

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-40968

(P2010-40968A)

(43) 公開日 平成22年2月18日(2010.2.18)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 21/027 (2006.01)	H O 1 L 21/30 5 1 6 Z	5 F O 4 6
	H O 1 L 21/30 5 1 6 D	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2008-205279 (P2008-205279)	(71) 出願人	000003078
(22) 出願日	平成20年8月8日 (2008.8.8)		株式会社東芝
			東京都港区芝浦一丁目1番1号
		(74) 代理人	100075812
			弁理士 吉武 賢次
		(74) 代理人	100082991
			弁理士 佐藤 泰和
		(74) 代理人	100096921
			弁理士 吉元 弘
		(74) 代理人	100103263
			弁理士 川崎 康
		(74) 代理人	100144967
			弁理士 重野 隆之

最終頁に続く

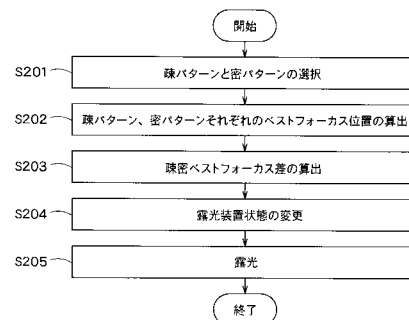
(54) 【発明の名称】 露光方法、半導体装置の製造方法、及びマスクデータの作成方法

(57) 【要約】

【課題】半導体デバイス生産の歩留まりを向上させる。

【解決手段】露光実行条件に基づいて、第1のマスクパターン及び第2のマスクパターンが形成されたマスクに光を照射し、投影レンズを介して前記第1のマスクパターン及び第2のマスクパターンの像を下層膜材料及びフォトリソグが順に積層されたウェーハに投影する露光方法であって、前記露光実行条件は、所定の露光条件で露光を行う場合に、前記フォトリソグ及び前記下層膜材料の膜厚及び光学特性を用いて予測された、前記第1のマスクパターンの像についてベストフォーカスとなる前記ウェーハの位置と、前記第2のマスクパターンの像についてベストフォーカスとなる前記ウェーハの位置との差が、所定の範囲内の値となるように前記所定の露光条件が変更された条件である。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

露光装置を用いて第 1 及び第 2 のマスクパターンを含むマスクパターンの像をウェーハ上に形成する半導体装置の製造方法であって、

前記第 1 のマスクパターンの像についてベストフォーカスとなる前記ウェーハの位置と、前記第 2 のマスクパターンの像についてベストフォーカスとなる前記ウェーハの位置との差が所定の範囲内の値となるように投影レンズの収差値を調整した前記露光装置を用いて、前記マスクパターンの像を前記ウェーハに形成する工程を備えることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】

露光実行条件に基づいて、第 1 のマスクパターン及び第 2 のマスクパターンが形成されたマスクに光を照射し、投影レンズを介して前記第 1 のマスクパターン及び第 2 のマスクパターンの像を下層膜材料及びフォトレジストが順に積層されたウェーハに投影する露光方法であって、

前記露光実行条件は、

所定の露光条件で露光を行う場合に、前記フォトレジスト及び前記下層膜材料の膜厚及び光学特性を用いて予測された、前記第 1 のマスクパターンの像についてベストフォーカスとなる前記ウェーハの位置と、前記第 2 のマスクパターンの像についてベストフォーカスとなる前記ウェーハの位置との差が、所定の範囲内の値となるように前記所定の露光条件が変更された条件であることを特徴とする露光方法。

【請求項 3】

前記光学特性は、前記光の波長に対する屈折率及び消衰係数であることを特徴とする請求項 2 に記載の露光方法。

【請求項 4】

前記所定の露光条件の変更では、前記投影レンズの収差の値が調整されることを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の露光方法。

【請求項 5】

露光処理時に二次光源から発した光が照射され、形成された第 1 のマスクパターン及び第 2 のマスクパターンの像が投影レンズを介して、ウェーハ上に順に積層された下層膜材料及びフォトレジストの前記フォトレジストに投影されるマスクの製造に用いられるマスクデータの作成方法であって、

前記フォトレジスト及び前記下層膜材料の膜厚及び光学特性、前記二次光源の形状、及び所定の前記投影レンズの収差を用いて、前記第 1 のマスクパターンの像についてベストフォーカスとなる前記ウェーハの第 1 の位置と、前記第 2 のマスクパターンの像についてベストフォーカスとなる前記ウェーハの第 2 の位置とを予測し、

前記第 1 の位置と前記第 2 の位置との差が所定の範囲内の値となるように前記収差を調整し、

前記調整後の収差を用いて OPC 処理を実行することを特徴とするマスクデータの作成方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、露光方法、半導体装置の製造方法、及びマスクデータの作成方法に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

近年、半導体デバイスの微細化に伴い、デバイスパターンのパターニングを行うリソグラフィ工程において、高い寸法制御性が求められるようになってきている。高い寸法制御性を確保するためには、被加工基板上に塗布されたフォトレジストにマスクパターンの像が露光される際に、被加工基板の位置がフォトレジストをマスクパターンの像の焦点位置に置

10

20

30

40

50

くための理想位置から多少の誤差を持っていたとしても、パターンニング後に形成されたフォトレジストの寸法が許容範囲内に収まるような焦点位置の誤差許容範囲を十分大きくとっておくこと、即ち焦点深度を十分に持たせておくことが必要である。

【 0 0 0 3 】

また、被加工基板上に塗布されたフォトレジストにマスクパターンの像を露光する際に、フォトレジストに与えるべき露光量が理想的な値から多少の誤差を持っていたとしても、パターンニング後に形成されたフォトレジストの寸法が許容範囲内に収まるような露光量の誤差許容範囲を十分大きくとっておくこと、即ち露光量裕度を十分に持たせておくことが必要である。

【 0 0 0 4 】

しかし、密集パターンと孤立パターンのベストフォーカス位置が光学的には一致するように設計されているにもかかわらず、実際に露光を行いパターンニング後のフォトレジスト寸法を調べてみると密集パターンと孤立パターンのベストフォーカス位置が一致しない、いわゆる疎密ベストフォーカス差（以下では適宜、より広い意味で「パターン間ベストフォーカス差」として言及される）が存在することによる焦点深度の損失や、フォトレジストに入射した露光光とフォトレジストの下側の界面で反射した露光光がフォトレジスト内で干渉して生ずる定在波の影響による露光量裕度の低下などにより、寸法制御性が低下し、半導体デバイス生産の歩留まりが低下するという問題があった。

【 0 0 0 5 】

このような問題に対処するため、フォーカス、露光量、マスクパターン形状、及び露光装置機差（収差他）等のような転写されるパターンの寸法への影響要因を考慮し、ベストフォーカスシフト等、露光条件の応答のパターン依存性を評価することで応答モデルを作成し、露光条件を事前に補正して、半導体集積回路装置の製造歩留まりを向上させる方法が提案されている（例えば特許文献 1 参照）。

【 0 0 0 6 】

このような手法は、寸法制御性が低下した状況においても、制御可能な露光条件を最適化することで歩留まりの低下を最低限に抑えることができると期待される。また、前述の疎密ベストフォーカス差についても、露光条件の最適化により低減することが期待される。しかし、応答モデルの作成に費やされる時間及びコストが課題となり、疎密ベストフォーカス差の発生を抑制するための直接的方法としての導入は困難である。

【 0 0 0 7 】

また、フォトレジスト内で干渉して生ずる定在波の影響による露光量裕度の低下を避けるために、露光光の反射率を 0.5 % 以下とする多層反射防止膜をフォトレジスト層と被加工膜との間に形成し、定在波効果を抑制する手法が提案されている（例えば特許文献 2 参照）。

【 0 0 0 8 】

ここで、一般に、反射率は入射角に依存する性質を持つことに注意する必要がある。また、一般に、デバイスパターンが微細になるほど、露光光のうちで結像に関わる光のフォトレジストへの入射角度は大きくなる。すると、あるデバイスパターンで所望の反射防止性能が得られていても、デバイスパターンが小さくなった場合には、所望の反射防止性能が得られない場合が多い。そのため、デバイスパターンの微細化を行う度に、反射防止膜の構成を見直す必要がある。そこで、露光光の反射率を 0.5 % 以下とする多層反射防止膜による定在波効果の抑制に期待が集まっている。

【 0 0 0 9 】

しかし、このような反射率低減に特化された多層反射防止膜の導入は、膜の塗布工程の増加による材料費の増大とスループットの低下を避けることができない。また、反射防止膜は一般に、反射防止性能だけでなく、リソグラフィ工程の後に続くエッチング工程において、フォトレジスト層のパターンを被加工層に転写する際のエッチング耐性についても所定の性能が求められ、エッチング工程との両立が課題となる。

【 0 0 1 0 】

そのため、例えば、反射率としては数%程度と理想的ではないにしても、エッチング耐性面で使用実績のある下層膜をフォトレジスト層と被加工層との間に一層だけ設けた膜構成を用いて、露光処理を行えるよう鋭意工夫がなされる。

【0011】

以上のような事情により、新たに反射率低減に特化した多層反射防止膜を導入することは困難である場合が多い。

【0012】

以上のように、疎密ベストフォーカス差が存在することによる焦点深度の損失及びフォトレジスト内の定在波の影響による露光量裕度の低下の2つの寸法制御性の低下要因に対し、有効な手立てが現在のところ知られておらず、最先端の半導体デバイス生産の歩留まりを向上させることができていない。

【特許文献1】特開2004-103674号公報

【特許文献2】特開2006-73709号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

本発明は所定の膜構成において疎密ベストフォーカス差が解消され、焦点深度の損失を抑えることにより半導体デバイス生産の歩留まりを向上させることができる露光方法、半導体装置の製造方法、及びマスクデータの作成方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の一態様による半導体装置の製造方法は、露光装置を用いて第1及び第2のマスクパターンを含むマスクパターンの像をウェーハ上に形成する半導体装置の製造方法であって、前記第1のマスクパターンの像についてベストフォーカスとなる前記ウェーハの位置と、前記第2のマスクパターンの像についてベストフォーカスとなる前記ウェーハの位置との差が所定の範囲内の値となるように投影レンズの収差値を調整した前記露光装置を用いて、前記マスクパターンの像を前記ウェーハに形成する工程を備えることを特徴とするものである。

【0015】

本発明の一態様による露光方法は、露光実行条件に基づいて、第1のマスクパターン及び第2のマスクパターンが形成されたマスクに光を照射し、投影レンズを介して前記第1のマスクパターン及び第2のマスクパターンの像を下層膜材料及びフォトレジストが順に積層されたウェーハに投影する露光方法であって、前記露光実行条件は、所定の露光条件で露光を行う場合に、前記フォトレジスト及び前記下層膜材料の膜厚及び光学特性を用いて予測された、前記第1のマスクパターンの像についてベストフォーカスとなる前記ウェーハの位置と、前記第2のマスクパターンの像についてベストフォーカスとなる前記ウェーハの位置との差が、所定の範囲内の値となるように前記所定の露光条件が変更された条件であることを特徴とするものである。

【0016】

本発明の一態様によるマスクデータの作成方法は、露光処理時に二次光源から発した光が照射され、形成された第1のマスクパターン及び第2のマスクパターンの像が投影レンズを介して、ウェーハ上に順に積層された下層膜材料及びフォトレジストの前記フォトレジストに投影されるマスクの製造に用いられるマスクデータの作成方法であって、前記フォトレジスト及び前記下層膜材料の膜厚及び光学特性、前記二次光源の形状、及び所定の前記投影レンズの収差を用いて、前記第1のマスクパターンの像についてベストフォーカスとなる前記ウェーハの第1の位置と、前記第2のマスクパターンの像についてベストフォーカスとなる前記ウェーハの第2の位置とを予測し、前記第1の位置と前記第2の位置との差が所定の範囲内の値となるように前記収差を調整し、前記調整後の収差を用いてOPC処理を実行することを特徴とするものである。

【発明の効果】

【 0 0 1 7 】

本発明によれば、所定の膜構成において疎密ベストフォーカス差が解消され、焦点深度の損失を抑えることにより半導体デバイス生産の歩留ま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】

【 0 0 1 8 】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

【 0 0 1 9 】

(第1の実施形態) 図1に本発明の第1の実施形態に係る露光装置の概略構成図を示す。露光装置は照明光学系(二次光源)11、マスクステージ12、投影光学系(レンズ)13、及びウェハステージ14を備える。

10

【 0 0 2 0 】

マスクステージ12は、露光すべきパターンが形成されたパターン面を有するマスク15を載置する。ウェハステージ14は、感光性膜17を含む1層又は複数層の膜が積層されたウェハ16を載置する。

【 0 0 2 1 】

照明光学系11から発せられた光は、マスク15、レンズ13を通過して、ウェハ16の上面近傍に結像されて、マスクパターンの像を形成する。図中の座標系Zは、ウェハステージ14の高さを表し、投影レンズ13に近付く方向を+方向と定義する。ウェハステージ14の高さは、以下で行われる感光性膜17中におけるマスクパターンの像のベストフォーカスを与えるウェハステージの高さについての議論では、ある基準点からの相対的な変位が定義されていればよい。そのため、ウェハステージ14の高さの原点は任意の定位置にあるものとしてよい。ベストフォーカスとは、パターンニング後に形成されたフォトレジストの寸法が許容範囲内に収まるようなフォーカス許容範囲の中心値をいい、例えばラインパターンのライン幅が最大となるフォーカスである。

20

【 0 0 2 2 】

また、露光装置は演算部18及び制御部19を備える。演算部18はマスク15に形成されたマスクパターンの像をウェハ16上の感光性膜17に結像させるためのウェハステージ14のベストフォーカス位置を算出する。制御部19はマスクステージ12、ウェハステージ14の移動や、レンズ13の収差の調整等を行う。

【 0 0 2 3 】

このような露光装置を用いた露光方法について、図2に示すフローチャートを用いて説明する。本発明者らは、フォトレジストの下側の界面での露光光の反射が疎密ベストフォーカス差に影響を与えるということを見出した。本実施形態による露光方法は、露光光の反射率を考慮して疎密ベストフォーカス差を低減し、露光を行うものである。

30

【 0 0 2 4 】

(ステップS201) マスク15に形成されたパターンのうち、疎パターンと密パターンが選択される。ここで、例えば疎パターンとは図3に示すような周辺回路パターンにおけるライン部分Isoであり、密パターンとはセルパターンにおけるスペース部分Space0である。

【 0 0 2 5 】

ライン部分Isoは疎パターンの中で最も焦点深度が小さいものであり、スペース部分Space0は密パターンの中で最も焦点深度が小さいものである。このマスクに形成されたパターンの転写に必要な焦点深度を確保するためには、ライン部分Isoとスペース部分Space0のベストフォーカス位置を合わせる必要がある。

40

【 0 0 2 6 】

(ステップS202) ステップS201で選択された疎パターン、密パターンそれぞれのベストフォーカス位置が算出される。ベストフォーカス位置の算出では、マスク構造、照明条件、PEB(Post Exposure Bake)条件、現像条件、ウェハ上に形成された膜系の膜構成を入力し、投影レンズによって結像された光の強度分布を得るシミュレーション計算が行われるが、その際、多層膜系内の各界面での光の反射によって生じる多重干渉効

50

果を再現する、Transfer Matrix Methodとして知られるアルゴリズムを用いることにより、フォトレジストの下側の界面での反射光がフォトレジスト中の光の強度分布に反映される。

【0027】

ここで、マスク構造は遮光部分、透過部分の光透過率等の情報を含む。照明条件は、二次光源の照明輝度の分布等であり、例えば四重極照明が使用されるなどの情報を含む。

【0028】

P E B 条件は、P E B 温度（露光後のベーク温度）等の情報を含む。なお、ここでは一般に、感光することにより酸を発生し、塩基性の不溶化材と中和することで現像液可溶状態に変えると同時に新たな酸を発生し、加速的に現像前の像（潜像）の形成を進める役割を果たす光酸発生剤を含ませた化学増幅型フォトレジストの使用を仮定している。

10

【0029】

P E B 温度は光酸発生剤の中和反応の進行速度に影響するため、レジスト形状を決定する重要な因子である。また、レジスト中の酸の拡散速度を決める拡散定数も P E B 条件に含めるものとする。

【0030】

現像条件は、現像時間などの情報を含む。

【0031】

膜構成は、ウェーハ上に形成された多層膜の各々の光学特性（屈折率 n 、消衰係数 k ）や膜厚の情報を含む。例えば図 4 に示すように、シリコン基板 4 1 上に被加工材料層 4 2、反射防止膜 4 3、フォトレジスト 4 4、保護膜 4 5 が順に形成されている場合、各層の光学特性及び膜厚の情報が含まれる。

20

【0032】

反射防止膜 4 3 の消衰係数 k が大きい場合は、それより下層まで到達する露光光がわずかなのであるため、保護膜 4 5、フォトレジスト 4 4、及び反射防止膜 4 3 の光学定数及び膜厚がベストフォーカス位置の算出に用いられる。反射防止膜 4 3 の消衰係数 k が小さい場合は、それより下層の被加工材料層 4 2 等の光学定数及び膜厚、場合によってはシリコン基板 4 1 の光学定数もベストフォーカス位置の算出に用いられる。

【0033】

反射防止膜 4 3 の材料を変えると、フォトレジストの下側の界面での露光光の反射率が変わる。以下では、フォトレジストの下側の界面での露光光の反射率を変えた場合について説明するが、これは実際には反射防止膜 4 3 の材料を変える操作により達成される。

30

【0034】

図 5 は、ライン部分 I s o とスペース部分 S p a c e 0 のパターンをウェーハ上のフォトレジストにベストフォーカスの状態で結像させるためのウェーハステージの位置を示したものであり、フォトレジスト 4 4 と反射防止膜 4 3 との界面における反射率が 0 %、1 %、2 %、5 %、9 % の各々の場合について示す。

【0035】

なお、ここでの反射率とは、ハーフピッチ 5 6 n m のラインアンドスペースパターンの結像において最も寄与の大きい、水中で入射角 3 7 . 5 °、フォトレジストに入射した波長 1 9 3 n m の A r F 光に対する値とする。

40

【0036】

図 5 の横軸は寸法を着目する箇所のフォトレジスト内での高さを示す。例えば、横軸の 0 % はフォトレジストの底面、1 0 0 % はフォトレジストの上面となる。つまり、図 5 のベストフォーカス状態を与えるウェーハステージの位置とは、フォトレジスト内での着目箇所を仮想的に決め、ウェーハステージの高さを変えた場合のその着目箇所での寸法変化を調べることにより得たものである。

【0037】

なお、ここでのベストフォーカスは、ライン部分 I s o についてはライン幅の寸法が最大となるウェーハステージの位置を、スペース部分 S p a c e 0 についてはスペース幅の

50

寸法が最大となるウェーハステージの位置として定めている。

【0038】

反射率が0%の場合、フォトリジスト内での寸法着目箇所を高くするに伴い、ベストフォーカスを与えるウェーハステージの位置が一定の割合で低くなる傾向が見られる。これは、フォトリジストパターン内のどの高さでベストフォーカス状態を実現するにしても、投影レンズからの距離として測られるベストフォーカス位置は変わらないということを示すものである。

【0039】

また、この傾向はライン部分 I s o とスペース部分 S p a c e 0 とで変わらない。このことから、ライン部分 I s o とスペース部分 S p a c e 0 のベストフォーカスを与えるウェーハステージ位置には差が生じないことが分かる。

10

【0040】

一方、反射率が1.2%、5.9%の場合、フォトリジスト内での寸法着目箇所の高さと、ベストフォーカスを与えるウェーハステージ位置の関係にはスイングする傾向が見られる。これより、投影レンズからの距離として測られるベストフォーカス位置はプラス方向にマイナス方向にもシフトする(ぶれる)ことが分かる。

【0041】

また、このスイング傾向はライン部分 I s o とスペース部分 S p a c e 0 の両方に見られるが、一致はしていない。つまり、ライン部分 I s o とスペース部分 S p a c e 0 のベストフォーカスを与えるウェーハステージ位置に差が生じていると期待される。

20

【0042】

(ステップ S 2 0 3) ライン部分 I s o とスペース部分 S p a c e 0 のベストフォーカス位置の差を算出する。図5に示すライン部分 I s o とスペース部分 S p a c e 0 のベストフォーカス位置の差は図6に示すようになる。現実のベストフォーカス位置は、寸法着目箇所を、フォトリジスト内での高さが10%とした場合に、よく再現されることが経験的に知られている。そのため、本実施形態では高さ10%の位置のベストフォーカス位置は現実のベストフォーカス位置として扱われる。

【0043】

図6から、高さ10%の位置ではベストフォーカス差が、反射率1.2%では約12nm、反射率5.9%では約30nmとなり、反射率が高いほどベストフォーカス差が大きくなることが分かる。通常、ライン部分 I s o とスペース部分 S p a c e 0 それぞれの焦点深度はマスクパターン全体を転写する際に必要な焦点深度を下回らないように照明条件やマスク条件側の工夫により実現されているが、ベストフォーカス差があることは想定されていない。そのため、例えばここではマスクパターン全体としての焦点深度を120nm確保するために、ライン部分 I s o とスペース部分 S p a c e 0 の焦点深度はそれぞれ120nmで設計されているが、図6から示唆される30nmのベストフォーカス差が発生すると、マスクパターン全体としての焦点深度は90nmに減少してしまう。

30

【0044】

(ステップ S 2 0 4) ベストフォーカス差を小さくするように、例えばベストフォーカス差が-1~+1nmの範囲内の値となるように、露光装置状態を変更する。ここでは変更する露光装置状態を、投影レンズ13の球面収差とする。ライン部分 I s o とスペース部分 S p a c e 0 のベストフォーカス位置と、球面収差の関係を図7に示す。球面収差を意図的にプラス側にずらすことでライン部分 I s o のベストフォーカス位置は高くなり、スペース部分 S p a c e 0 のベストフォーカス位置は低くなることが分かる。

40

【0045】

図7中で、球面収差-30mλにおけるライン部分 I s o 及びスペース部分 S p a c e 0 のベストフォーカス位置の値と、-15mλにおける両者の値を読み取ると、両者が近づく割合は、球面収差15mλでおよそ30nmであることが分かる。

【0046】

従って、例えば図6に示す反射率5.9%の膜条件(ベストフォーカス差が30nm)

50

で露光を行う際に設定されていた投影レンズの球面収差が $3\text{ m}\lambda$ であった場合、球面収差を $+1.5\text{ m}\lambda$ だけ余分に与え、 $1.8\text{ m}\lambda$ に変更すると、 30 nm のベストフォーカス差がほぼ 0 nm に補正され、 120 nm の焦点深度が確保される。

【0047】

また、例えば反射率 1.2% の膜条件（ベストフォーカス差が 12 nm ）で露光を行う際に設定されていた投影レンズの球面収差が $-2\text{ m}\lambda$ であった場合、球面収差を $+6\text{ m}\lambda$ だけ余分に与え、 $+4\text{ m}\lambda$ に変更すると、 12 nm のベストフォーカス差がほぼ 0 nm に補正され、 120 nm の焦点深度が確保される。

【0048】

（ステップ S 205）ステップ S 204 で変更された露光装置状態で露光を行う。

10

【0049】

その後、現像処理を行い、フォトリソスト 44 をマスクに被加工材料層 42 のパターン加工を行う。

【0050】

このように、フォトリソスト及びその下層膜材料から成る多層膜系を構成する各膜等の光学特性に基づく露光光の反射率を考慮して疎密ベストフォーカス差を求め、露光装置状態の変更によりこの疎密ベストフォーカス差を低減して露光を行うため、焦点深度が向上し、半導体デバイス生産の歩留まりを向上させることができる。

【0051】

上記実施形態におけるベストフォーカス位置の算出においては、フォトリソスト内での高さが膜厚の 10% となる位置を寸法着目箇所とし、そこでの寸法のベストフォーカスを与えるウェーハステージ高さが現実のベストフォーカス位置とみなされた。しかし、寸法着目箇所のフォトリソスト内での高さは膜厚の 10% に限る必要はなく、現実のベストフォーカス位置との対応がとれるものであれば適宜高さを修正することが望ましい。また、マスク立体構造がベストフォーカス位置に影響することが一般的に知られているため、マスク立体構造をベストフォーカス位置の算出の際に考慮するようにしてもよい。

20

【0052】

フォトリソストとその直下の層との界面における反射率は、フォトリソストと、フォトリソストより下層の膜の光学定数によって変化することが知られている。従って、被加工材料層 42、シリコン基板 41 以外の層がフォトリソストより下層に存在する場合には、それら全ての層の光学定数及び膜厚を取得して、反射率、ベストフォーカス差を算出することが好適である。

30

【0053】

また、保護膜 45 などの、フォトリソストより上に存在する層や液浸液などの存在も、少なからずともベストフォーカス差を決定する因子であるため、事前に光学定数及び膜厚を取得して、反射率、ベストフォーカス差を算出することが望ましい。

【0054】

上記実施形態では、ベストフォーカス差を補正するために変更する露光装置状態としてレンズの球面収差を用いていたが、非点収差、4θ 収差などの他の収差を含めてもよいし、球面収差、あるいは偏光収差の球面収差成分を所定量だけ含むようにレンズを設計し製造してもよい。球面収差あるいは偏光収差の球面収差成分を所定量だけ持つレンズの設計は、既知の方法すなわちレンズを構成する要素レンズの表面の曲率の変更もしくは要素レンズの反射防止膜の膜種・膜厚の変更により実現することが出来る。また、投影レンズ 13 の開口数、二次光源の照明輝度の分布などの照明条件に変更を加えても、同様の効果を奏する条件を得ることが可能な場合がある。

40

【0055】

上記実施形態では疎パターンと密パターンのベストフォーカス位置の差である疎密ベストフォーカス差を補正していたが、疎パターンと密パターンに限らず、パターン形状の異なる複数のパターンの間のベストフォーカス差を補正することに適用できる。

【0056】

50

上記実施形態によりベストフォーカス差を補正して露光が行われている際に、膜条件や液浸液に変更を施す必要が生じた場合、変更後の条件にて再度ベストフォーカス差を算出（予測）し、この差を補正するようにレンズの球面収差の調整を行うようにすることが望ましい。

【 0 0 5 7 】

（第2の実施形態）本発明の第2の実施形態に係るマスク製造方法におけるOPC（光近接効果補正）処理について図8に示すフローチャートを用いて説明する。

【 0 0 5 8 】

（ステップS801）マスクパターンセット、膜条件、照明条件、第1の投影レンズ条件を決定する。ここでマスクパターンセットとは、製造するマスクパターンに含まれる疎パターン及び密パターンをそれぞれ代表するものである。代表パターンの選び方としては、上記第1の実施形態におけるステップS201と同様に、最も焦点深度の小さい領域を選ぶようにし、複数の代表を選ぶ際は焦点深度の小さい領域を優先して選択する。

10

【 0 0 5 9 】

（ステップS802）第1の投影レンズ条件での疎パターン、密パターンそれぞれのベストフォーカス位置を、露光光の反射率を考慮して算出する。例えば上記第1の実施形態におけるステップS202と同様の処理が行われる。

【 0 0 6 0 】

（ステップS803）ステップS802で算出されたベストフォーカス位置の差（ベストフォーカス差）を算出する。

20

【 0 0 6 1 】

（ステップS804）ステップS803で算出されたベストフォーカス差を小さくする第2の投影レンズ条件を求める。例えば上記第1の実施形態におけるステップS204と同様に、ベストフォーカス差を小さくする球面収差の補正量を求め、この補正量を加味した第2の投影レンズ条件を求める。

【 0 0 6 2 】

（ステップS805）投影レンズ条件を第2の投影レンズ条件として被加工材料層に形成したい設計回路パターンデータにOPC処理を施し、マスクデータを求める。なお、ここでのOPC処理とは、被加工材料層に形成したい設計回路パターンデータからマスクパターンデータを生成するためのデータ作成において、マスクパターンが露光の際に光学的近接効果（Optical Proximity Effect）を受けることによりフォトレジスト上ではパターン形状が変わってしまう効果を考慮し、光学的近接効果分の補正をマスクパターンにあらかじめ入れて設計する、という一般的は光学的近接効果補正（Optical Proximity Correction）処理のことを指す。

30

【 0 0 6 3 】

このようにして求められたマスクデータに基づいてマスクを製造する。製造されたマスクは疎パターンと密パターンのベストフォーカス差を補正する露光条件での露光を想定されたものであり、このマスクを用いて、第2の投影レンズ条件で露光を行うと、焦点深度が十分確保されると共に、形成されるパターン寸法が所望の値となり歩留まりが向上する。

40

【 0 0 6 4 】

上述した実施の形態はいずれも一例であって限定的なものではないと考えられるべきである。本発明の技術的範囲は特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 6 5 】

【 図 1 】 本発明の第1の実施形態に係る露光装置の概略構成図である。

【 図 2 】 同第1の実施形態に係る露光方法を説明するフローチャートである。

【 図 3 】 疎パターンと密パターンの一例を示す図である。

【 図 4 】 シリコン基板上に形成される多層膜の構成の一例を示す図である。

50

【図 5】ベストフォーカス位置の一例を示すグラフである。

【図 6】ベストフォーカス差の一例を示すグラフである。

【図 7】ベストフォーカス位置とレンズ球面収差の関係を示すグラフである。

【図 8】本発明の第 2 の実施形態に係るマスク製造方法を説明するフローチャートである。

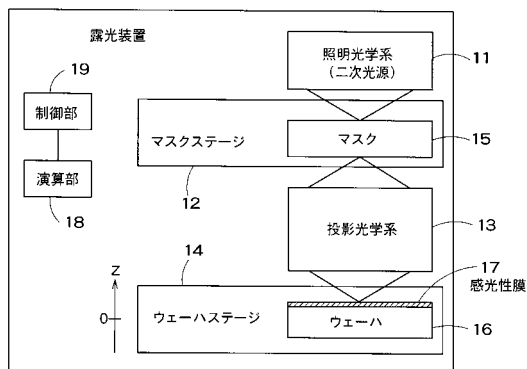
【符号の説明】

【 0 0 6 6 】

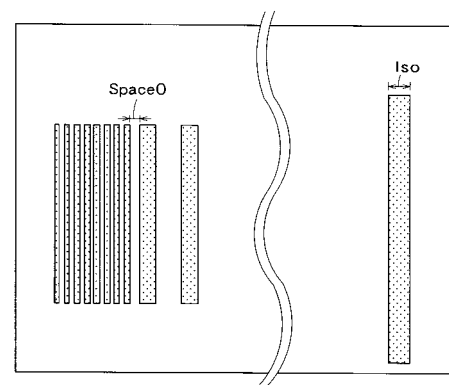
- 1 1 照明光学系（二次光源）
- 1 2 マスクステージ
- 1 3 投影光学系（レンズ）
- 1 4 ウェーハステージ
- 1 5 マスク
- 1 6 ウェーハ
- 1 7 感光性膜
- 1 8 演算部
- 1 9 制御部

10

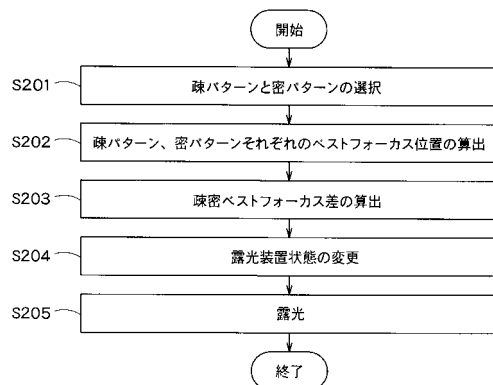
【図 1】



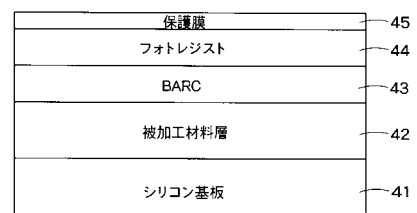
【図 3】



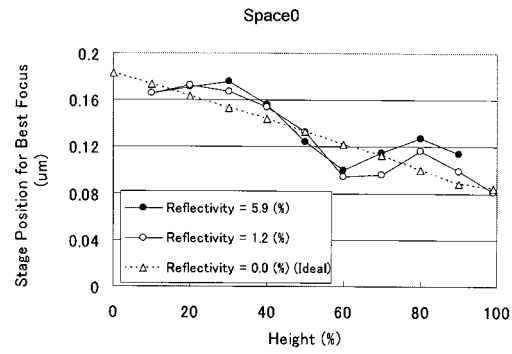
【図 2】



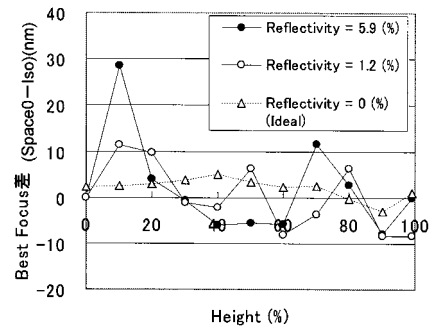
【図 4】



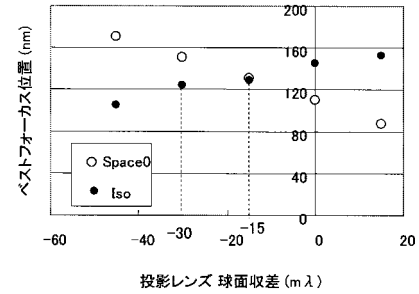
【図 5】



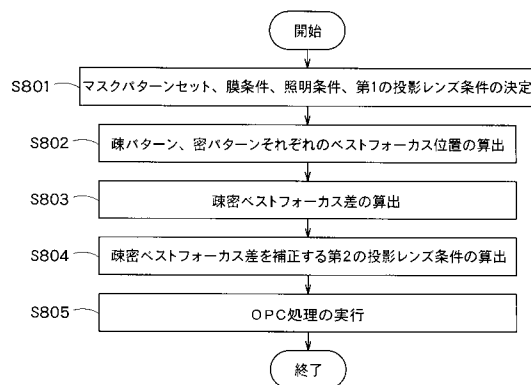
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

- (72)発明者 永 井 聡
東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝内
- (72)発明者 福 原 和 也
東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝内
- F ターム(参考) 5F046 DA02 DA13 DA14