

# 論文内容要旨 (和文)

平成 26年度入学 大学院博士後期課程

電子情報工学専攻

氏 名 庄 司 修 二



## 論 文 題 目 LSI レイアウト設計データのための幾何学的不変特徴値によるポリゴン形状の高速分類法とその応用に関する研究

LSI (Large-Scale Integration) は大規模化する一方であり、小型化と微細化の繰り返しにより高集積化を実現し現在に至っている。その結果、レイアウト設計データが大規模化し、データハンドリングのパフォーマンス低下を招いている。LSIの微細化に伴いレイアウト設計データに含まれるポリゴンも細線化され近接化している。その結果、近接するパターンの影響によるシステムティック欠陥が増加している。システムティック欠陥とは、レイアウト設計データの特定形状に起因して発生する規則性のある欠陥であり、LSI製造における歩留り低下の原因になっている。

レイアウト設計データが大規模化する要因として、繰り返し定義されるポリゴン形状の存在が挙げられる。欠陥検査過程で使用するレイアウト設計データは、露光パターンと同じ形状となるよう幾何学的論理演算による整形処理を施す。この過程で構造がフラット化し同じ形状のポリゴンが繰り返し定義され大規模設計データになる。

そこで、本論文では、繰り返し定義されるポリゴン形状に着目し、レイアウト設計データの縮小を目的として、ポリゴン形状の高速分類法を提案する。提案する分類法は、ポリゴン形状を平行移動や回転、縮尺の影響を受けない幾何学的不変特徴値で表現することによって、形状比較の処理を大幅に軽減する。また、システムティック欠陥が、特定形状のパターンに起因して発生する規則性のある欠陥であることから、欠陥誘因パターンの分布を可視化することを目的として、パターン形状の高速検索法を提案する。

本論文は、第1章から第6章で構成される。以下に各章の概要を示す。

第1章では、本研究の背景と目的について述べている。

第2章では、大規模集積回路の現状について、「ムーアの法則」に始まった半導体の集積率の向上が限界に来ている現状やその一因が高密度化による欠陥の増加であることを述べている。また、歩留り低下の要因である欠陥の種類について概説すると共に、研究対象とするLSIのレイアウト設計データについて概説している。

第3章では、関連研究として既に提案されている2つのパターンマッチング法について紹介し問題点を指摘している。1つは、ポリゴン形状を輪郭署名と呼ばれる内角と線分長のペアで表現し、この輪郭署名が同じポリゴンが合同であると判断できること。更に、この輪郭署名をバイナリ比較が可能にすることで、高速分類を実現していることを述べている。しかし、ポリゴンの頂点数が増加すると輪郭署名の情報量と計算量が増加する欠点があることも述べている。研究目的が筆者の研究と合致することから比較対象の研究として取り上げている。もう一方が、幾何学的不変特徴値を用いたパターンマッチング法として広く知られている Geometric Hashing [GH] 法であり、特徴点数(頂点数)が増加すると情報量も計算量も大幅に増加する問題点があることを述べている。

第4章では、ポリゴン形状の高速分類法を提案している。提案する分類法は、ポリゴン形状を平行

移動や回転、縮尺の影響を受けない幾何学的不変特徴値で表現することにより、形状比較の処理を大幅に軽減することができる。また、分類結果から正確に復元可能な設計データのコンパクト化を実現している。評価用データを用意し関連研究と提案手法の分類性能を比較し、その結果比較により提案手法の優位性を示している。LSI 設計データに有効なポリゴン形状の分類手法として、速度だけではなく分類精度も頑健であることを示している。また、サーバ/クライアント(検査装置)環境を提案し、コンパクト化した設計データを対象として機密性に配慮した高速通信手法を提案している。

第 5 章では、複数ポリゴンの組合せで構成される形状を検索パターンとするパターン形状の高速検索法を提案している。第 4 章で提案したポリゴン形状の高速分類法を応用することでパターン検索の高速化を図っている。提案手法は、システムティック欠陥の誘因パターンと同形状のパターンを高速に検索し、検索結果からその分布情報を可視化することが目的である。この分布情報は、設計過程や欠陥検査過程へのフィードバック情報として有益な情報であり、他系システムとの連携が可能であることを述べている。また、実用化を想定し、欠陥検査リストを入力とする連続パターン検索への応用についても提案している。欠陥検査リストに含まれる欠陥座標から、検索パターンを自動認識し、順次パターン検索を実施する手法である。パターン検索の結果をファイル出力し、これらも他系システムとの連携情報として有益であることを示している。

第 6 章は、本論文の結論であり、本研究で得られた成果を集約して述べている。また、今後の課題とその取り組みについて述べている。

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成 29 年 2 月 2 日

理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 小山 明 夫

副査 田村 安 孝

副査 深見 忠 典



学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

論文申請者	電子情報工学専攻 氏名 庄 司 修 二		
論文題目	LSI レイアウト設計データのための幾何学的不変特徴値によるポリゴン形状の高速分類法とその応用に関する研究		
学位論文審査結果	合格	論文審査年月日	平成 29 年 1 月 26 日～ 平成 29 年 1 月 31 日
論文公聴会	平成 29 年 1 月 31 日	場 所	工学部 7 号館 302 教室
最終試験結果	合格	最終試験年月日	平成 29 年 1 月 31 日

学位論文の審査結果の要旨 (1,000 字程度)

大規模化している LSI レイアウト設計データ (LSI 設計データ) には繰り返し定義される同形状ポリゴンが多数存在する。本論文では新しい試みとして、ポリゴン形状を 1 つの幾何学的不変特徴値で表現することにより、ポリゴン形状を高速に分類する手法を提案している。本手法を用いることにより LSI 設計データのコンパクト化と同形ポリゴンの高速検索を実現することを性能評価により示している。また、その応用として、ポリゴンを複数組み合わせさせたパターンを高速に検索して同形パターンの分布を可視化する新しいシステムを構築している。同形パターンの分布を可視化することにより、特定形状のパターンに起因して発生するシステムティック欠陥を高速に検索することが可能となる。

本論文は 6 章から構成される。第 1 章は本論文の序論であり、研究背景、研究目的、本論文の構成について述べられている。第 2 章では大規模集積回路の現状について論じ、研究背景となった問題点を指摘している。第 3 章では、関連研究として既に提案されている 2 つのパターンマッチング法について紹介し考察している。第 4 章では、ポリゴン形状の高速分類法について提案し評価している。提案手法では、ポリゴン形状を平行移動や回転、縮尺の影響を受けない 1 つの幾何学的不変特徴値で表現することにより、形状比較の処理を大幅に軽減し高速な形状分類や LSI 設計データのコンパクト化を実現できることを関連研究と比較して示している。第 5 章では、第 4 章で提案した手法を応用し複数ポリゴンで構成される形状パターン的高速検索法を提案し評価している。提案手法では、欠陥誘因パターンと同形状パターン的高速検索を可能とし、その結果を可視化することにより設計過程や欠陥検査過程の有益なフィードバック情報になることが述べられている。第 6 章は本論文の結論で、本論文で提案した手法や評価した結果についてまとめ、今後の展望について述べられている。

以上、本提案手法の新規性・独創性・有効性として、ポリゴン形状を幾何学的不変特徴値を用いて分類する新しい手法の提案や同形パターンを高速に検索し可視化する新しいシステムの開発、さらにはそれらに対して実際に使用されている LSI 設計データを用いて有効性を評価していることなど本研究分野への貢献は多大であると判断できる。また、本論文の成果は、査読付き国際ジャーナルに 2 報採録され、査読付き国際会議で 2 件発表されており、当該分野の審査基準をクリアしている。以上を総合的に判断し、学位論文審査で本論文を合格と判定した。

なお、本論文は、研究倫理または利益相反等に係る学内規則に基づく手続きは必要ありません。

最終試験の結果の要旨

最終試験は、60 分の学位論文の口頭発表と 30 分の質疑応答によって行った。その結果、学位論文の内容および専門知識、関連知識の理解度は十分あり、博士として必要とされる学力は十分であると判断できた。外国語 (英語) に関しては、英語による筆頭学術論文 2 報ならびに国際会議発表 2 件から英語力に関しても十分であると判断した。

以上より最終試験は合格と判定した。