

第3章 小型/高速/低損失の実力と
これからの課題

新しいパワーMOSFET …SiCとGaN

瀬川 毅 Takeshi Segawa

シリコン(以下, Si)におけるパワー MOSFETの耐圧を高くするとオン抵抗も大きくなる関係は, Si自身の耐圧の限界に近づき, 高耐圧のパワーMOSFETやオン抵抗を低くできなくなってきました。このままパワー MOSFETの特性は限界となり頭打ちかと思われたのですが, さにらず…パワーMOSFETの新しい形, ワイド・バンドギャップ(wide bandgap)半導体であるSiC(silicon carbide)やGaN(gallium nitride)が登場してきました。

シリコンの限界を超えるSiCとGaN

● ハイパワー化はSiC, 小型化はGaN

SiCやGaNを使ったパワー MOSFETの特徴と, 応用面での出力電力とスイッチング周波数の関係を, 筆者の主観も入れて図1に示します。

SiCのパワー MOSFETは, 原理的にソース・ドレイン間の絶対最大定格の電圧(以下, 耐圧)を大きくすることができます。耐圧が大きいと, 電流が同じならより多くの電力が扱えます。また, オン抵抗も低いのでパワー MOSFET自身の電力損失が少ない, つまり高効率(high efficiency)で電力変換が可能になります。また, Siと比べて高い温度でも使用できます。そのためモータ・インバータ(motor inverter), 太陽光発電

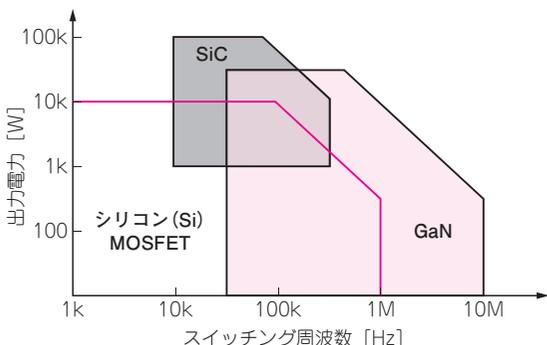


図1 従来のパワー MOSFET(Si-MOSFET)とSiCやGaNのパワー MOSFETの使いどころ

用のソーラ・インバータ(solar inverter), あるいは電気自動車(electric vehicle), 大型のバッテリー充電器などの電力が大きい用途に応用が広がるでしょう。

GaN自身の物性として, 電子移動度 μ_e がSiと比較すると約1.4倍もあります。そのため, GaNのパワーMOSFETは, ターンオンの時間やターンオフの時間が非常に短い, つまりスイッチング特性がとても良好なので, スwitching損失が少ないことがあげられます。オン抵抗も少ないので, 1 MHz以上のスイッチング周波数かつ高効率で電力変換が可能になります。こちらは従来からあるDC-DCコンバータで, Siのパワー MOSFETからの置き換えが進むと思われます。

● SiCやGaNの半導体の耐圧はシリコンの約10倍

SiCやGaNの半導体でパワー MOSFETを作ると何が良いのでしょうか。SiCやGaNの場合, 耐圧がシリコン(以下Si)に対して約10倍もあります。これは何を意味しているのでしょうか。図2は, Siプレーナ型のパワー MOSFETの構造を示しています。

パワー MOSFETがOFFしているとき, ソース・ドレイン

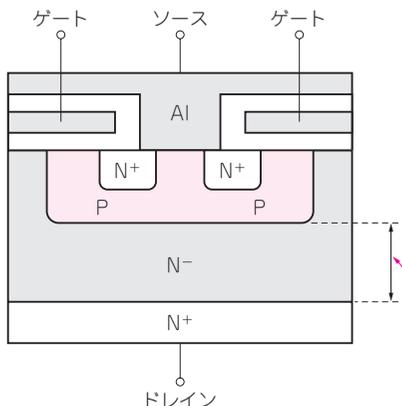


図2 SiCやGaNのように材料自身の耐圧が10倍になると, 同じ耐圧のパワーMOSFETを作るときでもドリフト層の厚さを1/10にできる→オン抵抗を低くできる

図2 パワー MOSFETの耐圧はドリフト層で決まる