

平成 24 年度工学系共通経費による顕彰と研究助成 成果報告書

所 属	通信情報工学
研究者(ふりがな)	高橋 篤司 (たかはし あつし)
タイトル	次世代リソグラフィ技術のための回路設計フロー構築に関する研究
助 成 名	他機関から採用となった准教授(講師)への研究推進のための助成
採択金額	1,200,000 円
<p>研究の背景</p> <p>集積回路の微細化の進展は目覚ましく、その進展の継続のために様々な製造技術の開発が続いている。同様に設計技術も発展を遂げているが、回路の大規模化による設計複雑度の指数的な増大だけでなく、微細化の進展とともに回路機能を正しく実現するための設計ルールの複雑化のため、回路設計の困難さは増している。集積回路が十分な競争力を得るためには、製造コスト、設計コストを含めたトータルコストを削減しつつ、高性能な回路を短期間に実現しなければならない。</p>	
<p>結果と考察</p> <p>本研究は、ウエハ上に微細な回路パターンを実現する次世代のリソグラフィ技術に着目し、次世代リソグラフィ技術と設計技術の協調を実現するための設計ルールおよび設計フローを構築するための準備として、様々な次世代リソグラフィ技術の特徴を回路設計の立場から整理し、次世代リソグラフィ技術に基づく回路設計フローの構築に関してボトルネックとなる特徴を同定することを目的とした。</p> <p>これまでのリソグラフィ技術の中心的な役割をしている光露光技術では、パターンを焼き付けたマスクを用いて、そのマスク上のパターンをウエハに転写する。微細なパターンをウエハ上に正確に転写するためには光源波長を短くすることが求められるが、光露光で用いることができる適切な光源は限られている。波長 13.5nm の EUV 光源を用いた光露光技術は実用化されてはいるものの、現状では露光装置は高額であり、また、エネルギー効率が悪い大量生産に用いることは難しく、コスト的に利用範囲は限られている。このため、45nm プロセスで用いられている波長 193nm の ArF エキシマレーザーを光源として用いる光露光技術をそれ以降のプロセスでも用いるための複数回露光技術(multiple-exposure patterning)の開発、側壁プロセスを用いたウエハ上でのパターンの縮小技術(Self-aligned patterning)の開発、自己組織化技術(Directed self-assembly)の開発など様々なアプローチが検討されている。これら技術はともに単純なパターンの構成は比較的容易にできるが、任意のパターンを構成可能であるわけではなく、構成が不可能なパターンが存在する。しかし、構成可能なパターンの自明な十分条件は知られてはいるものの、構成不可能なパターンの特徴付けなどはほとんど知られておらず、効率的な設計フローの構築の妨げとなっていた。</p> <p>本研究では、リソグラフィ技術に関連する国内会議、国際会議等に積極的に参加するとともに、国内のリソグラフィ技術の研究者と情報交換、意見交換を密に行うことで、次世代リソグラフィ技術に関する最新の動向を把握することに努めるとともに、次世代リソグラフィ技術と設計技術の協調を実現するための設計ルールおよび設計フローを構築するための指針を得た。</p> <p>2 回露光技術のための設計ルールおよび設計フローの構築に関し、我々は回路パターンを 2 つに分割するための基本アルゴリズムを考案した。基本アルゴリズムは、マスクの製造制約に従い回路パターンを解析することで、制約を満たした回路パターン分割を得るのに十分であり、図形の切断が他と独立に可能な位置(ステッチ候補)の集合を特定し、図形を部分図形候補に分解する。さらに、図形切断が必要な構造を抽出し、それら構造を対にすることで部分図形候補を 2 分割し回路パターン分割を得る。図形の切断数が最小で</p>	

ある回路パタン分割を出力するだけでなく、構成不可能な回路パタンを効率よく同定し、回路パタン修正のための指針を与える。基本アルゴリズムは、スティッチ候補のコストが与えられたとき、コスト最小の回路パタン分割を与えるが、コストの設定が不適切であると、十分な歩留まりが得られない可能性が高くなり、実用上受け入れられない。本研究では、個々のスティッチが歩留まりに与える影響を考慮し、より適切なコストを設定するため、コストにその長さ、幅、面積を基本アルゴリズムの効率を低下させずに導入可能であることを明らかにした。また、大規模な回路パタンへの基本アルゴリズムの適用は、基本アルゴリズムが構築する完全グラフの点数が大きくなるため、計算時間やメモリ量の観点から困難となることを計算機実験により明らかにした。そのため、回路パタンの分割アルゴリズム、グラフの平面性を利用して完全グラフを構築することなく最小コストマッチングを求めるアルゴリズムなど大規模な回路パタンを扱うためのアルゴリズムの開発、およびその評価を行うためのプロトタイププログラムの改良が必要であることが明確になった。

側壁プロセス技術で形成可能な回路パタンを効率よく生成するために、我々は、いくつかのタイプのグリッドを規則的に配置した配線グリッドを用いて、回路パタンを生成する手法を提案した。ただし、あらかじめ固定した配線グリッドを用いるため、生成される配線の幅はすべて均一であり、各配線の端子は同一タイプのグリッドになければならないなど制約も多い。実設計に適用するためには、高速により柔軟な配線パタンを生成できる必要がある。複数配線幅に対応し、配線の端子位置を任意に設定可能とする回路パタン生成手法の開発などが必要であることが明らかになった。

結論と今後の課題

本研究では、次世代リソグラフィ技術と設計技術の協調を実現するための設計ルールおよび設計フローを構築するための様々な指針を、情報収集と得られた情報を用いた思考実験と理論的な考察の繰り返し、および、計算機を用いたシミュレーションにより得た。今後、得られた成果をもとに、国内で開発が進められている最先端の次世代リソグラフィ技術と親和性が高い実用的な設計ルールおよび設計フローを構築するための研究開発を継続することが強く求められる。我々は、平成25年度からの科研費基盤研究(B)「次世代リソグラフィ技術に対応した物理設計技術開発」および共同研究等の実施により、その実現に向けた研究開発を継続する。

使用内訳書

費目	内訳	金額
備品1	DELL サーバ	498,750
備品2	DELL パーソナルコンピュータ	89,775
消耗品	トナー, マウス他	56,338
旅費	国内出張6回	434,570
その他	会議参加費他	120,567
合計		1,200,000

記入上の注意：

備品は、品名ごとに記入。

差額が生じた場合は、消耗品で調整。

消耗品を購入しなかった場合は、経費の差額と補填した予算科目名を合計額の内訳欄に記入。