

(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2009-115844

(P2009-115844A)

(43) 公開日 平成21年5月28日(2009.5.28)

(51) Int.Cl.

**G03F 1/08** (2006.01)  
**H01L 21/027** (2006.01)  
**G03F 7/20** (2006.01)

F 1

GO3F 1/08  
H01L 21/30  
GO3F 7/20

テーマコード (参考)

2 H 0 9 5  
5 F 0 4 6

審査請求 未請求 請求項の数 25 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号

特願2007-285262 (P2007-285262)

(22) 出願日

平成19年11月1日 (2007.11.1)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都港区港南1丁目7番1号

(74) 代理人 100098785

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 出羽 恵子

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 小池 黒

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

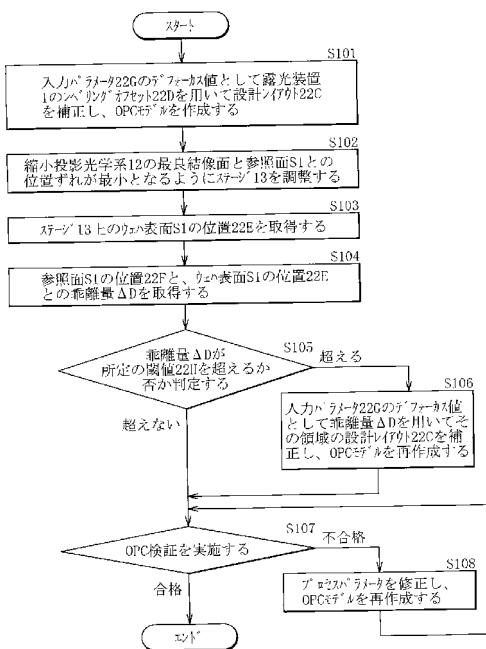
(54) 【発明の名称】 OPC (光近接効果補正: Optical Proximity Correction) モデル作成方法、OPCモデル作成プログラム、OPCモデル作成装置、露光装置調整方法、露光装置調

## (57) 【要約】

【課題】 OPC モデルや露光条件を早期に収束させることの可能な OPC モデル作成方法を提供する。

【解決手段】 入力パラメータ 22G のデフォーカス値として、レベリングオフセット 22D を用いて設計レイアウト 22C を補正し、OPC モデルを作成する。最良結像面と参照面 S1 との位置ずれが最小となるようにステージ 13 を調整する。ウェハ表面 S1 の位置 22E および乖離量 D を取得したのち、乖離量 D が閾値 22H を超えるか否か判定する。乖離量 D が閾値 22H を超えた計測地点において、入力パラメータ 22G のデフォーカス値として乖離量 D を用いて、設計レイアウト 22C を補正し、OPC モデルを再作成する。OPC 検証を実施して、転写像が閾値 22J 内となっていない場合には、その領域におけるプロセスパラメータを修正し、OPC モデルを再作成する。

【選択図】 図 7



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

入力パラメータとして少なくともデフォーカス値を有し、かつ集積回路設計データから作成される設計レイアウトを補正するO P C (光近接効果補正:Optical Proximity Correction) モデルを作成するO P C モデル作成方法であって、

所定のパターンが形成されたマスクを用いて前記パターンの像をウェハの表面上に投影する投影光学系と、前記投影光学系の光軸方向への前記ウェハの移動および前記光軸を法線とする平面に対する前記ウェハの傾斜を調整可能なステージとを有し、前記マスクのパターンの像を前記ウェハの表面上に転写する露光装置の前記投影光学系の最良結像面と、前記ステージ上に前記ウェハを載置したときの当該ウェハの表面として仮想的に設定された参照面との位置ずれが最小となるように調整されたステージ上の前記ウェハの表面の位置と、前記参照面の位置との差分が所定の閾値を超える場合には、前記入力パラメータのデフォーカス値として前記差分を用いて前記設計レイアウトを補正し、前記O P C モデルを作成する

ことを特徴とするO P C モデル作成方法。

**【請求項 2】**

前記差分が所定の閾値を超えない場合には、前記入力パラメータのデフォーカス値として、前記露光装置のレベリングオフセットを用いて、前記設計レイアウトを補正し、前記O P C モデルを作成する

ことを特徴とする請求項 1 に記載のO P C モデル作成方法。

**【請求項 3】**

前記最良結像面と前記参照面との位置ずれが最小となるように調整されたステージ上の前記ウェハにおける表面の位置を、前記ウェハの加工前の表面の凹凸情報と、前記ウェハの表面が作成されるまでの間に用いられたマスクのマスクレイアウトとに基づいて導出する

ことを特徴とする請求項 1 に記載のO P C モデル作成方法。

**【請求項 4】**

前記閾値は、前記投影光学系の焦点深度よりも小さい

ことを特徴とする請求項 1 に記載のO P C モデル作成方法。

**【請求項 5】**

前記O P C モデルを、像高ごとに作成する

ことを特徴とする請求項 1 に記載のO P C モデル作成方法。

**【請求項 6】**

前記O P C モデルを用いて作成されたマスクレイアウトを有するマスクを用いて前記マスクレイアウトを前記ウェハの表面に転写したときに前記ウェハの表面上に形成される転写像を予測し、前記予測により得られた転写像が、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内となっていない場合には、プロセスパラメータを修正し、前記O P C モデルを再作成する

ことを特徴とする請求項 1 に記載のO P C モデル作成方法。

**【請求項 7】**

前記プロセスパラメータは、少なくともデフォーカス値を含む

ことを特徴とする請求項 6 に記載のO P C モデル作成方法。

**【請求項 8】**

入力パラメータとして少なくともデフォーカス値を有し、かつ集積回路設計データから作成される設計レイアウトを補正するO P C (光近接効果補正:Optical Proximity Correction) モデルを作成するO P C モデル作成プログラムであって、

所定のパターンが形成されたマスクを用いて前記パターンの像をウェハの表面上に投影する投影光学系と、前記投影光学系の光軸方向への前記ウェハの移動および前記光軸を法線とする平面に対する前記ウェハの傾斜を調整可能なステージとを有し、前記マスクのパターンの像を前記ウェハの表面上に転写する露光装置の前記ステージ上に前記ウェハを載

10

20

30

40

50

置したときの当該ウェハの表面として仮想的に設定する参照面の位置を取得する第1取得ステップと、

前記投影光学系の最良結像面と前記第1取得ステップで取得した参照面との位置ずれが最小となるように調整されたステージ上の前記ウェハの表面の位置を取得する第2取得ステップと、

前記第1取得ステップで取得した参照面の位置と、前記第2ステップで取得したウェハの表面の位置との差分が所定の閾値を超える場合には、前記入力パラメータのデフォーカス値として前記差分を用いて前記設計レイアウトを補正し、前記OPCモデルを作成する作成ステップと

をコンピュータに実行させることを特徴とするOPCモデル作成プログラム。 10

#### 【請求項9】

前記作成ステップにおいて、前記差分が所定の閾値を超えない場合には、前記入力パラメータのデフォーカス値として、前記露光装置のレベリングオフセットを用いて、前記設計レイアウトを補正し、前記OPCモデルを作成する

ことを特徴とする請求項8に記載のOPCモデル作成プログラム。

#### 【請求項10】

前記第2取得ステップにおいて、前記最良結像面と前記参照面との位置ずれが最小となるように調整されたステージ上の前記ウェハにおける表面の位置を、前記ウェハの加工前の表面の凹凸情報と、前記ウェハの表面が作成されるまでの間に用いられたマスクのマスクレイアウトとに基づいて導出する 20

ことを特徴とする請求項8に記載のOPCモデル作成プログラム。

#### 【請求項11】

前記閾値は、前記投影光学系の焦点深度よりも小さい

ことを特徴とする請求項8に記載のOPCモデル作成プログラム。

#### 【請求項12】

前記作成ステップにおいて、前記OPCモデルを、像高ごとに作成する

ことを特徴とする請求項8に記載のOPCモデル作成プログラム。

#### 【請求項13】

前記作成ステップにおいて、前記OPCモデルを用いて作成されたマスクレイアウトを有するマスクを用いて前記マスクレイアウトを前記ウェハの表面に転写したときに前記ウェハの表面上に形成される転写像を予測し、前記予測により得られた転写像が、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内となっていない場合には、プロセスパラメータを修正し、前記OPCモデルを再作成する 30

ことを特徴とする請求項8に記載のOPCモデル作成プログラム。

#### 【請求項14】

前記プロセスパラメータは、少なくともデフォーカス値を含む

ことを特徴とする請求項8に記載のOPCモデル作成プログラム。

#### 【請求項15】

入力パラメータとして少なくともデフォーカス値を有し、かつ集積回路設計データから作成される設計レイアウトを補正するOPC(光近接効果補正:Optical Proximity Correction)モデルを作成するOPCモデル作成装置であって、 40

所定のパターンが形成されたマスクを用いて前記パターンの像をウェハの表面上に投影する投影光学系と、前記投影光学系の光軸方向への前記ウェハの移動および前記光軸を法線とする平面に対する前記ウェハの傾斜を調整可能なステージとを有し、前記マスクのパターンの像を前記ウェハの表面上に転写する露光装置の前記投影光学系の最良結像面と、前記ステージ上に前記ウェハを載置したときの当該ウェハの表面として仮想的に設定された参照面との位置ずれが最小となるように調整されたステージ上の前記ウェハの表面の位置と、前記参照面の位置との差分が所定の閾値を超える場合には、前記入力パラメータのデフォーカス値として前記差分を用いて前記設計レイアウトを補正し、前記OPCモデルを作成する作成部

10

20

30

40

50

を備えたことを特徴とするO P C モデル作成装置。

【請求項 1 6】

入力パラメータとして少なくともデフォーカス値を有し、かつ集積回路設計データから作成される設計レイアウトを補正するO P C (光近接効果補正:Optical Proximity Correction) モデルを用いて作成されたマスクレイアウトを有するマスクと、所定の値に設定されたプロセスパラメータとを用いて前記マスクレイアウトを前記ウェハの表面に転写する転写工程と、

前記ウェハの表面上に形成された転写像が、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内となっていない場合には、前記ウェハの表面上に形成された転写像が、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内となるまで、前記プロセスパラメータの値を調整する調整工程と

を含み、

前記O P C モデルは、所定のパターンが形成されたマスクを用いて前記パターンの像をウェハの表面上に投影する投影光学系と、前記投影光学系の光軸方向への前記ウェハの移動および前記光軸を法線とする平面に対する前記ウェハの傾斜を調整可能なステージとを有し、前記マスクのパターンの像を前記ウェハの表面上に転写する露光装置の前記投影光学系の最良結像面と、前記ステージ上に前記ウェハを載置したときの当該ウェハの表面として仮想的に設定された参照面との位置ずれが最小となるように調整されたステージ上の前記ウェハの表面の位置と、前記参照面の位置との差分が所定の閾値を超える場合には、前記入力パラメータのデフォーカス値として前記差分を用いて前記設計レイアウトを補正することにより作成されている

ことを特徴とする露光装置調整方法。

【請求項 1 7】

前記プロセスパラメータは、少なくとも、露光量、デフォーカス値、開口数およびコヒーレンスファクタを含む

ことを特徴とする請求項 1 6 に記載の露光装置調整方法。

【請求項 1 8】

前記マスクを他の露光装置においても用いる場合には、前記他の露光装置におけるプロセスパラメータとして、前記調整工程において調整されたプロセスパラメータのうち少なくとも露光量およびデフォーカス値を流用する

ことを特徴とする請求項 1 6 に記載の露光装置調整方法。

【請求項 1 9】

入力パラメータとして少なくともデフォーカス値を有し、かつ集積回路設計データから作成される設計レイアウトを補正するO P C (光近接効果補正:Optical Proximity Correction) モデルを用いて作成されたマスクレイアウトを有するマスクと、所定の値に設定されたプロセスパラメータとを用いて前記マスクレイアウトを前記ウェハの表面に転写した転写像が、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内となっていない場合には、前記ウェハの表面上に形成された転写像が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内となるまで、前記プロセスパラメータの値を調整する調整ステップをコンピュータに実行させることを特徴とする露光装置調整プログラムであって、

前記O P C モデルは、所定のパターンが形成されたマスクを用いて前記パターンの像をウェハの表面上に投影する投影光学系と、前記投影光学系の光軸方向への前記ウェハの移動および前記光軸を法線とする平面に対する前記ウェハの傾斜を調整可能なステージとを有し、前記マスクのパターンの像を前記ウェハの表面上に転写する露光装置の前記投影光学系の最良結像面と、前記ステージ上に前記ウェハを載置したときの当該ウェハの表面として仮想的に設定された参照面との位置ずれが最小となるように調整されたステージ上の前記ウェハの表面の位置と、前記参照面の位置との差分が所定の閾値を超える場合には、前記入力パラメータのデフォーカス値として前記差分を用いて前記設計レイアウトを補正することにより作成されている

ことを特徴とする露光装置調整プログラム。

10

20

30

40

50

**【請求項 20】**

前記プロセスパラメータは、少なくとも、露光量、デフォーカス値、開口数およびコヒーレンスファクタを含む

ことを特徴とする請求項19に記載の露光装置調整プログラム。

**【請求項 21】**

前記OPCモデルを用いて作成されたマスクレイアウトを有するマスクを他の露光装置においても用いる場合には、前記他の露光装置におけるプロセスパラメータとして、前記調整工程において調整されたプロセスパラメータのうち少なくとも露光量およびデフォーカス値を流用する

ことを特徴とする請求項19に記載の露光装置調整プログラム。

10

**【請求項 22】**

入力パラメータとして少なくともデフォーカス値を有し、かつ集積回路設計データから作成される設計レイアウトを補正するOPC（光近接効果補正：Optical Proximity Correction）モデルを用いて作成されたマスクレイアウトを有するマスクと、所定の値に設定されたプロセスパラメータとを用いて前記マスクレイアウトを前記ウェハの表面上に転写した転写像が、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内となっていない場合には、前記ウェハの表面上に形成された転写像が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内となるまで、前記プロセスパラメータの値を調整する調整部を備え、

前記OPCモデルは、所定のパターンが形成されたマスクを用いて前記パターンの像をウェハの表面上に投影する投影光学系と、前記投影光学系の光軸方向への前記ウェハの移動および前記光軸を法線とする平面に対する前記ウェハの傾斜を調整可能なステージとを有し、前記マスクのパターンの像を前記ウェハの表面上に転写する露光装置の前記投影光学系の最良結像面と、前記ステージ上に前記ウェハを載置したときの当該ウェハの表面として仮想的に設定された参照面との位置ずれが最小となるように調整されたステージ上の前記ウェハの表面の位置と、前記参照面の位置との差分が所定の閾値を超える場合には、前記入力パラメータのデフォーカス値として前記差分を用いて前記設計レイアウトを補正することにより作成されている

20

ことを特徴とする露光装置調整装置。

**【請求項 23】**

入力パラメータとして少なくともデフォーカス値を有し、かつ集積回路設計データから作成される設計レイアウトを補正するOPC（光近接効果補正：Optical Proximity Correction）モデルを用いて作成されたマスクレイアウトを有するマスクと、所定の値に設定されたプロセスパラメータとを用いて前記マスクレイアウトを製造用ウェハの表面上に転写して半導体装置を製造する製造工程を含み、

30

前記OPCモデルは、所定のパターンが形成されたマスクを用いて前記パターンの像をウェハの表面上に投影する投影光学系と、前記投影光学系の光軸方向への前記ウェハの移動および前記光軸を法線とする平面に対する前記ウェハの傾斜を調整可能なステージとを有し、前記マスクのパターンの像を前記ウェハの表面上に転写する露光装置の前記投影光学系の最良結像面と、前記ステージ上に前記ウェハを載置したときの当該ウェハの表面として仮想的に設定された参照面との位置ずれが最小となるように調整されたステージ上の前記ウェハの表面の位置と、前記参照面の位置との差分が所定の閾値を超える場合には、前記入力パラメータのデフォーカス値として前記差分を用いて前記設計レイアウトを補正することにより作成され、

40

前記プロセスパラメータの値は、マスクと、所定の値に設定されたプロセスパラメータとを用いて前記マスクレイアウトを前記ウェハの表面上に転写した転写像が、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内となっていない場合には、前記ウェハの表面上に形成された転写像が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内となるまで調整されたものである

ことを特徴とする半導体装置製造方法。

**【請求項 24】**

50

入力パラメータとして少なくともデフォーカス値を有し、かつ集積回路設計データから作成される設計レイアウトを補正するO P C (光近接効果補正:Optical Proximity Correction) モデルを用いて作成されたマスクレイアウトを有するマスクと、所定の値に設定されたプロセスパラメータとを用いて前記マスクレイアウトを製造用ウェハの表面に転写し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O P C モデルは、所定のパターンが形成されたマスクを用いて前記パターンの像をウェハの表面上に投影する投影光学系と、前記投影光学系の光軸方向への前記ウェハの移動および前記光軸を法線とする平面に対する前記ウェハの傾斜を調整可能なステージとを有し、前記マスクのパターンの像を前記ウェハの表面上に転写する露光装置の前記投影光学系の最良結像面と、前記ステージ上に前記ウェハを載置したときの当該ウェハの表面として仮想的に設定された参照面との位置ずれが最小となるように調整されたステージ上の前記ウェハの表面の位置と、前記参照面の位置との差分が所定の閾値を超える場合には、前記入力パラメータのデフォーカス値として前記差分を用いて前記設計レイアウトを補正することにより作成され、

前記プロセスパラメータの値は、マスクと、所定の値に設定されたプロセスパラメータとを用いて前記マスクレイアウトを前記ウェハの表面に転写した転写像が、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内となっていない場合には、前記ウェハの表面上に形成された転写像が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内となるまで調整されたものである

ことを特徴とする半導体装置製造プログラム。

#### 【請求項 25】

入力パラメータとして少なくともデフォーカス値を有し、かつ集積回路設計データから作成される設計レイアウトを補正するO P C (光近接効果補正:Optical Proximity Correction) モデルを用いて作成されたマスクレイアウトを有するマスクと、所定の値に設定されたプロセスパラメータとを用いて前記マスクレイアウトを製造用ウェハの表面に転写して半導体装置を製造する製造部を備え、

前記O P C モデルは、所定のパターンが形成されたマスクを用いて前記パターンの像をウェハの表面上に投影する投影光学系と、前記投影光学系の光軸方向への前記ウェハの移動および前記光軸を法線とする平面に対する前記ウェハの傾斜を調整可能なステージとを有し、前記マスクのパターンの像を前記ウェハの表面上に転写する露光装置の前記投影光学系の最良結像面と、前記ステージ上に前記ウェハを載置したときの当該ウェハの表面として仮想的に設定された参照面との位置ずれが最小となるように調整されたステージ上の前記ウェハの表面の位置と、前記参照面の位置との差分が所定の閾値を超える場合には、前記入力パラメータのデフォーカス値として前記差分を用いて前記設計レイアウトを補正することにより作成され、

前記プロセスパラメータの値は、マスクと、所定の値に設定されたプロセスパラメータとを用いて前記マスクレイアウトを前記ウェハの表面に転写した転写像が、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内となっていない場合には、前記ウェハの表面上に形成された転写像が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内となるまで調整されたものである

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】

本発明は、マスクレイアウトの補正に用いられるO P C モデルを作成するO P C モデル作成方法、O P C モデル作成プログラムおよびO P C モデル作成装置、O P C モデルを用いて作成したマスクを使って露光装置を調整する露光装置調整方法、露光装置調整プログラムおよび露光装置調整装置、ならびにO P C モデルを用いて作成したマスクを使っ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

10

20

30

40

50

造装置に関する。

【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 $0.1\mu m$ 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モデルを用いて設計レイアウトを補正することが一般的に行われている。

【0003】

しかし、最小加工寸法が $0.1\mu m$ 以下となると、例えば、CMP(Chemical Mechanical Polishing)加工におけるディッシングまたはエロージョンや、ウェハの表面に多層膜を積層した際の加工ばらつきによって、ウェハの表面上に段差やうねりが生じ、ウェハの表面の被露光領域と、露光装置の投影レンズ系の最良結像面との間に大きな乖離が生じた場合には、ウェハの表面の被露光領域が焦点深度から外れ易くなる。被露光領域が焦点深度から外れた場合には、ウェハの表面上に実際に形成された回路パターンが所望の回路パターンとは異なったパターンとなるだけでなく、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を引き起こす虞がある。

【0004】

そこで、例えば、特許文献1では、所定の検出点を用いて求めた近似平面から大きく陥没または突出した位置にある検出点を除いて、再度、近似平面を求ることにより、近似平面を最良結像面に合わせ込む方法が提案されている。また、特許文献2では、例えば最小自乗法を用いて複数の測定値からショット単位のフォーカス面を求めると共に、複数の測定値からセンサヘッドのスキャニング方向に平行な複数の軌跡を求め、複数の軌跡のうちフォーカス面とのずれ量が最も小さな2つの軌跡の、フォーカス面とのずれ量を用いて、ショット単位でウェハ位置を調整する方法が提案されている。また、例えば、特許文献3では、パターニングを行うウェハの表面上の段差(平面度)を測定し、段差が所定の範囲外となっている場合には、ウェハの位置または傾きを調整する方法が提案されている。また、例えば、特許文献4において、半導体基板上の段差に対応した段差をマスクに設けて露光する方法が提案されている。また、例えば、特許文献5において、アライメント光学系を用いて測定したウェハの表面の段差データを用いて、ウェハ位置を調整する方法が提案されている。また、特許文献6では、集積回路のレイアウトデータから抽出した配線抵抗や配線容量などの回路パラメータを用いて集積回路のタイミング検証を行い、集積回路が所望の特性となるように所定のルールでレイアウト補正を行う方策が提案されている。また、特許文献7では、焦点深度と露光量余裕度を考慮して導出した補正ルールでレイアウト補正を行う方策が提案されている。また、特許文献8では、各プロセスばらつきを変動させたときの寸法変動量の平均値をマスクの設計パターンの寸法補正量として用いる方策が提案されている。また、特許文献9では、エッチング変換差を考慮して、プロセスパラメータを調整する方法が提案されている。

【0005】

【特許文献1】特開2001-250768号公報

【特許文献2】特開2003-31474号公報

【特許文献3】特開2005-175334号公報

【特許文献4】特開平6-3806号公報

【特許文献5】特開平7-74088号公報

【特許文献6】特開2001-230323号公報

【特許文献7】特開2006-38896号公報

【特許文献8】特開2000-181045号公報

【特許文献9】特開2003-303742号公報

【発明の開示】

10

20

30

40

50

**【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

ところで、O P C モデルを用いた設計レイアウトの補正では、例えば、リソグラフィー・ドーズ量、デフォーカス値、光源タイプ、レンズ・パラメータといった入力パラメータが必要となる。ここで、入力パラメータの一つであるデフォーカス値には、通常、露光装置のレベリングオフセット（一定値）が用いられる。しかし、ウェハの表面上に生じた段差やうねりによって、ウェハの表面の被露光領域と、露光装置の投影光学系の最良結像面との間に大きな乖離が生じている場合には、露光装置のレベリングオフセットが、露光時のウェハの表面上における実効的なデフォーカス値とずれてしまう。その結果、O P C モデルを用いて補正した設計レイアウトを用いて露光した際に、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、O P C モデルや露光条件を適切な範囲に収束させるのに多大な時間を要してしまうという問題があった。

10

**【0007】**

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、O P C モデルや露光条件を早期に収束させることの可能なO P C モデル作成方法、O P C モデル作成プログラムおよびO P C モデル作成装置、このO P C モデル作成方法を用いて作成したマスクを使って露光装置を調整する露光装置調整方法、露光装置調整プログラムおよび露光装置調整装置、ならびにこのO P C モデル作成方法を用いて作成したマスクを使っ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。

20

**【課題を解決するための手段】****【0008】**

本発明のO P C モデル作成方法は、入力パラメータとして少なくともデフォーカス値を有し、かつ集積回路設計データから作成される設計レイアウトを補正するO P C モデルを作成する方法である。この方法では、所定のパターンが形成されたマスクを用いてマスクのパターンの像をウェハの表面上に投影する投影光学系と、投影光学系の光軸方向へのウェハの移動およびその光軸を法線とする平面に対するウェハの傾斜を調整可能なステージとを有し、マスクのパターンの像をウェハの表面上に転写する露光装置が想定される。そして、この露光装置の投影光学系の最良結像面と、ステージ上にウェハを載置したときの当該ウェハの表面として仮想的に設定された参照面との位置ずれが最小となるように調整されたステージ上のウェハの表面の位置と、参照面の位置との差分が所定の閾値を超える場合には、入力パラメータのデフォーカス値として上記差分を用いて設計レイアウトを補正し、O P C モデルを作成する。

30

**【0009】**

本発明のO P C モデル作成プログラムは、入力パラメータとして少なくともデフォーカス値を有し、かつ集積回路設計データから作成される設計レイアウトを補正するO P C モデルを作成するプログラムであって、以下の(A1)～(A3)の各ステップをコンピュータに実行させるものである。

40

(A1) 所定のパターンが形成されたマスクを用いてマスクのパターンの像をウェハの表面上に投影する投影光学系と、投影光学系の光軸方向へのウェハの移動およびその光軸を法線とする平面に対するウェハの傾斜を調整可能なステージとを有し、マスクのパターンの像をウェハの表面上に転写する露光装置のステージ上にウェハを載置したときの当該ウェハの表面として仮想的に設定する参照面の位置を取得する第1取得ステップ

(A2) 投影光学系の最良結像面と第1取得ステップで取得した参照面との位置ずれが最小となるように調整されたステージ上のウェハの表面の位置を取得する第2取得ステップ

(A3) 第1取得ステップで取得した参照面の位置と、第2ステップで取得したウェハの表面の位置との差分が所定の閾値を超える場合には、入力パラメータのデフォーカス値として上記差分を用いて設計レイアウトを補正し、O P C モデルを作成する作成ステップ

**【0010】**

本発明のO P C モデル作成装置は、入力パラメータとして少なくともデフォーカス値を

50

有し、かつ集積回路設計データから作成される設計レイアウトを補正するO P C モデルを作成する装置であって、作成部を備えたものである。ここで、作成部は、所定のパターンが形成されたマスクを用いてマスクのパターンの像をウェハの表面上に投影する投影光学系と、投影光学系の光軸方向へのウェハの移動およびその光軸を法線とする平面に対するウェハの傾斜を調整可能なステージとを有し、マスクのパターンの像をウェハの表面上に転写する露光装置の投影光学系の最良結像面と、ステージ上にウェハを載置したときの当該ウェハの表面として仮想的に設定された参照面との位置ずれが最小となるように調整されたステージ上のウェハの表面の位置と、参照面の位置との差分が所定の閾値を超える場合には、入力パラメータのデフォーカス値として上記差分を用いて設計レイアウトを補正し、O P C モデルを作成する。

10

#### 【 0 0 1 1 】

本発明のO P C モデル作成方法、O P C モデル作成プログラムおよびO P C モデル作成装置では、最良結像面と参照面との位置ずれが最小となるように調整されたステージ上のウェハの表面の位置と、参照面の位置との差分が所定の閾値を超える場合には、入力パラメータのデフォーカス値として上記差分を用いて設計レイアウトを補正することによりO P C モデルが作成される。これにより、最良結像面と参照面との位置ずれが最小となるようにステージを調整するグローバルレベリングでは除去しきれない誤差を考慮したO P C モデルを作成することができる。

20

#### 【 0 0 1 2 】

本発明の露光装置調整方法は、以下の(B 1)～(B 2)の各工程を含むものである。  
(B 1) 入力パラメータとして少なくともデフォーカス値を有し、かつ集積回路設計データから作成される設計レイアウトを補正するO P C モデルを用いて作成されたマスクレイアウトを有するマスクと、所定の値に設定されたプロセスパラメータとを用いてマスクレイアウトをウェハの表面に転写する転写工程

(B 2) ウェハの表面上に形成された転写像が、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内となっていない場合には、ウェハの表面上に形成された転写像が、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内となるまで、プロセスパラメータの値を調整する調整工程

#### 【 0 0 1 3 】

本発明の露光装置調整プログラムは、入力パラメータとして少なくともデフォーカス値を有し、かつ集積回路設計データから作成される設計レイアウトを補正するO P C モデルを用いて作成されたマスクレイアウトを有するマスクと、所定の値に設定されたプロセスパラメータとを用いてマスクレイアウトをウェハの表面に転写した転写像が、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内となっていない場合には、ウェハの表面上に形成された転写像が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内となるまで、プロセスパラメータの値を調整する調整ステップをコンピュータに実行させるものである。

30

#### 【 0 0 1 4 】

本発明の露光装置調整装置は、入力パラメータとして少なくともデフォーカス値を有し、かつ集積回路設計データから作成される設計レイアウトを補正するO P C モデルを用いて作成されたマスクレイアウトを有するマスクと、所定の値に設定されたプロセスパラメータとを用いてマスクレイアウトをウェハの表面に転写した転写像が、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内となっていない場合には、ウェハの表面上に形成された転写像が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内となるまで、プロセスパラメータの値を調整する調整部を備えたものである。

40

#### 【 0 0 1 5 】

ここで、本発明の露光装置調整方法、露光装置調整プログラムおよび露光装置調整装置において、O P C モデルは、所定のパターンが形成されたマスクを用いてパターンの像をウェハの表面上に投影する投影光学系と、投影光学系の光軸方向へのウェハの移動およびその光軸を法線とする平面に対するウェハの傾斜を調整可能なステージとを有し、マスク

50

のパターンの像をウェハの表面上に転写する露光装置の投影光学系の最良結像面と、ステージ上にウェハを載置したときの当該ウェハの表面として仮想的に設定された参照面との位置ずれが最小となるように調整されたステージ上のウェハの表面の位置と、参照面の位置との差分が所定の閾値を超える場合には、入力パラメータのデフォーカス値として上記差分を用いて設計レイアウトを補正することにより作成されている。

#### 【0016】

本発明の露光装置調整方法、露光装置調整プログラムおよび露光装置調整装置では、最良結像面と参照面との位置ずれが最小となるようにステージを調整するグローバルレベリングでは除去しきれない誤差を考慮したOPCモデルを用いて作成されたマスクレイアウトを有するマスクが用いられている。つまり、マスクレイアウトの段階でウェハ表面の段差やうねりに起因する誤差が考慮されているので、プロセスパラメータを調整する際に、十分なプロセス余裕度を確保することができる。10

#### 【0017】

本発明の半導体装置製造方法は、入力パラメータとして少なくともデフォーカス値を有し、かつ集積回路設計データから作成される設計レイアウトを補正するOPCモデルを用いて作成されたマスクレイアウトを有するマスクと、所定の値に設定されたプロセスパラメータとを用いてマスクレイアウトを製造用ウェハの表面に転写して半導体装置を製造する製造工程を含むものである。

#### 【0018】

本発明の半導体装置製造プログラムは、入力パラメータとして少なくともデフォーカス値を有し、かつ集積回路設計データから作成される設計レイアウトを補正するOPCモデルを用いて作成されたマスクレイアウトを有するマスクと、所定の値に設定されたプロセスパラメータとを用いてマスクレイアウトを製造用ウェハの表面に転写し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。20

#### 【0019】

本発明の半導体装置製造装置は、入力パラメータとして少なくともデフォーカス値を有し、かつ集積回路設計データから作成される設計レイアウトを補正するOPCモデルを用いて作成されたマスクレイアウトを有するマスクと、所定の値に設定されたプロセスパラメータとを用いてマスクレイアウトを製造用ウェハの表面に転写して半導体装置を製造する製造部を備えたものである。30

#### 【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、OPCモデルは、所定のパターンが形成されたマスクを用いてパターンの像をウェハの表面上に投影する投影光学系と、投影光学系の光軸方向へのウェハの移動およびその光軸を法線とする平面に対するウェハの傾斜を調整可能なステージとを有し、マスクのパターンの像をウェハの表面上に転写する露光装置の投影光学系の最良結像面と、ステージ上にウェハを載置したときの当該ウェハの表面として仮想的に設定された参照面との位置ずれが最小となるように調整されたステージ上のウェハの表面の位置と、参照面の位置との差分が所定の閾値を超える場合には、入力パラメータのデフォーカス値として上記差分を用いて設計レイアウトを補正することにより作成されたものである。また、プロセスパラメータの値は、マスクと、所定の値に設定されたプロセスパラメータとを用いてマスクレイアウトをウェハの表面に転写した転写像が、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内となっていない場合には、ウェハの表面上に形成された転写像が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内となるまで調整されたものである。40

#### 【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、露光装置調整プログラムおよび露光装置調整装置では、最良結像面と参照面との位置ずれが最小となるようにステージを調整するグローバルレベリングでは除去しきれない誤差を考慮したOPCモデルを用いて作成されたマスクレイアウトを有するマスクが用いら50

れている。さらに、ウェハの表面上に形成された転写像が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内となるように調整されたプロセスパラメータが用いられている。これにより、十分なプロセス余裕度を確保しつつ、マスクレイアウトを製造用ウェハの表面に転写することができる。

#### 【発明の効果】

##### 【0022】

本発明のOPCモデル作成方法、OPCモデル作成プログラムおよびOPCモデル作成装置によれば、最良結像面と参照面との位置ずれが最小となるように調整されたステージ上のウェハの表面の位置と、参照面の位置との差分が所定の閾値を超える場合には、入力パラメータのデフォーカス値として上記差分を用いて設計レイアウトを補正することによりOPCモデルを作成するようにしたので、OPCモデルを用いて、ウェハ表面の段差やうねりを考慮したマスクレイアウトを作成することができる。その結果、OPCモデルや露光条件を早期に収束させることができる。10

##### 【0023】

本発明の露光装置調整方法、露光装置調整プログラムおよび露光装置調整装置によれば、最良結像面と参照面との位置ずれが最小となるようにステージを調整するグローバルレベルリングでは除去しきれない誤差を考慮したOPCモデルを用いて作成されたマスクレイアウトを有するマスクを用いるようにしたので、ウェハ表面に段差やうねりがあったとしても、プロセスパラメータの値（露光条件）を調整する回数を少なくすることができる。従って、露光条件を早期に収束させることができる。20

##### 【0024】

特に、OPCモデルを用いて作成されたマスクレイアウトを有するマスクを用いる一の露光装置だけでなく、他の露光装置においても用いる場合に、他の露光装置におけるプロセスパラメータとして、一の露光装置において既に調整済みのプロセスパラメータのうち少なくとも露光量およびデフォーカス値を流用するようにした場合には、他の露光装置において露光条件を早期に収束させることができ、他の露光装置におけるTAT（タット；Turn Around Time）を格段に向上させることができる。

##### 【0025】

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、最良結像面と参照面との位置ずれが最小となるようにステージを調整するグローバルレベルリングでは除去しきれない誤差を考慮したOPCモデルを用いて作成されたマスクレイアウトを有するマスクと、ウェハの表面上に形成された転写像が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内となるように調整されたプロセスパラメータとを用いるようにしたので、ウェハ表面に段差やうねりがあったとしても、マスクレイアウトを製造用ウェハの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。30

#### 【発明を実施するための最良の形態】

##### 【0026】

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。

##### 【0027】

#### [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調整方法によって調整された露光装置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、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。40

##### 【0028】

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

10

20

30

40

50

ショット領域 S H が 2 次元配置されており、各ショット領域 S H 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。

#### 【 0 0 2 9 】

照明光学系 1 0 は、例えば、水銀ランプなどの光源、オプ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 1 1 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。

#### 【 0 0 3 0 】

マスク 1 1 は、所定の O P C モデルを用いて作成されたマスクレイアウトを有しており、光軸 A X を法線とする平面上を一の方向 ( 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 O P C モデルは、後述の O P C モデル作成方法を用いて、ウェハ表面の段差やうねりを考慮して作成されたものである。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 1 1 を所定の位置に位置決めすることが可能となっている。

10

#### 【 0 0 3 1 】

縮小投影光学系 1 2 は、複数枚の光学レンズを重ね合せて形成されており、例えば 1 / 5 倍の倍率を有している。

#### 【 0 0 3 2 】

ステージ 1 3 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 1 2 の光軸 A X 方向 ( z 方向 ) へのウェハ W の移動と、光軸 A X を法線とする平面に対するウェハ 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 A X 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。

20

#### 【 0 0 3 3 】

この露光装置 1 には、オートフォーカスセンサ 1 4 が設けられている。このオートフォーカスセンサ 1 4 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 1 2 のイメージフィールド内を含む複数箇所に、ウェハ W の表面の光軸 A X 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 S 1 の計測に用いられる。

#### 【 0 0 3 4 】

このオートフォーカスセンサ 1 4 は、例えば、図 1 に示したように、縮小投影光学系 1 2 を間にて両側に配置された発光部 1 4 A および検知部 1 4 B を有する斜入射光式のセンサである。発光部 1 4 A 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 1 4 B は、発光部 1 4 A 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 1 4 A 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 S H 内に形成されるようになっている。ショット領域 S H のうち像の投影された部分が、オートフォーカスセンサ 1 4 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 A F 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 A F のうち y 軸方向の中央部分に対応する計測点 A F が縮小投影光学系 1 2 の露光領域 L に対応しており、露光領域 L の前後 ( スキャン方向の前後 ) にも各計測点 A F が設けられている。

30

#### 【 0 0 3 5 】

なお、オートフォーカスセンサ 1 4 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 1 4 として、ギャップセンサを用いた場合には、露光領域 L の前後 ( スキャン方向の前後 ) にだけ、各計測点 A F が設けられることになる。

40

#### 【 0 0 3 6 】

50

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。

#### 【0037】

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、露光時や校正時に、後述の参照面S1と投影光学系12の最良結像面(図示せず)との位置ずれが最小となるようにステージ12を制御する。

10

#### 【0038】

記憶部16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とを記憶しており、露光装置1が駆動される度に制御部16にロードされるものである。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、デフォーカス値、ドーズ、開口数、コヒーレンスファクタなどが含まれている。このプロセスパラメータ16Bは、後述の露光装置調整方法を用いて設定されたものであり、ウェハの表面上に形成された転写像が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内となるまで調整されたものである。

20

#### 【0039】

ところで、マスク11に形成されているマスクレイアウトは、上記したように後述のOPCモデル作成方法により作成されたものであるが、所定の条件のときに図4に示した乖離量Dを、OPCモデルの入力パラメータの一つであるデフォーカス値に代入し、集積回路設計データから作成される設計レイアウトを所定のルールで補正することによって作成されたものである。

#### 【0040】

ここで、乖離量Dは、図4に示したように、参照面S1とウェハ表面S2との差分であり、例えば、図5に示したように、ショット領域SH内の各計測地点において20nmから100nmに渡って大きくばらついている。なお、図5では、乖離量Dが露光装置1のフォーカス余裕度の25%(例えば50nm)を超える計測地点に丸が付されている。

30

#### 【0041】

また、参照面S1は、ウェハWの表面として仮想的に設定された平面であり、露光時などには、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。参照面S1は、オートフォーカスセンサ14を用いることにより計測可能であるが、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、原子間力顕微鏡などを用いても計測可能である。また、この参照面S1を、オートフォーカスセンサ14を用いることにより計測した場合には、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も求めることが可能である。

40

#### 【0042】

また、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、ウェハWの加工前の表面の凹凸情報と、ウェハWの最表面が作成されるまでの間に用いられたマスクのマスクレイアウトとに基づいて導出することが可能であるが、膜厚測定器などを使って実際に測定してもよい。

#### 【0043】

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を介して製造用のウェハWの表面に入射する。これにより、マスク11に形

50

成されたマスクレイアウトが縮小されてウェハWの表面に転写される。

#### 【0044】

ところで、本実施の形態では、後述のO P C モデル作成方法を用いて、ウェハ表面S 2 の段差やうねり（つまりショット領域S H 内の計測地点ごとの乖離量 D）を考慮して作成されたマスクレイアウトを有するマスク1 1 が用いられている。さらに、ウェハWの表面上に形成された転写像が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内となるように調整されたプロセスパラメータ1 6 B が用いられている。これにより、十分なプロセス余裕度を確保しつつ、マスクレイアウトをウェハ表面S 2 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。10

#### 【0045】

##### [第2の実施の形態]

図6は、本実施の形態のO P C モデル作成装置2の概略構成を表したものである。このO P C モデル作成装置2は、上記したマスク1 1 のマスクレイアウトの作成に用いられたO P C モデルを作成するためのものであり、演算部2 0 、入力部2 1 および記憶部2 2 を備えている。

#### 【0046】

演算部2 0 は、後述のO P C モデル作成・検証プログラム2 2 A および転写シミュレーションプログラム2 2 B を実行するためのものであり、入力部2 1 は、これらO P C モデル作成・検証プログラム2 2 A および転写シミュレーションプログラム2 2 B 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。20

#### 【0047】

記憶部2 2 は、上記した2つのプログラムの他に、これら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、設計レイアウト2 2 C 、レベリングオフセット2 2 D と、ウェハ表面S 2 の位置2 2 E 、参照面S 1 の位置2 2 F 、乖離量 D 、入力パラメータ2 2 G 、閾値2 2 H , 2 2 J などをあらかじめ記憶している。

#### 【0048】

ここで、設計レイアウト2 2 C とは、集積回路設計データから作成されたものであり、O P C モデル作成・検証プログラム2 2 A によって補正される補正対象である。30

#### 【0049】

レベリングオフセット2 2 D とは、露光装置1のレベリングオフセットであり、投影光学系1 2 の最良結像面と、ステージ1 3 上にウェハWを載置したときのウェハ表面S 2 として仮想的に設定された参照面S 1 との位置ずれ量のことである。このレベリングオフセット2 2 D は、通常は、露光装置1のメカ側から提供されるスペックに含まれている。

#### 【0050】

ウェハ表面S 2 の位置2 2 E とは、投影光学系1 2 の最良結像面と、ステージ1 3 上にウェハWを載置したときの当該ウェハWの表面として仮想的に設定された参照面S 1 との位置ずれが最小となるように調整されたステージ上におけるウェハ表面S 2 の位置を指す。40

#### 【0051】

参照面S 1 の位置2 2 F とは、投影光学系1 2 の最良結像面と、ステージ1 3 上にウェハWを載置したときの当該ウェハWの表面として仮想的に設定された参照面S 1 との位置ずれが最小となるように調整されたステージ上におけるウェハ表面S 2 に対して仮想的に設定された平面である。

#### 【0052】

乖離量 D とは、上記したように、参照面S 1 とウェハ表面S 2 との差分を指す。

#### 【0053】

入力パラメータ2 2 G とは、上記したO P C モデル作成・検証プログラム2 2 A および転写シミュレーションプログラム2 2 B に入力するパラメータである。この入力パラメー50

タ22Gには、例えば、露光波長、露光量、フォーカス、デフォーカス値、ドーズ、開口数、コヒーレンスファクタなどが含まれている。

#### 【0054】

閾値22Hは、乖離量Dに対する閾値であり、例えば、露光装置1のフォーカス余裕度の25%（例えば50nm）に設定されている。また、閾値22Jは、後述のOPC検証の際に用いられる閾値であり、マスク11とプロセスパラメータ22Gとを用いてマスクレイアウトをウェハWの表面に転写した転写像が所望の形状および寸法のパターンとの関係で想定される種々の問題が発生しないと思われる範囲を指している。

#### 【0055】

次に、図7を参照して、本実施の形態のOPCモデル作成装置2におけるOPCモデル作成手順について説明する。なお、図7は、本実施の形態のOPCモデル作成装置2におけるOPCモデルを作成する際の流れを表したものである。10

#### 【0056】

まず、入力パラメータ22Gのデフォーカス値として、露光装置1のレベリングオフセット22Dを用いて設計レイアウト22Cを補正し、OPCモデルを作成する（ステップS101）。なお、入力パラメータ22Gに含まれる他のパラメータについては、あらかじめ決められた初期値が用いられる。

#### 【0057】

次に、ステージ13上にウェハWを載置したのち、縮小投影光学系12の最良結像面と参考面S1との位置ずれが最小となるようにステージ13を調整する（ステップS102）。このとき、ステージ13の調整には、オートフォーカスセンサ14を用いる。20

#### 【0058】

次に、ステージ13上のウェハ表面S1の位置22Eを取得する（ステップS103）。このとき、ウェハ表面S1の位置は、ウェハWの加工前の表面の凹凸情報と、ウェハWの最表面が作成されるまでの間に用いられたマスクのマスクレイアウトとに基づいてシミュレーションを行うことによって導出したり、膜厚測定器などを使って実際に測定することに取得可能である。

#### 【0059】

次に、参考面S1の位置22Fと、ウェハ表面S1の位置22Eとの乖離量Dを取得したのち（ステップS104）、乖離量Dが所定の閾値22Hを超えるか否か判定する（ステップS105）。ここで、乖離量Dとして50nmを設定したとすると、例えば、図5の丸で囲んだ計測地点では、乖離量Dが閾値22Hを超えててしまう。30

#### 【0060】

次に、乖離量Dが閾値22Hを超えた計測地点を含む所定の領域において、入力パラメータ22Gのデフォーカス値として乖離量Dを用いて、設計レイアウト22Cを補正し、OPCモデルを再作成する（ステップS106）。なお、乖離量Dが閾値22Hを超えた他の計測地点においては、既に、露光装置1のレベリングオフセット22Dを用いて設計レイアウト22Cを補正することによりOPCモデルが作成されているので、乖離量Dが閾値22Hを超えた他の計測地点に対しては、特に何も補正を行わない。40

#### 【0061】

次に、OPC検証を実施する（ステップS107）。具体的には、上記の各工程を経て作成されたOPCモデルを用いてマスクレイアウトを作成し、その作成したマスクレイアウトを有するマスクを用いてマスクレイアウトをウェハ表面S2に転写したときにウェハ表面S2上に形成される転写像を、入力パラメータ22Gを用いた転写シミュレーションにより予測し、予測により得られた転写像が、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内（閾値22J内）となっていない場合には、その領域におけるプロセスパラメータを修正し、OPCモデルを再作成する（ステップS108）。ここで、修正対象となるプロセスパラメータとしては、上記入力パラメータ22Gの各パラメータが該当するが、少なくともデフォーカス値が修正対象となる。50

**【0062】**

このようにして、OPC検証を繰り返し実行することにより、ウェハ表面S2の段差やうねりを考慮したOPCモデルが作成される。

**【0063】**

本実施の形態では、最良結像面と参照面S1との位置ずれが最小となるように調整されたステージ13上のウェハ表面S2の位置22Eと、参照面S1の位置22Fとの乖離量

Dが所定の閾値22Hを超える場合には、入力パラメータ22Gのデフォーカス値として乖離量Dを用いて設計レイアウト22Cを補正することによりOPCモデルが作成される。これにより、最良結像面と参照面S1との位置ずれが最小となるようにステージ13を調整するグローバルレベリングでは除去しきれない誤差を考慮したOPCモデルを作成することができる。その結果、OPCモデルや露光条件を早期に収束させることができる。10

**【0064】****[第3の実施の形態]**

図8は、本実施の形態の露光装置調整装置3の概略構成を表したものである。この露光装置調整装置3は、上記したOPCモデル作成装置2によって作成されたOPCモデルを用いて作成されたマスクレイアウトを有するマスク11を用いて露光装置1を調整するためのものであり、演算部30、入力部31および記憶部32を備えている。

**【0065】**

演算部20は、後述の露光装置調整プログラム32Aおよび転写シミュレーションプログラム32Bを実行するためのものであり、入力部21は、これら露光装置調整プログラム32Aおよび転写シミュレーションプログラム32B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。20

**【0066】**

記憶部32は、上記した2つのプログラムの他に、これら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、マスクレイアウト32C、プロセスパラメータ33C、閾値32Dなどをあらかじめ記憶している。

**【0067】**

ここで、マスクレイアウト32Cは、上記したOPCモデル作成装置2によって作成されたOPCモデルを用いて作成されたものであり、ウェハ表面S2の段差やうねりが既に考慮されたものである。30

**【0068】**

プロセスパラメータ33Cとは、上記した露光装置調整プログラム32Aおよび転写シミュレーションプログラム32Bに入力するパラメータであり、露光装置調整プログラム32Aによって調整される調整対象である。このプロセスパラメータ33Cは、マスク11を搭載した露光装置1の固有のものであり、このプロセスパラメータ33Cには、例えば、露光波長、露光量、フォーカス、デフォーカス値、ドーズ、開口数、コヒーレンスファクタなどが含まれている。

**【0069】**

ここで、乖離量Dが閾値22Hを超える箇所（計測地点）においては、プロセスパラメータ33Cの一つであるデフォーカス値に対して乖離量Dを用いることが好ましい。また、乖離量Dが閾値22Hを超えない箇所（計測地点）においては、プロセスパラメータ33Cの一つであるデフォーカス値に対して露光装置1のレベリングオフセットを用いることが好ましい。40

**【0070】**

次に、図9を参照して、本実施の形態の露光装置調整装置3における露光装置調整手順について説明する。なお、図9は、本実施の形態の露光装置調整装置3における露光装置を調整する際の流れを表したものである。

**【0071】**

まず、OPCモデルを用いて作成したマスクレイアウト32Cを有するマスク11を露50

光装置1のマスクステージにセットして、条件出し露光を行い、プロセスパラメータ32Dの値を決定する(ステップS201)。なお、条件出し露光の際には、プロセスパラメータ32Dとして、あらかじめ決められた初期値が用いられる。

#### 【0072】

次に、決定したプロセスパラメータ32Dの値を用いて再度、露光を行い、転写された転写像が、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32E)内となっているか否かを判定する(ステップS202)。

#### 【0073】

次に、転写された転写像が所定の範囲(閾値32E)を超えた領域において、プロセスパラメータ32Dの値を調整する(ステップS203)。なお、転写された転写像が所定の範囲(閾値32E)を超えてなかった他の領域においては、特に何も調整を行わない。

10

#### 【0074】

このようにして、プロセスパラメータ32Dの調整を繰り返し実行することにより、ショット領域SH内の全ての領域において、プロセスパラメータ32Dの値を決定することができる。

#### 【0075】

本実施の形態では、上記したOPCモデル作成装置2によって作成されたOPCモデルを用いて作成されたマスクレイアウトを有するマスクが用いられている。つまり、マスクレイアウトの段階で既にウェハ表面S2の段差やうねりに起因する誤差が考慮されているので、露光装置1のプロセスパラメータ32Dを調整する際に、十分なプロセス余裕度を確保することができる。これにより、ウェハ表面S2に段差やうねりがあったとしても、プロセスパラメータ32Dの値を調整する回数を少なくすることができる。従って、露光条件を早期に収束させることができる。

20

#### 【0076】

##### [第3の実施の形態の変形例]

上記実施の形態では、露光装置1一台ごとにプロセスパラメータ32Dの値を調整する場合について説明したが、プロセスパラメータ32Dの値が既に調整済みの露光装置1を有しており、かつ、露光装置1に用いるマスク11と同じマスクを用いる他の露光装置1がある場合には、他の露光装置1のプロセスパラメータ32Dの値を調整する際に、既に調整済みの露光装置1のプロセスパラメータ32Dの一部を流用するようにしてもよい。

30

#### 【0077】

具体的には、まず、図10に示したように、OPCモデルを用いて作成したマスクレイアウト32Cを有するマスク11を他の露光装置1にセットし、プロセスパラメータ32Dの値として先に調整済みの露光装置1のプロセスパラメータ32Dを流用して転写シミュレーションを行う(ステップS301)。このとき、他の露光装置1のプロセスパラメータ33Cとして、先に調整済みの露光装置1の露光量およびデフォーカス値を少なくとも流用する。

#### 【0078】

次に、マスク11を用いてマスクレイアウトをウェハ表面S2に転写したときにウェハ表面S2上に形成される転写像を、プロセスパラメータ32Dを用いた転写シミュレーションにより予測し、予測により得られた転写像が、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32E)内となっているか否か判定する(ステップS302)。

40

#### 【0079】

その結果、転写像が閾値32Eを超えた場合には、閾値32Eを超えた領域において、プロセスパラメータ32Dの値を調整したのち(ステップS303)、再度、転写シミュレーションを行う(ステップS301)。なお、転写された転写像が所定の範囲(閾値32E)を超えてなかった他の領域については、特に何も調整を行わない。

#### 【0080】

次に、決定したプロセスパラメータ32Dの値を用いて確認として露光を行い、転写された転写像が、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32E)内

50

となっているか否かを判定する（ステップS304）。

【0081】

次に、転写された転写像が所定の範囲（閾値32E）を超えた領域において、プロセスパラメータ32Dの値を調整する（ステップS303）。なお、転写された転写像が所定の範囲（閾値32E）を超えてなかった他の領域については、特に何も調整を行わない。

【0082】

このようにして、プロセスパラメータ32Dの調整を繰り返し実行することにより、ショット領域SH内の全ての領域において、プロセスパラメータ32Dの値を決定することができる。

【0083】

このように、本変形例では、OPCモデルを用いて作成されたマスクレイアウトを有するマスク11を用いる一の露光装置1だけでなく、他の露光装置1においても用いる場合に、他の露光装置1におけるプロセスパラメータ32Dとして、一の露光装置1において既に調整済みのプロセスパラメータ32Dのうち少なくとも露光量およびオートフォーカス値を流用した。これにより、他の露光装置1において露光条件を早期に収束させることができ、他の露光装置におけるATTを格段に向上させることができる。

【0084】

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。

【0085】

例えば、上記各実施の形態等では、露光装置1としてスキャナーを用いる場合について説明していたが、ステッパーを用いることも可能である。

【図面の簡単な説明】

【0086】

【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】乖離量について説明するための一の模式図である。

【図5】乖離量について説明するための他の模式図である。

【図6】本発明の第2の実施の形態に係るOPCモデル作成装置の概略構成図である。

【図7】図6のOPCモデル作成装置におけるOPCモデル作成手順について説明するための流れ図である。

【図8】本発明の第3の実施の形態に係る露光装置調整装置の概略構成図である。

【図9】図8の露光装置調整装置における露光装置調整手順について説明するための流れ図である。

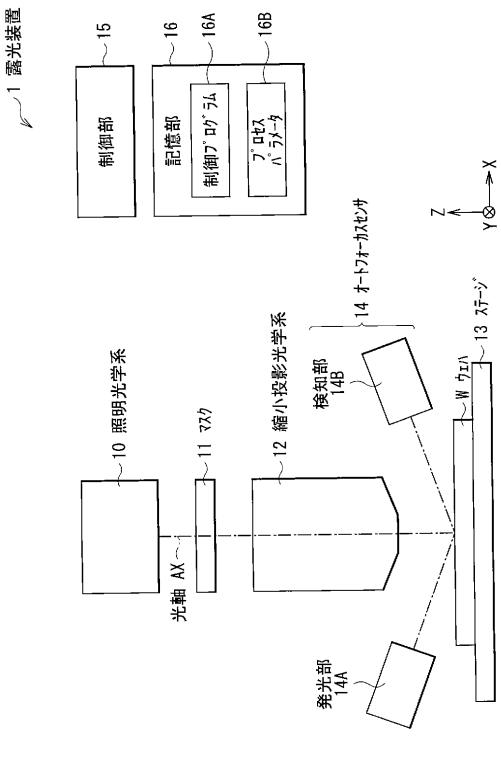
【図10】図9に続く手順について説明するため流れ図である。

【符号の説明】

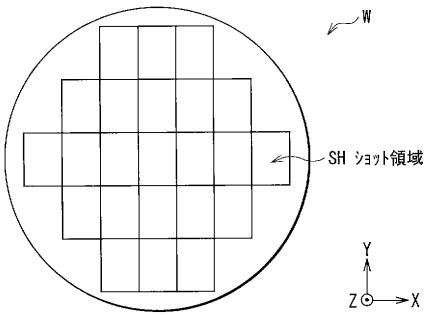
【0087】

1…露光装置、2…OPCモデル作成装置、3…露光装置調整装置、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, 32D…プロセスパラメータ、20, 30…演算部、21, 31…入力部、22A…OPCモデル作成・検証プログラム、22B, 32B…転写シミュレーションプログラム、22C…設計レイアウト、22D…レベリングオフセット、22E…ウェハ表面の位置、22F…参照面の位置、22G…入力パラメータ、22H, 22J, 32A…露光装置調整プログラム、32E…閾値、32C…マスクレイアウト、AF…計測点、L…露光領域、S1…参照面、S2…ウェハ表面、SH…ショット領域、W…ウェハ、D…乖離量。

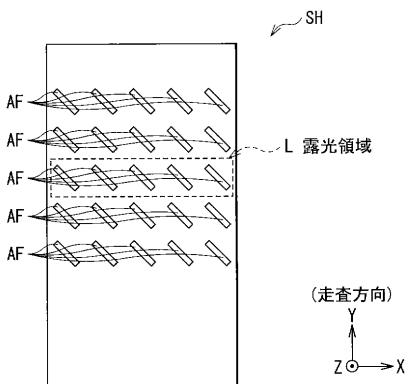
【図 1】



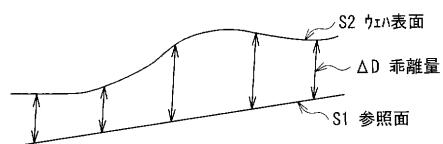
【図 2】



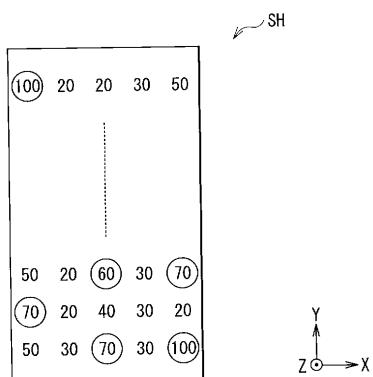
【図 3】



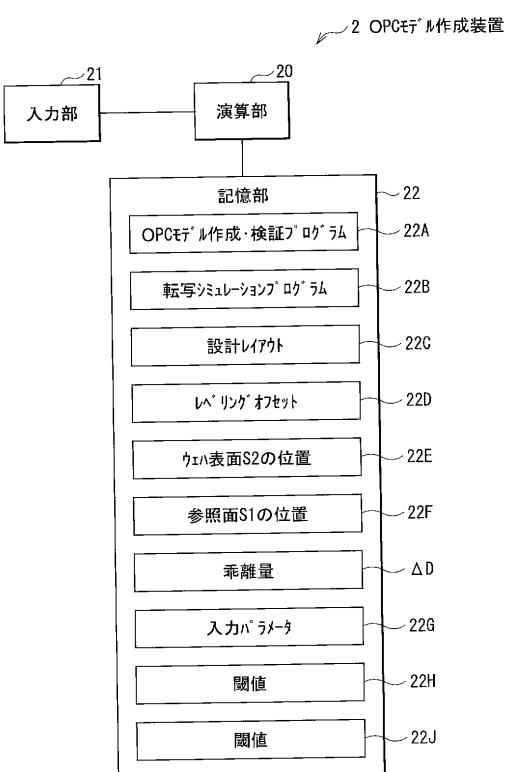
【図 4】



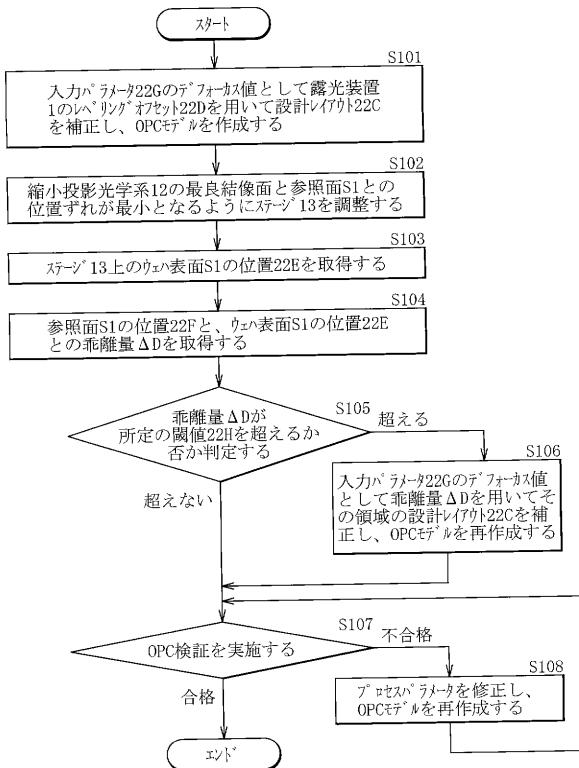
【図 5】



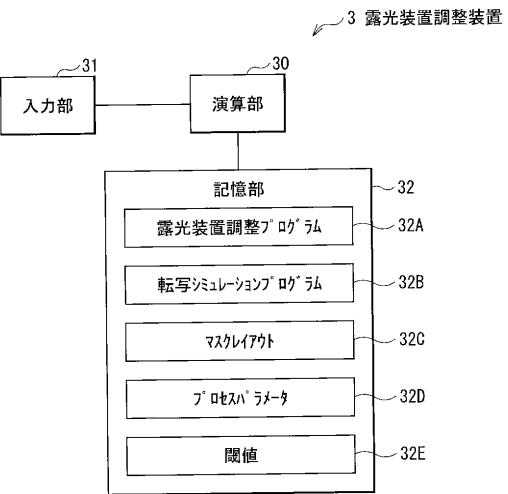
【図 6】



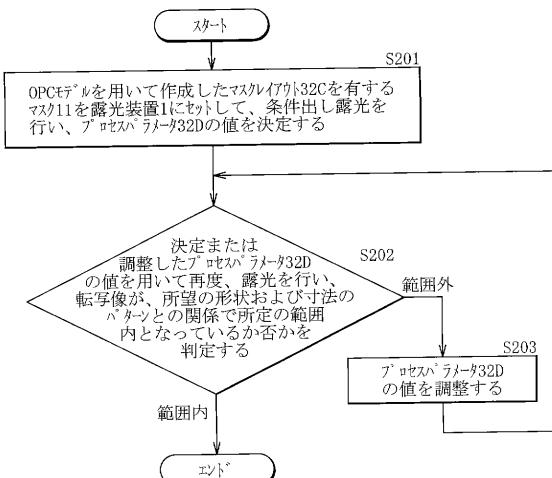
【図7】



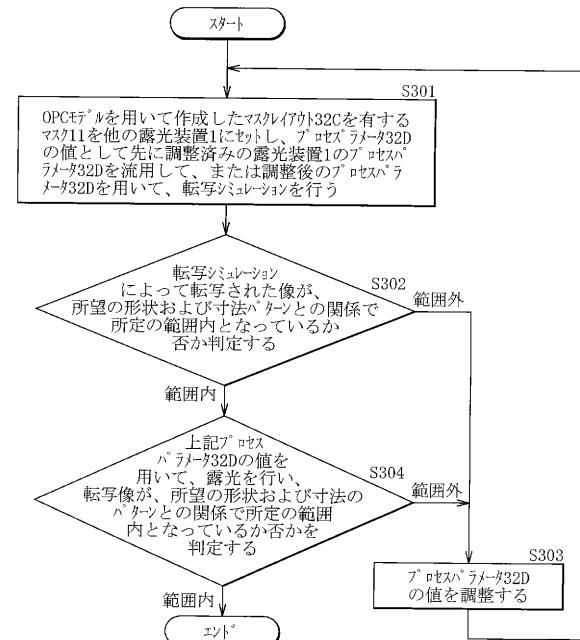
【図8】



【図9】



【図10】



---

フロントページの続き

(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

F ターム(参考) 2H095 BA01 BB01 BB02 BD03 BD23 BE07

5F046 AA25 AA26 BA03 CB17 CC01 DA02 DA05 DA06 DA14 DB04

(54)【発明の名称】O P C (光近接効果補正：Optical Proximity Correction) モデル作成方法、O P C モデル作成プログラム、O P C モデル作成装置、露光装置調整方法、露光装置調整プログラム、露光装置調整装置、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