

Title	微細CMOSのホットキャリア輸送と劣化に関するデバイスモデリングの研究
Author(s)	廣木, 彰
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42811
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	ひろ 廣	き 木	あきら 彰
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)		
学位記番号	第 15787 号		
学位授与年月日	平成12年11月27日		
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当		
学位論文名	微細 CMOS のホットキャリア輸送と劣化に関するデバイスモデリングの研究		
論文審査委員	(主査) 教授 谷口 研二		
	(副査) 教授 濱口 智尋 教授 吉野 勝美 教授 尾浦憲治郎 教授 森田 清三 教授 西原 浩		

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、微細 CMOS のホットキャリア輸送と劣化に関するデバイスモデリングの研究をまとめたものであり、全体で7章から構成されている。

第1章では、本研究の背景および目的について示した。

第2章では、ホットキャリア劣化のモデリングを調べた。アバランシェ領域での高エネルギーキャリアの酸化膜内モデルを提案した。また、界面準位の表面エネルギー依存性のモデルと遮蔽効果を考慮したホットキャリア劣化のための移動度モデルを提案し、サブマイクロメーター MOSFET の電気特性の予測と劣化特性の予測が可能であることを、実測と比較することで明らかにした。

第3章では、ドリフト拡散モデルをもとにホットキャリア経時劣化モデルを提案した。ホットキャリア発生、酸化膜内注入過程、酸化膜内トラップという物理現象をモデル化すると同時に、酸化膜内トラップ電荷によるポテンシャル場の変化および、界面準位による移動度劣化を経時的にシミュレーションすることが可能であることを示した。

第4章では、ホットキャリア経時劣化モデルを適応し、pチャネル MOSFET のホットキャリア経時劣化機構を調べた。まず、劣化特性のゲート酸化膜厚依存性を解析し、より薄いゲート酸化膜厚のデバイスは、より多くのホットキャリアを発生するにもかかわらず、高いホットキャリア劣化耐性を示すことを明らかにした。また、ホットエレクトロンのスピルオーバー効果を見出した。

第5章では、Full Band Monte Carlo 法における運動量空間離散化手法とその精度評価を行った。電子電子散乱確率を計算するためには高精度にエネルギー運動量保存則を計算しなければならないことを明らかにした。また、電子エネルギー分布の高エネルギーテイルをシミュレーションするためには、電子電子散乱確率計算の終状態計算におけるエネルギー運動量保存則を高精度に計算する必要があることを示した。

第6章では、電子輸送と MOS 電気特性向上との関係を調べた。非対称チャネル構造を持つ MOSFET を試作・評価し、チャネル内のポテンシャル設計をすることで、 $0.1\mu\text{m}$ チャネル MOSFET デバイス特性の高性能化を実現した。

最後に、第7章で本研究による成果をまとめ結論とした。

論文審査の結果の要旨

21世紀の高度情報化社会の実現に向けてシリコン半導体素子設計を支援するデバイスシミュレーション技術に要求される技術課題は山積している。本論文では、この山積する課題の中で最も重要なデバイスモデリングに着目し、微細 CMOS の特性予測と信頼性のデバイスモデリング技術に関する研究をまとめている。

この研究の内容には応用技術面での独創性と、新しい知見が含まれている。その主要な成果は次の通りである。

- (1) アバランシェ領域での高エネルギーキャリアの酸化膜内モデルおよび界面準位の表面エネルギー依存性のモデルと遮蔽効果を考慮したホットキャリア劣化のための移動度モデルを提案し、サブマイクロメートル MOSFET の電気特性の予測と劣化特性の予測が可能であることを、実測と比較することで明らかにしている。
- (2) ドリフト拡散モデルをもとにホットキャリア経時劣化モデルを提案している。ホットキャリアの発生、キャリアの酸化膜内への注入過程と酸化膜内での捕獲という物理現象をモデル化すると同時に、酸化膜内トラップ電荷によるポテンシャル場の変化および、界面準位による移動度劣化を経時的にシミュレーションすることが可能であることを明らかにしている。
- (3) ホットキャリア経時劣化モデルを適応し、p チャネル MOSFET の劣化特性のゲート酸化膜厚依存性を解析し、より薄いゲート酸化膜厚のデバイスは、より多くのホットキャリアを発生するにもかかわらず、高いホットキャリア劣化耐性を示すことを明らかにしている。
- (4) Full Band Monte Carlo 法における運動量空間離散化手法とその精度評価を行っている。電子電子散乱確率を計算するためには高精度にエネルギー運動量保存則を計算することが重要であることを明らかにしている。特に、電子エネルギー分布の高エネルギーテイルをシミュレーションするためには、この電子電子散乱確率計算のエネルギー運動量保存則を高精度に計算する必要があることを示している。
- (5) Full Band Monte Carlo 法シミュレーション技術を用いて、電子輸送と MOS 電気特性向上との関係を調べている。非対称チャネル構造を持つ MOSFET を試作・評価し、チャネル内のポテンシャル設計をすることで、 $0.1\mu\text{m}$ の n チャネル MOSFET デバイス特性の高性能化を実現している。

以上のように、本論文は、デバイスモデリングに付随する様々な問題点を解決する方法を提示しており、半導体素子設計技術に関わる多くの知見をもたらし、今後の集積回路の高速化・低消費電力化に向けた有益な情報を提供するもので、半導体工学・電子工学の発展に貢献するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。