Osaka University Knowledge Archive

Title	微細MOSFETデバイスシミュレーションモデルの研究
Author(s)	福田, 浩一
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42963
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【 69 】

氏　　名	福　田　浩　一（ふくだ　こういち）
博士の専攻分野の名称	博　　士（工　　学）
学　位　記　番　号	第　14933　号
学位授与年月日	平成11年9月22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MOSFETデバイスシミュレーションモデルの研究**
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　谷口　研二 （副査） 教　授　濱口　智尋　　教　授　西原　　浩　　教　授　吉野　勝美 教　授　森田　清三　　教　授　尾浦憲治郎

論　文　内　容　の　要　旨

本論文では微細MOSFETのデバイスシミュレーションモデルについて、物理的な面から最終的な実用化の場面まで多角的な検討を行なった。まず第2章でデバイスシミュレーションの技術を、MOSFETに関連する部分を中心に述べた。

第3章では、スクリーニング効果を原理的に取り入れた移動度の不純物依存性モデルを提案した。従来のモデルに比べ、より原理的にスクリーニング効果を取り入れたため、空乏タイプのMOSFETを含めて広範な実測値との一致をみた。

第4章では、衝突イオン化の新しい非局所ラッキーエレクトロンモデルを提案した。従来の非局所モデルに比べ、実際のキャリアの弾道的な振る舞いや、散乱によるラッキーエレクトロンの拡散現象など、ミクロな挙動についてよりモンテカルロ法に近い描像になった。その結果、MOSFETの基板電流解析において、衝突イオン化の発生量・発生分布ともに従来法に比べて格段にモンテカルロ法に近い結果が得られるようになった。

第5章では、ボルツマン輸送方程式を厳密に解く手法として、セルオートマトン法の改良を行なった。従来のセルオートマトン法に比べ、セル間での分布関数に補間を行なった上でフラックス計算を行なうため、最大の問題であった人工的拡散の問題を、実空間・運動量空間ともに抑えることに成功した。その結果、実用的なセル数で精度の高い解析が可能になった。デバイス解析の例では、従来法より2桁、モンテカルロ法と比べても1桁、計算時間の短縮ができた。

第6章では以上開発したモデルをひとつのTCADシステムに構築した。プロセスシミュレータや回路シミュレータとつなげて一貫解析を可能にし、実験計画・最適化ツールを用いて精度を確保する技術も組み入れた。それらを利用してプロセス条件の回路性能への影響を解析したり、また5章で開発したセルオートマトン法で個別に高精度な解析もできるなど、開発のフェーズに応じた柔軟かつ実用的なシステムを構築した。

第7章では、得られた知見を総括し、本研究の結論を述べた。

以上により最新LSIの微細MOSFETの開発に必要なTCAD技術を揃え、実用化することができた。このシステム

を用いることにより、試作実験ロットを削減できるなど、開発TATの短縮と開発コストの削減が可能になった。

論文審査の結果の要旨

加速するLSIの開発を効率よく行うためには微細MOSFETのデバイスモデリングが重要となる。半導体のデバイスシミュレーションはそのための必須ツールとなりつつあるが、微細MOSFETを正確にモデリングするためにはいくつかの課題が残っている。

本論文では、微細MOSFETで問題となるキャリアの移動度、キャリアによる衝突イオン化というデバイスシミュレータで重要な2つのモデルを取り上げ、その改良を行っている。また、キャリアの非定常輸送現象を正確に扱うために、デバイスシミュレーションの計算手法の改良も試みた。その結果微細MOSFETのモデル化として十分な精度をもたらすことを証明している。この研究の内容には独創性と、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) 本研究ではMOSFETの反転層で過剰なキャリアによる不純物クーロン力のスクリーニングを取り入れたモデルを提案し、微細MOSFETの高濃度な基板濃度でも十分な精度を得た。

(2) 衝突イオン化の非局所ラッキーエレクトロンモデルに、弾道的キャリアの振る舞いと、その過程での弾性散乱による拡散の効果を取り入れ、モンテカルロ法の詳細な解析と同等な発生量、発生分布を通常のデバイスシミュレータで得られるようにした。

(3) デバイスシミュレーションの手法のひとつであるセルオートマトン法の計算に、補間フラックス法を導入した。その結果、非定常輸送現象の厳密な解析で、計算時間においてモンテカルロ法の10倍、従来のセルオートマトン法の100倍の高速化を可能にした。

(4) (1)-(2)の成果を汎用シミュレータに、(3)の成果を個別高精度シミュレータに組み込み、それを一体化したシミュレーションシステムを開発した。それを用いてそれぞれの研究成果が実際のLSI開発で多大な効果を得ることを証明した。

以上のように、本論文は、微細MOSFETのデバイスモデルに多くの知見をもたらし、今後の半導体素子の微細化において重要となるデバイスシミュレーション技術に対して有益なモデルを提供するもので、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。