(sat)}$ を減らして導通損失を減らしたり, 注入効率を増やしてターン・オン時に多くの電流を流せるように工夫もしています. 注入効率を増やすとターン・オンのときコレクタに高いピーク電流を流せます. ただし, これらはスイッチング速度や破壊耐量とのトレードオフとなっており, すべての応用に適用できるものではありません. 新しい材料 SiC (シリコン・カーバイド) の採用も検討が始まっています.

ディスクリート・タイプの IGBT

● 大電流時の電圧降下が小さく温度特性が良い

図1に示すのは, 実際の MOSFET (500 V, 50 A) と IGBT (600 V, 50 A, GT50J301) の電圧降下を比べたグラフです. 温度は 25℃ と 125℃ です. 電圧降下が大きいほど損失が大きくなります.

電流が少ないときは MOSFET のほうが電圧降下が小さく, 電流が多いときは IGBT のほうが小さくなります. また IGBT の場合, 特性の温度に対する依存性がほとんどありません.

MOSFET と比べて電流密度を高く取れますが, スピードが遅いことが欠点です. スwitching 周波数が高い電源では MOSFET が使われ, その出力電力は約 1.5 kW 以下です.

UPS では switching 周波数 20 k ~ 50 kHz 程度で, IGBT が使われます. その出力は 0.5 kW 以上です. 0.5 k ~ 1.5 kW レベルは MOSFET と IGBT が競合している領域で, switching 周波数が高いと MOSFET, 低いと IGBT になります.

電流を止めるには, バイポーラ・トランジスタと同じように時間を要します. 電子と正孔の両方のキャリアを使っているので電荷が消滅するまでに時間がかかるのです. この間, 損失が発生します.

IGBT は, ゲート電圧を上げれば流せるコレクタ電流が増えますが, この特性を使った製品はありません. MOSFET とバイポーラが合わさった構造上, ゲート電圧に対して流れるコレクタ電流の大きさにばらつきが大きいからです. このため, 決められたゲート電圧を加えるスイッチング動作に応用されます.

● 回路記号と構造

回路記号は, 図2に示すとおり NPN トランジスタの出力段と MOSFET の入力段を組み合わせた形をし

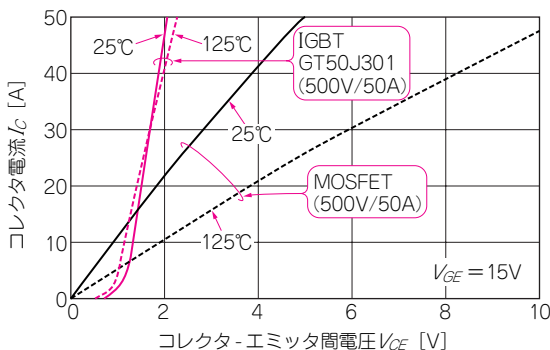


図1 IGBTは大電流でMOSFETよりも電圧降下が小さい