

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5045445号  
(P5045445)

(45) 発行日 平成24年10月10日(2012.10.10)

(24) 登録日 平成24年7月27日(2012.7.27)

(51) Int.Cl.		F I	
<b>GO3F</b>	<b>1/70</b>	<b>(2012.01)</b>	GO3F 1/70
<b>HO1L</b>	<b>21/027</b>	<b>(2006.01)</b>	HO1L 21/30 5O2P
			HO1L 21/30 5O2Z
			HO1L 21/30 516A

請求項の数 17 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2008-2215 (P2008-2215)	(73) 特許権者	000002185
(22) 出願日	平成20年1月9日(2008.1.9)		ソニー株式会社
(65) 公開番号	特開2009-163110 (P2009-163110A)		東京都港区港南1丁目7番1号
(43) 公開日	平成21年7月23日(2009.7.23)	(74) 代理人	100098785
審査請求日	平成22年11月25日(2010.11.25)		弁理士 藤島 洋一郎
		(74) 代理人	100109656
			弁理士 三反崎 泰司
		(74) 代理人	100130915
			弁理士 長谷部 政男
		(72) 発明者	小池 薫
			東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
		(72) 発明者	小川 和久
			東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マスクパターン補正方法、マスクパターン補正プログラム、マスクパターン補正装置、露光条件設定方法、露光条件設定プログラム、露光条件設定装置、半導体装置製造方法、半導体装置製造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

設計パターンに基づいて作成されたマスクパターンを有するマスクを用いて前記マスクパターンの像をウェハ表面上に投影する投影光学系と、前記ウェハ表面上にフォーカス位置を合わせる調整機構とを有し、前記マスクパターンの像を前記ウェハ表面上に転写する露光装置において用いられる前記マスクパターンを補正するマスクパターン補正方法であって、

前記マスクを用いて前記マスクパターンを前記ウェハ表面上に転写したときに前記ウェハ表面上に形成される転写像において所望の形状および寸法のパターンとの関係で所定の範囲を超える特定部分に対応するウェハ表面の特定位置を、互いに異なるデフォーカス条件ごとに取得する第1取得工程と、

前記マスクパターンのうち前記特定部分に対応する部分のフォーカス裕度を取得する第2取得工程と、

前記特定位置の凹凸情報を取得する第3取得工程と、

前記投影光学系のフォーカス面が前記フォーカス裕度内に入るように、前記凹凸情報を考慮して前記調整機構の設定条件の計算を試みる計算工程と、

前記計算工程における計算の結果、前記フォーカス面が前記フォーカス裕度内に入らなかった場合には、フォーカス裕度が増加するように、前記マスクパターンのうち前記特定部分に対応する部分であって、かつ前記フォーカス面が前記フォーカス裕度内に入らなかった部分を修正する修正工程と

を含むことを特徴とするマスクパターン補正方法。

【請求項 2】

前記計算工程において、前記ウェハ表面のうち前記露光装置によって同時に露光される被露光領域ごとに前記調整機構の設定条件を計算する

ことを特徴とする請求項 1 に記載のマスクパターン補正方法。

【請求項 3】

前記計算工程において、前記フォーカス面と前記ウェハ表面との前記特定位置における乖離量の二乗和が最小となるように前記調整機構の設定条件を計算する

ことを特徴とする請求項 1 に記載のマスクパターン補正方法。

【請求項 4】

前記第 2 取得工程において、前記マスクパターンの全ての部分のフォーカス裕度を別途取得し、

前記第 3 取得工程において、前記ウェハ表面の全体の凹凸情報を別途取得し、

前記計算工程において、前記フォーカス面と前記ウェハ表面との前記特定位置における乖離量の二乗和と、前記フォーカス面と前記ウェハ表面との前記ウェハ表面の全体における乖離量の二乗和とが互いになるべく小さくなるように前記調整機構の設定条件を計算する

ことを特徴とする請求項 1 に記載のマスクパターン補正方法。

【請求項 5】

設計パターンに基づいて作成されたマスクパターンを有するマスクを用いて前記マスクパターンの像をウェハ表面上に投影する投影光学系と、前記ウェハ表面上にフォーカス位置を合わせる調整機構とを有し、前記マスクパターンの像を前記ウェハ表面上に転写する露光装置において用いられる前記マスクパターンを補正するマスクパターン補正プログラムであって、

前記マスクを用いて前記マスクパターンを前記ウェハ表面上に転写したときに前記ウェハ表面上に形成される転写像において所望の形状および寸法のパターンとの関係で所定の範囲を超える特定部分に対応するウェハ表面の特定位置を、互いに異なるデフォーカス条件ごとに取得する第 1 取得ステップと、

前記マスクパターンのうち前記特定部分に対応する部分のフォーカス裕度を取得する第 2 取得ステップと、

前記特定位置の凹凸情報を取得する第 3 取得ステップと、

前記投影光学系のフォーカス面が前記フォーカス裕度内に入るように、前記凹凸情報を考慮して前記調整機構の設定条件の計算を試みる計算ステップと、

前記計算ステップにおける計算の結果、前記フォーカス面が前記フォーカス裕度内に入らなかった場合には、フォーカス裕度が増加するように、前記マスクパターンのうち前記特定部分に対応する部分であって、かつ前記フォーカス面が前記フォーカス裕度内に入らなかった部分を修正する修正ステップと

をコンピュータに実行させることを特徴とするマスクパターン補正プログラム。

【請求項 6】

設計パターンに基づいて作成されたマスクパターンを有するマスクを用いて前記マスクパターンの像をウェハ表面上に投影する投影光学系と、前記ウェハ表面上にフォーカス位置を合わせる調整機構とを有し、前記マスクパターンの像を前記ウェハ表面上に転写する露光装置において用いられる前記マスクパターンを補正するマスクパターン補正装置であって、

前記マスクを用いて前記マスクパターンを前記ウェハ表面上に転写したときに前記ウェハ表面上に形成される転写像において所望の形状および寸法のパターンとの関係で所定の範囲を超える特定部分に対応するウェハ表面の特定位置を、互いに異なるデフォーカス条件ごとに取得する第 1 取得部と、

前記マスクパターンのうち前記特定部分に対応する部分のフォーカス裕度を取得する第 2 取得部と、

10

20

30

40

50

前記特定位置の凹凸情報を取得する第3取得部と、

前記投影光学系のフォーカス面が前記フォーカス裕度内に入るように、前記凹凸情報を考慮して前記調整機構の設定条件の計算を試みる計算部と、

前記計算部における計算の結果、前記フォーカス面が前記フォーカス裕度内に入らなかった場合には、フォーカス裕度が増加するように、前記マスクパターンのうち前記特定部分に対応する部分であって、かつ前記フォーカス面が前記フォーカス裕度内に入らなかった部分を修正するパターン修正部と

を備えたことを特徴とするマスクパターン補正装置。

【請求項7】

設計パターンに基づいて作成されたマスクパターンを有するマスクを用いて前記マスクパターンの像をウェハ表面上に投影する投影光学系と、前記ウェハ表面上にフォーカス位置を合わせる調整機構とを有し、前記マスクパターンの像を前記ウェハ表面上に転写する露光装置における露光条件を設定する露光条件設定方法であって、

前記マスクを用いて前記マスクパターンを前記ウェハ表面上に転写したときに前記ウェハ表面上に形成される転写像において所望の形状および寸法のパターンとの関係で所定の範囲を超える特定部分に対応するウェハ表面の特定位置を、互いに異なるデフォーカス条件ごとに取得する第1取得工程と、

前記マスクパターンのうち前記特定部分に対応する部分のフォーカス裕度を取得する第2取得工程と、

前記特定位置の凹凸情報を取得する第3取得工程と、

前記投影光学系のフォーカス面が前記フォーカス裕度内に入るように、前記凹凸情報を考慮して前記調整機構の設定条件を導出する第1導出工程と

を含むことを特徴とする露光条件設定方法。

【請求項8】

前記凹凸情報および前記調整機構の設定条件を前記露光装置に転送する転送工程を含むことを特徴とする請求項7に記載の露光条件設定方法。

【請求項9】

前記露光装置にて前記ウェハ表面のフォーカス位置を取得する第4取得工程と、

前記凹凸情報と前記フォーカス位置情報とから、新たに前記特定位置の凹凸情報を導出する第2導出工程と、

前記投影光学系のフォーカス面が前記フォーカス裕度内に入るように、第2導出工程で導出した前記凹凸情報を考慮して前記フォーカス面の設定条件を導出する第3導出工程とを含むことを特徴とする請求項7または請求項8に記載の露光条件設定方法。

【請求項10】

前記導出工程において、前記ウェハ表面のうち前記露光装置によって同時に露光される被露光領域ごとに前記調整機構の設定条件を導出する

ことを特徴とする請求項7から請求項9のいずれか一項に記載の露光条件設定方法。

【請求項11】

前記導出工程において、前記フォーカス面と前記ウェハ表面との前記特定位置における乖離量の二乗和が最小となるように前記調整機構の設定条件を導出する

ことを特徴とする請求項7から請求項9のいずれか一項に記載の露光条件設定方法。

【請求項12】

前記第2取得工程において、前記マスクパターンの全ての部分のフォーカス裕度を別途取得し、

前記第3取得工程において、前記ウェハ表面の全体の凹凸情報を別途取得し、

前記導出工程において、前記フォーカス面と前記ウェハ表面との前記特定位置における乖離量の二乗和と、前記フォーカス面と前記ウェハ表面との前記ウェハ表面の全体における乖離量の二乗和とが互いになるべく小さくなるように前記ステージの設定条件を導出する

ことを特徴とする請求項7から請求項9のいずれか一項に記載の露光条件設定方法。

10

20

30

40

50

## 【請求項 13】

設計パターンに基づいて作成されたマスクパターンを有するマスクを用いて前記マスクパターンの像をウェハ表面上に投影する投影光学系と、前記ウェハ表面上にフォーカス位置を合わせる調整機構とを有し、前記マスクパターンの像を前記ウェハ表面上に転写する露光装置における露光条件を設定する露光条件設定プログラムであって、

前記マスクを用いて前記マスクパターンを前記ウェハ表面上に転写したときに前記ウェハ表面上に形成される転写像において所望の形状および寸法のパターンとの関係で所定の範囲を超える特定部分に対応するウェハ表面の特定位置を、互いに異なるデフォーカス条件ごとに取得する第1取得ステップと、

前記マスクパターンのうち前記特定部分に対応する部分のフォーカス裕度を取得する第2取得ステップと、

前記特定位置の凹凸情報を取得する第3取得ステップと、

前記投影光学系のフォーカス面が前記フォーカス裕度内に入るように、前記凹凸情報を考慮して前記調整機構の設定条件を導出する導出ステップと

をコンピュータに実行させることを特徴とする露光条件設定プログラム。

10

## 【請求項 14】

設計パターンに基づいて作成されたマスクパターンを有するマスクを用いて前記マスクパターンの像をウェハ表面上に投影する投影光学系と、前記ウェハ表面上にフォーカス位置を合わせる調整機構とを有し、前記マスクパターンの像を前記ウェハ表面上に転写する露光装置における露光条件を設定する露光条件設定装置であって、

20

前記マスクを用いて前記マスクパターンを前記ウェハ表面上に転写したときに前記ウェハ表面上に形成される転写像において所望の形状および寸法のパターンとの関係で所定の範囲を超える特定部分に対応するウェハ表面の特定位置を、互いに異なるデフォーカス条件ごとに取得する第1取得部と、

前記マスクパターンのうち前記特定部分に対応する部分のフォーカス裕度を取得する第2取得部と、

前記特定位置の凹凸情報を取得する第3取得部と、

前記投影光学系のフォーカス面が前記フォーカス裕度内に入るように、前記凹凸情報を考慮して前記調整機構の設定条件を導出する導出部と

を備えたことを特徴とする露光条件設定装置。

30

## 【請求項 15】

設計パターンに基づいて作成されたマスクパターンを有するマスクを用いて前記マスクパターンの像をウェハ表面上に投影する投影光学系と、前記ウェハ表面上にフォーカス位置を合わせる調整機構とを有し、前記マスクパターンの像を前記ウェハ表面上に転写する露光装置を用いて半導体装置を製造する製造工程を含み、

前記調整機構の設定条件は、前記マスクを用いて前記マスクパターンを前記ウェハ表面上に転写したときに前記ウェハ表面上に形成される転写像において所望の形状および寸法のパターンとの関係で所定の範囲を超える特定部分に対応するウェハ表面の位置であって、かつ、互いに異なるデフォーカス条件ごとに取得された特定位置における凹凸情報を考慮して、前記投影光学系のフォーカス面が前記マスクパターンのうち前記特定部分に対応する部分のフォーカス裕度内に入るように導出されたものである

40

ことを特徴とする半導体装置製造方法。

## 【請求項 16】

設計パターンに基づいて作成されたマスクパターンを有するマスクを用いて前記マスクパターンの像をウェハ表面上に投影する投影光学系と、前記ウェハ表面上にフォーカス位置を合わせる調整機構とを有し、前記マスクパターンの像を前記ウェハ表面上に転写する露光装置を用いて半導体装置を製造することをコンピュータに実行させることを特徴とする半導体装置製造プログラムであって、

前記調整機構の設定条件は、前記マスクを用いて前記マスクパターンを前記ウェハ表面上に転写したときに前記ウェハ表面上に形成される転写像において所望の形状および寸法

50

のパターンとの関係で所定の範囲を超える特定部分に対応するウェハ表面の位置であって、かつ、互いに異なるデフォーカス条件ごとに取得された特定位置における凹凸情報を考慮して、前記投影光学系のフォーカス面が前記マスクパターンのうち前記特定部分に対応する部分のフォーカス裕度内に入るように導出されたものである

ことを特徴とする半導体装置製造プログラム。

【請求項17】

設計パターンに基づいて作成されたマスクパターンを有するマスクを用いて前記マスクパターンの像をウェハ表面上に投影する投影光学系と、前記ウェハ表面上にフォーカス位置を合わせる調整機構とを有し、前記マスクパターンの像を前記ウェハ表面上に転写する露光装置を用いて半導体装置を製造する製造部を備え、

10

前記調整機構の設定条件は、前記マスクを用いて前記マスクパターンを前記ウェハ表面上に転写したときに前記ウェハ表面上に形成される転写像において所望の形状および寸法のパターンとの関係で所定の範囲を超える特定部分に対応するウェハ表面の位置であって、かつ、互いに異なるデフォーカス条件ごとに取得された特定位置における凹凸情報を考慮して、前記投影光学系のフォーカス面が前記マスクパターンのうち前記特定部分に対応する部分のフォーカス裕度内に入るように導出されたものである

ことを特徴とする半導体装置製造装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、マスクパターンの像をウェハ表面上に転写する露光装置で用いられるマスクパターンを補正するマスクパターン補正方法、マスクパターン補正プログラムおよびマスクパターン補正装置と、露光装置における露光条件を設定する露光条件設定方法、露光条件設定プログラムおよび露光条件設定装置と、露光装置を用いて半導体装置を製造する半導体装置製造方法、半導体装置製造プログラムおよび半導体装置製造装置とに関する。

【背景技術】

【0002】

近年の半導体製造技術の進歩は非常にめざましく、最小加工寸法が $0.1\mu\text{m}$ 以下の半導体装置が量産されている。このような微細な加工寸法においては、リソグラフィ工程で使用する露光装置の光源波長の余裕度が少ない。そのため、近年では、ウェハの表面上のレジスト層に所望の形状および寸法のパターンを形成するために、OPC（光近接効果補正：Optical Proximity effect Correction）を用いて設計パターンを補正することが一般的に行われている。

30

【0003】

しかし、最小加工寸法が $0.1\mu\text{m}$ 以下となると、OPCを用いて設計パターンを補正したとしても、ホットスポットを完全になくすることが容易ではない。ここで、ホットスポットとは、標準の露光条件（フォーカス量や、露光量、重ね合せずれ量など）では問題なく転写可能であるが、露光ばらつきにより露光条件がずれた場合（例えば、デフォーカス量が $+50\text{nm}$ で露光量が $-5\%$ となった場合）に、正しく転写されずに欠陥となってしまうパターンのことを指す。欠陥の種類としては、例えば、配線が途切れたり、近接する配線同士が短絡する機能欠陥や、配線が細くなったり配線とビアとの重なり面積が小さくなることで配線抵抗が増加し、配線抵抗の増加による信号遅延に起因して回路が所望の動作をしなくなる特性欠陥などがある。

40

【0004】

そのため、従来から、OPCツールや、リソグラフィシミュレータ、ホットスポット検査ツールなどを用いて、ホットスポットの発生を低減する方策が多数提案されている。例えば、特許文献1～3では、複数の露光条件においてホットスポットが生じないようなOPC処理を行うことが提案されている。また、例えば、特許文献4では、ウェハ表面の被露光領域（ショット領域）ごとの位置を露光前に検出して、被露光領域と露光装置のフォーカス平面との乖離量（デフォーカス量）が最小となるようにステージを調整するオート

50

フォーカス・オートレベリングにおいて、ウェハ表面の被露光領域の位置を高精度に検出する方策が提案されている。また、例えば、特許文献5では、CMP (Chemical Mechanical Polishing) 工程をシミュレーションして、ウェハ表面の凹凸を精確に予測する方策が提案されている。また、例えば、特許文献6では、原子間力顕微鏡 (AFM) を用いてウェハ表面の凹凸をあらかじめ精確に計測しておく方策が提案されている。

【0005】

【特許文献1】特開20051-134520号公報

【特許文献2】特開2005-181524号公報

【特許文献3】特開2006-058452号公報

【特許文献4】特開2004-247476号公報

【特許文献5】特開2002-342399号公報

【特許文献6】特開平6-281449号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、オートフォーカス・オートレベリングでは、上記したように、被露光領域ごとに一つのフォーカス平面が設定されるので、ウェハ表面上に生じた段差によって、被露光領域とフォーカス平面との間に大きな乖離が生じている場合には、被露光領域全体に対してフォーカスを合せることができない。そのため、フォーカスのずれたところに露光されるパターンのフォーカス余裕度が小さい場合には、露光した際に、ウェハの表面上のレジスト層に所望の形状および寸法通りのパターンを形成することができず、ホットスポットを発生させてしまうという問題があった。

【0007】

また、従来では、露光装置のフォーカスばらつきにウェハ表面の段差を加算して求めたデフォーカス量を「ずれた露光条件」として、ホットスポットの有無を検査している。しかし、被露光領域とフォーカス平面とが互いに一致するところでは、段差の分だけデフォーカス量を余計に見積もってしまう事になるが、そのような場所のうちホットスポットと判断されたパターンは実際には欠陥とならない事があり得る。しかし、従来では、誤ってホットスポットと判断されたパターンに対しても修正を加えていたので、ウェハ表面に段差が生じている場合には、パターンの修正に要する工数が膨大となっていた。

【0008】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、正しく転写されずに欠陥となってしまうパターンだけを修正することの可能なマスクパターン補正方法、マスクパターン補正プログラムおよびマスクパターン補正装置と、正しく転写されずに欠陥となってしまうパターンの発生を低減することの可能な露光条件設定方法、露光条件設定プログラムおよび露光条件設定装置と、そのような露光条件設定方法を用いて半導体装置を製造する半導体装置製造方法、半導体装置製造プログラムおよび半導体装置製造装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明のマスクパターン補正方法は、設計パターンに基づいて作成されたマスクパターンを有するマスクを用いてマスクパターンの像をウェハ表面上に投影する投影光学系と、前記ウェハ表面上にフォーカス位置を合わせる調整機構とを有し、マスクパターンの像をウェハ表面上に転写する露光装置において用いられるマスクパターンを補正する方法であって、以下の(A1)~(A5)の各工程を含むものである。

(A1) マスクを用いてマスクパターンをウェハ表面上に転写したときにウェハ表面上に形成される転写像において所望の形状および寸法のパターンとの関係で所定の範囲を超える特定部分に対応するウェハ表面の特定位置を、互いに異なるデフォーカス条件ごとに取得する第1取得工程

(A2) マスクパターンのうち特定部分に対応する部分のフォーカス裕度を取得する第2

10

20

30

40

50

## 取得工程

(A3) 特定位置の凹凸情報を取得する第3取得工程

(A4) 投影光学系のフォーカス面がフォーカス裕度内に入るように、凹凸情報を考慮して調整機構の設定条件の計算を試みる計算工程

(A5) 計算工程における計算の結果、フォーカス面がフォーカス裕度内に入らなかった場合には、フォーカス裕度が増加するように、マスクパターンのうち特定部分に対応する部分であって、かつフォーカス面がフォーカス裕度内に入らなかった部分を修正する修正工程

## 【0010】

本発明のマスクパターン補正プログラムは、設計パターンに基づいて作成されたマスクパターンを有するマスクを用いてマスクパターンの像をウェハ表面上に投影する投影光学系と、前記ウェハ表面上にフォーカス位置を合わせる調整機構とを有し、マスクパターンの像をウェハ表面上に転写する露光装置において用いられるマスクパターンを補正するプログラムであって、以下の(B1)~(B5)の各ステップをコンピュータに実行させるものである。

(B1) マスクを用いてマスクパターンをウェハ表面上に転写したときにウェハ表面上に形成される転写像において所望の形状および寸法のパターンとの関係で所定の範囲を超える特定部分に対応するウェハ表面の特定位置を、互いに異なるデフォーカス条件ごとに取得する第1取得ステップ

(B2) マスクパターンのうち特定部分に対応する部分のフォーカス裕度を取得する第2取得ステップ

(B3) 特定位置の凹凸情報を取得する第3取得ステップ

(B4) 投影光学系のフォーカス面がフォーカス裕度内に入るように、凹凸情報を考慮して調整機構の設定条件の計算を試みる計算ステップ

(B5) 計算ステップにおける計算の結果、フォーカス面がフォーカス裕度内に入らなかった場合には、フォーカス裕度が増加するように、マスクパターンのうち特定部分に対応する部分であって、かつフォーカス面がフォーカス裕度内に入らなかった部分を修正する修正ステップ

## 【0011】

本発明のマスクパターン補正装置は、設計パターンに基づいて作成されたマスクパターンを有するマスクを用いてマスクパターンの像をウェハ表面上に投影する投影光学系と、前記ウェハ表面上にフォーカス位置を合わせる調整機構とを有し、マスクパターンの像をウェハ表面上に転写する露光装置において用いられるマスクパターンを補正する装置であって、以下の(C1)~(C5)の各構成要素を備えたものである。

(C1) マスクを用いてマスクパターンをウェハ表面上に転写したときにウェハ表面上に形成される転写像において所望の形状および寸法のパターンとの関係で所定の範囲を超える特定部分に対応するウェハ表面の特定位置を、互いに異なるデフォーカス条件ごとに取得する第1取得部

(C2) マスクパターンのうち特定部分に対応する部分のフォーカス裕度を取得する第2取得部

(C3) 特定位置の凹凸情報を取得する第3取得部

(C4) 投影光学系のフォーカス面がフォーカス裕度内に入るように、凹凸情報を考慮して調整機構の設定条件の計算を試みる計算部

(C5) 計算部における計算の結果、フォーカス面がフォーカス裕度内に入らなかった場合には、フォーカス裕度が増加するように、マスクパターンのうち特定部分に対応する部分であって、かつフォーカス面がフォーカス裕度内に入らなかった部分を修正するパターン修正部

## 【0012】

本発明のマスクパターン補正方法、マスクパターン補正プログラムおよびマスクパターン補正装置では、投影光学系のフォーカス面がマスクパターンのうち特定部分に対応する

10

20

30

40

50

部分のフォーカス裕度内に入るように、ウェハ表面の特定位置の凹凸情報を考慮して調整機構の設定条件の計算が試みられ、その結果、フォーカス面がフォーカス裕度内に入らなかった場合には、フォーカス裕度が増加するように、マスクパターンのうち特定部分に対応する部分であって、かつフォーカス面がフォーカス裕度内に入らなかった部分が修正される。これにより、実際には欠陥とならないパターンに対する修正をなくすることができる。

【 0 0 1 3 】

本発明の露光条件設定方法は、設計パターンに基づいて作成されたマスクパターンを有するマスクを用いてマスクパターンの像をウェハ表面上に投影する投影光学系と、前記ウェハ表面上にフォーカス位置を合わせる調整機構とを有し、マスクパターンの像をウェハ表面上に転写する露光装置における露光条件設定方法であって、以下の(D1)~(D4)の各工程を含むものである。

(D1) マスクを用いてマスクパターンをウェハ表面上に転写したときにウェハ表面上に形成される転写像において所望の形状および寸法のパターンとの関係で所定の範囲を超える特定部分に対応するウェハ表面の特定位置を、互いに異なるデフォーカス条件ごとに取得する第1取得工程

(D2) マスクパターンのうち特定部分に対応する部分のフォーカス裕度を取得する第2取得工程

(D3) 特定位置の凹凸情報を取得する第3取得工程

(D4) 投影光学系のフォーカス面がフォーカス裕度内に入るように、凹凸情報を考慮して調整機構の設定条件を導出する導出工程

【 0 0 1 4 】

本発明の露光条件設定プログラムは、設計パターンに基づいて作成されたマスクパターンを有するマスクを用いてマスクパターンの像をウェハ表面上に投影する投影光学系と、前記ウェハ表面上にフォーカス位置を合わせる調整機構とを有し、マスクパターンの像をウェハ表面上に転写する露光装置における露光条件を設定する露光条件設定方法であって、以下の(E1)~(E4)の各ステップをコンピュータに実行させるものである。

(E1) マスクを用いてマスクパターンをウェハ表面上に転写したときにウェハ表面上に形成される転写像において所望の形状および寸法のパターンとの関係で所定の範囲を超える特定部分に対応するウェハ表面の特定位置を、互いに異なるデフォーカス条件ごとに取得する第1取得ステップ

(E2) マスクパターンのうち特定部分に対応する部分のフォーカス裕度を取得する第2取得ステップ

(E3) 特定位置の凹凸情報を取得する第3取得ステップ

(E4) 投影光学系のフォーカス面がフォーカス裕度内に入るように、凹凸情報を考慮して調整機構の設定条件を導出する導出ステップ

【 0 0 1 5 】

本発明の露光条件設定装置は、設計パターンに基づいて作成されたマスクパターンを有するマスクを用いてマスクパターンの像をウェハ表面上に投影する投影光学系と、前記ウェハ表面上にフォーカス位置を合わせる調整機構とを有し、マスクパターンの像をウェハ表面上に転写する露光装置における露光条件を設定する露光条件設定装置であって、以下の(F1)~(F4)の各ステップをコンピュータに実行させるものである。

(F1) マスクを用いてマスクパターンをウェハ表面上に転写したときにウェハ表面上に形成される転写像において所望の形状および寸法のパターンとの関係で所定の範囲を超える特定部分に対応するウェハ表面の特定位置を、互いに異なるデフォーカス条件ごとに取得する第1取得部

(F2) マスクパターンのうち特定部分に対応する部分のフォーカス裕度を取得する第2取得部

(F3) 特定位置の凹凸情報を取得する第3取得部

(F4) 投影光学系のフォーカス面がフォーカス裕度内に入るように、凹凸情報を考慮し

10

20

30

40

50



て調整機構の設定条件を導出する導出部

【0016】

本発明の露光条件設定方法、露光条件設定プログラムおよび露光条件設定装置では、投影光学系のフォーカス面がマスクパターンのうち特定部分に対応する部分のフォーカス裕度内に入るように、ウェハ表面の特定位置の凹凸情報を考慮して調整機構の設定条件が導出される。これにより、欠陥となるパターンの発生をなくすることができる。

【0017】

本発明の半導体装置製造方法は、設計パターンに基づいて作成されたマスクパターンを有するマスクを用いてマスクパターンの像をウェハ表面上に投影する投影光学系と、前記ウェハ表面上にフォーカス位置を合わせる調整機構とを有し、マスクパターンの像をウェハ表面上に転写する露光装置を用いて半導体装置を製造する製造工程を含むものである。

10

【0018】

本発明の半導体装置製造プログラムは、設計パターンに基づいて作成されたマスクパターンを有するマスクを用いてマスクパターンの像をウェハ表面上に投影する投影光学系と、前記ウェハ表面上にフォーカス位置を合わせる調整機構とを有し、マスクパターンの像をウェハ表面上に転写する露光装置を用いて半導体装置を製造することをコンピュータに実行させるものである。

【0019】

本発明の半導体装置製造装置は、設計パターンに基づいて作成されたマスクパターンを有するマスクを用いてマスクパターンの像をウェハ表面上に投影する投影光学系と、前記ウェハ表面上にフォーカス位置を合わせる調整機構とを有し、マスクパターンの像をウェハ表面上に転写する露光装置を用いて半導体装置を製造する製造部を備えたものである。

20

【0020】

ここで、本発明の半導体装置製造方法、半導体装置製造プログラムおよび半導体装置製造装置において、調整機構の設定条件は、マスクを用いてマスクパターンをウェハ表面上に転写したときにウェハ表面上に形成される転写像において所望の形状および寸法のパターンとの関係で所定の範囲を超える特定部分に対応するウェハ表面の位置であって、かつ、互いに異なるデフォーカス条件ごとに取得された特定位置における凹凸情報を考慮して、投影光学系のフォーカス面がマスクパターンのうち特定部分に対応する部分のフォーカス裕度内に入るように導出されたものである。

30

【0021】

本発明の半導体装置製造方法、半導体装置製造プログラムおよび半導体装置製造装置では、マスクを用いてマスクパターンをウェハ表面上に転写したときにウェハ表面上に形成される転写像において所望の形状および寸法のパターンとの関係で所定の範囲を超える特定部分に対応するウェハ表面の位置であって、かつ、互いに異なるデフォーカス条件ごとに取得された特定位置における凹凸情報を考慮して、投影光学系のフォーカス面がマスクパターンのうち特定部分に対応する部分のフォーカス裕度内に入るように導出された設定条件が調整機構の駆動に用いられる。これにより、十分なフォーカス裕度を確保しつつ、マスクパターンをウェハ表面に転写することができる。

【発明の効果】

40

【0022】

本発明のマスクパターン補正方法、マスクパターン補正プログラムおよびマスクパターン補正装置によれば、投影光学系のフォーカス面がマスクパターンのうち特定部分に対応する部分のフォーカス裕度内に入るように、ウェハ表面の特定位置の凹凸情報を考慮して調整機構の設定条件の計算を試み、その結果、フォーカス面がフォーカス裕度内に入らなかった場合には、フォーカス裕度が増加するように、マスクパターンのうち特定部分に対応する部分であって、かつフォーカス面がフォーカス裕度内に入らなかった部分を修正するようにしたので、ウェハ表面に段差があったとしても、正しく転写されずに欠陥となってしまうパターンだけを修正することができる。

【0023】

50

本発明の露光条件設定方法、露光条件設定プログラムおよび露光条件設定装置によれば、投影光学系のフォーカス面がマスクパターンのうち特定部分に対応する部分のフォーカス裕度内に入るように、ウェハ表面の特定位置の凹凸情報を考慮して調整機構の設定条件を導出するようにしたので、ウェハ表面に段差があったとしても、正しく転写されずに欠陥となってしまうパターンの発生を低減した露光条件を設定することができる。

【0024】

本発明の半導体装置製造方法、半導体装置製造プログラムおよび半導体装置製造装置によれば、マスクを用いてマスクパターンをウェハ表面上に転写したときにウェハ表面上に形成される転写像において所望の形状および寸法のパターンとの関係で所定の範囲を超える特定部分に対応するウェハ表面の位置であって、かつ、互いに異なるデフォーカス条件ごとに取得された特定位置における凹凸情報を考慮して、投影光学系のフォーカス面がマスクパターンのうち特定部分に対応する部分のフォーカス裕度内に入るように導出された設定条件を調整機構の駆動に用いるようにしたので、ウェハ表面に段差があったとしても、マスクパターンをウェハ表面に精確に転写することができる。その結果、半導体装置の製造における歩留りを向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0026】

[第1の実施の形態]

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る露光装置1（半導体装置製造装置）の概略構成を表すものである。この露光装置1は、後述の露光条件設定方法によって設定されたものであり、照明光学系10、マスク11、縮小投影光学系12、ステージ13を照明光学系10の光軸AX上にこの順に配置したものである。縮小投影光学系12とステージ13との間にはウェハWが配置されている。

【0027】

このウェハWは、例えば、感光性樹脂からなるレジスト層を半導体基板上に設けたものであり、レジスト層を縮小投影光学系12に向けて、ステージ13上に配置されている。また、このウェハWの表面には、例えば、図2に示したように、矩形状の被露光領域（ショット領域）SHが2次元配置されており、各ショット領域SHが後のダイシング工程によって切り出される個々のチップ状の半導体装置と対応している。

【0028】

照明光学系10は、例えば、水銀ランプなどの光源、オブティカルインテグレータ、コンデンサレンズなどを含んで構成されており、面内方向の照度が均一な光束をマスク11のパターン領域の一部にスリット状に照射するようになっている。

【0029】

マスク11は、所定のOPC処理を施すことにより作成されたマスクパターンを後述のマスクパターン補正方法を用いて補正することにより得られたマスクパターンを有しており、光軸AXを法線とする平面上を一方向（y方向）に往復移動可能なマスクステージ（図示せず）上に載置されている。ここで、上記OPC処理は、OPCプログラムの入力パラメータの一つであるデフォーカス値として所定の値（例えばゼロ）を代入し、集積回路設計データから作成される設計パターンを補正する工程である。なお、このマスクステージは、図示しない位置計測器によってその位置が計測されており、マスク11を所定の位置に位置決めすることが可能となっている。

【0030】

縮小投影光学系12は、複数枚の光学レンズを重ね合わせて形成されており、例えば1/5倍の倍率を有している。

【0031】

ステージ13は、図示しないx-yステージ上に設けられており、縮小投影光学系12の光軸AX方向（z方向）へのウェハWの移動と、光軸AXを法線とする平面に対するウェ

10

20

30

40

50

ハWの傾斜とを調整可能になっている。x y ステージは、光軸AXを法線とする平面の面内方向(x y 方向)へのウェハWの移動を調整可能になっている。

【0032】

この露光装置1には、オートフォーカスセンサ14が設けられている。このオートフォーカスセンサ14は、多点オートフォーカス系のセンサであり、縮小投影光学系12のイメージフィールド内を含む複数箇所、ウェハWの表面の光軸AX方向の位置ずれ(焦点ずれ)を計測する測定点を備えており、後述する参照面S1の計測に用いられる。

【0033】

このオートフォーカスセンサ14は、例えば、図1に示したように、縮小投影光学系12を間にして両側に配置された発光部14Aおよび検知部14Bを有する斜入射光式のセンサである。発光部14Aは、ウェハWの表面に光束を射出するためのものであり、例えば、光源、コンデンサレンズ、複数の投影スリットを有する絞り、コリメータレンズ、対物レンズなどを含んで構成されている。検知部14Bは、発光部14Aから射出された光であって、かつウェハWの表面で反射した反射光を検出するためのものであり、例えば、対物レンズ、コンデンサレンズ、振動ミラー、受光スリットを有する絞り、受光素子などを含んで構成されている。ここで、発光部14A内の絞りは、例えば、一の方向に沿って一定間隔で並んだ5つのスリットからなるスリット列を一の方向と直交する方向に所定の間隔で5列設けたものであり、このスリットを介して投影された像がウェハWの表面のショット領域SH内に形成されるようになっている。ショット領域SHのうち像の投影された部分が、オートフォーカスセンサ14の計測点に対応しており、例えば、図3に示したように、その計測点AFがx軸方向およびy軸方向に5×5のマトリクス状に配置されている。そして、各計測点AFのうちy軸方向の中央部分に対応する計測点AFが縮小投影光学系12の被露光領域Lに対応しており、被露光領域Lの前後(スキャン方向の前後)にも各計測点AFが設けられている。

【0034】

なお、オートフォーカスセンサ14は、図1に示した斜入射光式の以外の方式のものであってもよく、例えば、エアーマイクロセンサや静電容量センサなどのギャップセンサを用いる方式であってもよい。ただし、オートフォーカスセンサ14として、ギャップセンサを用いた場合には、被露光領域Lの前後(スキャン方向の前後)にだけ、各計測点AFが設けられることになる。

【0035】

また、この露光装置1には、制御部15および記憶部16が設けられている。

【0036】

制御部15は、照明光学系10の光源の露光光量や、マスクステージ、x y ステージ、ステージ13、オートフォーカスセンサ14、記憶部16などを制御するためのものである。例えば、制御部15は、マスクステージを走査方向(y軸方向)に移動し、マスク11のパターン領域の一部にスリット状に照明された領域(照明領域)に対してマスク11のパターン領域を走査方向(y軸方向)に走査すると共に、一回の走査によりマスク11内の全てのパターンが照明領域を通過するように制御する。一方、x y ステージをマスク11と同期してマスク11の走査方向とは逆の方向に移動し、ウェハWのショット領域SHを被露光領域Lに対して走査する。このとき、x y ステージの移動速度がマスクステージの移動速度に縮小投影光学系12の倍率をかけたものと等しくなるように、x y ステージを制御する。また、例えば、制御部15は、露光時に同時に露光される各被露光領域(被露光領域L)において、後述のレベリングパラメータ16Cを用いて参照面S1とウェハ表面S2とが所定の関係となるようにステージ13を制御する。

【0037】

記憶部16には、上記で例示したような制御を行うための制御プログラム16Aと、この制御プログラムで用いるプロセスパラメータ16Bおよびレベリングパラメータ16Cとが記憶されている。ここで、プロセスパラメータ16Bには、例えば、露光波長、露光量、フォーカス、デフォーカス、ドーズ、開口数、コヒーレンスファクタなどが含まれて

10

20

30

40

50

いる。また、レベリングパラメータ16Cには、ステージ13の光軸AX方向への移動量と、光軸AXを法線とする平面に対するステージ13の傾斜角とが含まれており、これら移動量および傾斜角は、後述の露光条件設定方法によって設定されたものであり、露光時に同時に露光される被露光領域（被露光領域L）ごとに設定されている。

#### 【0038】

ところで、参照面S1は、図4に示したように、ウェハWの表面S2として仮想的に設定された平面であり、露光時などには、縮小投影光学系12の最良結像面との位置ずれが最小となるように設定されている。従って、参照面S1は、露光時などには、縮小投影光学系12の最良結像面（フォーカス面）と露光装置1のフォーカスばらつきの範囲内で一致しているといえる。この参照面S1は、オートフォーカスセンサ14の計測値を用いることにより設定可能であるが、例えば、露光装置1に内蔵されているマスク測定装置（図示せず）や、原子間力顕微鏡（図示せず）などの計測値を用いることによっても設定可能である。また、この参照面S1を、オートフォーカスセンサ14の計測値を用いることにより設定した場合には、計測点AF間を所定のルールで補間することが好ましい。なお、この参照面S1は、シミュレーションによって設定することも可能である。

10

#### 【0039】

また、図4に例示したウェハ表面S2は、ウェハWの最表面のことである。このウェハ表面S2の凹凸情報は、原子間力顕微鏡などを使ってウェハ表面S2を実際に測定することによって導出可能であるが、例えば、CMPシミュレーションを用いて導出することも可能である。

20

#### 【0040】

本実施の形態の露光装置1では、照明光学系10からの光束がマスク11および縮小投影光学系12を介してウェハWの表面に入射する。これにより、マスク11に形成されたマスクパターンが縮小されてウェハWの表面に転写される。

#### 【0041】

ところで、本実施の形態では、ステージ13の光軸AX方向への移動量と、光軸AXを法線とする平面に対するステージ13の傾斜角とが、後述の露光条件設定方法によって設定されたレベリングパラメータ16Cを用いて、露光時に同時に露光される被露光領域（被露光領域L）ごとに調整される。これにより、十分なフォーカス裕度を確保しつつ、マスクパターンをウェハ表面S2に転写することができるので、ウェハ表面S2に段差があったとしても、マスクパターンをウェハ表面S2に精確に転写することができる。その結果、半導体装置の製造における歩留りを向上させることができる。

30

#### 【0042】

##### [第2の実施の形態]

図5は、本実施の形態のマスクパターン補正装置2の概略構成を表したものである。このマスクパターン補正装置2は、OPCプログラムの入力パラメータの一つであるデフォーカス値として所定の値（例えばゼロ）を代入し、集積回路設計データから作成される設計パターンに対してOPC処理を施すことによって作成されたマスクパターン（以下、単に「設計パターンに基づいて作成されたマスクパターン」と称する。）を、後述のマスクパターン補正方法を用いて補正することにより上記実施の形態のマスク11のマスクパターンを得るためのものであり、演算部20、入力部21および記憶部22を備えている。

40

#### 【0043】

演算部20は、記憶部22に記憶されているプログラムを実行するためのものであり、入力部21は、記憶部22に記憶されているプログラムの実行に際して必要となる情報を入力するためのものである。

#### 【0044】

記憶部22には、後述のマスクパターン補正手順を演算部20に実行させるマスクパターン補正プログラム22Aの他に、このプログラムに用いられる種々のデータが記憶されている。具体的には、特定位置情報22B、フォーカス裕度情報22C、凹凸情報22D、閾値22Eなどが記憶されている。なお、これら特定位置情報22B、フォーカス裕度

50

情報 22C、凹凸情報 22D および閾値 22E があらかじめ記憶部 22 に記憶されていない場合には、これらを入力部 21 から必要に応じて随時入力してもよい。

【0045】

ここで、特定位置情報 22B とは、設計パターンに基づいて作成されたマスクパターンを有するマスクを用いてマスクパターンをウェハ表面 S2 上に転写したときにウェハ表面 S2 上に形成される転写像において所望の形状および寸法のパターンとの関係で所定の範囲（閾値 22E）を超える特定部分に対応するウェハ表面 S2 の x y 座標（ホットスポット候補 P の x y 座標）を指す（図 6 参照）。このホットスポット候補 P の位置情報には、互いに異なるデフォーカス条件ごとに得られたホットスポット候補 P の位置情報が含まれている。

10

【0046】

閾値 22E は、回路パターンや欠陥種類に応じて設定されるものであり、マスクパターン全体に対して設定されている。機能欠陥であるオープンやショートにおいては、製造工程能力から求まる配線幅や配線間のスペースが閾値 22E の値となるので、例えば、オープンの場合に、配線幅が 90 nm 未満となったときに欠陥と判断するときには閾値 22E の値として 90 nm が設定され、ショートの場合に、配線間のスペースが 80 nm 未満となったときに欠陥と判断するときには閾値 22E の値として 80 nm が設定される。また、特性欠陥である配線遅延においては、例えば、特定の回路パターンに対して元の設計パターンの線幅から 5% 以上ずれたときに欠陥と判断するときには閾値 22E の値として元の設計パターンの線幅の 5% が設定される。

20

【0047】

フォーカス裕度情報 22C とは、設計パターンに基づいて作成されたマスクパターンのうち上記した特定部分に対応する部分（ホットスポット）のフォーカス裕度 F（図 6 参照）についての情報を含むものである。ここで、フォーカス裕度 F の大きさは、ドーズや閾値 22E の大きさに応じて設定されるものである。そのため、フォーカス裕度 F の大きさは、通常はホットスポット候補 P ごとに異なっている。なお、フォーカス裕度情報 22C に、設計パターンに基づいて作成されたマスクパターン全体に対するフォーカス裕度 F についての情報が含まれていてもよい。

【0048】

凹凸情報 22D は、ウェハ表面 S2 のうち上記した特定部分に対応する部分の表面位置（x y z 座標）についての情報を含むものである。従って、各ホットスポット候補 P において、凹凸情報 22D にフォーカス裕度情報 22C を加味することにより、図 6 に示したように、光軸 AX 方向において許容される焦点ずれの範囲を把握することが可能となる。なお、凹凸情報 22D に、ウェハ表面 S2 全体に対する表面位置（x y z 座標）についての情報が含まれていてもよい。

30

【0049】

次に、図 7 を参照して、本実施の形態のマスクパターン補正装置 2 におけるマスクパターン補正手順について説明する。なお、図 7 は、本実施の形態のマスクパターン補正装置 2 において、設計パターンに基づいて作成されたマスクパターンを補正する際の流れを表したものである。

40

【0050】

まず、特定位置情報 22B を、互いに異なるデフォーカス条件ごとに取得する（ステップ S101）。ここで、特定位置情報 22B が記憶部 22 に記憶されている場合には、特定位置情報 22B を記憶部 22 から読み出し、特定位置情報 22B が記憶されていない場合には、特定位置情報 22B を入力部 21 から入力することにより、特定位置情報 22B を得る。

【0051】

互いに異なる複数のデフォーカス条件として、通常のホットスポット検査で用いる最大デフォーカス条件と標準の露光条件におけるデフォーカス条件との間の条件をいくつか設定することが好ましい。通常のホットスポット検査での最大デフォーカス量は露光装置 1

50

のフォーカスばらつきとウェハ表面 S 2 の段差を加算したものであることから、通常のホットスポット検査での最大デフォーカス量以上にフォーカスがずれる事を想定する必要はないからである。例えば、通常のホットスポット検査での最大デフォーカス量が  $\pm 100$  nm であり、標準の露光条件でのデフォーカス量を 0 nm だとすると、 $\pm 25$  nm、 $\pm 50$  nm、 $\pm 75$  nm の 4 つをデフォーカス条件として設定することが可能である。

#### 【0052】

なお、上記の例では、デフォーカス量を 25 nm 刻みで設定したが、その回路パターンに要求される仕様などに応じて刻み幅を変更することが好ましい。また、ホットスポット検査の時間を短縮するために、最初に最大デフォーカス量でホットスポット検査を実行し、その検査でホットスポット候補 P となったウェハ表面 S 2 の x y 座標に対応する部分およびその近傍の回路パターンを切り出して、最大デフォーカス量よりも小さなデフォーカス量でホットスポット検査を実行するようにしてもよい。このようにして、回路パターン内のどの位置にホットスポット候補 P があり、そのホットスポット候補 P はどのデフォーカス量でホットスポットとなる(逆に言えばどのデフォーカス量でホットスポットではなくなる)のかが判明する。さらに、ホットスポット候補 P ごとに、欠陥種類(線幅太り、線幅細り、重ね合わせ面積の不足など)を導出するようにしてもよい。

10

#### 【0053】

次に、設計パターンに基づいて作成されたマスクパターンのうち特定部分に対応する部分のフォーカス裕度 F を取得する(ステップ S 102)。ここで、フォーカス裕度 F が記憶部 22 に記憶されている場合には、フォーカス裕度 F を記憶部 22 から読み出し、フォーカス裕度 F が記憶部 22 に記憶されていない場合には、フォーカス裕度 F を入力部 21 から入力することにより、フォーカス裕度 F を得る。また、このときに、特定部分に対応する部分だけでなく、設計パターンに基づいて作成されたマスクパターン全体に対するフォーカス裕度 F を取得してもよい。

20

#### 【0054】

次に、特定位置の凹凸情報 22 D を取得する(ステップ S 103)。ここで、凹凸情報 22 D が記憶部 22 に記憶されている場合には、凹凸情報 22 D を記憶部 22 から読み出し、凹凸情報 22 D が記憶部 22 に記憶されていない場合には、凹凸情報 22 D を入力部 21 から入力することにより、凹凸情報 22 D を得る。また、このときに、特定位置だけでなく、ウェハ表面 S 2 全体に対する凹凸情報 22 D を取得してもよい。

30

#### 【0055】

なお、ウェハ表面 S 2 の凹凸情報 22 D は、原子間力顕微鏡などを使ってウェハ表面 S 2 を実際に測定することによって導出可能であるが、例えば、CMP シミュレーションを用いて導出することも可能である。

#### 【0056】

次に、図 8 に例示したように、投影光学系 12 のフォーカス面(参照面 S 1)がフォーカス裕度 F 内に入るように、凹凸情報 22 D を考慮してステージ 13 の設定条件の計算を試みる(ステップ S 104)。

#### 【0057】

このとき、露光装置 1 がステッパーであれば、ショット領域 SH (図 2 参照)に対するフォーカス面(参照面 S 1)がフォーカス裕度 F 内に入るようにステージ 13 の設定条件を計算し、露光装置 1 がスキャナーであれば、被露光領域 L (図 3 参照)に対するフォーカス面(参照面 S 1)がフォーカス裕度 F 内に入るようにステージ 13 の設定条件を計算する。具体的には、フォーカス面(参照面 S 1)とウェハ表面 S 2 との特定位置における乖離量(デフォーカス量)の二乗和が最小となるようにステージ 13 の設定条件を計算する。

40

#### 【0058】

なお、ステージ 13 の設定条件を計算する際に、露光装置 1 の個体差(機差)を考慮することが好ましい。露光装置 1 にはレンズの収差や、オートフォーカス・オートレベリングの動作、ステージ 13 の平坦度などに個体差がある。例えば、レンズ収差によってショッ

50

ト領域 S H や被露光領域 L の特定場所におけるフォーカスずれなどがある。ウェハ表面 S 2 のフォーカスずれは、例えば、パターンが転写されたウェハ表面 S 2 に対して散乱光を照射することにより測定可能である（特開 2006-228843 参照）。そのような手法を用いてあらかじめ露光装置 1 の個体差を測定し、それを参照テーブル(Look Up Table : LUT)などの形式で記憶部 22 に記憶しておき、ステージ 13 の設定条件を計算する際に参照テーブルを読み出し、露光装置 1 の個体差を考慮することが可能である。

【0059】

さらに、ある特定の露光装置 1 の個体差だけを考慮するのではなく、利用する全ての露光装置 1 についての個体差を上記のような手法を用いてあらかじめ求めておき、例えば、平均化したり、中間値(メディアン)や最頻度値(モード)を導出したりすることで、利用する全ての露光装置 1 の個体差を考慮するようにしてもよい。

10

【0060】

次に、計算工程における計算の結果、図 9 に例示したように、フォーカス面(参照面 S 1)がフォーカス裕度 F 内に入っているか否かを判定する(ステップ S 105)。

【0061】

その結果、フォーカス面(参照面 S 1)がフォーカス裕度 F 内に入っていなかった場合には、まず、フォーカス裕度 F が増加するように、設計パターンのうち特定部分に対応する部分であって、かつフォーカス面(参照面 S 1)がフォーカス裕度 F 内に入らなかった部分(図 9 では図中の左側の 2 つのホットスポット候補 P に対応する部分)の配線幅や、配線形状、配線間のスペースなどを修正する(ステップ S 106)。次に、修正後の設計パターンに対して OPC 処理を施すことにより作成されたマスクパターン(以下、単に「修正後のマスクパターン」と称する。)を有するマスクを用いて上記ステップ S 101 ~ ステップ S 105 を実行し直す。具体的には、特定位置情報 22 B を、互いに異なるデフォーカス条件ごとに取得し直し(ステップ S 101)、修正後のマスクパターンのうち特定部分(修正後のマスクパターンを有するマスクを用いて修正後のマスクパターンをウェハ表面 S 2 上に転写したときにウェハ表面 S 2 上に形成される転写像において所望の形状および寸法のパターンとの関係で所定の範囲(閾値 22 E)を超える特定部分)に対応する部分のフォーカス裕度 F を取得し直し(ステップ S 102)、特定位置の凹凸情報 22 D を取得し直し(ステップ S 103)、投影光学系 12 のフォーカス面(参照面 S 1)がフォーカス裕度 F 内に入るように、凹凸情報 22 D を考慮してステージ 13 の設定条件の計算を再度、試み(ステップ S 104)、その結果、フォーカス面(参照面 S 1)がフォーカス裕度 F 内に入っているか否かを判定し直す(ステップ S 105)。そして、フォーカス面(参照面 S 1)がフォーカス裕度 F 内に入っていないと再度判定された場合には、フォーカス面(参照面 S 1)がフォーカス裕度 F 内に入るか、または判定回数が所定の回数を超えるまで、ステップ S 101 からステップ S 105 を繰り返し実行する。

20

30

【0062】

そして、フォーカス面(参照面 S 1)がフォーカス裕度 F 内に入っていないと再度判定された場合には、判定回数が所定の回数を超えるまで、ステップ S 101 からステップ S 105 を繰り返し実行する。なお、フォーカス面(参照面 S 1)がフォーカス裕度 F 内に入っていた場合には、ステージ 13 の設定条件を計算し直す必要はない。また、判定回数が所定の回数を超えた場合には、設計レイアウトそのものを修正することとなる。

40

【0063】

このようにして、本実施の形態のマスクパターン補正装置 2 におけるマスクパターンの補正が行われる。

【0064】

本実施の形態のマスクパターン補正装置 2 では、投影光学系 12 のフォーカス面(参照面 S 1)がマスクパターンのうち特定部分に対応する部分のフォーカス裕度 F 内に入るように、ウェハ表面 S 2 の特定位置の凹凸情報 22 D を考慮してステージ 13 の設定条件の計算が試みられ、その結果、フォーカス面(参照面 S 1)がフォーカス裕度 F 内に入

50

らなかった場合には、フォーカス裕度  $F$  が増加するように、マスクパターンのうち特定部分に対応する部分であって、かつフォーカス面（参照面  $S1$ ）がフォーカス裕度  $F$  内に入らなかった部分が修正される。これにより、実際には欠陥とならないパターン、例えば、同時に露光される被露光領域（ステッパーであればショット領域  $SH$ 、スキャナーであれば被露光領域  $L$ ）のデフォーカス量（参照面  $S1$  とウェハ表面  $S2$  との乖離量）が最小となるように参照面  $S1$  を設定していた従来のケースでは欠陥とみなされるパターンに対する修正をなくすることができる。その結果、ウェハ表面  $S2$  に段差があったとしても、正しく転写されずに欠陥となってしまうパターンだけを修正することができるので、 $TAT$ （タット；Turn Around Time）を格段に向上させることができ、また、回路パターンの面積を最小限に抑えることができる。

10

【0065】

[第2の実施の形態の変形例]

上記第2の実施の形態では、投影光学系12のフォーカス面（参照面  $S1$ ）とウェハ表面  $S2$  との特定位置における乖離量（デフォーカス量）の二乗和が最小となるようにステージ13の設定条件を計算していたが、ステップ  $S102$  において、特定部分に対応する部分だけでなく、設計パターンに基づいて作成されたマスクパターン全体に対するフォーカス裕度  $F$  を取得し、ステップ  $S103$  において、特定位置だけでなく、ウェハ表面  $S2$  全体に対する凹凸情報  $22D$  を取得した場合には、さらに、投影光学系12のフォーカス面（参照面  $S1$ ）とウェハ表面  $S2$  とのウェハ表面  $S2$  の全体における乖離量（デフォーカス量）の二乗和が最小となるようにステージ13の設定条件も計算し、投影光学系12のフォーカス面（参照面  $S1$ ）とウェハ表面  $S2$  との特定位置における乖離量（デフォーカス量）の二乗和と、投影光学系12のフォーカス面（参照面  $S1$ ）とウェハ表面  $S2$  とのウェハ表面  $S2$  の全体における乖離量（デフォーカス量）の二乗和とが互いになるべく小さくなるようにステージ13の設定条件を計算するようにしてもよい。このようにした場合には、ウェハ表面  $S2$  のうちホットスポット候補  $P$  以外の部分に対応する部分の設計マージン（フォーカス面（参照面  $S1$ ）とフォーカス裕度  $F$  の上限または下限との差分）を大きくすることができる。

20

【0066】

ただし、通常、ホットスポット候補  $P$  の数の方がホットスポット候補  $P$  ではない部分の数よりも少ないので、投影光学系12のフォーカス面（参照面  $S1$ ）とウェハ表面  $S2$  との特定位置における乖離量（デフォーカス量）の二乗和と、投影光学系12のフォーカス面（参照面  $S1$ ）とウェハ表面  $S2$  とのウェハ表面  $S2$  の全体における乖離量（デフォーカス量）の二乗和とを単純に足してしまうと、ホットスポット候補  $P$  のデフォーカス量が過小評価されてしまう。そのため、何らかの重み付けをしてそれぞれの二乗和を評価する事が好ましい。そのとき、それぞれの二乗和が最小になる場合で正規化し、さらに重み付けしてそれぞれのデフォーカス量を評価するようにしてもよい。

30

【0067】

[第3の実施の形態]

図10は、本実施の形態の露光条件設定装置3の概略構成を表したものである。この露光条件設定装置3は、露光装置1の露光条件を設定するためのものであり、演算部20、入力部21、記憶部32および出力部33を備えている。

40

【0068】

記憶部32には、後述の露光条件設定手順を演算部20に実行させる露光条件設定プログラム32Aの他に、このプログラムに用いられる種々のデータを記憶している。具体的には、上記第2の実施の形態と同様、特定位置情報  $22B$ 、フォーカス裕度情報  $22C$ 、凹凸情報  $22D$ 、閾値  $22E$  などが記憶されている。なお、これら特定位置情報  $22B$ 、フォーカス裕度情報  $22C$ 、凹凸情報  $22D$  および閾値  $22E$  があらかじめ記憶部32に記憶されていない場合には、これらを入力部21から必要に応じて随時入力してもよい。また、出力部33は、導出したステージ13の設定条件などを露光装置1に転送するためのものである。

50



## 【0069】

次に、図11を参照して、本実施の形態の露光条件設定装置3における露光条件設定手順について説明する。なお、図11は、本実施の形態の露光条件設定装置3における露光条件を設定する際の流れを表したものである。なお、以下では、上記第2の実施の形態における記述と重複する内容についての記述を適宜省略する。

## 【0070】

まず、特定位置情報22Bを、互いに異なるデフォーカス条件ごとに取得したのち（ステップS201）、設計パターンに基づいて作成されたマスクパターンのうち特定部分に対応する部分のフォーカス裕度Fを取得する（ステップS202）。

## 【0071】

次に、特定位置の凹凸情報22Dを取得したのち（ステップS203）、図8に例示したように、投影光学系12のフォーカス面（参照面S1）がフォーカス裕度F内に入るように、凹凸情報22Dを考慮してステージ13の設定条件を導出する（ステップS204）。このとき、投影光学系12のフォーカス面（参照面S1）がフォーカス裕度F内に入るような条件を導出することができなかった場合には、上記第2の実施の形態と同様の手順（ステップS105、S106）を実施する。

## 【0072】

次に、導出したステージ13の設定条件を露光装置1に転送すると共に、オートフォーカスセンサ14にてウェハ表面位置を測定することを指示するコマンドを露光装置1に転送する（ステップS205）。すると、露光装置1において、これらが受信されたのち、オートフォーカスセンサ14にてウェハ表面位置（ウェハ表面S2'）が測定され（図12参照）、その測定結果が露光条件設定装置3に転送される。その後、露光条件設定装置3は露光装置1で計測されたウェハ表面位置を入力部21で受信する。

## 【0073】

なお、既に凹凸情報22Dを取得しているのに、改めてオートフォーカスセンサ14にてウェハ表面位置を測定するのは、例えばウェハWをステージ13に固定する際のばらつきによって凹凸情報22Dに多少のオフセットが生じた際に、そのオフセットを補正するためである。

## 【0074】

次に、露光装置1で計測されたウェハ表面位置（ウェハ表面S2'）と凹凸情報22Dとを合成して、新たな凹凸情報22Fを導出する（ステップS206）。

## 【0075】

次に、投影光学系12のフォーカス面（参照面S1'）がフォーカス裕度F内に入るように、凹凸情報22Fを考慮してステージ13の設定条件の計算を再度、試みる（ステップS207）。このとき、投影光学系12のフォーカス面（参照面S1）がフォーカス裕度F内に入るような条件を導出することができなかった場合には、上記第2の実施の形態と同様の手順（ステップS105、S106）を実施する（ステップS208、S209）。その後、その露光条件を露光装置1に転送し記憶させる。このようにして、本実施の形態の露光条件設定装置3における露光条件の設定が行われる。

## 【0076】

本実施の形態の露光条件設定装置3では、投影光学系12のフォーカス面（参照面S1）がマスクパターンのうち特定部分に対応する部分のフォーカス裕度F内に入るように、ウェハ表面S2の特定位置の凹凸情報22Fを考慮してステージ13の設定条件が導出される。これにより、欠陥となるパターンの発生をなくすることができる。その結果、ウェハ表面S2に段差があったとしても、正しく転写されずに欠陥となってしまうパターンの発生を低減した露光条件を設定することができる。

## 【0077】

以上、実施の形態およびその変形例を挙げて本発明を説明したが、本発明はこれらの実施の形態等に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。

## 【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【0078】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る露光装置の概略構成図である。

【図2】図1のウェハの上面図である。

【図3】図1のオートフォーカスセンサの計測点について説明するための模式図である。

【図4】参照面とウェハ表面について説明するための模式図である。

【図5】本発明の第2の実施の形態に係るマスクパターン補正装置の概略構成図である。

【図6】ホットスポット候補とフォーカス裕度について説明するための模式図である。

【図7】図5のマスクパターン補正装置におけるマスクパターン補正手順について説明するための流れ図である。

【図8】参照面の設定方法について説明するための一の模式図である。

10

【図9】参照面の設定方法について説明するための他の模式図である。

【図10】本発明の第3の実施の形態に係る露光条件設定装置の概略構成図である。

【図11】図10の露光条件設定装置における露光条件設定手順について説明するための流れ図である。

【図12】露光装置のオフセット調整について説明するための模式図である。

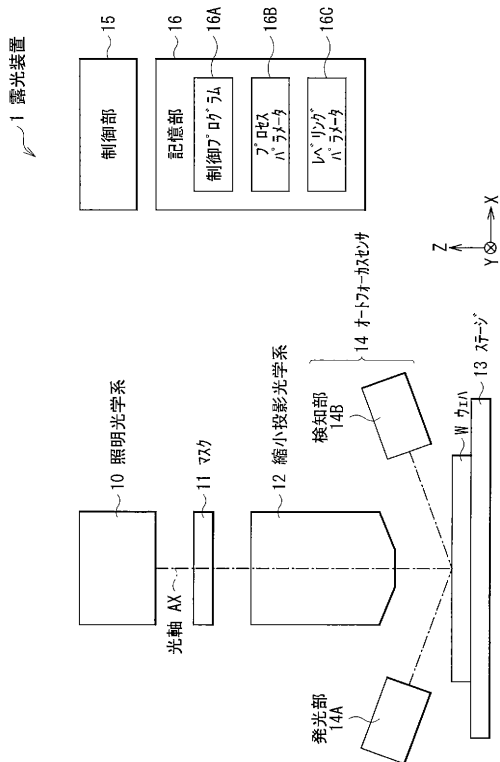
【符号の説明】

【0079】

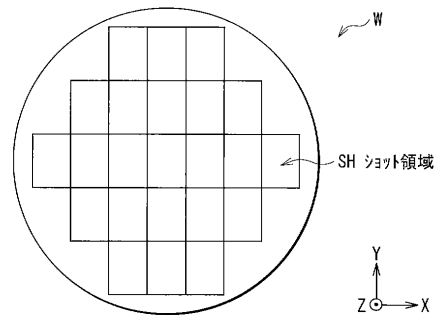
1 ... 露光装置、 2 ... マスクパターン補正装置、 3 ... 露光条件設定装置、 10 ... 照明光学系、 11 ... マスク、 12 ... 縮小投影光学系、 13 ... ステージ、 14 ... オートフォーカスセンサ、 14A ... 発光部、 14B ... 検知部、 15 ... 制御部、 16, 22, 32 ... 記憶部、 16A ... 制御プログラム、 16B ... プロセスパラメータ、 20 ... 演算部、 21 ... 入力部、 22A ... マスクパターン補正プログラム、 22B ... 特定位置情報、 22C ... フォーカス裕度情報、 22D ... 凹凸情報、 22E ... 閾値、 32A ... 露光条件設定プログラム、 AF ... 計測点、 L ... 露光領域、 P ... ホットスポット候補、 S1 ... 参照面、 S2 ... ウェハ表面、 SH ... ショット領域、 W ... ウェハ、 F ... フォーカス裕度。

20

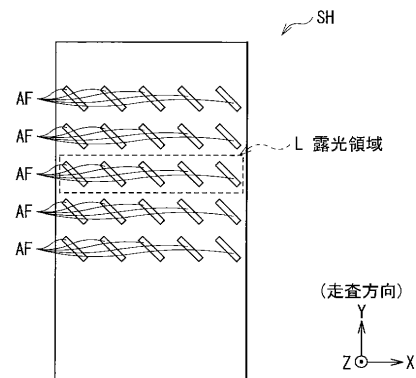
【図1】



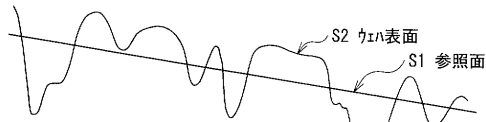
【図2】



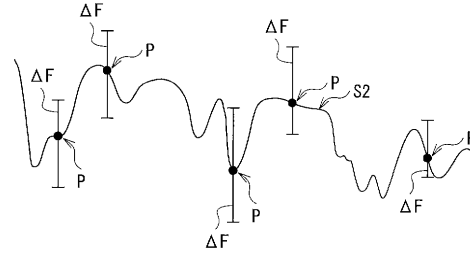
【図3】



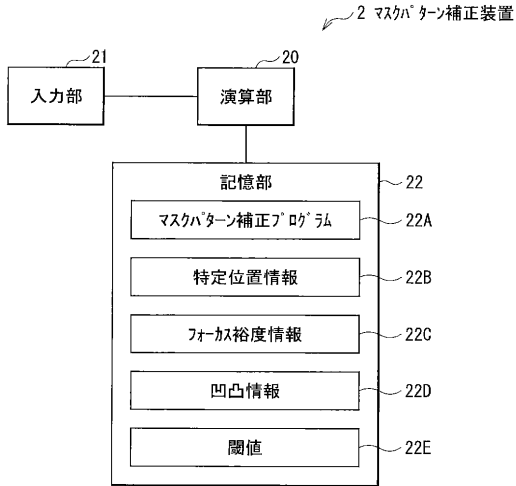
【図4】



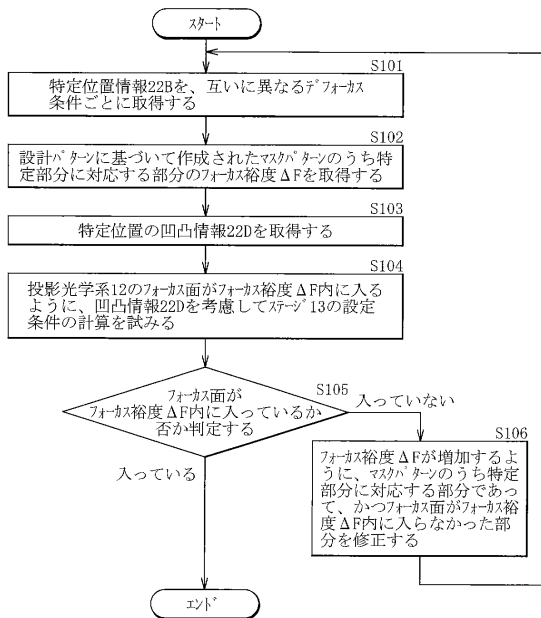
【図6】



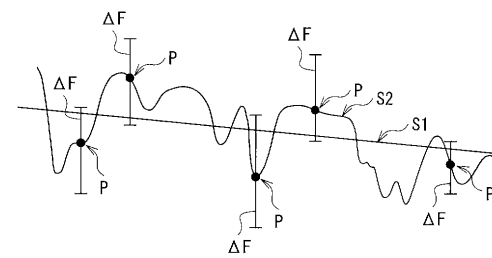
【図5】



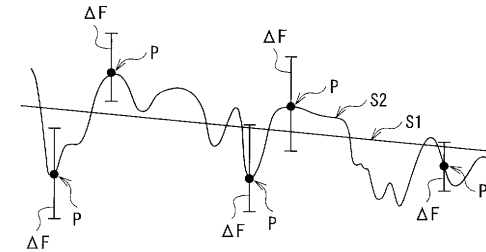
【図7】



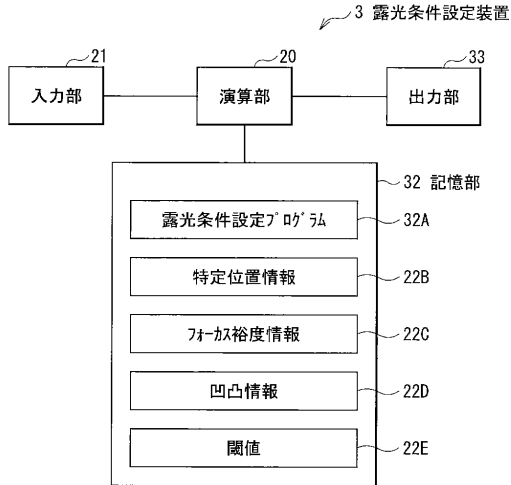
【図8】



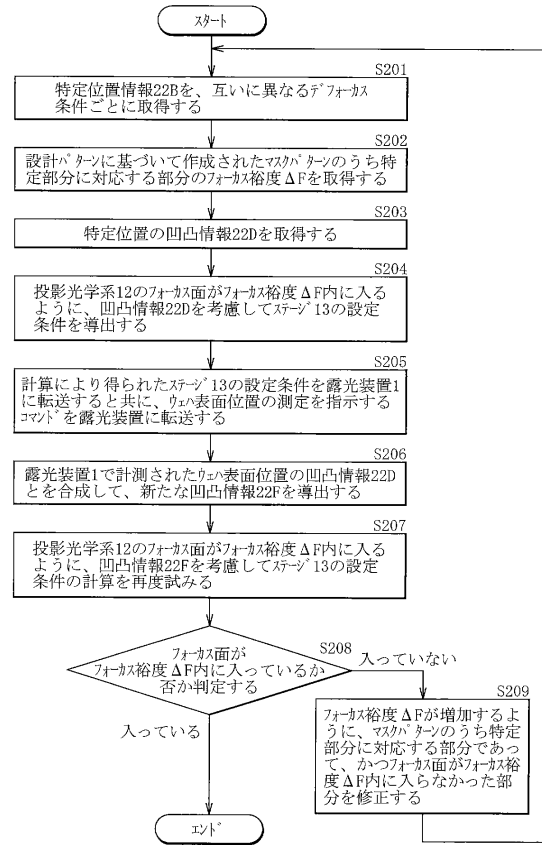
【図9】



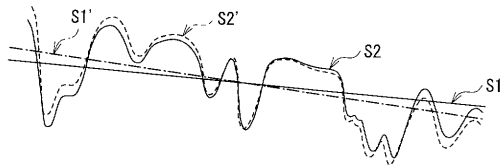
【図10】



【図11】



【図12】



---

フロントページの続き

(72)発明者 出羽 恭子  
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

審査官 新井 重雄

(56)参考文献 特開2004-184994(JP,A)  
特開平11-340125(JP,A)  
特開2002-280289(JP,A)  
特開2003-282395(JP,A)  
特開2005-352365(JP,A)  
特開2006-295151(JP,A)  
特開2000-181045(JP,A)  
特開2002-107908(JP,A)  
特開2000-305246(JP,A)  
特開2005-134520(JP,A)  
特開2005-181524(JP,A)  
特開2006-058452(JP,A)  
特開2004-247476(JP,A)  
特開2002-342399(JP,A)  
特開平06-281449(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F 1/70

H01L 21/027

(54)【発明の名称】マスクパターン補正方法、マスクパターン補正プログラム、マスクパターン補正装置、露光条件設定方法、露光条件設定プログラム、露光条件設定装置、半導体装置製造方法、半導体装置製造プログラムおよび半導体装置製造装置