

パワーデバイスの現状と今後の進展について

Progress in Power Semiconductor Devices

○齋藤 渉 (東芝 セミコンダクター&ストレージ社)

°Wataru Saito (Toshiba Corp. Semiconductor & Storage Products Company)

E-mail: wataru3.saito@toshiba.co.jp

パワーデバイスは、パワーエレクトロニクス機器の構成要素の一つであり、電気エネルギーの高効率変換には欠かせない。近年、環境・エネルギー問題に対する意識が高まり、その重要性は増す一方である[1]。本講演では、パワーデバイスに対する要求事項を説明し、現在、主に使用されている Si パワーデバイスと今後を期待されている SiC、GaN などのワイドバンドギャップ半導体 (WBG) パワーデバイスの開発状況と今後重要となる技術内容を紹介する。

パワーデバイスは電気エネルギーの高効率な変換だけでなく、システムの安定した動作や事業性の観点からシステムの簡素化 (使い易さ)、低コスト化も要求される。基本性能、品質、使い易さ、コストは、トレードオフ関係にあり、これらのトレードオフを改善する構造・プロセスが開発されてきた。例えば、面積当たりのオン抵抗 (R_{onA}) の低減は、基本性能の向上 (損失低減) とコスト低減 (チップシュリンク) を両立させる。このため、 R_{onA} は耐圧系に依らず継続的に低減されてきた[2]。 R_{onA} は臨界電界の 3 乗に反比例する材料限界で制限され、Si の 10 倍以上の臨界電界を有する WBG を用いたデバイスは飛躍的な R_{onA} 低減が期待でき、既に超低 R_{onA} が実証されている。今後も R_{onA} 低減による性能向上とコスト低減は不可欠である。

加えて、機器の安定な動作を実現するために、高信頼性、高破壊耐量も求められる。これまでの研究により研鑽されてきた劣化・破壊に対する物理モデルと物性パラメータ、高速・高精度なシミュレーション技術が合わさって、信頼性や破壊耐量までシミュレーションによる設計が行われている。Si パワーデバイスでは、試作と同等な結果を仮想的に得られる Virtual Prototyping、Virtual Testing が実現されつつある[3]。WBG は材料品質とプロセス技術の向上に伴い、正確な材料パラメータが把握されはじめ、シミュレーションの適用範囲が広がってきている。今後も高効率な製品開発に向けてシミュレーション技術の向上は不可欠である。機器の簡素化として、パワー密度は 30 年で 100 倍に増加された[1]。高パワー密度化は、パワーデバイスの低損失化と高周波動作により実現されてきたが、高速スイッチング動作によるノイズ発生が阻害要因となる。WBG パワーデバイスは、Si デバイスよりも桁違いな高速動作が可能であり、そのポテンシャルを引き出すためにノイズ発生を抑制する低寄生インダクタンス実装技術も開発されている。今後も高パワー密度化を実現する実装技術は不可欠である。

以上のように、パワーデバイスの基本性能、品質、使い易さ、コストのトレードオフ関係を持続的に改善するために、新規の構造・プロセス技術を開発するだけでなく、シミュレーション技術、実装技術など総合的な技術開発が必要である。

参考文献 [1] H. Ohashi, Proc. of ISPSD'12, p. 9-12, 2012. [2] W. Saito, JJAP, vol. 53, Paper No. 04EP02, 2014. [3] G. Wachutka, Proc. of ISPSD'14, p. 6-11, 2014.