

(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.	F I	テーマコード (参考)
G03F 1/08 (2006.01)	G03F 1/08 A	2H095
H01L 21/027 (2006.01)	H01L 21/30 516A	5F046
G03F 7/20 (2006.01)	G03F 7/20 521	

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 恭子
 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 薫
 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

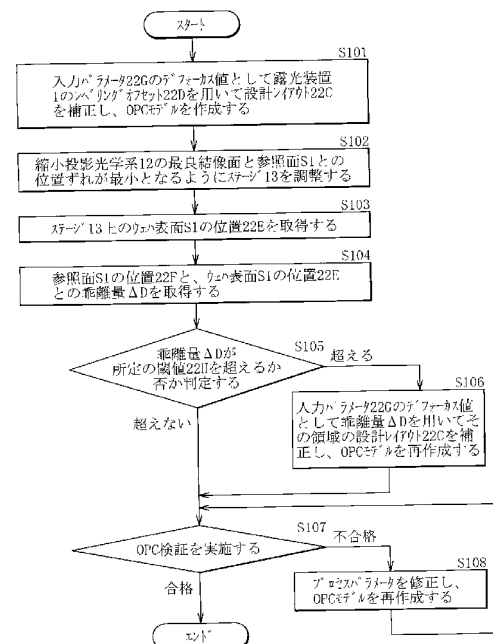
(54) 【発明の名称】 OPC (光近接効果補正: Optical Proximity Correction) モデル作成方法、OPCモデル作成プログラム、OPCモデル作成装置、露光装置調整方法、露光装置調

(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できる可能な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

10

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。

20

【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。

30

【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。

40

【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

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 O P C 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 O P C 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 O P C モデルを作成する

ことを特徴とする請求項 8 に記載の O P C 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 O P C 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 O P C 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 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 8 に記載の O P C 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 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

30

ことを特徴とする請求項 8 に記載の O P C 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 O P C 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 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 O P C モデルを作成する作成部

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 16】

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

10

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

20

ことを特徴とする露光装置調整方法。

【請求項 17】

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 16 に記載の露光装置調整方法。

【請求項 18】

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

30

ことを特徴とする請求項 16 に記載の露光装置調整方法。

【請求項 19】

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、

40

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。

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 O P C モデルを用いて作成されたマスキ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 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キ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キ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 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キ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キ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み、

30

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、

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キ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、

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に転写して半導体装置を製造する製造部を備え、

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、

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OPCモデルを作成する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、OPC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OPC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

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 $0.1\mu\text{m}$ 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 $0.1\mu\text{m}$ 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、近似平面を求めることにより、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、パターン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】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、OPC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・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、OPC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、OPC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、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、OPCモデル作成プログラムおよびOPCモデル作成装置、このOPC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OPC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OPC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OPC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、OPCモデルを作成する。

30

【0009】

本発明のOPC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OPC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。

(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

40

(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、OPCモデルを作成する作成ステップ

【0010】

本発明のOPC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OPC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、OPCモデルを作成する。

10

【0011】

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OPC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OPCモデルを作成することができる。

【0012】

本発明の露光装置調整方法は、以下の(B1)～(B2)の各工程を含むものである。
(B1)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ウェハの表面に転写する転写工程
(B2)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

20

【0013】

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

【0014】

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

【0015】

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、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

50

の 패턴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キレイアウトを有するマスクが用いられている。つまり、マスキ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キ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キ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キ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キ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キ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キ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キ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キ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、マスキ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キ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キ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キ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キ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、マスキ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】

40

[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。

【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

50

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。

【0029】

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。

【0030】

マスク11は、所定のOPC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モデルは、後述のOPC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。

【0031】

縮小投影光学系12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。

【0032】

ステージ13は、図示しないxy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ハWの傾斜とを調整可能になっている。xyステージは、光軸AXを法線とする平面の面内方向(xy方向)へのウェハWの移動を調整可能になっている。

【0033】

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に、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。

【0034】

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AFが設けられている。

【0035】

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、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。

【0036】

10

20

30

40

50

また、この露光装置 1 には、制御部 1 5 および記憶部 1 6 が設けられている。

【0037】

制御部 1 5 は、照明光学系 1 0 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 1 3、オートフォーカスセンサ 1 4、記憶部 1 6 などを制御するためのものである。例えば、制御部 1 5 は、マスクステージを走査方向 (y 軸方向) に移動し、マスク 1 1 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 1 1 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 1 1 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 1 1 と同期してマスク 1 1 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 S H 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 1 2 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 1 5 は、露光時や校正時に、後述の参照面 S 1 と投影光学系 1 2 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 1 2 を制御する。

10

【0038】

記憶部 1 6 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 1 6 A と、この制御プログラムで用いるプロセスパラメータ 1 6 B とを記憶しており、露光装置 1 が駆動される度に制御部 1 6 にロードされるものである。ここで、プロセスパラメータ 1 6 B 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 1 6 B 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 1 1 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 O P C 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、O P C 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 S 1 とウェハ表面 S 2 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 S H 内の各計測地点において 20 nm から 100 nm 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 50 nm) を超える計測地点に丸が付されている。

30

【0041】

また、参照面 S 1 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、露光時には、投影光学系 1 2 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 S 1 は、オートフォーカスセンサ 1 4 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 S 1 を、オートフォーカスセンサ 1 4 を用いることにより計測した場合には、計測点 A F 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 S 1 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 S 2 は、ウェハ W の最表面のことである。このウェハ表面 S 2 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 1 0 からの光束がマスク 1 1 および縮小投影光学系 1 2 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 1 1 に形

50

成されたマスキ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OPCモデル作成方法を用いて、ウェハ表面S2の段差やうねり（つまりショット領域SH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キレイアウトを有するマスク11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16B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、マスキレイアウトをウェハ表面S2に転写することができるので、ウェハ表面S2に段差やうねりがあったとしても、マスキレイアウトをウェハ表面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。

10

【0045】

[第2の実施の形態]

図6は、本実施の形態のOPCモデル作成装置2の概略構成を表したものである。このOPCモデル作成装置2は、上記したマスク11のマスキレイアウトの作成に用いられたOPCモデルを作成す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。

【0046】

演算部20は、後述のOPCモデル作成・検証プログラム22Aおよび転写シミュレーションプログラム22Bを実行するためのものであり、入力部21は、これらOPCモデル作成・検証プログラム22Aおよび転写シミュレーションプログラム22B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22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22C、レベリングオフセット22Dと、ウェハ表面S2の位置22E、参照面S1の位置22F、乖離量D、入力パラメータ22G、閾値22H、22J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22Cとは、集積回路設計データから作成されたものであり、OPCモデル作成・検証プログラム22A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22D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12の最良結像面と、ステージ13上にウェハWを載置したときのウェハ表面S2として仮想的に設定された参照面S1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22Dは、通常は、露光装置1のメー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S2の位置22Eとは、投影光学系12の最良結像面と、ステージ13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上におけるウェハ表面S2の位置を指す。

40

【0051】

参照面S1の位置22Fとは、投影光学系12の最良結像面と、ステージ13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上におけるウェハ表面S2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S1とウェハ表面S2との差分を指す。

【0053】

入力パラメータ22Gとは、上記したOPCモデル作成・検証プログラム22Aおよび転写シミュレーションプログラム22Bに入力するパラメータである。この入力パラメー

50

タ 2 2 G 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。

【 0 0 5 4 】

閾値 2 2 H 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 2 5 % (例えば 5 0 n m) に設定されている。また、閾値 2 2 J は、後述の O P C 検証の際に用いられる閾値であり、マスク 1 1 とプロセスパラメータ 2 2 G 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。

【 0 0 5 5 】

次に、図 7 を参照して、本実施の形態の O P C モデル作成装置 2 における O P C 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 O P C モデル作成装置 2 における O P C モデルを作成する際の流れを表したものである。

【 0 0 5 6 】

まず、入力パラメータ 2 2 G 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 2 2 D を用いて設計レイアウト 2 2 C を補正し、O P C モデルを作成する (ステップ S 1 0 1) 。なお、入力パラメータ 2 2 G 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。

【 0 0 5 7 】

次に、ステージ 1 3 上にウェハ W を載置したのち、縮小投影光学系 1 2 の最良結像面と参照面 S 1 との位置ずれが最小となるようにステージ 1 3 を調整する (ステップ S 1 0 2) 。このとき、ステージ 1 3 の調整には、オートフォーカスセンサ 1 4 を用いる。

【 0 0 5 8 】

次に、ステージ 1 3 上のウェハ表面 S 1 の位置 2 2 E を取得する (ステップ S 1 0 3) 。このとき、ウェハ表面 S 1 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。

【 0 0 5 9 】

次に、参照面 S 1 の位置 2 2 F と、ウェハ表面 S 1 の位置 2 2 E との乖離量 D を取得したのち (ステップ S 1 0 4) 、乖離量 D が所定の閾値 2 2 H を超えるか否かが判定する (ステップ S 1 0 5) 。ここで、乖離量 D として 5 0 n m 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 2 2 H を超えてしまう。

【 0 0 6 0 】

次に、乖離量 D が閾値 2 2 H 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 2 2 G 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 2 2 C を補正し、O P C モデルを再作成する (ステップ S 1 0 6) 。なお、乖離量 D が閾値 2 2 H を超えなかっ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 2 2 D を用いて設計レイアウト 2 2 C を補正することにより O P C モデルが作成されているので、乖離量 D が閾値 2 2 H を超えなかった他の計測地点に対しては、特に何も補正を行わない。

【 0 0 6 1 】

次に、O P C 検証を実施する (ステップ S 1 0 7) 。具体的には、上記の各工程を経て作成された O P C 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 S 2 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を、入力パラメータ 2 2 G 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 2 2 J 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、O P C モデルを再作成する (ステップ S 1 0 8) 。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 2 2 G 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。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 2 】

このようにして、O P C 検証を繰り返し実行することにより、ウェハ表面 S 2 の段差やうねりを考慮した O P C モデルが作成される。

【 0 0 6 3 】

本実施の形態では、最良結像面と参照面 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 1 3 上のウェハ表面 S 2 の位置 2 2 E と、参照面 S 1 の位置 2 2 F との乖離量 D が所定の閾値 2 2 H を超える場合には、入力パラメータ 2 2 G 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 2 2 C 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 S 1 との位置ずれが最小となるようにステージ 1 3 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。その結果、O P C モデルや露光条件を早期に収束させることができる。

10

【 0 0 6 4 】

[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 O P C モデル作成装置 2 によって作成された 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 1 1 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 3 0、入力部 3 1 および記憶部 3 2 を備えている。

【 0 0 6 5 】

演算部 2 0 は、後述の露光装置調整プログラム 3 2 A および転写シミュレーションプログラム 3 2 B を実行するためのものであり、入力部 2 1 は、これら露光装置調整プログラム 3 2 A および転写シミュレーションプログラム 3 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

【 0 0 6 6 】

記憶部 3 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、マスクレイアウト 3 2 C、プロセスパラメータ 3 3 C、閾値 3 2 D などあらかじめ記憶している。

【 0 0 6 7 】

ここで、マスクレイアウト 3 2 C は、上記した O P C モデル作成装置 2 によって作成された O P C モデルを用いて作成されたものであり、ウェハ表面 S 2 の段差やうねりが既に考慮されたものである。

30

【 0 0 6 8 】

プロセスパラメータ 3 3 C とは、上記した露光装置調整プログラム 3 2 A および転写シミュレーションプログラム 3 2 B に入力するパラメータであり、露光装置調整プログラム 3 2 A 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 3 3 C は、マスク 1 1 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 3 3 C 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。

【 0 0 6 9 】

ここで、乖離量 D が閾値 2 2 H を超える箇所（計測地点）においては、プロセスパラメータ 3 3 C 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 2 2 H 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 3 3 C 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

【 0 0 7 0 】

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。

【 0 0 7 1 】

まず、O P C モデルを用いて作成したマスクレイアウト 3 2 C を有するマスク 1 1 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 3 2 D の値を決定する（ステップ S 2 0 1）。なお、条件出し露光の際には、プロセスパラメータ 3 2 D として、あらかじめ決められた初期値が用いられる。

【 0 0 7 2 】

次に、決定したプロセスパラメータ 3 2 D 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 3 2 E）内となっているか否かを判定する（ステップ S 2 0 2）。

【 0 0 7 3 】

次に、転写された転写像が所定の範囲（閾値 3 2 E）を超えた領域において、プロセスパラメータ 3 2 D の値を調整する（ステップ S 2 0 3）。なお、転写された転写像が所定の範囲（閾値 3 2 E）を超え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

【 0 0 7 4 】

このようにして、プロセスパラメータ 3 2 D の調整を繰り返し実行することにより、ショット領域 S H 内の全ての領域において、プロセスパラメータ 3 2 D の値を決定することができる。

【 0 0 7 5 】

本実施の形態では、上記した O P C モデル作成装置 2 によって作成された 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 S 2 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 3 2 D 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 S 2 に段差やうねりがあったとしても、プロセスパラメータ 3 2 D 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

【 0 0 7 6 】

[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 3 2 D 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 3 2 D 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 1 1 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 3 2 D 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 3 2 D の一部を流用するようにしてもよい。

30

【 0 0 7 7 】

具体的には、まず、図 1 0 に示したように、O P C モデルを用いて作成したマスクレイアウト 3 2 C を有するマスク 1 1 を他の露光装置 1 にセットし、プロセスパラメータ 3 2 D 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 3 2 D を流用して転写シミュレーションを行う（ステップ S 3 0 1）。このとき、他の露光装置 1 のプロセスパラメータ 3 3 C 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。

【 0 0 7 8 】

次に、マスク 1 1 を用いてマスクレイアウトをウェハ表面 S 2 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を、プロセスパラメータ 3 2 D 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 3 2 E）内となっているか否かを判定する（ステップ S 3 0 2）。

40

【 0 0 7 9 】

その結果、転写像が閾値 3 2 E を超えた場合には、閾値 3 2 E を超えた領域において、プロセスパラメータ 3 2 D の値を調整したのち（ステップ S 3 0 3）、再度、転写シミュレーションを行う（ステップ S 3 0 1）。なお、転写された転写像が所定の範囲（閾値 3 2 E）を超えなかった他の領域については、特に何も調整を行わない。

【 0 0 8 0 】

次に、決定したプロセスパラメータ 3 2 D 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 3 2 E）内

50

となっているか否かを判定する（ステップ S 3 0 4）。

【 0 0 8 1 】

次に、転写された転写像が所定の範囲（閾値 3 2 E）を超えた領域において、プロセスパラメータ 3 2 D の値を調整する（ステップ S 3 0 3）。なお、転写された転写像が所定の範囲（閾値 3 2 E）を超えなかった他の領域については、特に何も調整を行わない。

【 0 0 8 2 】

このようにして、プロセスパラメータ 3 2 D の調整を繰り返し実行することにより、ショット領域 S H 内の全ての領域において、プロセスパラメータ 3 2 D の値を決定することができる。

【 0 0 8 3 】

このように、本変形例では、O P C モデルを用いて作成されたマスキレイアウトを有するマスク 1 1 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 3 2 D 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 3 2 D のうち少なくとも露光量およびデ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 T A T を格段に向上させることができる。

【 0 0 8 4 】

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。

【 0 0 8 5 】

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】

【 0 0 8 6 】

【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 O P C モデル作成装置の概略構成図である。

【図 7】図 6 の O P C モデル作成装置における O P C 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 1 0】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】

【 0 0 8 7 】

1 ... 露光装置、2 ... O P C モデル作成装置、3 ... 露光装置調整装置、1 0 ... 照明光学系、1 1 ... マスク、1 2 ... 縮小投影光学系、1 3 ... ステージ、1 4 ... オートフォーカスセンサ、1 4 A ... 発光部、1 4 B ... 検知部、1 5 ... 制御部、1 6 , 2 2 , 3 2 ... 記憶部、1 6 A ... 制御プログラム、1 6 B , 3 2 D ... プロセスパラメータ、2 0 , 3 0 ... 演算部、2 1 , 3 1 ... 入力部、2 2 A ... O P C モデル作成・検証プログラム、2 2 B , 3 2 B ... 転写シミュレーションプログラム、2 2 C ... 設計レイアウト、2 2 D ... レベリングオフセット、2 2 E ... ウェハ表面の位置、2 2 F ... 参照面の位置、2 2 G ... 入力パラメータ、2 2 H , 2 2 J , 3 2 A ... 露光装置調整プログラム、3 2 E ... 閾値、3 2 C ... マスキレイアウト、A F ... 計測点、L ... 露光領域、S 1 ... 参照面、S 2 ... ウェハ表面、S H ... ショット領域、W ... ウェハ、D ... 乖離量。

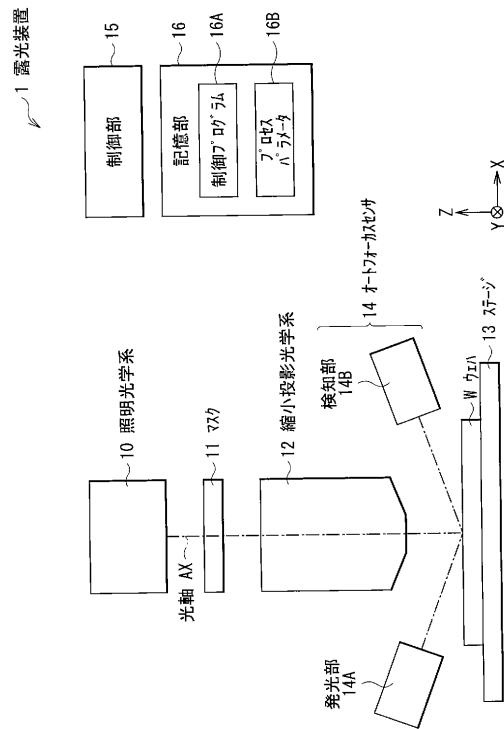
10

20

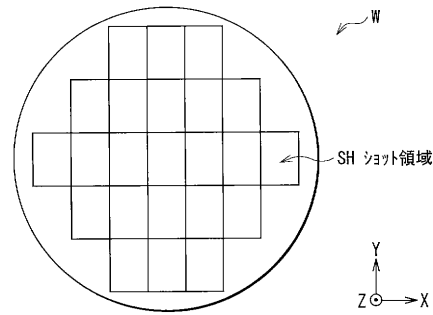
30

40

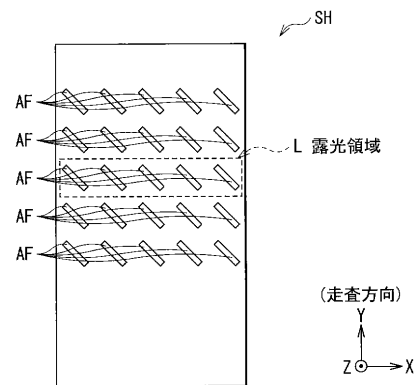
【図 1】



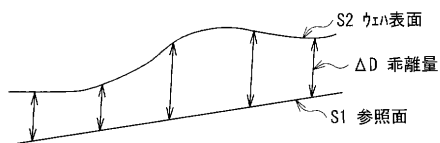
【図 2】



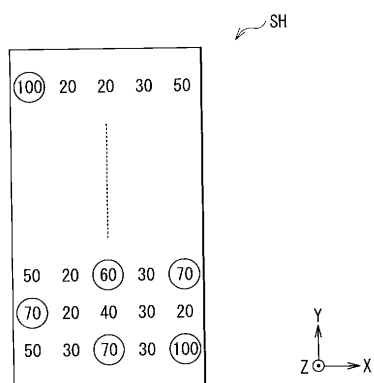
【図 3】



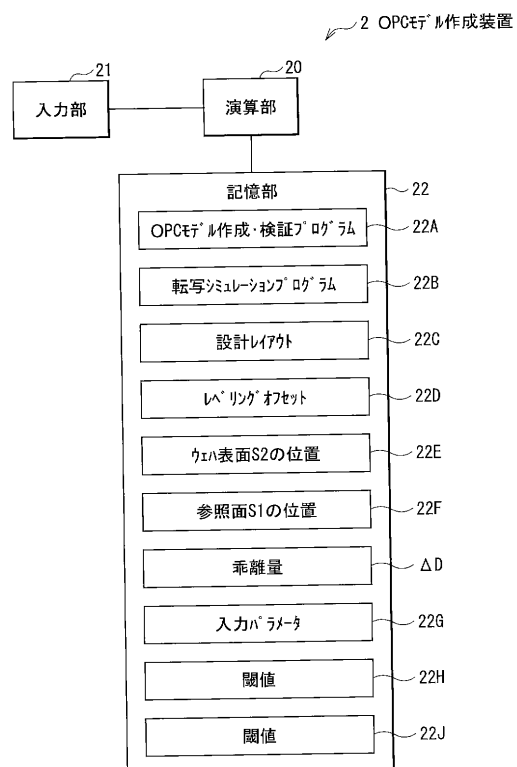
【図 4】



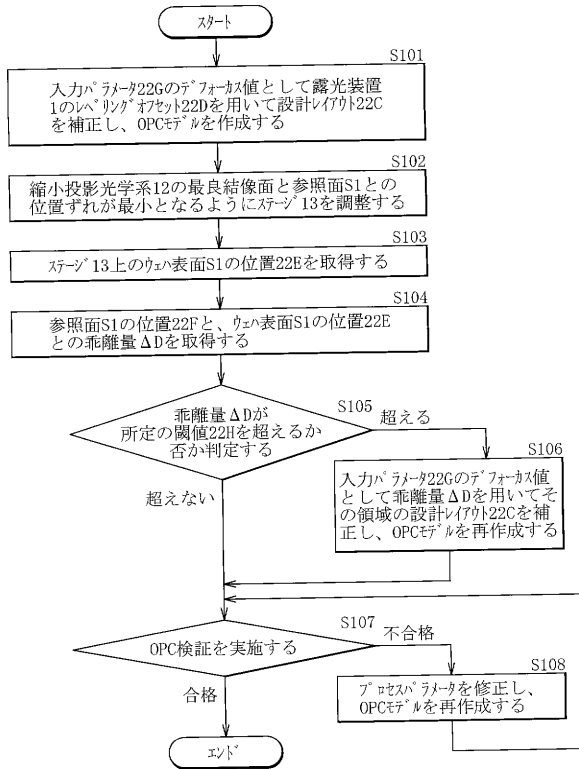
【図 5】



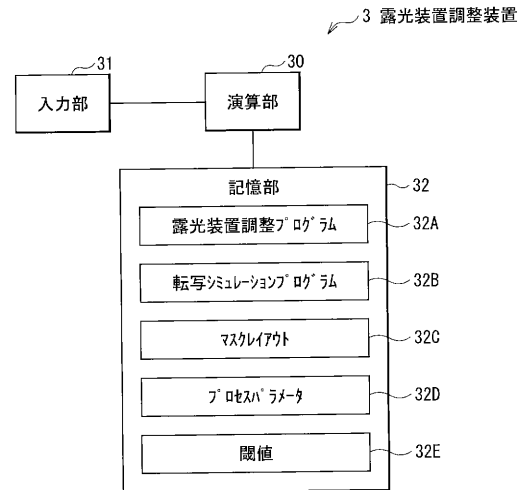
【図 6】



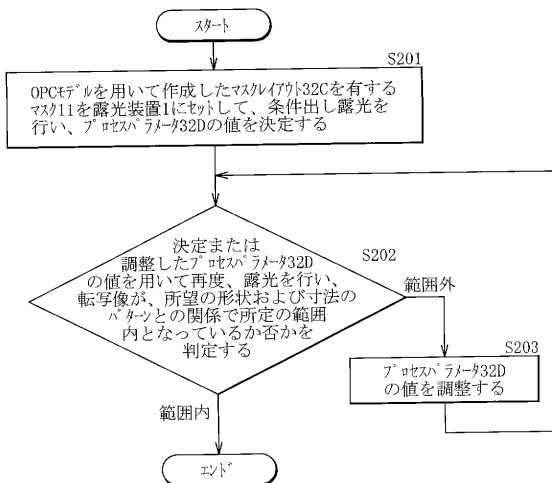
【図 7】



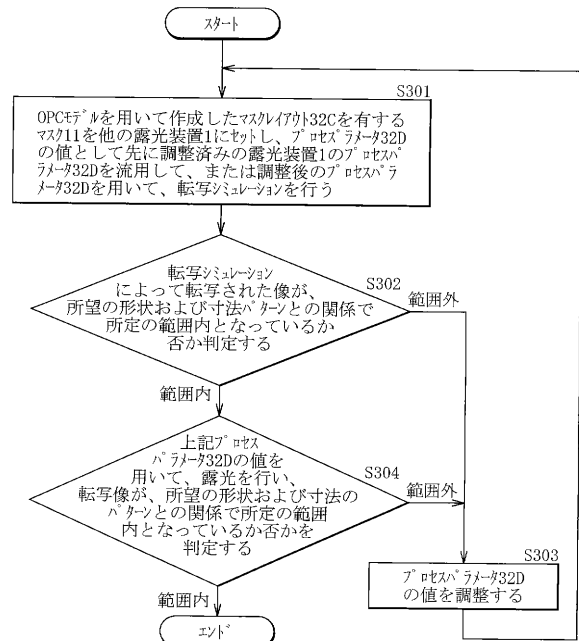
【図 8】



【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】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