The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	極短紫外線縮小リソグラフィーのための斜め入射光による反射型マスクパターン転写特性に関する研究
Author(s)	菅原, 稔
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45951
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏　　名　菅原　稔（すがわら　みのる）

博士の専攻分野の名称　博　士（工　学）

学位記番号　第　19566　号

学位授与年月日　平成17年3月25日

学位授与の要件　学位規則第4条第1項該当

基礎工学研究科システム創成専攻

学位論文名　**極短紫外線縮小リソグラフィーのための斜め入射光による反射型マスクパターン転写特性に関する研究**

論文審査委員　（主査）
教　授　高井　幹夫

（副査）
教　授　岡本　博明　　教　授　岡村　康行

論文内容の要旨

本論文は、極短紫外線縮小リソグラフィー（EUV（Extreme Ultra Violet）リソグラフィー）でハーフピッチ22 nm世代のLSI製造のために、反射型マスク上に斜めに入射する露光光が転写特性に与える影響を理論的に考察し、ウエハ上転写像劣化の課題を把握し、かつ克服できることを明らかにした。また、反射型位相シフトマスクの設計および転写特性評価を行った。

第1章では、EUVリソグラフィーの概要を示し、本研究の目的と解決すべき課題を示した。

第2章では、配線パターン形成を想定し、反射型バイナリマスクを用いて転写特性を考察した。回折光強度の解析から斜め入射効果による光量損失の原因を定量的に明らかにし、光量損失を補償する方法を提唱した。回折光の振幅と位相の非対称性が転写性に与える影響を、ウエハ上光強度分布関数を導いて明確にした。投影光学系収差および吸収パターンの側壁角が転写性に与える影響を明らかにした。これら基礎的な考察から、新規に提唱した瞳通過光量補償法により、斜め入射効果と光近接効果によるウエハ上転写像の変形を、それぞれ独立に高速かつ高精度に補正し、良好なウエハ上転写像を得た。

第3章では、ゲートパターン形成を想定し、反射型マスク用の積層型位相シフトマスクについて考察した。位相シフト効果を得るために、材料の複素屈折率と膜厚の条件を容易に得るための設計方法を示した。Ta/Ruの2層構造ハーフトーン位相シフトマスク、および完全平坦な積層型渋谷－レベンソン位相シフトマスクを設計した。これら位相シフトマスクで、線幅18 nmのパターン転写が可能であることを明らかにした。メタルレス渋谷－レベンソン位相シフトマスクで線幅13 nmのパターン転写が可能であることを明らかにした。

第4章では、波長帯域幅を持つ露光光で、Mo/Si反射多層膜の膜厚ばらつきの影響を受けることなく、適正焦点位置が得られることを明らかにした。

第5章では、本論文全体の研究成果を総括し、本論文で得られた主要な結論をまとめた。

論文審査の結果の要旨

半導体集積回路の超微細化、超高密度化に伴い、回路素子パターンを転写するリソグラフィー技術はDUV（Deep Ultraviolet）縮小リソグラフィーからEUV（Extreme Ultraviolet：極短紫外光）縮小リソグラフィーに移行しようとしている。

本論文は、半導体技術ノード22 nm世代の極短紫外光縮小リソグラフィーを実用化する場合に問題となる斜め入射光を用いた反射マスクの転写特性を理論的に考察し、ウエハ上の転写像劣化の課題を明らかにし、反射型位相シフトマスクの設計指針および転写特性を明らかにしている。

配線パターン形成については、反射型バイナリマスクを用いて転写特性を考察している。ここでは、回折光強度の解析から斜め入射効果による光量損失の原因を定量的に明らかにし、光量損失を補償する方法を提唱している。次に回折光の振幅と位相の非対称性が転写性に与える影響を、ウエハ上光強度分布関数を導いて明確にしている。さらに、投影光学系収差および吸収パターンの側壁角が転写性に与える影響を明らかにしている。これらの基礎的な考察から、新規に提唱した瞳通過光量補償法により、斜め入射効果と光近接効果によるウエハ上転写像の変形を、それぞれ独立に高速かつ高精度に補正し、良好なウエハ上転写像を得ている。

ゲートパターン形成については、反射型マスク用の積層型位相シフトマスクについて考察しており、位相シフト効果を得るために、材料の複素屈折率と膜厚の条件を容易に得るための設計方法を示している。この方法を用いて、Ta/Ruの2層構造ハーフトーン位相シフトマスク、および完全平坦な積層型渋谷－レベンソン位相シフトマスクを設計している。これらの位相シフトマスクで、線幅18 nmのパターン転写が可能であることと、メタルレス渋谷－レベンソン位相シフトマスクで線幅13 nmのパターン転写が可能であることを明らかにしている。

さらに、波長帯域幅を持つ露光光で、Mo/Si反射多層膜の膜厚ばらつきの影響を受けることなく、適正焦点位置が得られることを明らかにしている。

以上のように、本論文は極短紫外光縮小リソグラフィーの反射型マスクの問題点を解決し、マスク設計の指針を与えるものであり、半導体技術ノード22 nm世代の集積回路開発に大きく寄与するもので、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。