

ULSIパターン形成のための縮小投影露光法の高解像度化に関する研究

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学大学院電子科学研究科 公開日: 2008-03-31 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 岡本, 好彦 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/1184

氏名・(本籍)	岡 本 好 彦 (静岡県)	447
学位の種類	博 士 (工 学)	
学位記番号	工博甲第 276 号	
学位授与の日付	平成 18 年 3 月 24 日	
学位授与の要件	学位規程第 5 条第 1 項該当	
研究科・専攻の名称	電子科学研究科 電子材料科学	
学位論文題目	ULSIパターン形成のための縮小投影露光法の高解像度化 に関する研究	
論文審査委員	(委員長)	
	教授 篠原茂信	教授 田部道晴
	教授 大坪順次	教授 中島伸治
	教授 萩田正巳	

論 文 内 容 の 要 旨

半導体技術は、現代社会の様々なシステムを支える基盤技術として著しい発展を遂げた。半導体集積回路を用いたシステムは、いわば機械の制御を半導体デバイス中の電子の動きに置き換えて制御を行うもので、汎用性が極めて高く、その適用範囲が拡大の一途にある。半導体集積回路(ULSI)は大量複製できることが前提であり、その高性能化と低価格化が求められている。そのための研究開発が国内外の半導体メーカ、研究機関において進められている。

光リソグラフィ技術は、回路パターンを半導体ウエハに形成する半導体技術であり、半導体集積回路の高性能化と低価格化を達成するための最も重要な技術であり続けて来た。拡大したマスクの回路パターンを縮小投影露光する技術とその関連技術が次々と開発され、微細な回路パターンの形成手段を提供して来たからである。

しかしながら、半導体集積回路パターンの微細化が急速に進み、既に、先端製品の最小線幅は90nmに至り、このようなパターンを露光するArFエキシマレーザ露光装置の波長(193nm)の半分以下である。次世代の露光装置候補である、より波長の短いF2エキシマレーザ露光装置(波長:157nm)では、現段階では技術的に困難な課題を抱えており、要求される回路線幅との差がむしろ拡大しつつある。光リソグラフィ技術は、回路パターンの物理的な解像度限界に突き当たりつつあり、半導体技術に係わる今日的最重要課題として、その対応策が求められている。

本研究は、ULSIパターン形成のための縮小投影露光法の高解像度化に関するものである。最初に、ULSIパターン形成技術として、既に実用化され、今後も重要と判断した技術手法、すなわち、位相

シフト法、光近接効果補正法などについて、その手法が発想された時点にさかのぼって、実用化する上での課題を詳細検討した。この検討を基に、位相シフト法、及びカバーガラスを利用したレーザービームプロファイルを制御する手法を提案し、この事を光学実験により実証した。

更に、製造コスト、製造期間を半減させることを目的として、遮光パターン基板と位相パターン基板とを重ね合わせた2層構造の位相シフトマスクを提案し、検討した。縮小投影レンズ設計をもとにした光学シュミレーションと光学計測実験により、転写パターンの高解像度を検討し、良い結果を得た。

光の逆進の原理を基に、研究テーマを発展させ、縮小投影レンズの結像面側に透明基板を挿入する手法、即ちカバーガラスを用いた縮小投影露光法を新たに提案し、投影レンズ設計を基にした光学シュミレーションと光学計測実験により、縮小投影露光による転写パターンの高解像度の実現を確認した。

本論文は、8章からなる。

第1章では、情報化社会における半導体技術の役割とリソグラフィ技術の位置付けとなる研究経緯を示し、本研究の背景と目的を述べる。

第2章では、光縮小投影露光の解像度限界を伸ばす重要な技術である位相シフト法に関して、先ず相補型に関して述べる。位相シフト法は、逆位相光利用の仕方により、相補型、エッジ強調型、位相エッジ型に分類される。相補型は、隣接した回路パターン的一方の位相を反転させ、干渉により透過光を強調させる方法である。この方法を実用化する際の本質的課題となった、位相シフトマスクデータ作成、位相シフトマスク構造、レジストプロセスに関する検討結果及び今後の課題について論じている。

第3章では、位相シフト法のエッジ強調型と位相エッジ型に関して述べている。エッジ強調型は、回路パターンの周囲に透過光の位相を反転させるシフタを配置し、透過光の干渉の影を利用して転写パターンの解像度を向上させる方法である。位相エッジ型は透過光の干渉の影を転写することで微細なラインパターン形成が可能な方法である。この露光法の実用化に関する検討結果及び今後の課題を論じている。

第4章では、光縮小投影露光におけるパターン歪を補正する方法について述べている。この方法の実用化に関する検討結果及び今後の課題を論じている。

第5章では、位相シフト法とカバーガラスを用いたレーザービームのプロファイル制御法を提案し、光学実験により実証している。

第6章では、前章までの検討により、位相シフトマスクの製造コスト、製造期間を半減させることを目的とし、2層型位相シフトマスクを提案している。投影露光シュミレーションと試作したマスクの光学実験により、提案が有効であることを実証している。

第7章では、投影レンズと結像面にカバーガラスを挿入した新しい露光法を提案し、縮小投影レンズ設計を基にした光学シュミレーションと投影光学系を介したビームプロファイル計測実験により、更なる微細パターンを形成する手法として非常に有効であることを実証している。

第8章は、微細化したULSIパターンを半導体ウエハ上に形成するための縮小投影露光法の高解像度化に関して、総括したものである。

論文審査結果の要旨

半導体技術は、現代社会の様々なシステムを支える基盤技術として著しい発展を遂げており、半導体集積回路 (ULSI) を用いたシステムは汎用性が極めて高い。半導体集積回路は大量生産できることが前提であり、その高性能化と低価格化が求められている。半導体集積回路パターンは、微細化が急速に進み、既に、先端製品の最小線幅は90nm に至り、このようなパターンを露光するArFエキシマレーザ露光装置の波長(193nm)の半分以下である。回路パターンの形成技術は、物理的な解像度限界に近づきつつある。

本論文では、現在直面しているULSIの回路パターンの解像度不足を解消できる縮小投影露光法を提案し、その実現性について、実験により実証する事を目的としている。

最初に、マスクの透過光に位相差を設けることやマスクパターンを逆に歪ませることにより、転写パターンの解像度を上げる従来からの不可欠な技術について、実用化上での問題点を詳細に検討している。その検討結果、レーザビームのプロファイルを細く絞る際には、位相シフト法、及びカバーガラスを利用する方法が有効である事を提案し、光学実験によりそれらの提案の効果を実証した。

次に、上記の検討結果に基づいて、製造コスト、製造期間を半減させることを目的として、遮光パターン基板と位相パターン基板とを重ね合せた2層構造の位相シフトマスクを提案した。露光実験により、従来のマスク露光法よりも高解像のパターン転写ができることを確認した。また、縮小投影レンズ設計をもとにした光学シミュレーションと光学計測実験により、従来の位相シフトマスクより良好な転写パターンとなる光強度分布特性が得られることも確認した。

最後に、光の逆進の原理を基に、研究テーマを発展させ、縮小投影レンズと結像面との間に透明基板を挿入して露光する方法、即ちカバーガラスを用いた新しい縮小投影露光法を提案した。従来からの投影レンズシステムでは、実効的に投影レンズの開口数を大きくすることは困難であるが、カバーガラスの挿入は投影パターンの解像度を上げる場合には有効であることを、投影レンズ設計を基にした光学シミュレーションによって、確認した。また、光学計測実験により、縮小投影露光による転写パターンを作るビームのプロファイルは、カバーガラスを用いることでよりシャープになること、即ち縮小投影露光の更なる高解像度化がなされていることを確認した。

以上、本論文においては、2層構造の位相シフトマスクを用いる露光法とカバーガラスを用いる縮小投影露光法を提案し、その有効性を実証した。これらの成果は、半導体集積回路の回路パターンの微細化をより発展させるので、工学的意義は大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位を授与するに値するものであると認める。