SiC-MOSFET の温度依存(-60-200℃)ドレイン電流モデル

Temperature dependent (-60-200°C) drain current model of SiC-MOSFETs

九州産業大学 工学部　鈴木光明、高橋陽平、○村上英一
Kyushu Sangyo Univ., M. Suzuki, Y. Takahashi, and ○E. Murakami
eiichi@ip.kyusan-u.ac.jp

1. 緒言

SiC-MOSFET のスイッチング特性やノイズ特性を回路シミュレーションで予測するために、SPICE モデルの重要性が指摘されている [1, 2]。Si-MOSFET のような物理モデルに関する報告も数多くある [3] が、複雑さから統一化には遠い状況にある。今回、Si の Level 1, 3 モデル（チャネル長変調や縦方向電界による移動度劣化を考慮）をベースにした SiC-MOSFET の簡易なドレイン電流モデルを検討したので報告する。

2. 研究方法

市販の SiC-MOSFET を-60-200℃の環境下に置き、I_{ds}-V_{gs} 特性(V_{ds}=50mV)と I_{ds}-V_{ds} 特性（V_{gs} を変化）を測定した。まず、前者を用いて，キャリア移動度やしきい電圧などに関する主要な温度依存パラメータを決定した[4]。次に、後者の特性からバルク効果定数 m やチャネル長変調係数 λ などのパラメータを決定した。線形放物領域と飽和領域の接続は、数式簡単化のため Level 1 モデルとはやや異なる方式を用いた。また、ドレイン抵抗には V_{ds} 依存性 [5] を加味した。

3. 結果と考察

図 1 に、I_{ds}-V_{gs} 特性と EXCEL ソルバーによるモデルフィッティング結果を示す。良好な一致が得られたが、クーロン散乱移動度の温度依存性は $\propto T^{2.3}$ となり、物理モデルの文献値 $\propto T$ [6] より強くなった。高温で、界面準位が捕獲していた電子を放出することによりしきい電圧が負にシフトすると同時に、クーロン散乱中心も減少することで見かけ上強い温度依存性となると考えている。

図 2 に、I_{ds}-V_{ds} 特性とモデルフィッティング結果(-60, 25, 200℃)を示す。完全ではないが、良好な一致が得られた。

4. 結論

SiC-MOSFET のドレイン電流モデルを、Si の LEVEL-1, 3 モデルをベースにした物理モデルとして構築した。SiC に特有な伝導帯端近傍の界面準位とクーロン散乱の取り扱いがモデル化のキーになっていると考えられる。

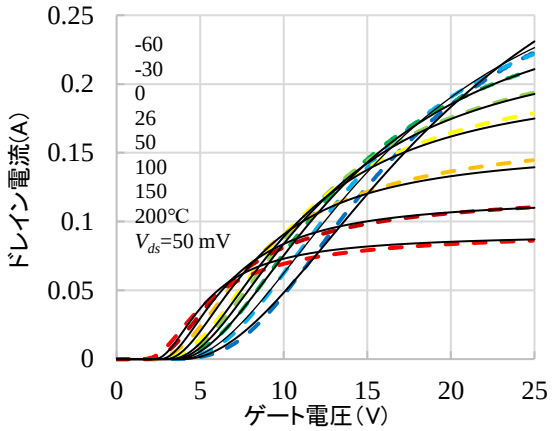

図 1　I_{ds}-V_{gs} 特性のモデル化
（カラー破線：実測、黒実線：モデル）

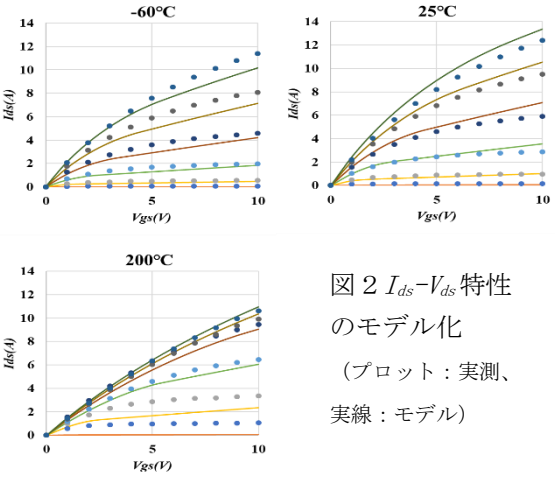

図 2 I_{ds}-V_{ds} 特性のモデル化
（プロット：実測、実線：モデル）

参考文献
[1] H. A. Mantooth, et al., IEEE ED 62, 423 (2015).
[2] J. Wang, et al., IEEE PE Magazine 5(2), p.42 (2018).
[3] 例えば、Y. Zhou, et al., IEEE WiPDA (2016).
[4] E. Murakami, et al., JJAP 55, 04ER14 (2016).
[5] Y. Oritsuki, et al., IEEE ED 57, 2671(2010).
[6] A. Perez-Tomas, et al., JAP 100, 114508 (2006)

© 2019年 応用物理学会