最新のパワー半導体技術・製品で

環境負荷低減を実現

ＣＯ２排出量の削減や省エネルギーによる地球温暖化対策は経済活動の必須要件に位置付けられており、全産業で環境負荷低減に向けた取り組みが進んでいる。エネルギーのグリーン化と地球環境保護を支える技術の一翼を担うのがパワーエレクトロニクスであり、そのキーデバイスであるパワー半導体の重要性がますます高まっている。

富士電機システムズ
半導体事業本部副本部長
半導体ＣＴＯ
藤平　龍彦

産業機器・装置の高性能化と省エネに貢献するＩＧＢＴ

絶縁ゲートバイポーラトランジスタ（ＩＧＢＴ）は小さな電力で大電力を制御できるパワー半導体として、インバーター、サーボアンプ、電源など、産業用途から家電用途まで幅広く利用されてきた。最近では環境問題や地球温暖化対策を背景に、太陽光や風力発電、ハイブリッド自動車（ＨＥＶ）や電気自動車（ＥＶ）へと、その利用範囲が拡大している。

ＩＧＢＴは１９８０年代に登場した第１世代から数えて、現在までで第６世代に至っている。近年のＩＧＢＴの特性改善はＮＰＴ（Non Punch Through）構造から、ＦＳ（Field Stop）構造への技術革新によって、実現されている。ＦＳ構造は第５世代ＩＧＢＴから適用された。ＦＳ構造ではキャリアーの低注入・高輸送効率という基本動作を用いながら、デバイスの厚さがＮＰＴ構造よりも大幅に薄くなっている。

図１にＩＧＢＴの特性改善の変遷を示すが、最新の第６世代ＩＧＢＴでは、ＦＳ構造とトレンチゲートをさらに進化させて低損失化が進められた。

次世代の第７世代ＩＧＢＴではＦＳ構造のさらなる改善と逆並列に接続されるフライホイールダイオード（ＦＷＤ）の改善によって、もう一段の低損失化が図られる。

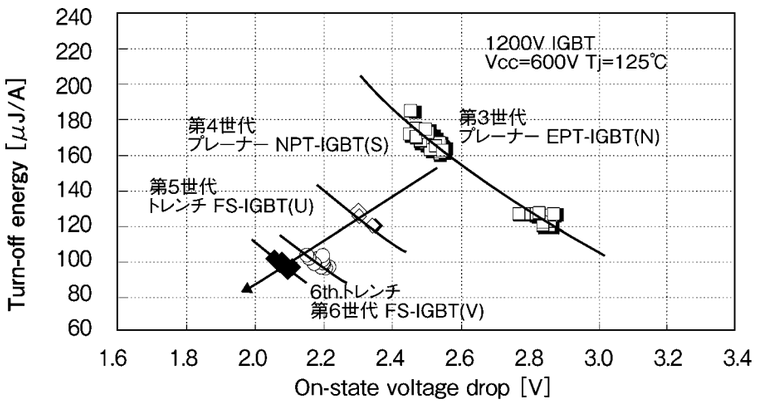

図１　IGBTのトレードオフ特性改善

新型電力変換回路の実用化
逆阻止ＩＧＢＴの利用拡大

近年、マトリックスコンバーターや３レベルインバーターなど新型電力変換回路の実用化が進んでいる。マトリックスコンバーターは電解コンデンサーなどの直流平滑回路を用いないため、装置の小型化・長寿命化が可能であり、エレベーターなどへの利用が進められている。一方の３レベルインバーターは電圧高調波が少なく、高効率化と出力フィルターの小型化が可能であり、無停電電源装置（ＵＰＳ）などへの適用が進められている。

図２に富士電機が提案する新３レベルインバーター回路「アドバンストＮＰＣ（Neutral Point Clamped）」とそのために開発した専用のＩＧＢＴモジュールを示す。アドバンストＮＰＣはクランプダイオードを使用した従来の３レベルに比べて回路を構成する素子数が少ないため、導通損失が低減するほか、装置信頼性が向上する。

マトリックスコンバーターやアドバンストＮＰＣインバーターなどへの適用により、高効率化・環境負荷低減と装置の信頼性向上が可能であり、ＵＰＳ、太陽光発電、風力発電、ＨＥＶ、ＥＶなど、特に高効率化が望まれる用途への適用が進むと考えられる。

マトリックスコンバーターやアドバンストＮＰＣインバーターには双方向スイッチが必要であり、その双方向スイッチに逆並列接続した逆阻止ＩＧＢＴ（ＲＢ－ＩＧＢＴ）を用いると、さらに導通損失が低減され、高効率な電力変換回路が実現される。

富士電機ではマトリックスコンバーターやアドバンストＮＰＣインバーターを構成するための逆阻止ＩＧＢＴを用いたＩＧＢＴモジュールの系列化を進めている。

逆阻止ＩＧＢＴを用いたマトリックスコンバーターやアドバンストＮＰＣインバーターの適用により、高効率化・環境負荷低減と装置の信頼性向上が可能であり、ＵＰＳ、太陽光発電、風力発電、ＨＥＶ、ＥＶなど、特に高効率化が望まれる用途への適用が進むと考えられる。

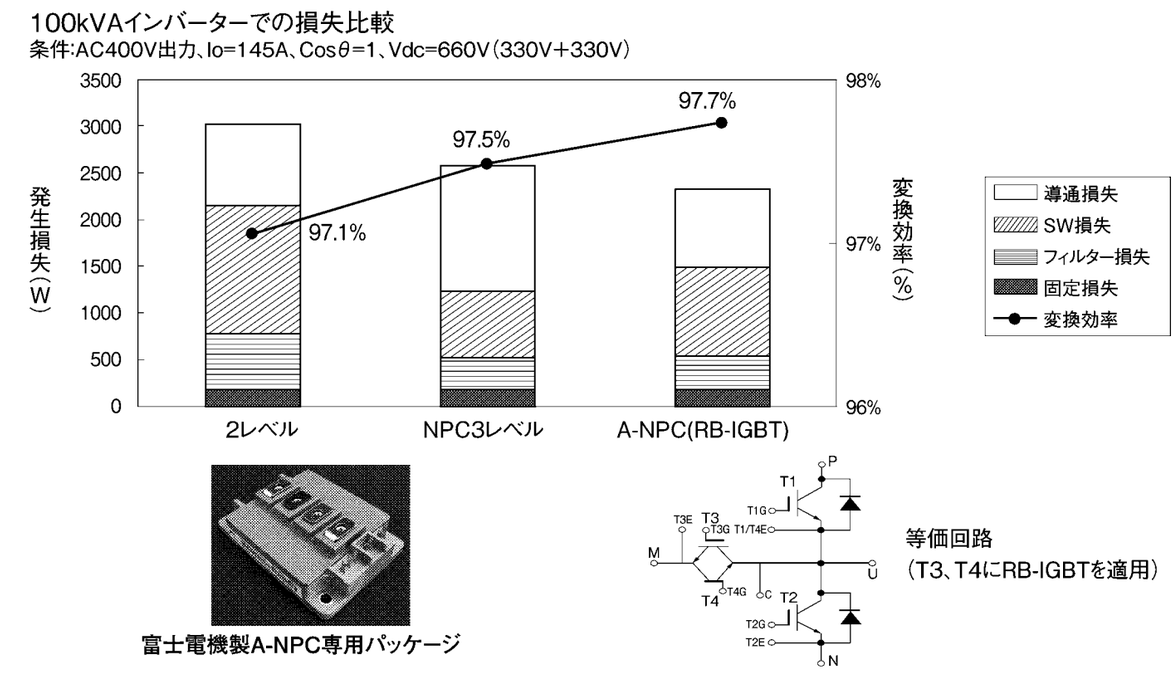

図２　インバーター方式での損失比較

期待される次世代パワー半導体材料

パワー半導体の次世代材料としては炭化ケイ素と窒化ガリウムが注目されている。これらの材料はＩＧＢＴに使用されるシリコンに対して10倍以上の絶縁破壊電界強度を持つので、同じ耐圧を得るためのデバイスの厚さと抵抗率をそれぞれ10分の１以下にすることができる。さらには導通損失をシリコンの１００分の１以下にすることが理論上可能である。またバンドギャップが広いためより高温で使用でき、熱伝導率も高いので冷却装置を簡素化することができる。

富士電機では外部機関との共同開発を積極的に行い、次世代材料実用化に向けた開発を加速している。炭化ケイ素では産業技術総合研究所と共同で電界効果トランジスタ（ＭＯＳＦＥＴ）とショットキーバリアダイオードの量産技術開発を進めている。炭化ケイ素を使用することで、現在のＩＧＢＴに対し、50％以上の損失低減が可能であり、パワーエレクトロニクス機器の環境負荷低減が大きく進む。

一方、窒化ガリウムに関しては古河電気工業と共同で次世代パワーデバイス技術研究組合を設立し、実用化に向けた研究を推進している。窒化ガリウムは安価なシリコンウエハー上に形成できることから、炭化ケイ素と比べ、低コストで環境負荷低減に貢献できる。

技術を磨き、心をつなぐ
FUJIMI
FUJIMI INCORPORATED
次世代を磨く。
次世代の磨きを追及しつづける
パウダーテクノロジーの
リーディングカンパニー。
ISO 9001 認証 JQA-0518
ISO 14001 認証 JQA-EM0794
株式会社フジミインコーポレーテッド
〒452-8502 愛知県清須市西枇杷島町地領2-1-1
TEL.052-503-8111
URL.http://www.fujimiinc.co.jp

e-Front runners
エネルギーと環境で、明るい未来を創る。
いま私たちは、地球環境をまもり、続く世代に確かな未来をつないでゆく責任があります。
太陽光発電、風力発電、ハイブリッドカー、電気自動車・・・。富士電機は、半導体製品の高効率、高精細、小型・軽量パッケージ化により、あらゆる分野でエネルギーの有効利用や省エネ化に貢献しています。独創的な技術で、豊かな未来を芽吹かせる「エネルギーの種」。富士電機のパワー半導体です。
IGBTモジュール　パワーMOSFET　パワーIC
富士電機のパワー半導体
富士電機システムズ株式会社
〒141-0032 東京都品川区大崎1-11-2（ゲートシティ大崎イーストタワー）TEL.03-5435-7114 www.fujielectric.co.jp/fes/
富士電機