

巻/頭/言

SiCパワーデバイスへの期待

Expectations of SiC Power Devices



赤木泰文
Hirofumi Akagi

近年のパワーデバイスの発展には目を見張るものがある。1980年代後半に実用化が始まったIGBT (Insulated-Gate Bipolar Transistor) は、世代が進むにつれて性能がステップ的に向上し、最新の第6世代の電力損失は第1世代と比較して1/4に減少した。技術革新が急速に進む電気電子工学の分野において、25年以上にわたってIGBTがパワーデバイスの主役をほかに譲らなかったことも素晴らしいことである。これは、単にIGBTの素性が優れていただけでなく、パワーデバイスの研究者・技術者の性能向上に対する努力と情熱の賜物である。

筆者は学生時代の研究室ゼミで、故宮入庄太教授のさりげない一言が忘れられない。宮入先生は米国のGE (General Electric) 社が開発したサイリスタ (当時はSCR (Silicon-Controlled Rectifier) と呼ばれた) の将来性にいち早く注目し、アメリカからサイリスタを入手して回路・応用研究に着手したパワーエレクトロニクス研究の先駆者である。サイリスタの基本動作は水銀整流器と同一であるが、サイリスタの飽和電圧 (オン時の順電圧降下) は水銀整流器の約1/10、しかも小型・軽量で取り扱いが容易な半導体デバイスである。宮入先生の一言とは“工学の分野では基本動作が同一であっても性能が10倍も異なると技術は同一とは言えない。市場が確立した既存技術を新技術が駆逐するには10倍以上の性能向上が必要不可欠である”であった。

ワイドバンドギャップ半導体のシリコンカーバイド (SiC) を使用したパワーデバイス (SiCパワーデバイス) は、研究開発段階から実用化段階を迎えようとしている。小容量SiC-SBD (Schottky Barrier Diode) はすでに購入できるが、1,200V/200AクラスのSiC-SBDも早晚製品化されるであろう。SiC-MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) モジュールについても同クラスの製品化が産業界から切望されており、より高耐圧のSiCデバイスの研究も進められている。2009年9月にバルセロナ

で開催された世界最大のパワーエレクトロニクス国際会議“EPE2009”では、1,200V/20A SiC-MOSFETモジュール (チップサイズ: 4.09mm角, オン抵抗: 70mΩ at 25℃, 88mΩ at 150℃) の市場投入が近いという興味深い報告があった。国内でも実用化を目指した研究開発が活発に進められている。SiC-MOSFETはIGBTよりも高温動作が可能で、電力損失 (オン損失とスイッチング損失の和) も小さく、IGBTの1/10という大幅な電力損失低減を達成しつつある。SiC-MOSFETはオン損失よりもスイッチング損失の低減効果が著しいので、高周波インバータへの応用やPWM (Pulse Width Modulation) インバータのキャリア周波数の高周波化などに適しており、節電だけでなく放熱フィンやインダクタ・コンデンサなどの受動部品の小型化も期待できる。

しかし、SiC-MOSFETを第6世代IGBTに置き換えようとすると、性能が10倍優れているとしてもコスト競争は厳しいものになる。このような“死の谷”を克服するための最も重要なことは、SiCパワーデバイスの研究者・技術者とパワーエレクトロニクス回路・応用の研究者・技術者が協力しながら、IGBTでは参入が困難な新しい市場 (回路・応用) を創出することである。たとえば、古くから使用されている商用周波 (50/60Hz) 変圧器は、電氣的絶縁あるいは電圧整合を行うための電気機器である。可聴周波数を超えた20kHz以上の高周波で変圧器を動作させることができれば、変圧器を大幅に小型・軽量化することができ、電力損失も低減できる。このためには、直流から高周波さらに高周波から直流へ双方向かつ超高効率で電力を変換するパワーエレクトロニクス技術が必要不可欠である。超低損失のSiC-MOSFETを使用することができれば100kVAクラスの小型・軽量・高効率のDC/DC変圧器の実現も夢ではない。デバイス技術者と回路技術者が連携を強め、一刻も早くDC/DC変圧器を開発したいものである。