

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	SiC-MOSFETデバイスモデルの開発と高精度回路解析への適用に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	椋木康滋
Author(English)	Yasushige Mukunoki
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10925号, 授与年月日:2018年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:萩原 誠,安岡 康一,七原 俊也,千葉 明,藤田 英明,葛本 昌樹
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10925号, Conferred date:2018/6/30, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	椋木 康滋		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	萩原 誠	准教授		藤田 英明	教授
	審査員	安岡 康一	教授	審査員	葛本 昌樹	特定教授
		七原 俊也	教授			
		千葉 明	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「SiC-MOSFET デバイスモデルの開発と高精度回路解析への適用に関する研究」と題し、近い将来における大量導入が期待される SiC-MOSFET に着目し、導入時の課題である開発コスト低減と信頼性向上の実現を目的とした SiC-MOSFET デバイスモデルの開発、および高精度回路解析への適用を行い、コンピュータシミュレーションと実験的検証によりデバイスモデルの有効性・妥当性を確認したものである。本論文は、以下の7章から構成されている。

第1章「序論」では、本論文の背景であるパワーエレクトロニクス、パワーデバイス、SiC-MOSFET、シミュレーション技術の現状について詳述することで、SiC-MOSFET の開発コスト低減・信頼性向上という課題を明確化している。次に、解決手法である高精度デバイスモデルの開発と高精度回路解析への適用の必要性について言及し、最後に本論文の目的と構成を略述している。

第2章「関連技術動向 (SiC-MOSFET デバイスモデル、高周波ノイズ解析、電気・熱連成解析)」では、国内外の製品化状況、開発状況、標準化動向、および学術論文を調査しながら、現在世界中で検討が行われているデバイスモデルの開発状況と各手法の得失に関して論じ、本研究の目的・意義を明確化している。特に、デバイスモデルの根幹を成す出力特性モデル、端子間寄生容量モデルに関する技術動向・問題点を詳述している。また、パワーデバイスの周辺技術として必要不可欠な内蔵ゲート抵抗、パッケージ寄生インダクタンス、ゲートドライブ回路のモデリング手法、電気・熱連成解析の技術動向に関して多数の学術論文を引用しながら包括的に論じている。

第3章「SiC-MOSFET 出力特性モデルの開発」では、デバイスモデル開発の要となる出力特性モデルの開発に注力している。具体的には、デバイス断面構造と MOSFET の理論動作式を活用した物理モデル、およびデバイス断面構造が入手不可能な場合でも適用可能な準物理モデルの2種類を開発し、世界で類を見ない高精度化モデルの実現、およびデバイスモデルの汎用性向上を実現している。

第4章「SiC-MOSFET デバイスモデル開発」では、第3章で開発した出力特性モデルを除く主構成要素の評価・モデリング手法について詳述している。具体的には、端子間寄生容量・寄生インダクタンス・ゲートドライブ回路に関して、モデリング時のフローチャートも含めて詳述している。

第5章「SiC-MOSFET デバイスモデルによる過渡特性のシミュレーション」では、第3章と第4章で開発したデバイスモデルの有効性・妥当性に関して、スイッチング時における実験波形とシミュレーション波形の比較を行い、両者が高精度で整合することを確認している。また、信頼性向上に必要不可欠な高周波ノイズ解析のデバイスモデル適用を目的とし、ヒートシンクを介して流れる漏洩高周波電流の実験とシミュレーションの比較を行い、デバイスモデルの有効性・妥当性を確認している。

第6章「SiC-MOSFET デバイスモデルによる電気・熱連成解析」では、大電流化を実現するため並列接続した SiC-MOSFET を対象とした電気・熱連成解析技術に着目し、連成解析を実現するために必要不可欠な技術である温度特性を具備したデバイスモデルを開発している。上記モデルを活用することで、両デバイスに温度不平衡が生じた場合に分流現象が発生することを明らかにし、昇圧チョッパ回路を用いた実験的検証を行うことで、モデルの有効性・妥当性を検証している。

第7章「結論」では、本論文における成果を要約し、今後の課題について言及している。

以上を要するに、本論文は近い将来における大量導入が期待される SiC-MOSFET のデバイスモデルを研究対象として、周辺回路を含む詳細なモデリングを行い、シミュレーションと実験を併用しながらデバイスモデルの妥当性を検証し、かつ有用性を提示したものであり、工学および学術貢献するところが大きい。よって本論文が博士(工学)の学位論文として十分に価値があるものと認める。