

車載用 SiC パワーデバイス開発の現状と課題

Current status and issues of SiC power device R&D for automotive applications

(株) デンソー 基礎研究所 °鶴田 和弘

DENSO CORPORATION Research Labs., °Kazuhiro Tsuruta

E-mail: kturuta@rlab.denso.co.jp

近年、環境への意識が高まりとともに、ハイブリッド電気自動車 (HV)、電気自動車 (EV) など環境対応車の普及が進んでいる。自動車関連メーカ各社では次世代 HV・EV の更なる普及のため、より小型・低コストで高効率な電動システムの開発が進められており、その中でインバータシステムの小型・低コスト・高効率化は重要な課題の一つとなっている。現在、このようなシステムにはパワーデバイスとして Si-IGBT が用いられているが、さらなるシステムの小型化、効率向上には SiC パワーデバイスの適用が期待されている。HV・EV 分野では耐圧 600~1200V、定格電流が 100~400A の大容量の MOSFET、SBD (ショットキーバリアダイオード) が要望されるが、研究開発の試作品では初期特性として十分な性能が実現できており、SiC インバータモジュールとして、市販の HV 用モータ駆動 (出力 30kW) も確認され、従来の Si デバイスを用いた場合と比べて、モジュールの高出力密度化 (60kW/L)、高効率化 (98%) が可能であることが実証されている。また、コンバータを想定した高周波動作の検証もされており、従来の Si-IGBT では困難な 50kHz 以上の動作周波数のスイッチングが可能であることも確認されている。

今後の課題はシステムでの動作を想定した信頼性確保の段階にある。特に自動車では負荷変動が大きく、過電流、過電圧が発生する恐れがあるが、SiC デバイスでスイッチング損失低減するためスイッチング速度を上げると、より大きなサージ電圧や、リングングが発生し、デバイスの誤動作や破壊の危険性が増す。ユニポーラデバイスで耐熱性が高い SiC デバイスであっても十分なサージ耐量や、短絡耐量が確保できることを、使用される -40~150°C (SiC の場合は 200°C 以上) の全温度領域で検証する必要がある。また信頼性において最も重要な MOSFET のゲート酸化膜の寿命においては、現状では Si デバイスに比べて何桁も寿命は短く、自動車のように過酷な環境で、負荷変動を規定できない動作を要求されるものに対して長期間の寿命を保証できるか、偶発故障を排除できるかは、結晶欠陥の影響を含めて十分な評価解析が必要と考えられる。

また SiC ウエハの口径は $\phi 6$ インチが実現され、現在 $\phi 8$ インチウエハで製造されている Si デバイスと同等の定格電流のデバイスに対して、同等のコストで実現できる可能性が出てきた。今後、大面積デバイスで高い歩留まりを達成できる高品質の SiC ウエハが、低コストで実現されることを期待している。

本講演では、上記のような SiC パワーデバイスの開発状況と、車載用途での実用化のために残された課題について述べる。