

もう
待ちきれ
ない…



秋葉原でも扱いが始まった！ 米国EPC社製をリアル・モデリング パソコンでお試し！ 超高速・超高効率GaN FETの SPICEシミュレーション

堀米 毅
Tsuayoshi Horigome

● LTspiceで次世代のパワー・デバイスGaN FETモデルを作成/損失解析する

次世代デバイスとして期待されているGaN FETは、小型化、高耐圧化、高速スイッチングという大きな特徴があります。特にパワーエレクトロニクスにおいて、省エネルギーに必要な低損失化を実現できる次世代半導体として注目されています。

GaNはガリウムと窒素の化合物であり、物理的には低導通抵抗と高絶縁耐圧の特徴があります。

GaNは理論的にシリコン・デバイスの3けた低いオン抵抗が実現できるといわれています。実用化されれば、導通損失を無視できます。高効率、低損失であるGaNデバイスは、高電流低電圧化が進んでいるサーバの電源回路、自然エネルギー・システム/HEV/EVのインバータ回路へのアプリケーションに応用が期待され、さまざまな研究が行われています。

本稿ではLTspiceとGaN FETモデルを使って、スイッチング特性とオン抵抗に影響するSPICEパラメータのチューニングと損失解析方法を解説します。

電源やインバータ回路の損失解析を実行するとき、どのくらいのオン抵抗のデバイスが低損失化を実現するかなどを事前検証できるようになります。

GaN FETのSPICEモデル

● ノーマリ・オフ型はメーカーで提供されているディスクリートMOSFETと同じモデルを使える

図1にGaN FETのノーマリ・オンとノーマリ・オフ動作を示します。従来のGaN FETはノーマリ・オンなので、独自の等価回路モデルを開発する必要があります。これをドライブ回路で取り扱うのは難しく、各社は内部の素子構造を工夫して、ノーマリ・オフの特性で提供しています。

ノーマリ・オフ型のときは、ディスクリートのMOSFETのSPICEモデルとして、多くの半導体メーカーのWebサイトなどで提供されているMOSFET LEVEL = 3のモデルを簡易モデルとして、使えます。

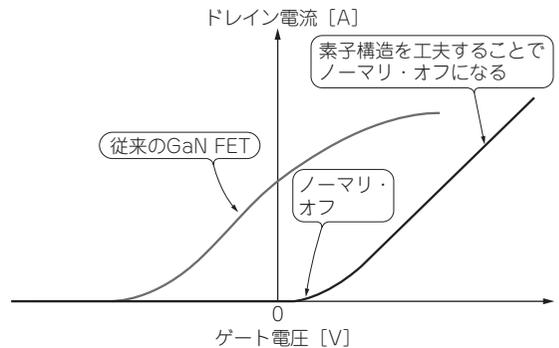


図1 ノーマリ・オンとノーマリ・オフの動作

ノーマリ・オンはゲート電圧が0Vでもドレイン電流が流れる。ノーマリ・オフはゲート電圧が0Vのときには電流は流れない

今回、シミュレーションで使う40V/33AのEPC2015(EPC社)は、ノーマリ・オフ型です。高速スイッチング動作をするため、LEVEL = 3の弱点であるミラー容量が固定値である現象も、ほとんど影響ありません。等価回路を付けることなく、LEVEL = 3をそのまま使えます。ゲート・チャージ特性において、ミラー容量を可変値にするときは、等価回路を加える必要があります(本誌2015年3月号, pp.155-158を参照して下さい)。

● 作成したモデルのネットリスト

MOSFET LEVEL = 3のモデル・パラメータの最適化は、(1)I-V特性、(2)C-V特性、(3)ゲート・チャージ特性、(4)スイッチング特性の順番に行いました。モデルの作り方は文献⁽³⁾などを参考にしてください。

作成したEPC2015のSPICEモデルのネットリストをリスト1に示します。

スイッチング特性とオン抵抗に影響するパラメータのチューニングと損失解析方法

● [STEP1] ターン・オン特性に効くモデル・パラメータ R_G

GaN FETのデータシートには、スイッチング特性