

論文内容の要旨

<博士論文題目> 「X線リソグラフィにおけるマスクパターン欠陥の転写特性と解像性の向上に関する研究」

<氏名> 渡邊 寛

<論文内容の要旨> (1, 200字程度)

放射(SR)光を用いた等倍 X 線リソグラフィ技術は、露光波長が約 1nm と光リソグラフィの波長よりも2桁も短く、かつ物質に対する透過性が高いことから、高解像性、深い焦点深度、大きなプロセス裕度などの特徴を持っており、低コストで高解像性と高スループットを両立できる次世代リソグラフィ技術として期待されている。このX線リソグラフィ技術の実用化に対する課題は、X線マスク用欠陥検査装置の開発に必要な欠陥寸法の検出仕様が不明確なこと、化学増幅レジストの導入により転写特性が劣化することであった。また、進展する微細化に対応するため、現状の解像性(60nm)をさらに向上させることが求められていた。本論文は、これらの課題の解決を目的として研究に取り組み、得られた以下のような重要な成果や新しい知見をまとめたものである。

(1) X線マスクパターン欠陥の高感度検出方法の開発と転写特性の評価

マスク欠陥検査装置用に独自に作製したマスクパターン欠陥評価用 X 線マスクを用いて、検出が困難な欠陥の種類を明らかにした。さらに、この欠陥をレジストに転写することによって、欠陥検出感度を向上させる新しい高感度検査手法を開発した。また、マスクパターン欠陥による転写パターン寸法への影響を転写実験と光学像計算から調べ、10nm の寸法変動量を引き起こす欠陥寸法を明確に規定した。

(2) 化学増幅レジスト中の酸拡散機構の解析と 1Gbit-DRAM パターン転写技術の開発

レジスト上に形成した酸含有ポリマーからレジスト中への酸の拡散を利用した化学増幅レジストにおいて、その酸の拡散に対する新規な評価方法を提案し、その有効性を検証した。この酸の拡散制御とレジストのコントラスト向上により、三菱電機の SR 露光システムを用いた X 線リソグラフィによって、高さ 50nm の段差付き基板上に転写した寸法 140nm の 1Gbit-DRAM パターンが寸法変動量 10%以内で形成されることを実証した。

(3) X線リソグラフィにおける解像性向上技術の開発

解像性の抑制要因をレジストのX線吸収像に基づいて検討した結果、SR 光のX線波長の狭帯域化とマスクパターンの寸法バイアスの最適化によって解像性が向上することを見出した。さらに転写実験の結果、露光ギャップ 10 μ m における X 線リソグラフィの解像性を従来の 60nm から 50nm へ向上できることを実証した。

以上の結果から、SR 光によるX線リソグラフィ技術の実用化に不可欠なX線マスクパターン欠陥の高感度検査方法を開発しただけでなく、X線マスク用欠陥検査装置に要求される検出感度仕様を明確にすることができた。化学増幅レジストの転写特性に影響を与える酸拡散の評価方法、および解像性向上のための露光波長とパターン寸法バイアス等の最適露光条件を確立することができた。

以上

(論文審査結果の要旨)

DRAM やシステム LSI などの超々 LSI の微細化はますます加速されており、その基本技術はリソグラフィ技術であり、すでに現行露光システムで 100nm 世代のデバイス設計寸法(DRAM のハーフピッチに相当)に要求される転写性能は達成され、70nm デバイスに対する見通しも得られている。一方、半導体ロードマップではデバイス設計寸法は 2007 年には 65nm, 2010 年には 45nm を要求され、次世代リソグラフィ技術の熾烈な研究開発競争がなされている。その有力候補の一つとして等倍 X 線リソグラフィ(PXL)技術が注目され期待されている。

本論文は、著者が放射(SR)光を用いた XPL 技術の実用化を目指して、その大きな技術課題であった X 線マスク用欠陥検査装置に必要なパターン欠陥検出の寸法仕様の明確化、および高感度化学増幅レジストの導入によって劣化する転写特性(解像性)の改善の研究開発に取り組み、その優れた技術成果を得てまとめたものである。

得られた新規の知見と独自の最先端技術の主要な成果は下記の通りである。

1. X 線マスクパターン欠陥の高感度検出方法の開発とその転写特性の評価について、独自に作製したパターン欠陥評価用 X 線マスクを用いて、検出困難な欠陥を明らかにすると共に、その欠陥をレジストに転写することによって検出感度を向上させる新しい欠陥検査方法を開発した。
2. 解像性を低下させる化学増幅レジスト中の酸の拡散機構の新しい評価方法を開発し、その機構を解析して拡散の抑制とレジストのコントラスト向上を図り、実際に 1Gbit-DRAM パターン形成によってその有効性を実証した。
3. PXL 技術の解像性低下の要因をレジストの X 線吸収像の検討結果から明らかにし、X 線の狭帯域化とマスクパターンの寸法バイアス最適化によって解像性が向上することを見出した。さらにそれらの結果を転写実験に適用して 10 μ m 露光ギャップでの PXL の解像性を 50nm まで向上できることを実証した。

以上のように、本論文は PXL 技術の実用化に不可欠な X 線マスク用欠陥検査装置に要求されるパターン欠陥検査方法の開発、および化学増幅レジストの転写特性に影響を与える酸拡散の評価方法・機構解明とその解像性向上に関するもので、得られた新しい知見や独自の先端技術は学術上極めて有意義であるばかりでなく、それらの成果は工学的にも高いレベルにあり、次世代の超々 LSI の開発への適用が期待される。

よって、博士論文審査会および最終試験の結果、審査委員一同は、渡邊寛の本論文が博士(工学)の学位論文として高い価値を有するものであると評価し、合格と認めた。

以上