



Title	電子線リソグラフィの高精度化と等倍X線マスク製造への応用に関する研究
Author(s)	内山, 真吾
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/45948">https://hdl.handle.net/11094/45948</a>
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">＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"&gt;https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> >大阪大学の博士論文について</a>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 うち 内 やま 山 しん 真 ご 吾

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 1 9 5 6 5 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 電子線リソグラフィの高精度化と等倍 X 線マスク製造への応用に関する研究

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 高井 幹夫

(副査)

教 授 奥山 雅則 教 授 岡本 博明

### 論 文 内 容 の 要 旨

等倍 X 線リソグラフィ用の高精度 X 線マスクを作製するために、電子線リソグラフィの高精度化技術を開発することを目的とした。等倍露光法に適用するために、X 線マスクには高いパターン寸法制御精度とパターン位置精度が要求される。パターン寸法の高精度化には、高精度近接効果補正技術、近接効果低減化技術を開発した。高精度近接効果補正技術では、近接効果を高精度に見積もるための近接効果パラメータの決定方法を新たに開発し、既に開発されていた近接効果補正プログラムとの整合性を向上させることにより、パターン線幅を  $100\text{ nm} \pm 10\text{ nm}$  と高精度に制御する技術を実現した。近接効果低減化では、薄レジストプロセスの開発、中間膜の膜厚最適化、 $100\text{ kV}$  電子線露光装置を用いた近接効果の低減化プロセスの開発などによりパターン形成余裕度を改善した。パターン位置の高精度化には、電子線描画位置再現精度向上のための無変形ホルダの開発、ステージ動作方法の最適化によるフィールド接続精度の高精度化技術を開発した。これらにより、描画再現精度を  $20\text{ nm}$  ( $3\sigma$ ) に向上させた。さらに、X 線マスクの最終位置精度を高精度化する技術として、X 線マスクを作製する過程で発生するパターン位置変位を定量化し、これを補償するように電子線露光時に予めパターン位置を変位させて描画する補正法を開発した。本技術により、ウエハプロセスでそれまで  $80\text{ nm}$  ( $3\sigma$ ) 程度であった位置精度を  $60\text{ nm}$  ( $3\sigma$ ) に向上させた。また、マスク作製プロセスの最適化、パターン位置変位に大きな影響を与える X 線吸収体の結晶性の最適化などにより、プロセス誘起パターン位置変位を低減できることを実験的に示した。開発したこれらの技術をメンブレンプロセスでの  $100\text{ nm}$  ルールの X 線マスクの製造に適用し、 $12\text{ nm}$  ( $3\sigma$ ) の高いパターン位置精度と  $30\text{ nm}$  ( $3\sigma$ ) のマスク間重ね合わせ精度を達成した。

### 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

電子線リソグラフィ技術は、半導体集積回路の微細パターン縮小リソグラフィー用のマスク描画に用いられており、その高精度化が必要とされている。

本論文は、超微細パターン描画が可能な電子線リソグラフィーの高精度化と、その応用として高いパターン寸法制

御精度とパターン位置精度が要求される等倍X線リソグラフィー用の高精度マスク作製に関してまとめたものである。

電子ビーム露光によるパターン寸法の高精度化として、高精度近接効果補正技術と近接効果低減化技術を開発している。高精度近接効果補正技術では、近接効果を高精度に見積もるための近接効果パラメータの決定方法を新たに開発し、既に開発されていた近接効果補正プログラムとの整合性を向上させることにより、パターン線幅を  $100\text{ nm} \pm 10\text{ nm}$  と高精度に制御する技術を実現している。また、近接効果低減化技術では、薄レジストプロセスの開発、中間膜の膜厚最適化、 $100\text{ kV}$  電子線露光装置を用いた近接効果の低減化プロセスの開発などにより、パターン形成余裕度を改善している。さらに、パターン位置の高精度化には、電子線描画位置再現精度向上のための無変形ホルダの開発、ステージ動作方法の最適化によるフィールド接続精度の高精度化技術を開発している。これらの技術の開発により、描画再現精度を  $20\text{ nm}$  ( $3\sigma$ ) に向上させている。さらに、マスクの最終位置精度を高精度化する技術として、マスクを作製する過程で発生するパターン位置変位を定量化し、これを補償するように電子線露光時に予めパターン位置を変位させて描画する補正法を開発している。この技術により、ウエハプロセスでそれまで  $76\text{ nm}$  ( $3\sigma$ ) 程度であった位置精度を  $53\text{ nm}$  ( $3\sigma$ ) に向上させており、マスク作製プロセスの最適化、パターン位置変位に大きな影響を与えるX線吸収体の結晶性の最適化やX線吸収体とメンブレン間への中間層挿入により、プロセス誘起パターン位置変位を低減できることを実験的に示している。開発したこれらの技術とメンブレン振動低減を行うことにより、メンブレンプロセスでの  $100\text{ nm}$  ルールのX線マスクを製造し、 $12\text{ nm}$  ( $3\sigma$ ) の高いパターン位置精度と  $30\text{ nm}$  ( $3\sigma$ ) のマスク間重ね合わせ精度を達成している。

以上のように、本論文は電子線リソグラフィーの高精度化に対する新しい技術を開発し、その応用として特に高いパターン寸法制御精度とパターン位置精度が要求される等倍X線リソグラフィー用の高精度マスク作製に成功しており、電子線リソグラフィによるマスク作製技術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。