

Title	集束イオンビームを用いたマスク欠陥修正に関する研究
Author(s)	八坂, 行人
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/49683
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	八坂行人
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 23080 号
学位授与年月日	平成21年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 情報科学研究科情報システム工学専攻
学位論文名	集束イオンビームを用いたマスク欠陥修正に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 中前 幸治 (副査) 教授 尾上 孝雄 工学研究科教授 谷口 研二 准教授 三浦 克介

論文内容の要旨

本論文は、集束イオンビームを用いたマスク欠陥修正に関する一連の研究についてまとめたものである。

第1章は序論であり、本研究の背景、すなわち、半導体集積回路生産工程におけるリソグラフィ技術およびフォトマスク技術の重要性、ならびに、フォトマスク欠陥修正技術の位置付けを述べ、続いて、本研究の目的、本論文の構成について説明した。

第2章では、集束イオンビーム装置の要素技術開発について述べた。まず、集束イオンビーム技術の最重要要素である液体金属イオン源を開発し、開発したガリウム液体金属イオン源の特性、すなわち、放出イオンのエネルギー広がり、質量分布、角電流密度、の測定結果について述べた。さらに、フォトマスク欠陥修正のための集束イオンビーム装置に用いる、集束イオンビーム光学系、2次イオン質量分析型イオン検出器、ならびに、局所成膜技術を実現するためのガス導入装置を設計し、その特性を測定した。また、集束イオンビームによる微細加工技術を半導体集積回路の解析に応用し、その有用性を示した。

第3章では、フォトマスクの欠陥修正を目的に開発した集束イオンビーム装置について述べた。まず、装置の構成について述べた。次に、集束イオンビームによる欠陥修正工程を開発し、特に、集束イオンビームによる炭素成膜技術において、フレームブランピング時間の挿入や間引き走査など、新たなイオンビーム制御方法を提案した。さらに、本装置による欠陥修正の結果を評価した。

第4章では、微細化が進む半導体集積回路の進化に対応して、集束イオンビームを用いた欠陥修正装置の改良開発を行った。新しい液体金属イオン源、新規イオン光学系と走査イオン顕微鏡機能、炭素膜成膜のための新しい原料ガスを開発し、その基本特性を測定し微細化に対応可能なことを示した。

第5章では、位相シフトマスクや光近接補正(OPC)などの超解像技術に対応するために新たに開発した欠陥修正技術、および、より微細なパターンをより高精度に修正するための新しい機能を開発した。まず、レベンソン型位相シフトマスクの欠陥修正方法を提案した。次に、新しいイオンビーム走査制御方法を提案し、フォトマスクの走査イオン像の画質向上と欠陥修正精度の向上について述べた。さらに、設計CADデータを利用した欠陥修正方法を提案し、OPCパターンの修正に有効であることを示した。

第6章では、第4章、第5章で述べた集束イオンビーム装置の改良開発を総合的に評価

した。半導体技術ノード130nm世代、90nm世代、および、65nm世代のフォトマスクに対応した欠陥修正性能を評価し、各世代において、開発した集束イオンビームによる欠陥修正技術が有効であることを実証した。

第7章では、本研究で得られた成果をまとめ、今後の課題について述べた。

論文審査の結果の要旨

本論文は、パターン微細化と高集積化が進む半導体集積回路製造における、リソグラフィ工程で用いられるマスクの集束イオンビームを用いた欠陥修正に関する一連の研究をまとめたものである。得られた主な成果は次の通りである。

(1) 集束イオンビーム技術を用いたフォトマスク欠陥修正装置を構築するための要素技術として、ガリウム液体金属イオン源の開発を行い、金属イオン源の製造工程を確立している。さらに、金属イオン源の基本特性に関するデータを蓄積し、安定動作、長寿命化の課題を明確にし、金属イオン源の高信頼性、高安定性に必要な条件を導出している。

(2) 集積回路製造工程での使用に耐えうる集束イオンビーム技術を用いたフォトマスク欠陥修正装置を構築し、集束イオンビームによる炭素膜の局所成膜技術を利用したフォトマスクの欠損欠陥修正技術及びガスアシストエッチング余剰欠陥修正技術を確立している。さらに、局所成膜技術によって形成した炭素膜のフォトマスク修正に必要な条件、すなわち、修正精度、修正後の光学特性、後工程での耐久性などの評価を行い、実用化に向けた課題を明確にし解決している。

(3) フォトマスクパターンの微細化に対応するために、ニードル型ガリウム液体金属イオン源、集束イオンビーム光学系、ナフタレンガス導入による新たな炭素膜成膜技術、二次電子検出による走査イオン像取得とドリフト補正技術、低加速集束イオンビームの利用、CAD データ利用修正技術、微細パターンの帯電現象を防ぐ走査イオン像取得技術などの開発を行い、130nm、90nm、65nm 技術ノードにおいて修正精度、および、修正寸法制御など、ナノメートルレベルの微細加工が可能であることを実証している。

以上のように、本論文は集束イオンビームを用いたマスク欠陥修正に関して多くの新しい知見を含んでおり、情報システム工学の発展に寄与するところが大きい。よって、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。