

審査の結果の要旨

氏名 加藤 心

本論文は「大規模半導体マスクデータのルールチェック高速化に関する研究」と題し、大規模半導体のマスクデータに対するルールチェック検証処理の高速化を実現するため、分散並列システム手法、分割境界の問題解決手法およびジョブスケジューリングの最適化について提案し、実験的に提案手法の有効性を実証したものである。

第1章「序論」では、半導体の微細化と光近接効果補正 (Optical Proximity Correction: OPC) 技術の進行に伴うマスクデータボリュームの爆発的な増大が、マスクルールチェック (Mask Rule Check: MRC) 処理時間の大幅な増大という問題を引き起こしているという背景から、その問題解決を目指す本研究の目的および意義について述べている。

第2章「マスクルールチェック (MRC) 概要」では、マスクルールチェック処理について、近年の OPC 導入によるマスクデータの特性変化を詳細に分析し、MRC マスクデータ検証処理高速化の技術開発の必要性について述べている。

第3章「MRC 分散並列システム設計目標」では、大規模な計算処理の高速化手法として並列処理を挙げ、その中で本研究においては分散並列処理方式を採用すること提案している。並列処理時に重要とされるスケーラビリティについて分析し、分散並列処理システム構築に必要とされる技術的要件について考察している。一般的な分散並列方式を用いた MRC 処理の予備実験の結果分析から、MRC 処理の特殊性は初期分割処理負荷の高さであることを指摘し、初期分割処理の高速化を狙った分散並列システムを提案している。

第4章「SAMS 型分散並列システムの提案」では、マスクルール検証処理の特徴を踏まえ、スレーブプロセスが入力データを直接に同時アクセスする SAMS (Simultaneous Access by Multiple Slaves) 型分散並列処理システムを提案している。ここでは、中間ファイルを用いる巨大ファイルアクセス問題の解決策、OASIS フォーマット図形ファイルの圧縮アルゴリズム、マスタープロセスにおける分散処理の制御方法、スレーブプロセスにおけるマルチスレッド I/O 高速化手法、エッジベースデータモデルによる図形演算法など、各計算機処理の高速化手法を提案し、それらの有効性を論じている。

第5章「分割境界問題の解決」では、分散並列処理におけるマスクデータ分割方法について解析し、正方分割方式による分割メッシュ処理アルゴリズムを提示している。メッシュ間のマージンサイズが理論的に導き出されることを示し、個別のMRCルールおよびサイジング値を元にSAMS型分散並列システムにおける最適マージンサイズ理論式を導出している。

第6章「SAMS型分散並列システムの検証」では、前章までに提案したSAMS型分散並列処理システムの効率について実験検証を試み、本システムは従来のマスター分割法に対して高いスケーラビリティと最大50倍程度の高速化を達成できることを検証している。

第7章「マルチジョブ処理時の先行キャッシュファイル作成スケジューリングの提案」では、SAMS型分散並列処理システムに対するスケジューリングの最適化手法として先行キャッシュ生成 (Preceding Cache Generation) を提案し、その理論スケーラビリティ値を算出している。そしてその効果を検証するための実験を行い、PCG手法によりSAMSシステムのスケーラビリティが大きく改善し、名目上、逐次処理割合 $s=0.3\%$ という良好な値を達成している。

第8章「総合的考察と今後の展望」では、本論文で提案したSAMS型分散並列MRCシステムに関する考察として、その達成度と残された課題について論じ、さらに今後の方向として、デザイン情報とのリンクによるマスク検証効率化、メッシュ境界を越える大局的図形処理、システムコンフィグレーション技術の適用、およびグラフィックプロセッサユニット (GPU) の採用という4つの技術展開を展望している。

第9章「結論」は、本論文で得られた結果の総括である。

以上のように本論文は、SAMS型分散並列によるデータ処理方式により大規模半導体マスクデータのルールチェックの大幅な高速化を達成するとともに、分散並列処理方式プログラムの高速化手法として広く一般に適用が可能であることを示しており、大規模半導体データ処理における共通基盤技術として半導体設計・製造工学の分野に大きな貢献があると考えられる。

よって本論文は、博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。