

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6489999号
(P6489999)

(45) 発行日 平成31年3月27日(2019.3.27)

(24) 登録日 平成31年3月8日(2019.3.8)

(51) Int.Cl.		F I			
G03F	9/00	(2006.01)	G03F	9/00	H
G03F	7/20	(2006.01)	G03F	7/20	521
H01L	21/027	(2006.01)	G03F	7/20	501
B29C	59/02	(2006.01)	H01L	21/30	502D
			B29C	59/02	Z

請求項の数 4 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2015-226578 (P2015-226578)
 (22) 出願日 平成27年11月19日(2015.11.19)
 (65) 公開番号 特開2017-97056 (P2017-97056A)
 (43) 公開日 平成29年6月1日(2017.6.1)
 審査請求日 平成30年2月6日(2018.2.6)

(73) 特許権者 318010018
 東芝メモリ株式会社
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (74) 代理人 110002147
 特許業務法人酒井国際特許事務所
 (72) 発明者 高桑 真歩
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
 東芝内
 審査官 田口 孝明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 位置合わせ方法およびパターン形成システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ウェハのデバイス領域にかかる応力に基づいて前記デバイス領域の所定点の位置ずれを算出し、

前記所定点の位置ずれに基づいて、前記デバイス領域のリソグラフィ工程における露光条件を補正し、

前記リソグラフィ工程前に第1重ね合わせ検査マークを前記ウェハ上に形成し、

前記デバイス領域にかかる応力に基づいて前記第1重ね合わせ検査マークの第1の位置ずれを算出し、

前記リソグラフィ工程で前記ウェハ上に形成された第2重ね合わせ検査マークと前記第1重ね合わせ検査マークとの間の第2の位置ずれを計測し、

前記第1の位置ずれと前記第2の位置ずれに基づいて、前記第2の位置ずれを評価する位置合わせ方法。

【請求項2】

前記デバイス領域にかかる応力に基づいて前記デバイス領域のパターンの変形量または歪量を算出し、

前記パターンの変形量または歪量に基づいて、前記デバイス領域のリソグラフィ工程における露光条件を補正する請求項1に記載の位置合わせ方法。

【請求項3】

前記デバイス領域内で所定値以上の応力が発生する局所領域ごとにXY座標を設定し、

10

20

前記 X Y 座標ごとに前記露光条件のパラメータを算出する請求項 1 または 2 に記載の位置合わせ方法。

【請求項 4】

ウェハ上のデバイス領域にパターンを形成するパターニング装置と、
前記ウェハ上の重ね合わせ検査マークの合わせずれを検査する合わせずれ検査装置と、
前記パターニング装置および前記合わせずれ検査装置に接続されるホストコンピュータとを備え、

前記ホストコンピュータは、前記デバイス領域にかかる応力に基づいて、前記デバイス領域の所定点の位置ずれおよび前記重ね合わせ検査マークの位置ずれを算出する位置ずれ算出部と、

10

前記デバイス領域の所定点の位置ずれおよび前記重ね合わせ検査マークの位置ずれに基づいて、前記デバイス領域のパターニング工程における制御パラメータの補正値を算出する補正値算出部とを備え、

前記パターニング装置は、
前記補正値に基づいて、前記デバイス領域のパターニング工程における制御パラメータを設定する位置ずれ補償部を備えるパターン形成システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、位置合わせ方法、パターン形成システムおよび露光装置に関する。

20

【背景技術】

【0002】

フォトリソグラフィ工程におけるパターン間の位置合わせにおいて、位置合わせ先のパターンの応力に起因する位置ずれにより、位置合わせ精度の低下を招くことがあった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2015 - 43452 号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明の一つの実施形態は、位置合わせ先のパターンの応力に起因する位置合わせ精度の低下を補償することが可能な位置合わせ方法、パターン形成システムおよび露光装置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】

【0005】

本発明の一つの実施形態によれば、ウェハのデバイス領域にかかる応力に基づいて前記デバイス領域の所定点の位置ずれを算出し、前記所定点の位置ずれに基づいて、前記デバイス領域のリソグラフィ工程における露光条件を補正し、前記リソグラフィ工程前に第 1 重ね合わせ検査マークを前記ウェハ上に形成し、前記デバイス領域にかかる応力に基づいて前記第 1 重ね合わせ検査マークの第 1 の位置ずれを算出し、前記リソグラフィ工程で前記ウェハ上に形成された第 2 重ね合わせ検査マークと前記第 1 重ね合わせ検査マークとの間の第 2 の位置ずれを計測し、前記第 1 の位置ずれと前記第 2 の位置ずれに基づいて、前記第 2 の位置ずれを評価する。

40

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図 1】図 1 は、第 1 実施形態に係るパターン形成システムの概略構成を示すブロック図である。

【図 2】図 2 (a) は、第 2 実施形態に係るパターン形成システムが適用されるショット

50

領域の配置例を示す平面図、図2(b)は、図2(a)のショット領域に配置されるチップ領域の配置例を示す平面図、図2(c)は、図2(b)のチップ領域に配置されるデバイス領域の配置例を示す平面図である。

【図3】図3(a)は、図1のパターン形成システムに適用される露光装置の概略構成を示す斜視図、図3(b)は、図3(a)のアライメント検出系で検出されるアライメントマークの一例を示す平面図である。

【図4】図4(a)は、図1のパターン形成システムに適用される合わせずれ検査装置の概略構成を示すブロック図、図4(b)は、図4(a)の撮像素子で検出される位置ずれ検査マークの一例を示す平面図である。

【図5】図5は、図2(c)のデバイス領域にかかる応力と位置ずれとの関係の一例を示す平面図である。

10

【図6】図6(a1)、図6(a2)、図6(b1)および図6(b2)は、図1のパターン形成システムで実現される位置合わせ方法を適用したパターン形成方法を示す断面図である。

【図7】図7(a1)、図7(a2)、図7(b1)および図7(b2)は、図1のパターン形成システムで実現される位置合わせ方法を適用したパターン形成方法を示す断面図である。

【図8】図8は、露光条件のパラメータで調整可能なx-y座標のx軸方向の位置ずれを示す図である。

【図9】図9は、露光条件のパラメータで調整可能なx-y座標のy軸方向の位置ずれを示す図である。

20

【図10】図10は、第3実施形態に係る位置合わせ方法のショット領域における応力と位置ずれとの関係の一例を示す平面図である。

【図11】図11は、第4実施形態に係る位置合わせ方法を示すフローチャートである。

【図12】図12は、第5実施形態に係るパターン形成システムの概略構成を示すブロック図である。

【図13】図13(a)は、第6実施形態に係る位置合わせ方法が適用されるデバイス領域における応力と位置ずれとの関係の一例を示す平面図、図13(b)は、露光光のスキヤン時におけるウェハステージの制御方法を示す図である。

【図14】図14(a)は、第7実施形態に係る位置合わせ方法が適用されるデバイス領域における応力と位置ずれとの関係の一例を示す平面図、図14(b)は、図14(a)のデバイスパターンの位置ずれと変形との関係を示す平面図、図14(c)は、露光光のスキヤン時におけるウェハステージの制御方法を示す図である。

30

【図15】図15は、第8実施形態に係る位置ずれ補償部のハードウェア構成を示すブロック図である。

【図16】図16は、第9実施形態に係るパターン形成システムの概略構成を示すブロック図である。

【図17】図17は、図16のパターン形成システムに適用される露光装置の概略構成を示す斜視図である。

【図18】図18(a)は、図17の露光装置に適用されるレチクルの構成の一例を示す平面図、図18(b)は、図17の露光装置に適用されるレチクルの構成のその他の例を示す平面図である。

40

【図19】図19は、第10実施形態に係る露光装置の概略構成を示す斜視図である。

【図20】図20は、第11実施形態に係るインプリント装置の概略構成を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下に添付図面を参照して、実施形態に係る位置合わせ方法、パターン形成システムおよび露光装置を詳細に説明する。なお、これらの実施形態により本発明が限定されるものではない。

50

【 0 0 0 8 】

(第1実施形態)

図1は、第1実施形態に係るパターン形成システムの概略構成を示すブロック図である。

図1において、パターン形成システムには、表面形状計測装置1、パターニング装置2、合わせずれ検査装置3およびホストコンピュータ4が設けられている。表面形状計測装置1、パターニング装置2および合わせずれ検査装置3はホストコンピュータ4とデータ通信可能である。表面形状計測装置1からパターニング装置2にウェハを搬送可能であるとともに、パターニング装置2から合わせずれ検査装置3にウェハを搬送可能である。パターニング装置2には、位置ずれ補償部2Aが設けられている。なお、パターニング装置2は露光装置であってもよいし、ナノインプリント装置であってもよい。ホストコンピュータ4には、応力算出部4A、位置ずれ算出部4Bおよび補正值算出部4Cが設けられている。

10

【 0 0 0 9 】

表面形状計測装置1は、デバイスが形成されるウェハの表面形状を計測する。ウェハの表面形状は、ウェハの表面の高さ分布であってもよい。あるいは、ウェハの表面形状は、ウェハの表面のナノトポグラフィであってもよい。この表面形状の計測では、例えば、シャリング干渉法を用いるようにしてもよいし、フィゾー干渉法やマッハツェンダ干渉法を用いるようにしてもよいし、原子間力表面形状測定法を用いるようにしてもよいし、これらの測定法を組み合わせてもよい。

20

【 0 0 1 0 】

ウェハの材料は、Siなどの半導体を用いることができる。デバイスは、例えば、メモリであってもよいし、ロジック回路であってもよいし、プロセッサであってもよいし、アナログ回路であってもよい。メモリは、DRAMまたはSRAMなどの揮発性半導体メモリであってもよいし、NANDフラッシュメモリ、MRAM(Magnetoresistive Random Access Memory)、PCRAM(Phase Change Random Access Memory)またはRRAM(登録商標)(resistance random access memory)などの不揮発性半導体メモリであってもよい。この時、ウェハ上には、絶縁膜、金属膜あるいは半導体膜が形成されていてもよい。絶縁膜は、例えば、SiO₂またはSiNなどを用いることができる。金属膜は、例えば、Al、CuまたはWなどを用いることができる。半導体膜は、多結晶シリコンまたはアモルファスシリコンなどを用いることができる。また、ウェハ上にはデバイスパターンが形成されていてもよい。このデバイスパターンは、例えば、配線パターンであってもよいし、電極パターンであってもよいし、ホールパターンであってもよいし、トレンチパターンであってもよいし、スリットパターンであってもよい。

30

【 0 0 1 1 】

パターニング装置2は、ウェハ上のデバイス領域にパターンを形成する。合わせずれ検査装置3は、ウェハ上の重ね合わせ検査マークの合わせずれを検査する。応力算出部4Aは、ウェハの表面形状に基づいてウェハのデバイス領域にかかる応力を算出する。位置ずれ算出部4Bは、ウェハのデバイス領域にかかる応力に基づいて、デバイス領域の所定点の位置ずれを算出する。この所定点は、デバイス領域にメッシュ状に設定された格子点であってもよい。ただし、位置合わせ先のデバイスパターンがない個所に位置ずれが発生しても、その個所の位置ずれは、位置合わせ先のデバイスパターンに対する位置合わせ精度に関係を及ぼすことはない。このため、この所定点は、デバイス領域のデバイスパターン上に設定してもよいし、デバイス領域のパターンの輪郭に沿って設定するようにしてもよい。補正值算出部4Cは、デバイス領域の所定点の位置ずれに基づいて、デバイス領域のパターニング工程における制御パラメータの補正值を算出する。なお、パターニング装置2の制御パラメータは、位置合わせ先のデバイスパターンがウェハ上に形成されている時に、位置合わせ元のデバイスパターンをパターニングするマスクパターンの形成位置や変形や歪を制御することができる。このマスクパターンは、露光装置ではレジストパターン

40

50

を用いることができ、ナノインプリント装置ではインプリントパターンを用いることができる。この時、ウェハ上での位置合わせ先のデバイスパターンと位置合わせ元のデバイスパターンとの位置関係が設計レイアウトデータで規定されている時に、位置合わせ先のデバイスパターンに位置ずれが発生しても、それらの設計レイアウトデータの位置関係に適合するように、パターニング装置 2 の制御パラメータを補正することができる。位置ずれ補償部 2 A は、補正值算出部 4 C で算出された補正值に基づいて、前記デバイス領域のパターニング工程における制御パラメータを設定する。この制御パラメータは、露光装置では露光条件を設定することができ、インプリント装置ではテンプレート 6 2 の押当位置を設定することができる。例えば、ウェハのデバイス領域にかかる応力に起因して位置合わせ先のデバイスパターンに位置ずれが発生している時は、その位置ずれに応じて位置合わせ元のデバイスパターンを転写するマスクパターンの形成位置を補正することができる。また、ウェハのデバイス領域にかかる応力に起因して位置合わせ先のデバイスパターンに変形や歪が発生している時は、その変形や歪に応じて位置合わせ元のデバイスパターンを転写するマスクパターンの変形や歪を設定することができる。

10

【 0 0 1 2 】

そして、位置合わせ先のデバイスパターンがウェハ上に形成されると、表面形状計測装置 1 にてウェハの表面形状が計測され、その計測結果が応力算出部 4 A に送られる。応力算出部 4 A では、表面形状計測装置 1 から送られた計測結果に基づいてウェハのデバイス領域にかかる応力が算出され、その算出結果が位置ずれ算出部 4 B に送られる。位置ずれ算出部 4 B では、応力算出部 4 A から送られた算出結果に基づいて、デバイス領域の所定

20

【 0 0 1 3 】

点の位置ずれが算出され、補正值算出部 4 C に送られる。補正值算出部 4 C では、位置ずれ算出部 4 B から送られた算出結果に基づいて、パターニング装置 2 の制御パラメータが算出され、位置ずれ補償部 2 A に送られる。位置ずれ補償部 2 A では、補正值算出部 4 C から送られた補正值に基づいてパターニング装置 2 の制御パラメータが設定される。

また、表面形状が計測されたウェハは表面形状計測装置 1 からパターニング装置 2 に搬送される。そして、パターニング装置 2 において、位置合わせ先のデバイスパターンが形成されたウェハ上に位置合わせ元のデバイスパターンを転写するマスクパターンが形成され、合わせずれ検査装置 3 に搬送される。合わせずれ検査装置 3 では、位置合わせ先のデバイスパターンと位置合わせ元のデバイスパターンを転写するマスクパターンとの合わせ

30

【 0 0 1 4 】

このように、上述した第 1 実施形態では、ウェハのデバイス領域にかかる応力に起因する位置ずれに基づいてパターニング装置 2 の制御パラメータを設定することができる。これにより、ウェハ上に形成されるデバイスの積層化などに伴ってデバイス領域にかかる応力が増大し、その応力に起因するデバイスパターンの位置ずれが発生する場合においても、デバイスパターン間の位置合わせ精度を向上させることができる。

【 0 0 1 5 】

(第 2 実施形態)

以下、図 1 のパターニング装置 2 として、スキャン&リピート方式に対応した投影露光装置が用いられ、ウェハ上に 3 次元 NAND フラッシュメモリを形成する場合を例にとって詳細に説明する。

40

【 0 0 1 6 】

図 2 (a) は、第 2 実施形態に係るパターン形成システムが適用されるショット領域の配置例を示す平面図、図 2 (b) は、図 2 (a) のショット領域に配置されるチップ領域の配置例を示す平面図、図 2 (c) は、図 2 (b) のチップ領域に配置されるデバイス領域の配置例を示す平面図である。

【 0 0 1 7 】

50

図2(a)において、ウェハWにはショット領域SHが設定される。ショット領域SHは、投影露光装置に用いられるレチクルの投影範囲に対応させることができる。この時、ウェハW上の全てのショット領域SHが順次スキャンされるように、投影露光装置のスキャン方向DSを設定することができる。

また、図2(b)に示すように、各ショット領域SHにはチップ領域RPが配置されている。各ショット領域SHの周囲には、アライメントマークMA1および重ね合わせ検査マークMP1が配置されている。各ショット領域SHの周囲には、アライメントマークMA1および重ね合わせ検査マークMP1をそれぞれ複数個配置することができる。なお、図2(b)では、1つのショット領域SHに6つのチップ領域RPが配置された場合を例にとったが、1つのショット領域SHに配置されるチップ領域RPの個数はいくつでもよい。

10

また、図2(c)に示すように、各チップ領域RPには、デバイス領域RVが設けられている。デバイス領域RVには、メモリセルアレイ領域RA、ロウデコード領域LDおよびセンスアンプ領域SAが設けられている。メモリセルアレイ領域RAでは、メモリセルを3次元的に配置することができる。デバイス領域RVの周囲には、パッド領域PDが設けられている。

【0018】

図3(a)は、図1のパターン形成システムに適用される露光装置の概略構成を示す斜視図、図3(b)は、図3(a)のアライメント検出系で検出されるアライメントマークの一例を示す平面図である。

20

図3(a)において、露光装置には、露光光LXを出射する光源11、露光光LXをレチクル14に照射する照明レンズ12、露光光LXをスリット状に整形するスリット板13、レチクル14を通過した露光光LXをウェハW上に投影する投影光学系15およびウェハWを載せるステージ16が設けられている。スリット板13にはスリット13Aが設けられている。ステージ16上には、ウェハWを吸着するチャック17が設けられている。ウェハW上にはレジスト膜Rが塗布されている。レジスト膜Rが塗布される前のウェハW上にはアライメントマークMA1が形成されている。レチクル14にはアライメントマークMA2が形成されている。ステージ16は、x軸方向、y軸方向およびz軸方向に移動させることができる。また、ステージ16は、1方向に回転させたり、2方向または3方向に傾けたりすることができる。投影光学系15は、ウェハW上に投影される投影像の倍率を変化させることができる。露光光LXは、例えば、紫外光を用いることができる。

30

【0019】

また、露光装置には、アライメントマークMA1、MA2を観察する非露光光LNを反射させる反射系19およびアライメントマークMA1、MA2を検出するアライメント検出系20が設けられている。非露光光LNは、例えば、可視光または赤外光を用いることができる。

さらに、露光装置には、ウェハW上のレジスト膜Rを露光制御する露光制御部18が設けられている。露光制御部18には、位置合わせ部18A、スキャン制御部18Bおよび位置ずれ補償部18Cが設けられている。位置合わせ部18Aは、アライメントマークMA1、MA2の検出位置に基づいて、レチクル14とショット領域SHとの位置合わせを行う。スキャン制御部18Bは、レチクル14およびステージ16のスキャン制御を行う。この時、スキャン&リピート方式では、レチクル14のスキャンSC1およびステージ16のスキャンSC2を同期させることができる。位置ずれ補償部18Cは、デバイス領域RVの所定点の位置ずれに基づいて、デバイス領域RVの露光制御を行う。この時、デバイス領域RVの所定点の位置ずれに基づいてデバイス領域RVの露光条件のパラメータを補正することができる。この露光条件は、レチクル14に対するステージ16のスキャン速度、レチクル14に対するステージ16の傾き、レチクル14に対するステージ16の回転角およびウェハW上に投影される投影像の倍率のうちの少なくともいずれか1つから選択することができる。

40

50

【 0 0 2 0 】

図 4 (a) は、図 1 のパターン形成システムに適用される合わせずれ検査装置の概略構成を示すブロック図、図 4 (b) は、図 4 (a) の撮像素子で検出される位置ずれ検査マークの一例を示す平面図である。

図 4 (a) において、合わせずれ検査装置 3 には、光源 3 1、照明レンズ 3 2、ハーフミラー 3 3、対物レンズ 3 4、結像レンズ 3 5、撮像素子 3 6、画像処理装置 3 7、演算処理装置 3 8 およびステージ 3 9 が設けられている。光源 3 1 は、ウェハ W を照明する照明光を発生する。照明光の波長は可視領域または赤外領域に設定することができる。照明レンズ 3 2 は、光源 3 1 から放射された照明光を集光させる。ハーフミラー 3 3 は、ウェハ W から放射された照明光を反射させたり、ウェハ W から反射された反射光を透過させたりする。対物レンズ 3 4 は、照明光をウェハ W 上に集光させる。結像レンズ 3 5 は、撮像素子 3 6 の撮像面に照明光を集光させる。撮像素子 3 6 は、ウェハ W 上の重ね合わせ検査マーク MP 1、MP 2 を撮像する。撮像素子 3 6 は、CCD であってもよいし、CMOS イメージセンサであってもよい。画像処理装置 3 7 は、撮像素子 3 6 で撮像された撮像画像を画像処理する。演算処理装置 3 8 は、撮像素子 3 6 で撮像された撮像画像に基づいて、重ね合わせ検査マーク MP 1、MP 2 の合わせずれ量を算出する。ステージ 3 9 はウェハ W を保持することができる。ウェハ W 上にはレジスト膜 R が形成されている。ウェハ W には、重ね合わせ検査マーク MP 1 が形成されている。レジスト膜 R には、重ね合わせ検査マーク MP 2 が形成されている。

10

【 0 0 2 1 】

図 5 は、図 2 (c) のデバイス領域にかかる応力と位置ずれとの関係の一例を示す平面図である。

図 5 において、ショット領域 SH にはチップ領域 RP ごとにデバイス領域 RV 1 ~ RV 6 が設けられている。この時、各デバイス領域 RV 1 ~ RV 6 には、応力 FS 1 ~ FS 6 がそれぞれ集中する局所領域 RL 1 ~ RL 6 が発生しているものとする。各局所領域 RL 1 ~ RL 6 は、例えば、図 2 (c) のメモリセルアレイ領域 RA に対応することができる。各局所領域 RL 1 ~ RL 6 では、応力 FS 1 ~ FS 6 にそれぞれ起因してデバイスパターンの位置ずれ PA 1 ~ PA 6 が発生しているものとする。局所領域 RL 1 ~ RL 6 は、所定値以上の位置ずれ PA 1 ~ PA 6 をそれぞれ引き起こす応力 FS 1 ~ FS 6 が発生する範囲に限定することができる。

20

30

【 0 0 2 2 】

図 6 (a 1)、図 6 (a 2)、図 6 (b 1)、図 6 (b 2)、図 7 (a 1)、図 7 (a 2)、図 7 (b 1) および図 7 (b 2) は、図 1 のパターン形成システムで実現される位置合わせ方法を適用したパターン形成方法を示す断面図である。なお、図 6 (a 1)、図 6 (b 1)、図 7 (a 1) および図 7 (b 1) は、図 2 (c) のメモリセルアレイ領域 RA に形成されるデバイスの一例を示す。図 6 (a 2)、図 6 (b 2)、図 7 (a 2) および図 7 (b 2) は、図 2 (c) のロウデコーダ領域 LD に形成されるデバイスの一例を示す。また、図 6 (a 1)、図 6 (a 2)、図 6 (b 1)、図 6 (b 2)、図 7 (a 1)、図 7 (a 2)、図 7 (b 1) および図 7 (b 2) では、図 5 のデバイス領域 RV 1 を抜粋して示した。

40

【 0 0 2 3 】

図 6 (a 1) において、ウェハ W にはベース層 2 1 が形成されている。なお、ベース層 2 1 は、ウェハ W 自体であってもよいし、絶縁層であってもよいし、半導体層であってもよい。ベース層 2 1 には、デバイスパターンが形成されていてもよい。

メモリセルアレイ領域 RA のベース層 2 1 上には、積層体 SK が形成されている。積層体 SK は、互いに材料の異なる絶縁層 2 2、2 3 が交互に積層されている。例えば、絶縁層 2 2 はシリコン酸化膜、絶縁層 2 3 はシリコン窒化膜を用いることができる。積層体 SK にはメモリホール 2 9 が形成されている。メモリホール 2 9 内には柱状体 3 0 が埋め込まれている。柱状体 3 0 には、データを記憶するメモリ膜をメモリホール 2 9 に内周に沿って設けることができる。柱状体 3 0 は、位置合わせ先のデバイスパターンとすることが

50

できる。

【 0 0 2 4 】

図 6 (a 2) において、ロウデコーダ領域 L D のベース層 2 1 上には、トランジスタ 2 7 が形成されている。トランジスタ 2 7 には、ゲート絶縁膜 2 4、ゲート電極 2 5 およびサイドウォール 2 6 を設けることができる。トランジスタ 2 7 上には、層間絶縁膜 2 8 が形成されている。層間絶縁膜 2 8 の材料は、例えば、シリコン酸化膜を用いることができる。

そして、この時のウェハ W の表面形状を表面形状計測装置 1 にて計測する。この表面形状の計測により、メモリセルアレイ領域 R A の高さ H L 1 の分布およびロウデコーダ領域 L D の高さ H L 2 の分布を求めることができる。

10

【 0 0 2 5 】

次に、図 6 (b 1) および図 6 (b 2) に示すように、積層体 S K および層間絶縁膜 2 8 上にレジスト膜 R を塗布する。そして、この時のウェハ W の表面形状を表面形状計測装置 1 にて計測する。この表面形状の計測により、メモリセルアレイ領域 R A の高さ H U 1 の分布およびロウデコーダ領域 L D の高さ H U 2 の分布を求めることができる。この時、積層体 S K には、応力 F S 1 がかかり、柱状体 3 0 に位置ずれ P A 1 が発生しているものとする。

【 0 0 2 6 】

ウェハ W の高さ H L 1、H L 2、H U 1、H U 2 の分布は、図 1 の応力算出部 4 A に送られる。応力算出部 4 A では、この時の高さ H L 1、H L 2、H U 1、H U 2 の分布に基づいて積層体 S K にかかる応力 F S 1 の分布が算出される。応力 F S 1 の算出には、高さ H L 1、H L 2 と高さ H U 1、H U 2 の差分を用いることができる。位置ずれ算出部 4 B では、応力算出部 4 A で算出された応力 F S 1 の分布に基づいて柱状体 3 0 の位置ずれ P A 1 の分布が算出される。補正值算出部 4 C では、柱状体 3 0 の位置ずれ P A 1 の分布に基づいて、露光条件の補正值が算出される。この露光条件の補正值は、柱状体 3 0 の位置ずれ P A 1 があっても、柱状体 3 0 とスリットパターン S L 3 との位置関係が設計レイアウトデータに適合するように設定することができる。露光条件を変化させることで、レチクル 1 4 に対するステージ 1 6 のスキャン速度を変化させたり、レチクル 1 4 に対するステージ 1 6 の傾きを変化させたり、レチクル 1 4 に対するステージ 1 6 の回転角を変化させたり、ウェハ W 上に投影される投影像の倍率を変化させたりすることができる。

20

30

【 0 0 2 7 】

次に、レジスト膜 R が塗布されたウェハ W が図 3 (a) の露光装置に搬送される。そして、ウェハ W がチャック 1 7 にて吸引されることでウェハ W がチャック 1 7 上に固定される。その後、非露光光 L N がアライメントマーク M A 1、M A 2 に照射され、その非露光光 L N が反射系 1 9 を介してアライメント検出系 2 0 に入射される。この時、図 3 (b) に示すように、アライメント検出系 2 0 の検出面 2 0 A では、アライメントマーク M A 1、M A 2 にそれぞれ対応したマーク画像 M B 1、M B 2 が生成され、位置合わせ部 1 8 A に送られる。この位置合わせ部 1 8 A において、これらのマーク画像 M B 1、M B 2 が重なるようにステージ 1 6 の位置が調整されることで、レチクル 1 4 とショット領域 S H との位置合わせが行われる。

40

【 0 0 2 8 】

次に、光源 1 1 から露光光 L X が出射される。露光光 L X は、照明レンズ 1 2 にて平行光に変換された後、スリット板 1 3 に導かれ、スリット状に整形される。スリット状に整形された露光光 L X は、レチクル 1 4 に入射する。レチクル 1 4 を通過した露光光 L X は、投影光学系 1 5 にてウェハ W 上に投影され、レジスト膜 R が露光される。スキャン&リピート方式では、露光光 L X がウェハ W 上に投影されている時に、レチクル 1 4 およびステージ 1 6 のスキャンが図 2 (a) のスキャン方向 D S に沿って同期して行われる。ここで、位置ずれ補償部 1 8 C では、補正值算出部 4 C で算出された補正值に基づいてレジスト膜 R の露光条件が制御される。

この時、図 7 (a 1) および図 7 (a 2) に示すように、レチクル 1 4 には遮光膜 P L

50

が形成され、遮光膜 P L にはスリットパターン S L 1 が形成されているものとする。そして、柱状体 3 0 に対するスリットパターン S L 3 の位置が設計レイアウトデータで規定されているものとする。この時、柱状体 3 0 の位置ずれ P A 1 が打ち消されるように、レチクル 1 4 に対するステージ 1 6 のシフト量 P S 1 を設定することができる。そして、ステージ 1 6 をシフト量 P S 1 だけ移動させた状態で露光光 L X をウェハ W 上に投影し、レジスト膜 R を露光することができる。

次に、レジスト膜 R が露光された後、そのレジスト膜 R が現像されることで、レチクル 1 4 のスリットパターン S L 1 に対応したスリットパターン S L 2 がレジスト膜 R に形成される。スリットパターン S L 2 は、位置合わせ元のデバイスパターンを転写するマスクパターンとすることができる。

【 0 0 2 9 】

スリットパターン S L 2 がレジスト膜 R に形成されたウェハ W は、図 4 (a) の合わせずれ検査装置 3 に搬送され、ステージ 3 9 上に置かれる。合わせずれ検査装置 3 に搬送される前にウェハ W には、重ね合わせ検査マーク M P 1 が形成されるとともに、レジスト膜 R には重ね合わせ検査マーク M P 2 が形成される。

そして、光源 3 1 から照明光が出射され、照明レンズ 3 2 にて集光される。そして、照明光はハーフミラー 3 3 を介して対物レンズ 3 4 に入射し、ウェハ W 上に集光される。この時、照明光が重ね合わせ検査マーク M P 1、M P 2 に入射すると、重ね合わせ検査マーク M P 1、M P 2 にて反射される。なお、重ね合わせ検査マーク M P 1、M P 2 の高さ位置が異なる場合、対物レンズ 3 4 の焦点位置に合うようにステージ 3 9 を上下させてもよい。重ね合わせ検査マーク M P 1、M P 2 からの反射光は、対物レンズ 3 4、ハーフミラー 3 3 および結像レンズ 3 5 を介して撮像素子 3 6 に入射する。この時、撮像素子 3 6 の撮像面 3 6 A では、重ね合わせ検査マーク M P 1、M P 2 にそれぞれ対応したマーク画像 M Q 1、M Q 2 が生成され、画像処理装置 3 7 に送られる。画像処理装置 3 7 では、各マーク画像 M Q 1、M Q 2 のエッジが抽出される。その後、演算処理装置 3 8 において、各マーク画像 M Q 1、M Q 2 のエッジ位置に基づいて、重ね合わせ検査マーク M P 1、M P 2 間の合わせずれが算出される。そして、この合わせずれがスペック範囲内にある場合、スリットパターン S L 2 がレジスト膜 R に形成されたウェハ W がエッチング装置に送られる。

【 0 0 3 0 】

そして、図 7 (b 1) および図 7 (b 2) に示すように、スリットパターン S L 2 が形成されたレジスト膜 R をマスクとして積層体 S K をエッチングすることで、スリットパターン S L 3 が積層体 S K に形成される。スリットパターン S L 3 は、位置合わせ元のデバイスパターンとすることができる。

ここで、上述した第 2 実施形態では、積層体 S K にかかる応力 F S 1 に起因する柱状体 3 0 の位置ずれ P A 1 が打ち消されるように、ステージ 1 6 のシフト量 P S 1 を設定した。これにより、積層体 S K の多層化などに伴って積層体 S K にかかる応力 F S 1 が増大し、その応力 F S 1 に起因する柱状体 3 0 の位置ずれ P A 1 が発生する場合においても、柱状体 3 0 とスリットパターン S L 3 との間の位置合わせ精度を向上させることができる。

【 0 0 3 1 】

一方、重ね合わせ検査マーク M P 1、M P 2 間の合わせずれがスペック範囲内でない場合、その合わせずれ量がホストコンピュータ 4 に送られる。そして、その合わせずれ量が低減されるように、図 3 (a) の露光装置の露光条件のパラメータを再設定することができる。また、図 7 (a 1) および図 7 (a 2) のレジスト膜 R を除去し、図 6 (b 1) および図 6 (b 2) に示すように、レジスト膜 R を付け直すことができる。そして、図 7 (a 1) および図 7 (a 2) の工程を再度経た後、図 4 (a) の合わせずれ検査装置 3 にて合わせずれ検査を行うことができる。そして、合わせずれ検査に合格するまでレジスト膜 R の付け直しを繰り返し、合わせずれ検査に合格したならエッチング工程に進むことができる。このエッチング工程でスリットパターン S L 3 が積層体 S K に形成される。

次に、スリットパターン S L 3 を介して絶縁層 2 3 を選択的にエッチングすることで絶

10

20

30

40

50

縁層 2 2 を残したまま絶縁層 2 3 を除去する。そして、絶縁層 2 3 の除去された部分に W またはアモルファスシリコンなどの導電体を埋め込むことで、絶縁層 2 2 間にワード線を形成する。

【 0 0 3 2 】

なお、露光装置の露光条件のパラメータは、図 5 のショット領域 S H ごとに設定するようにしてもよいし、デバイス領域 R V 1 ~ R V 6 ごとに設定するようにしてもよいし、局所領域 R L 1 ~ R L 6 ごとに設定するようにしてもよい。なお、この露光条件のパラメータがショット領域 S H ごとに固定される場合、ステップ & リピート方式に対応した投影露光装置にも適用することができる。スキャン & リピート方式に対応した投影露光装置では、この露光条件のパラメータは、ステージ 1 6 のスキャン位置に応じて変化させるようにしてもよい。

10

【 0 0 3 3 】

以下、ショット領域 S H の設定点において位置ずれの大きさおよび方向にばらつきがある場合の露光条件のパラメータに設定方法について数式を用いて説明する。

露光装置の露光条件のパラメータを図 5 のショット領域 S H ごとに設定する場合、各ショット領域 S H に x y 座標を設定し、露光条件のパラメータを係数とする x y 座標直交関数で x 軸方向の位置ずれ量 d x および y 軸方向の位置ずれ量 d y を与えることができる。

位置ずれ量 d x 、 d y は、x y 座標直交関数を用いた以下の (1) 式および (2) 式で与えることができる。

$$d x = k_1 + k_3 x + k_5 y + k_7 x^2 + k_9 x y + k_{11} y^2 + k_{13} x^3 + k_{15} x^2 y + k_{17} x y^2 + k_{19} y^3 \cdots (1) \quad 20$$

$$d y = k_2 + k_4 y + k_6 x + k_8 y^2 + k_{10} x y + k_{12} x^2 + k_{14} y^3 + k_{16} x y^2 + k_{18} x^2 y + k_{20} x^3 \cdots (2)$$

【 0 0 3 4 】

そして、ショット領域 S H の x y 座標上の各設定点で算出された位置ずれ量 d x 、 d y を (1) 式および (2) 式に代入し、この時の連立方程式を解くことでパラメータ k₁ ~ k₂₀ を算出することができる。ショット領域 S H の x y 座標上の設定点の個数は数百程度とすることができる。この時、ショット領域 S H の x y 座標上の設定点の個数が多いと、これらの全ての設定点の位置ずれ量 d x 、 d y に適合したパラメータ k₁ ~ k₂₀ を算出することができない。この時は、(1) 式および (2) 式のフィッティング残差が最小になるようにパラメータ k₁ ~ k₂₀ をショット領域 S H ごとに算出することができる。

30

また、これらのパラメータ k₁ ~ k₂₀ をステージ 1 6 のスキャン位置に応じて変化させる場合、各スキャン位置の設定点で算出された位置ずれ量 d x 、 d y を (1) 式および (2) 式に代入し、この時の連立方程式を解くことでパラメータ k₁ ~ k₂₀ をスキャン位置ごとに算出することができる。なお、(1) 式および (2) 式では、位置ずれ量 d x 、 d y を x y 座標直交関数で表す方法について示したが、極座標直交関数で表すようにしてもよい。

【 0 0 3 5 】

図 8 は、露光条件のパラメータで調整可能な x y 座標の x 軸方向の位置ずれを示す図である。

40

図 8 において、k₁ は x 軸方向のシフト成分、k₃ は x 軸方向の倍率成分、k₅ は x 軸方向の回転成分 (または x 軸方向の直交度成分) 、k₇ は x 軸方向の偏芯倍率成分、k₉ は x 軸方向の台形成分、k₁₁ は x 軸方向の弓なり成分、k₁₃ は x 軸方向の 3 次倍率成分、k₁₅ は x 軸方向のアーコーディオン成分、k₁₇ は x 軸方向の樽型成分、k₁₉ は x 軸方向の川の流れ成分を表すことができる。

【 0 0 3 6 】

図 9 は、露光条件のパラメータで調整可能な x y 座標の y 軸方向の位置ずれを示す図である。

図 9 において、k₂ は y 軸方向のシフト成分、k₄ は y 軸方向の倍率成分、k₆ は y 軸方向の回転成分 (または y 軸方向の直交度成分) 、k₈ は y 軸方向の偏芯倍率成分、k₁

50

k_{10} は y 軸方向の台形成分、 k_{12} は y 軸方向の弓なり成分、 k_{14} は y 軸方向の 3 次倍率成分、 k_{16} は y 軸方向のアコーディオン成分、 k_{18} は y 軸方向の樽型成分、 k_{20} は y 軸方向の川の流れ成分を表すことができる。

これらのパラメータ $k_1 \sim k_{20}$ を変化させることで、レチクル 14 に対するステージ 16 のスキャン速度、レチクル 14 に対するステージ 16 の傾き、レチクル 14 に対するステージ 16 の回転角およびウェハ W 上に投影される投影像の倍率などを変化させることができる。

【0037】

このパラメータ $k_1 \sim k_{20}$ は露光装置で補正可能な補正值に変換することができる。例えば、露光装置で補正可能な補正值として、シフト $Shift X$ 、 $Shift Y$ 、ショット倍率 $Shotmag X$ 、 $Shotmag Y$ 、ショット回転 $Shotrot Y$ 、 $Shotrot X$ 、対称倍率 $Symm ag$ 、非対称倍率 $Asymm ag$ 、対称回転 $Symrot$ および非対称回転 $Asymrot$ があるものとする。

この時、これらの補正值とパラメータ $k_1 \sim k_{20}$ との関係は以下の式で表すことができる。

$$Shift X = k_1$$

$$Shift Y = k_2$$

$$Shotmag X = k_3$$

$$Shotmag Y = k_4$$

$$Shotrot Y = -k_5$$

$$Shotrot X = k_6$$

$$Symmag = (k_3 + k_4) / 2$$

$$Asymm ag = (k_3 - k_4) / 2$$

$$Symrot = (-k_5 + k_6) / 2$$

$$Asymrot = (-k_5 - k_6) / 2$$

【0038】

露光装置の露光条件のパラメータを図 5 の局所領域 $RL1 \sim RL6$ ごとに設定する場合、各局所領域 $RL1 \sim RL6$ に XY 座標を設定し、露光条件のパラメータを係数とする XY 座標直交関数で X 軸方向の位置ずれ量 dX および Y 軸方向の位置ずれ量 dY を与えることができる。

位置ずれ量 dX 、 dY は、 XY 座標直交関数を用いた以下の (3) 式および (4) 式で与えることができる。

$$dX = K_1 + K_3 X + K_5 Y + K_7 X^2 + K_9 XY + K_{11} Y^2 + K_{13} X^3 + K_{15} X^2 Y + K_{17} XY^2 + K_{19} Y^3 \cdots (3)$$

$$dY = K_2 + K_4 Y + K_6 X + K_8 Y^2 + K_{10} XY + K_{12} X^2 + K_{14} Y^3 + K_{16} XY^2 + K_{18} X^2 Y + K_{20} X^3 \cdots (4)$$

【0039】

なお、各パラメータ $K_1 \sim K_{20}$ はパラメータ $k_1 \sim k_{20}$ にそれぞれ対応させることができる。そして、各局所領域 $RL1 \sim RL6$ の XY 座標上の各設定点で算出された位置ずれ量 dX 、 dY を (3) 式および (4) 式に代入し、この時の連立方程式を解くことでパラメータ $K_1 \sim K_{20}$ を算出することができる。各局所領域 $RL1 \sim RL6$ の XY 座標上の設定点の個数は数百程度とすることができる。この時、各局所領域 $RL1 \sim RL6$ の XY 座標上の設定点の個数が多いと、これらの全ての設定点の位置ずれ量 dX 、 dY に適合したパラメータ $K_1 \sim K_{20}$ を算出することができない。この時は、(3) 式および (4) 式のフィッティング残差が最小になるようにパラメータ $K_1 \sim K_{20}$ を局所領域 $RL1 \sim RL6$ ごとに算出することができる。

【0040】

また、これらのパラメータ $K_1 \sim K_{20}$ をステージ 16 のスキャン位置に応じて変化させる場合、各スキャン位置の設定点で算出された位置ずれ量 dX 、 dY を (3) 式および (4) 式に代入し、この時の連立方程式を解くことでパラメータ $K_1 \sim K_{20}$ をスキャン

10

20

30

40

50

位置ごとに算出することができる。なお、(3)式および(4)式では、位置ずれ量 dX 、 dY を XY 座標直交関数で表す方法について示したが、極座標直交関数で表すようにしてもよい。

ここで、ウェハのデバイス領域にかかる応力に起因する位置ずれに基づいてリソグラフィ工程における露光条件を補正することより、ウェハのデバイス領域にかかる応力に起因するデバイスパターンの位置ずれが発生する場合においても、デバイスパターン間の位置合わせ精度を向上させることができる。

【0041】

(第3実施形態)

上述した第2実施形態では、応力 $FS1 \sim FS6$ によるデバイスパターンの位置ずれ $PA1 \sim PA6$ を補正するために、応力 $FS1 \sim FS6$ によるアライメントマーク $MA1$ および重ね合わせ検査マーク $MP1$ の位置ずれを反映させない場合を示したが、第3実施形態では、応力 $FS1 \sim FS6$ によるデバイスパターンの位置ずれ $PA1 \sim PA6$ を補正するために、応力 $FS1 \sim FS6$ によるアライメントマーク $MA1$ および重ね合わせ検査マーク $MP1$ の位置ずれを反映させるようにしてもよい。

【0042】

図10は、第3実施形態に係る位置合わせ方法のショット領域における応力と位置ずれとの関係の一例を示す平面図である。

図10において、各デバイス領域 $RV1 \sim RV6$ で発生した応力 $FS1 \sim FS6$ に起因してアライメントマーク $MA1$ の位置ずれ FA および重ね合わせ検査マーク $MP1$ の位置ずれ FP が発生しているものとする。

この時、図1の位置ずれ算出部4Bでは、応力算出部4Aから送られた算出結果に基づいて、デバイス領域の所定点の位置ずれが算出されるだけでなく、アライメントマーク $MA1$ の位置ずれ FA および重ね合わせ検査マーク $MP1$ の位置ずれ FP も算出され、図3の位置ずれ補償部18Cに送られる。位置ずれ補償部18Cでは、位置ずれ算出部4Bで算出された位置ずれ $PA1 \sim PA6$ が補償されるように、露光装置の露光条件のパラメータが設定される。この時、アライメントマーク $MA1$ の位置ずれ FA および重ね合わせ検査マーク $MP1$ の位置ずれ FP が打ち消されるように露光条件のパラメータを設定することができる。

【0043】

ここで、ウェハのデバイス領域にかかる応力に起因する位置ずれだけでなく、アライメントマークの位置ずれおよび重ね合わせ検査マークの位置ずれに基づいてリソグラフィ工程における露光条件を補正することより、デバイスパターン間の位置合わせ精度をより一層向上させることができる。なお、複数のアライメントマーク $MA1$ および複数の重ね合わせ検査マーク $MP1$ が各ショット領域 SH に設けられている場合、各デバイス領域 $RV1 \sim RV6$ に最も近いアライメントマーク $MA1$ および重ね合わせ検査マーク $MP1$ をデバイス領域 $RV1 \sim RV6$ ごとに選択することができる。

【0044】

(第4実施形態)

図11は、第4実施形態に係る位置合わせ方法を示すフローチャートである。

図11において、位置合わせ先工程でのウェハの高さを図1の表面形状計測装置1で計測する(S1)。位置合わせ先工程とは、位置合わせ先のデバイスパターンの形成工程である。位置合わせ先工程は、例えば、図6(a1)および図6(a2)の工程に対応する。

次に、パターンニング工程でのウェハの高さを図1の表面形状計測装置1で計測する(S2)。パターンニング工程とは、位置合わせ元のデバイスパターンを転写するマスクパターンの形成工程である。例えば、図1のパターンニング装置2が露光装置の場合はレジストパターンの形成工程、図1のパターンニング装置2がナノインプリント装置の場合はインプリントパターンの形成工程である。露光装置の場合のパターンニング工程は、例えば、図6(b1)、図6(b2)、図7(a1)および図7(a2)の工程に対応する。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

次に、位置合わせ先工程でのウェハの高さとパターニング工程でのウェハの高さとの差分データを算出する（S3）。そして、図1の応力算出部4Aおよび位置ずれ算出部4Bにおいて、ウェハ面内座標上で周波数解析された差分データにバンドパスフィルタを適用したり、XY座標直交関数または極座標直交関数を差分データに適用したりすることにより（S4）、この差分データをショット内応力とその応力に対応した位置ずれデータに変換する（S5）。なお、この変換では、製品情報、デバイス領域情報、ロット情報およびウェハ情報を参照することができる。製品情報は、図2（b）のチップ領域RPのチップがどの製品に用いられるかを示すことができる。デバイス領域情報は、ショットサイズやレチクル名を示すことができる。ロット情報は、ウェハW上の膜形成において、どの成膜装置やどのチャンバが用いられるかを示すことができる。ウェハ情報は、各ロット内のウェハがどのチャンバに振り分けられるかを示すことができる。

10

【 0 0 4 6 】

次に、パターニング工程の原板上のデバイス領域の配置座標を図1の補正值算出部4Cに入力する（S6）。なお、原板は、露光装置ではレチクルに対応させることができ、インプリント装置ではテンプレートに対応させることができる。次に、補正值算出部4Cにおいて、S5で算出した位置ずれデータをS6の配置座標に適用することにより、デバイス領域の配置座標における位置ずれデータを抽出する（S7）。次に、補正值算出部4Cにおいて、S7の位置ずれデータをXY座標直交関数または極座標直交関数で変換し（S8）、パターニング装置2のショットごとの補正值を算出する（S9）。なお、ショットごとの補正值の算出において、露光装置では（1）式および（2）式を用いることができる。

20

【 0 0 4 7 】

次に、S9で算出した補正值を図1の位置ずれ補償部2Aに入力する（S10）。そして、位置ずれ補償部2Aにおいて、この補正值に基づいてパターニング装置2の制御パラメータを設定する。そして、表面形状計測が計測されたウェハを表面形状計測装置1からパターニング装置2に搬送し、そのウェハのパターニングを実施する（S11）。次に、パターニングが実施されたウェハをパターニング装置2から合わせずれ検査装置3に搬送し、合わせずれ検査を行う（S12）。この時、パターニング前にウェハ上に形成された重ね合わせ検査マークと、パターニング後にウェハ上に形成された重ね合わせ検査マークとの合わせずれ量を計測し、位置ずれ算出部4Bに入力する（S13）。重ね合わせ検査マークは、例えば、ボックスインボックスパターン、バーインバーパターン、AIMパターンまたは散乱光計測用マークパターンなどを用いることができる。重ね合わせ検査マークは、ロットごと、ウェハごとまたはショットごとに変更してもよい。この時、デバイス領域の応力分布の傾向に近い応力分布を持つ重ね合わせ検査マークを選択することができる。

30

【 0 0 4 8 】

一方、パターニング工程の原板上のデバイス領域の配置座標を図1の補正值算出部4Cに入力する時に（S6）、位置ずれ算出部4Bは、パターニング工程の原板上の重ね合わせ検査マークの配置座標を取得する（S18）。また、位置ずれ算出部4Bは、パターニング工程の原板上のデバイス領域の配置座標を取得する（S19）。そして、位置ずれ算出部4Bは、これらの配置座標からデータ抽出を行い（S20）、デバイス領域と重ね合わせ検査マーク配置領域の位置ずれ差分を算出する（S21）。そして、位置ずれ算出部4Bは、S13で計測された合わせずれ量にS21で算出された位置ずれ差分を足し込むことにより、真の合わせずれ量を算出する（S14）。そして、位置ずれ算出部4Bは、真の合わせずれ量がスペック範囲内かどうかを判定し（S15）、スペック範囲内でない場合、真の合わせずれ量を補正值算出部4Cに入力する。補正值算出部4Cは、真の合わせずれ量が打ち消されるようにパターニング装置2のショットごとの補正值を再度算出し、位置ずれ補償部2Aに入力する（S16）。そして、位置ずれ補償部2Aにおいて、この補正值に基づいてパターニング装置2の制御パラメータを再設定する。また、ウェハ上

40

50

のレジストを付け直し後、そのウェハをパターンニング装置 2 に搬送し、そのウェハのパターンニングを実施する (S 1 1)。一方、S 1 5 で真の合わせずれ量がスペック範囲内と判定されると、次工程に進む (S 1 7)。

【 0 0 4 9 】

(第 5 実施形態)

図 1 2 は、第 5 実施形態に係るパターン形成システムの概略構成を示すブロック図である。

図 1 2 において、このパターン形成システムには、図 1 の表面形状計測装置 1 およびホストコンピュータ 4 の代わりに応力計測装置 5 およびホストコンピュータ 4' が設けられている。応力計測装置 5、パターンニング装置 2 および合わせずれ検査装置 3 はホストコンピュータ 4' とデータ通信可能である。ホストコンピュータ 4' には、位置ずれ算出部 4 B および補正值算出部 4 C が設けられている。

【 0 0 5 0 】

応力計測装置 5 は、ウェハのデバイス領域にかかる応力を計測する。この応力の計測では、例えば、X 線応力測定法を用いるようにしてもよいし、収束電子線回折法を用いるようにしてもよいし、顕微レーザーラマン分光法を用いるようにしてもよいし、これらの測定法を組み合わせてもよい。

【 0 0 5 1 】

そして、位置合わせ先のデバイスパターンがウェハ上に形成されると、応力計測装置 5 にてウェハのデバイス領域にかかる応力が計測され、その計測結果が位置ずれ算出部 4 B に送られる。位置ずれ算出部 4 B では、応力計測装置 5 から送られた計測結果に基づいて、デバイス領域の所定点の位置ずれが算出され、補正值算出部 4 C に送られる。補正值算出部 4 C では、位置ずれ算出部 4 B から送られた算出結果に基づいて、デバイス領域のリソグラフィ工程における露光制御の補正值が算出され、位置ずれ補償部 2 A に送られる。この補正值は、補正值算出部 4 C から送られた位置ずれの算出結果が補償されるように設定することができる。位置ずれ補償部 2 A では、補正值算出部 4 C から送られた補正值に基づいてパターンニング装置 2 の位置合わせの制御パラメータが設定される。

【 0 0 5 2 】

また、応力が計測されたウェハは応力計測装置 5 からからパターンニング装置 2 に搬送される。そして、パターンニング装置 2 において、位置合わせ先のデバイスパターンが形成されたウェハ上に位置合わせ元のデバイスパターンを転写するマスクパターンが形成され、合わせずれ検査装置 3 に搬送される。合わせずれ検査装置 3 では、位置合わせ先のデバイスパターンとともにウェハ上に形成された重ね合わせ検査マークと、位置合わせ元のデバイスパターンを転写するマスクパターンとともにウェハ上に形成された重ね合わせ検査マークとの合わせずれが検査される。

ここで、ウェハのデバイス領域にかかる応力に起因する位置ずれに基づいてパターンニング装置 2 の位置合わせの制御パラメータを設定することより、ウェハのデバイス領域にかかる応力に起因するデバイスパターンの位置ずれが発生する場合においても、デバイスパターン間の位置合わせ精度を向上させることができる。

【 0 0 5 3 】

(第 6 実施形態)

図 1 3 (a) は、第 6 実施形態に係る位置合わせ方法が適用されるデバイス領域における応力と位置ずれとの関係の一例を示す平面図、図 1 3 (b) は、露光光のスキャン時におけるウェハステージの制御方法を示す図である。

図 1 3 (a) において、ウェハ W にはデバイス領域 R V 7 が設けられている。この時、デバイス領域 R V 7 には、応力 F S 7 が集中する局所領域 R L 7 が発生しているものとする。局所領域 R L 7 では、応力 F S 7 に起因してデバイスパターン P H 7 の位置ずれ P A 7 が発生しているものとする。図 1 3 (a) では、デバイスパターン P H 7 がホールパターンである場合を示した。この位置ずれ P A 7 は y 軸方向に発生し、局所領域 R L 7 の位置によって位置ずれ P A 7 の大きさおよび方向が異なっているものとする。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 4 】

この時、図 1 3 (b) に示すように、デバイスパターン P H 7 上に形成されるレジストパターンの位置合わせを制御する際に、この位置ずれ P A 7 に応じてレチクル 1 4 のスキャン速度 S V 1 を一定に維持したまま、ステージ 1 6 のスキャン速度 S V 2 を変化させることができる。レチクル 1 4 に対してステージ 1 6 のスキャン速度 S V 2 を変化させることにより、デバイスパターン P H 7 上に形成されるレジストパターンのシフト量を変化させることができる。デバイスパターン P H 7 上に形成されるレジストパターンのシフトは、(2) 式のパラメータ k_2 または (4) 式のパラメータ K_2 をスキャン位置に応じて変化させることで実現することができる。

ここで、スキャン位置に応じてスキャン速度 S V 2 を変化させことで、局所領域 R L 7 の位置ずれ P A 7 の大きさおよび方向が異なっている場合においても、レジストパターンの位置合わせをデバイスパターンの位置ずれ P A 7 に対応させることができ、デバイスパターン間の位置合わせ精度を向上させることができる。

【 0 0 5 5 】

(第 7 実施形態)

図 1 4 (a) は、第 7 実施形態に係る位置合わせ方法が適用されるデバイス領域における応力と位置ずれとの関係の一例を示す平面図、図 1 4 (b) は、図 1 4 (a) のデバイスパターンの位置ずれと変形との関係を示す平面図、図 1 4 (c) は、露光時のウェハステージの制御方法を示す図である。

図 1 4 (a) において、ウェハ W にはデバイス領域 R V 8 が設けられている。この時、デバイス領域 R V 8 には、応力 F S 8 が集中する局所領域 R L 8 が発生しているものとする。局所領域 R L 8 では、応力 F S 8 に起因してデバイスパターン P H 8 の変形 F D が発生しているものとする。図 1 4 (a) では、デバイスパターン P H 8 がホールパターンである場合を示した。この変形 F D は x 軸方向に扁平化され、局所領域 R L 8 の位置によって変形量が異なっているものとする。変形 F D は、図 1 4 (b) に示すように、デバイスパターン P H 8 の輪郭の位置ずれ P A 8 に分解することができる。

【 0 0 5 6 】

この時、図 1 4 (c) に示すように、デバイスパターン P H 8 上に形成されるレジストパターンの位置合わせを制御する際に、この変形 F D に応じてステージ 1 6 の 3 方向の傾き角 θ_3 を変化させることができる。レチクル 1 4 に対してステージ 1 6 の傾き角 θ_3 を変化させることにより、スキャン位置に応じたステージ面 M X の傾きを変化させることができる。この時、露光光 L X の光軸が 3 方向に変化すると、レジストパターンの x 軸方向の扁平量が変化する。このため、スキャン位置に応じたステージ面 M X の傾きを変化させることで、デバイスパターン P H 8 の変形 F D に対応するようにレジストパターンを変形させることができ、デバイスパターン間の位置合わせ精度を向上させることができる。

なお、デバイスパターン P H 8 の変形 F D とともに、図 1 3 (a) に示すように、デバイスパターン P H 8 の位置ずれも発生する場合には、スキャン位置に応じてステージ 1 6 の傾きおよびスキャン速度を同時に変化させることができる。また、スキャン位置に応じてステージ 1 6 の傾きを変化させた時にレジストパターンの倍率も変化する時に露光時の倍率も同時に変化させることができる。

ここで、スキャン位置に応じて露光条件の複数のパラメータを同時に変化させることで、デバイス領域の位置ずれや変形や歪が複合的に発生している場合においても、レジストパターンの位置合わせをデバイスパターンの位置ずれや変形や歪に対応させることができ、デバイスパターン間の位置合わせ精度を向上させることができる。

【 0 0 5 7 】

(第 8 実施形態)

図 1 5 は、第 8 実施形態に係る位置ずれ補償部のハードウェア構成を示すブロック図である。

図 1 5 において、図 3 の位置ずれ補償部 1 8 C には、C P U などを含むプロセッサ 4 1

10

20

30

40

50

、固定的なデータを記憶するROM 42、プロセッサ41に対してワークエリアなどを提供するRAM 43、人間とコンピュータとの間の仲介を行うヒューマンインターフェース44、外部との通信手段を提供する通信インターフェース45、プロセッサ1を動作させるためのプログラムや各種データを記憶する外部記憶装置46を設けることができ、プロセッサ41、ROM 42、RAM 43、ヒューマンインターフェース44、通信インターフェース45および外部記憶装置46は、バス47を介して接続されている。

【0058】

なお、外部記憶装置46としては、例えば、ハードディスクなどの磁気ディスク、DVDなどの光ディスク、USBメモリやメモリカードなどの可搬性半導体記憶装置などを用いることができる。また、ヒューマンインターフェース44としては、例えば、入力インターフェースとしてキーボードやマウスやタッチパネル、出力インターフェースとしてディスプレイやプリンタなどを用いることができる。また、通信インターフェース45としては、例えば、インターネットやLANなどに接続するためのLANカードやモデムやルータなどを用いることができる。ここで、外部記憶装置46には、位置合わせ先のデバイスパターンに対して位置合わせを行う時に、位置合わせ先のデバイスパターンの位置ずれを補償する位置ずれ補償プログラム46Aがインストールされている。そして、位置ずれ補償プログラム46Aがプロセッサ41にて実行されると、位置合わせ先のデバイスパターンの位置ずれが補償されるように図3の露光装置の露光条件が設定される。

【0059】

なお、プロセッサ41に実行させる位置ずれ補償プログラム46Aは、外部記憶装置46に格納しておき、位置ずれ補償プログラム46Aの実行時にRAM 43に読み込むようにしてもよいし、位置ずれ補償プログラム46AをROM 42に予め格納しておくようにしてもよいし、通信インターフェース45を介して位置ずれ補償プログラム46Aを取得するようにしてもよい。また、位置ずれ補償プログラム46Aは、スタンドアロンコンピュータに実行させてもよいし、クラウドコンピュータに実行させてもよい。

【0060】

(第9実施形態)

図16は、第9実施形態に係るパターン形成システムの概略構成を示すブロック図である。

図16において、このパターン形成システムには、図1のパターニング装置2およびホストコンピュータ4の代わりにパターニング装置2'およびホストコンピュータ4'が設けられている。また、このパターン形成システムには、CADシステム6、マスクデータ作成装置7およびレーザ加工機8が追加されている。なお、レーザ加工機8は、例えば、フェムト秒レーザを用いることができる。表面形状計測装置1、パターニング装置2'および合わせずれ検査装置3はホストコンピュータ4'とデータ通信可能である。なお、パターニング装置2'は露光装置であってもよいし、ナノインプリント装置であってもよい。ホストコンピュータ4'には、応力算出部4A、位置ずれ算出部4Bおよび打ち込み位置算出部4Dが設けられている。打ち込み位置算出部4Dは、原板に対するレーザ光の打ち込み位置を算出する。原板は、露光装置ではレチクル、ナノインプリント装置ではテンプレートである。

【0061】

そして、CADシステム6において半導体集積回路の設計レイアウトデータDLが作成され、マスクデータ作成装置7に送られる。マスクデータ作成部7において、設計レイアウトデータDLで指定される設計レイアウトパターンに対応したマスクデータが作成される。そして、レチクルの遮光膜には、マスクデータ作成部7にて作成されたマスクデータに対応したスリットパターンが形成される。テンプレートには、マスクデータ作成部7にて作成されたマスクデータに対応した凹パターンまたは凸パターンが形成される。

なお、図16では、パターン形成システムに表面形状計測装置1を設けた構成について示したが、図12に示すように、応力計測装置5を設けるようにしてもよい。

【0062】

10

20

30

40

50

図17は、図16のパターン形成システムに適用される露光装置の概略構成を示す斜視図である。

図17の露光装置では、図3の露光制御部18の代わりに露光制御部18'が設けられている。露光制御部18'には、位置合わせ部18Aおよびスキャン制御部18Bが設けられている。この時、この露光装置では、図3のレチクル14の代わりにレチクル14'を用いることができる。

【0063】

図18(a)は、図17の露光装置に適用されるレチクルの構成の一例を示す平面図、図18(b)は、図17の露光装置に適用されるレチクルの構成のその他の例を示す平面図である。

図18(a)のレチクル14'は、図13(a)のデバイス領域RV7に適用されるものとする。レチクル14'には遮光膜PLが設けられ、遮光膜PLにはスリットパターンSL1が形成されている。また、レチクル14'には空孔VAが形成されている。なお、空孔VAにゴミが入らないようにするため、レチクル14'の内部に空孔VAを形成することができる。この空孔VAによりレチクル14'に応力が発生する。そして、この応力によりスリットパターンSL1に位置ずれPA7'を発生させることができる。このスリットパターンSL1の位置ずれPA7'は、デバイスパターンPH7の位置ずれPA7に対応させることができる。

【0064】

この時、図16の打込位置算出部4Dには、CADシステム6で生成されたスリットパターンSL1の設計レイアウトデータDLが送られるとともに、位置ずれ算出部4Bで算出されたデバイスパターンPH7の位置ずれPA7が送られる。そして、位置ずれPA7に対応した位置ずれPA7'を発生させるための空孔VAの打ち込み位置DIが算出され、レーザ加工機8に送られる。そして、レーザ加工機8において、打ち込み位置DIに従ってフェムト秒レーザがレチクル14'に打ち込まれることで、レチクル14'に空孔VAが形成される。

ここで、空孔VAの打ち込み位置を変化させることで、スリットパターンSL1の位置ずれ量や位置ずれ方向の自由度を向上させることができる。このため、露光制御では対応できないような多様な位置ずれにも対応させることができ、デバイスパターン間の位置合わせ精度を向上させることができる。

【0065】

図17の露光装置では、図18(a)のレチクル14'の代わりに図18(b)のレチクル14''を用いるようにしてもよい。このレチクル14''は、図13(a)のデバイス領域RV7に適用されるものとする。レチクル14''には遮光膜PLが設けられ、遮光膜PLにはスリットパターンSL1の代わりにスリットパターンSL1'が形成されている。スリットパターンSL1'は、スリットパターンSL1に対して位置ずれPA7'を持っている。このスリットパターンSL1'の位置ずれPA7'は、デバイスパターンPH7の位置ずれPA7に対応させることができる。

【0066】

この時、図16のCADシステム6には、位置ずれ算出部4Bで算出されたデバイスパターンPH7の位置ずれPA7が送られる。そして、スリットパターンSL1の配置位置が位置ずれPA7分だけ補正された設計レイアウトデータDLが生成され、マスクデータ作成装置7に送られる。マスクデータ作成装置7において、設計レイアウトデータDLで指定される設計レイアウトパターンに対応したマスクデータが作成される。そして、レチクル14'の遮光膜PLには、スリットパターンSL1に対して位置ずれPA7'を伴うスリットパターンSL1'が形成される。

ここで、位置ずれPA7に応じて設計レイアウトデータDLを変更することで、露光制御では対応できないような多様な位置ずれにも対応させることができ、デバイスパターン間の位置合わせ精度を向上させることができる。

【0067】

10

20

30

40

50

(第10実施形態)

図19は、第10実施形態に係る露光装置の概略構成を示す斜視図である。

図19において、この露光装置には、図3の露光制御部18の代わりに露光制御部18'が設けられている。また、この露光装置には、表面形状計測装置51および応力計測装置52が追加されている。なお、表面形状計測装置51および応力計測装置52のうちのどちらか一方のみを設けるようにしてもよい。露光制御部18'には、位置合わせ部18A、スキャン制御部18B、位置ずれ補償部18C、補正值算出部18D、位置ずれ算出部18Eおよび応力算出部18Fが設けられている。表面形状計測装置51は、図1の表面形状計測装置1と同様に動作することができる。応力計測装置52は、図12の応力計測装置5と同様に動作することができる。補正值算出部18Dは、図1の補正值算出部4Cと同様に動作することができる。位置ずれ算出部18Eは、図1の位置ずれ算出部4Bと同様に動作することができる。応力算出部18Fは、図1の応力算出部4Aと同様に動作することができる。

10

【0068】

そして、レジスト膜Rが塗布されたウェハWがチャック17上に搬送される。レジスト膜Rが塗布される前のウェハWには、合わせ先パターンがデバイス領域に形成されている。そして、ウェハWがチャック17にて吸引されることでウェハWがチャック17上に固定される。

そして、表面形状計測装置51にてウェハWの表面形状が計測され、その計測結果が応力算出部18Fに送られる。応力算出部18Fでは、表面形状計測装置51から送られた計測結果に基づいてウェハWのデバイス領域にかかる応力が算出され、その算出結果が位置ずれ算出部18Eに送られる。この時、表面形状計測装置51にてウェハの表面形状を計測する代わりに、応力計測装置52にてウェハWのデバイス領域にかかる応力を計測し、その算出結果を位置ずれ算出部18Eに送るようにしてもよい。なお、表面形状計測装置51による表面形状の計測および応力計測装置52による応力の計測は、ウェハWをチャック17上に固定して行ってもよいし、ウェハWをチャック17上に固定することなく行ってもよい。ウェハWをチャック17上に固定して表面形状または応力を計測することにより、チャック17の固定によるウェハWの表面形状または応力の変動をその計測値に反映させることができる。

20

【0069】

位置ずれ算出部18Eでは、応力算出部18Fから送られた算出結果に基づいて、デバイス領域の所定点の位置ずれが算出され、補正值算出部18Dに送られる。補正值算出部18Dでは、位置ずれ算出部18Eから送られた算出結果に基づいて、デバイス領域のリソグラフィ工程における露光制御の補正值が算出され、位置ずれ補償部18Cに送られる。

30

そして、非露光光LNがアライメントマークMA1、MA2に照射され、その非露光光LNが反射系19を介してアライメント検出系20に入射される。そして、位置合わせ部18Aにおいて、アライメントマークMA1、MA2が重なるようにステージ16の位置が調整されることで、レチクル14とショット領域との位置合わせが行われる。

【0070】

次に、光源11から露光光LXが出射される。露光光LXは、照明レンズ12にて平行光に変換された後、スリット板13に導かれ、スリット状に整形される。そして、スリット状に整形された露光光LXは、レチクル14に入射する。レチクル14を通過した露光光LXは、投影光学系15にてウェハW上に投影され、レジスト膜Rが露光される。スキャン&リピート方式では、露光光LXがウェハW上に投影されている時に、レチクル14およびステージ16のスキャンが図2(a)のスキャン方向DSに沿って同期して行われる。ここで、位置ずれ補償部18Cでは、補正值算出部4Cで算出された補正值に基づいてレジスト膜Rの露光条件が制御される。

40

【0071】

このように、図19の構成では、ウェハWの表面形状または応力をステージ16上で計

50

測し、その計測結果に基づいて露光制御を行うことができる。これにより、ウェハWの表面形状または応力の計測時に露光時の実際のウェハWの状態をその計測結果に忠実に反映させることができ、デバイスパターン間の位置合わせ精度をより一層向上させることができる。

また、図19の構成では、図1の表面形状計測装置1または図12の応力計測装置5とパターンニング装置2との間でウェハWを搬送する必要がなくなることから、スルーポットを向上させることができる。

【0072】

なお、上述した実施形態では、露光装置の投影光学系に投影レンズを用いた場合を示したが、EUV(Extreme Ultra Violet)露光装置などでは、投影光学系に投影ミラーを用いるようにしてもよい。

【0073】

(第11実施形態)

図20は、第11実施形態に係るインプリント装置の概略構成を示す断面図である。

図20において、このインプリント装置には、紫外光をウェハW上に照射する光源61、テンプレート62をウェハW上に押し当てる押当部63、ウェハWにインプリント材を吐出するノズル64、ウェハWを載せるステージ65、ウェハWを吸引するチャック66およびアライメントマークを検出するアライメント検出系67が設けられている。また、このインプリント装置には、表面形状計測装置71および応力計測装置72が設けられている。なお、表面形状計測装置71および応力計測装置72のうちのどちらか一方のみを設けるようにしてもよい。ステージ65は、図3(a)のステージ16と同様に、x軸方向、y軸方向およびz軸方向に移動させたり、1方向に回転させたり、2方向または3方向に傾けたりすることができる。インプリント装置には、テンプレート62の押当位置を制御するパターンニング制御部68が設けられている。パターンニング制御部68には、位置合わせ部68A、位置ずれ補償部68C、補正值算出部68D、位置ずれ算出部68Eおよび応力算出部68Fが設けられている。

【0074】

表面形状計測装置71は、図1の表面形状計測装置1と同様に動作することができる。応力計測装置72は、図12の応力計測装置5と同様に動作することができる。補正值算出部68Dは、図1の補正值算出部4Cと同様に動作することができる。なお、インプリント装置では、露光装置の露光制御に用いられるパラメータを変更できない場合があるので、そのパラメータは扱わないようにすることができる。例えば、図19の露光装置では倍率を変化させることができるが、図20のインプリント装置では倍率を変化させることができない。インプリント装置の倍率を変化させるために、テンプレート62を加熱する加熱部またはテンプレート62を冷却する冷却部を設けるようにしてもよい。テンプレート62を加熱したり冷却したりすることでテンプレート62を熱膨張させたり熱収縮させたりことができ、インプリント装置の倍率を変化させることができる。位置ずれ算出部68Eは、図1の位置ずれ算出部4Bと同様に動作することができる。応力算出部68Fは、図1の応力算出部4Aと同様に動作することができる。位置合わせ部68Aは、アライメント検出系67で検出されたアライメントマークの検出位置に基づいて、テンプレート62とショット領域との位置合わせを行う。位置ずれ補償部68Cは、補正值算出部68Dで算出された補正值に基づいて、テンプレート62の押当位置を補正する。この押当位置の補正では、テンプレート62に対するステージ65の位置、テンプレート62に対するステージ65の傾きおよびテンプレート62に対するステージ65の回転角のうちの少なくともいずれか1つを補正することができる。

【0075】

そして、合わせ先パターンがデバイス領域に形成されたウェハWがチャック66上に搬送される。そして、ウェハWがチャック66にて吸引されることでウェハWがチャック66上に固定される。そして、表面形状計測装置71にてウェハWの表面形状が計測され、その計測結果が応力算出部68Fに送られる。応力算出部68Fでは、表面形状計測装置

10

20

30

40

50

71から送られた計測結果に基づいてウェハWのデバイス領域にかかる応力が算出され、その算出結果が位置ずれ算出部68Eに送られる。この時、表面形状計測装置71にてウェハWの表面形状を計測する代わりに、応力計測装置72にてウェハWのデバイス領域にかかる応力を計測し、その算出結果を位置ずれ算出部68Eに送るようにしてもよい。位置ずれ算出部68Eでは、応力算出部68Fから送られた算出結果に基づいて、デバイス領域の所定点の位置ずれが算出され、補正值算出部68Dに送られる。補正值算出部68Dでは、位置ずれ算出部68Eから送られた算出結果に基づいて、デバイス領域の押当位置の補正值が算出され、位置ずれ補償部68Cに送られる。

そして、インクジェット法などを用いることにより、ノズル64からインプリント材をウェハW上に吐出せざる。ここで、アライメント検出系67ではアライメントマークからのアライメント光が検出される。そして、位置合わせ部68Aにおいて、アライメント検出系67の検出結果に基づいて、テンプレート62とウェハWのショット領域との位置合わせが行われる。

【0076】

次に、テンプレート62をウェハW上のインプリント材に押し当てることにより、ウェハW上にインプリントパターンを形成する。テンプレート62をウェハW上のインプリント材に押し当てる時に、位置ずれ補償部68Cでは、補正值算出部68Dから送られた補正值に基づいてテンプレート62の押当位置が補正される。

次に、テンプレート62をインプリント材に押し当てたまま、光源61からテンプレート62を通してインプリント材に紫外線を照射することにより、インプリント材を硬化させる。

【0077】

このように、図20の構成では、ウェハWの表面形状または応力をステージ65上で計測し、その計測結果に基づいて押当位置を補正することができる。これにより、ウェハWの表面形状または応力の計測時に押当前の実際のウェハWの状態をその計測結果に忠実に反映させることができ、デバイスパターン間の位置合わせ精度を向上させることができる。

また、図20の構成では、図1の表面形状計測装置1とパターニング装置2との間でウェハWを搬送する必要がなくなることから、スループットを向上させることができる。

【0078】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【符号の説明】

【0079】

1 表面形状計測装置、2 パターニング装置、3 合わせずれ検査装置、4 ホストコンピュータ、5 応力計測装置、6 CADシステム、7 マスクデータ作成装置、8 レーザ加工機

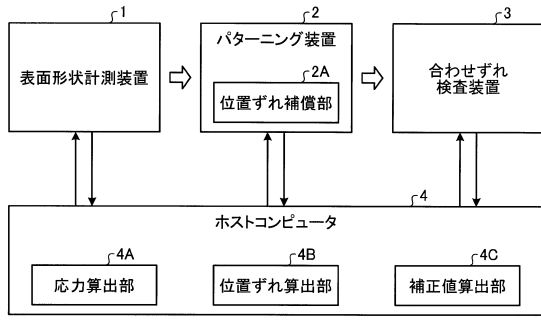
10

20

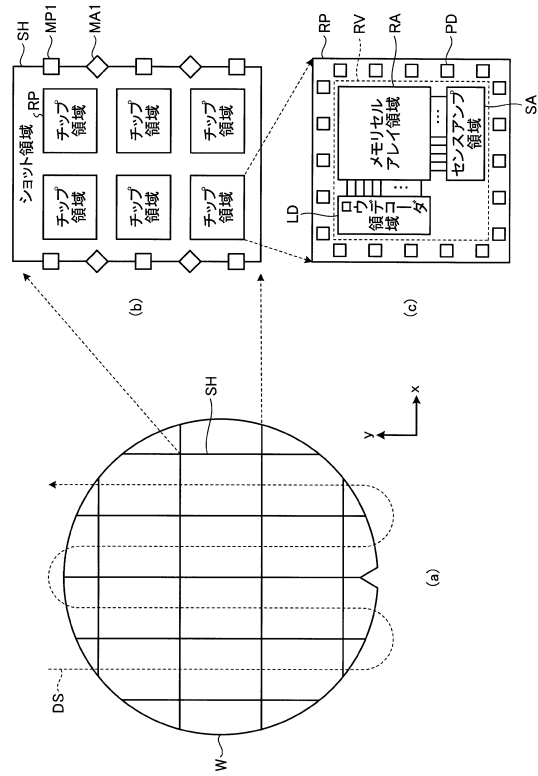
30

40

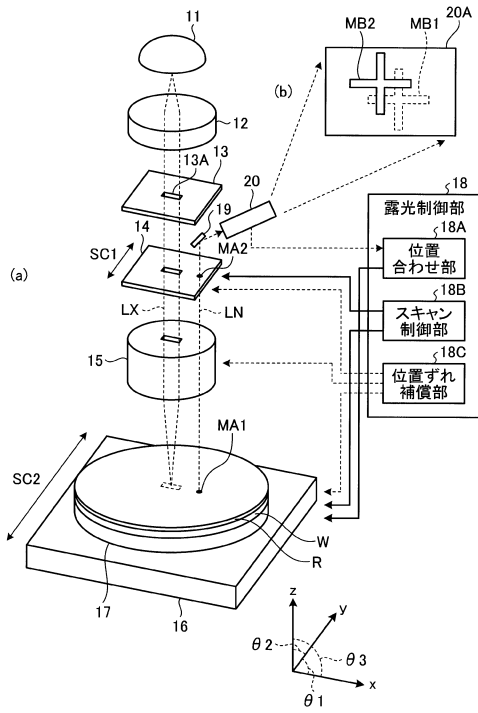
【図1】



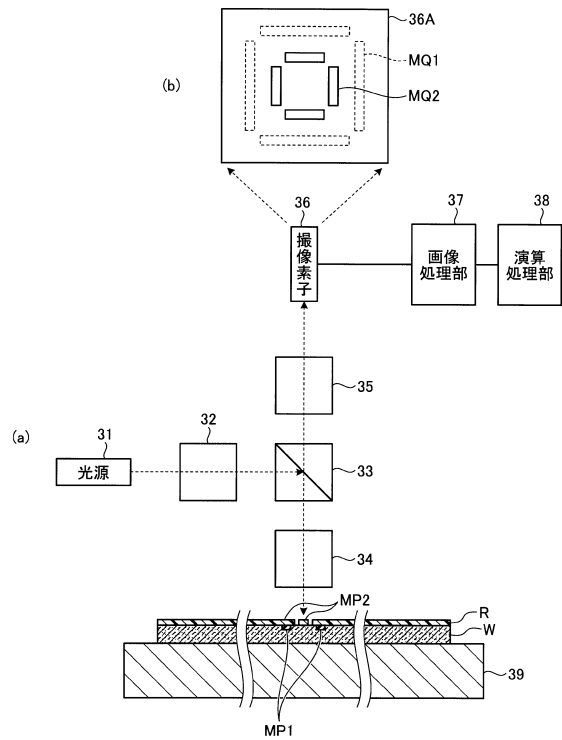
【図2】



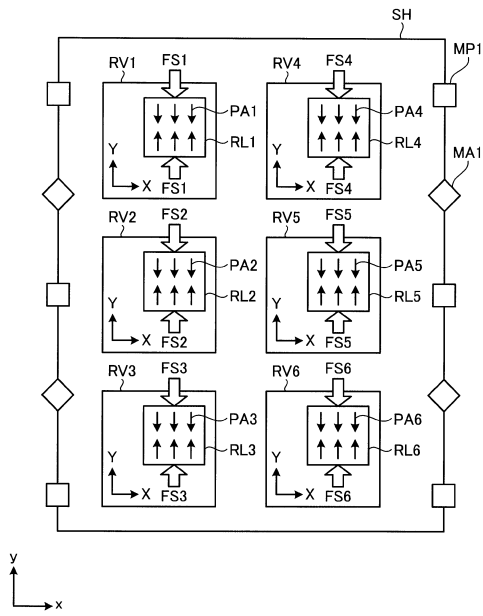
【図3】



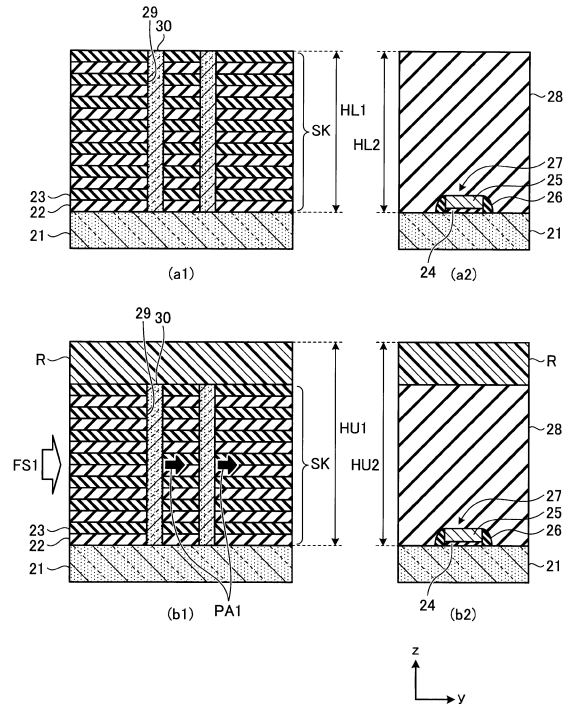
【図4】



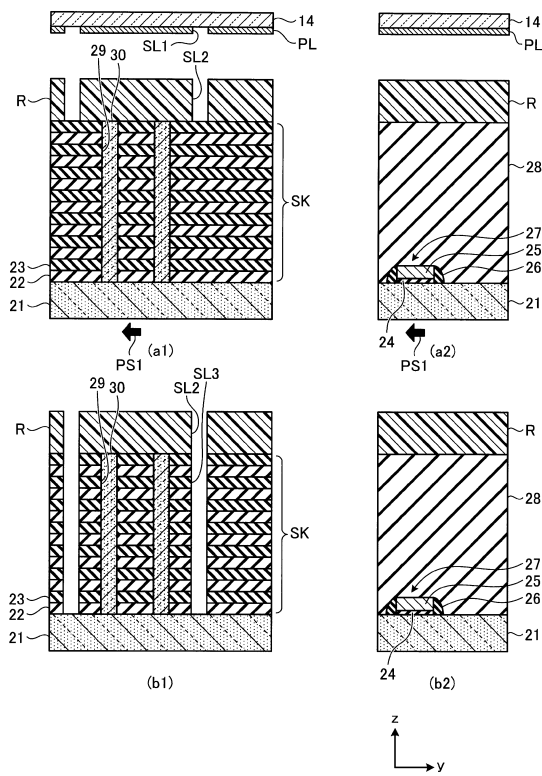
【図5】



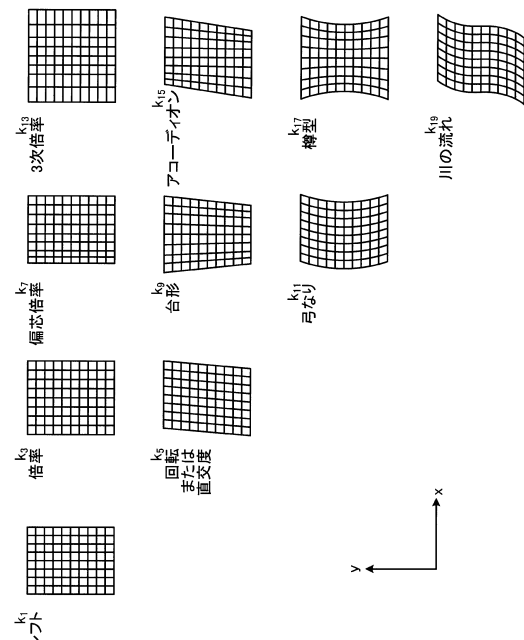
【図6】



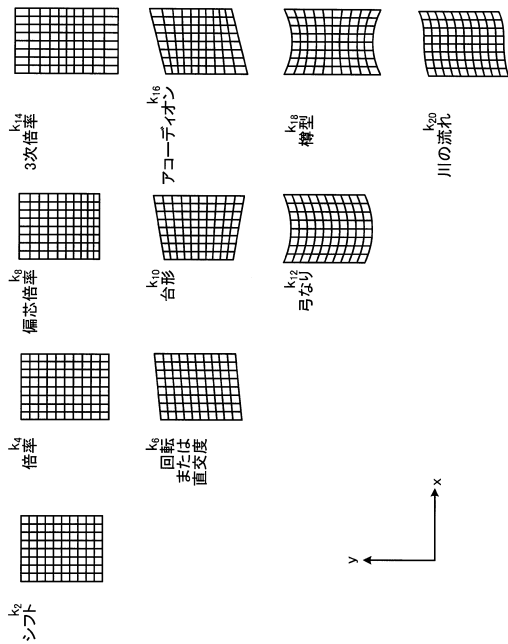
【図7】



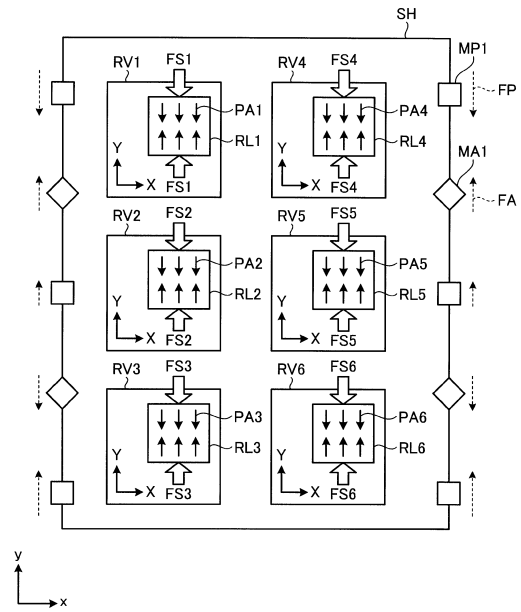
【図8】



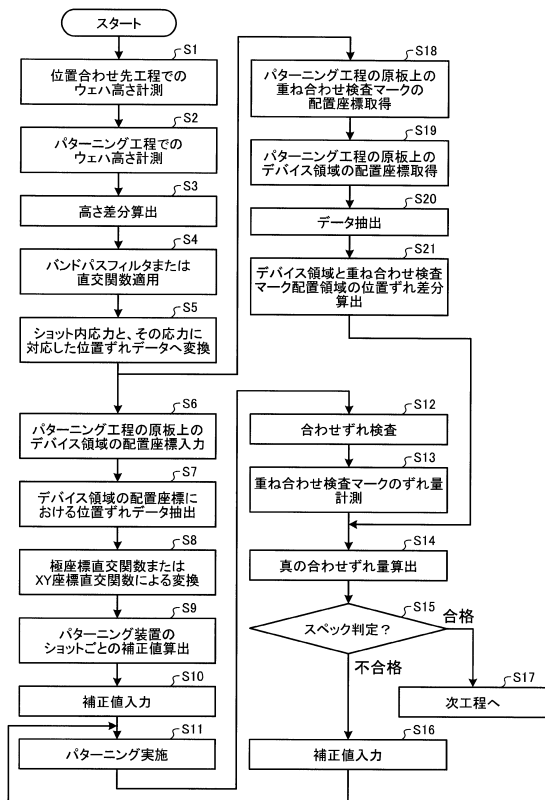
【図9】



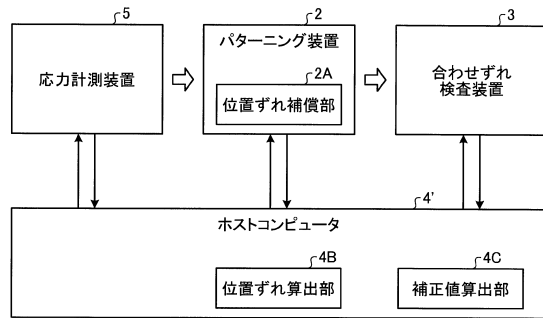
【図10】



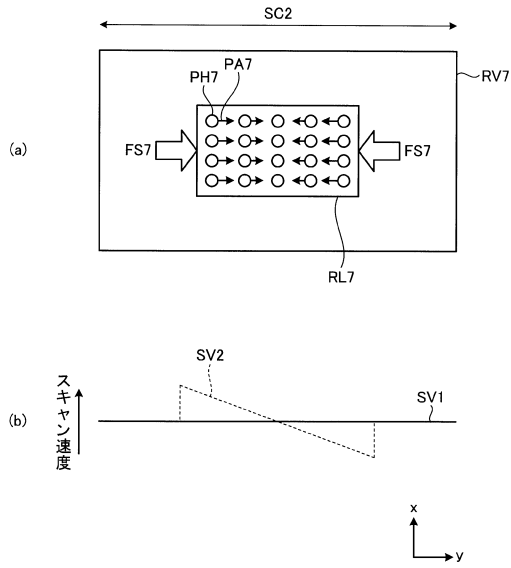
【図11】



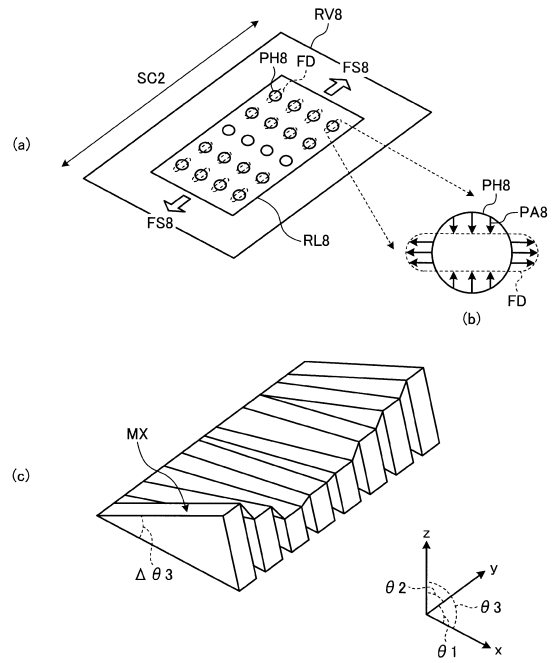
【図12】



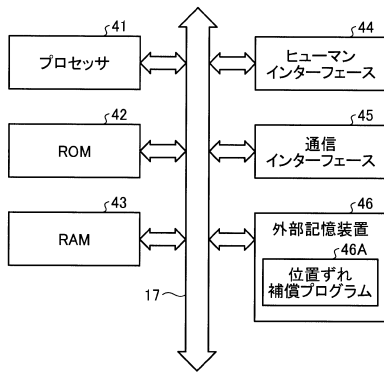
【図13】



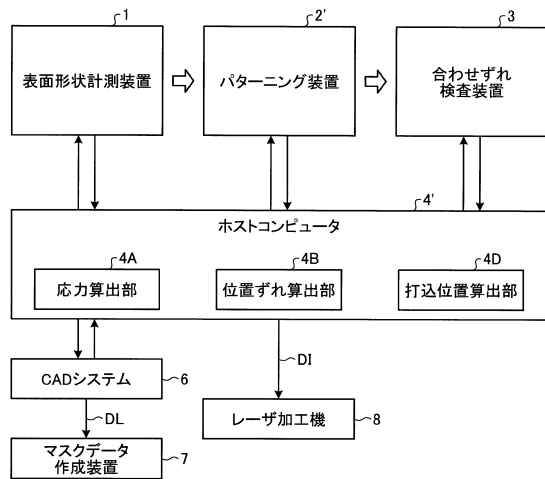
【図14】



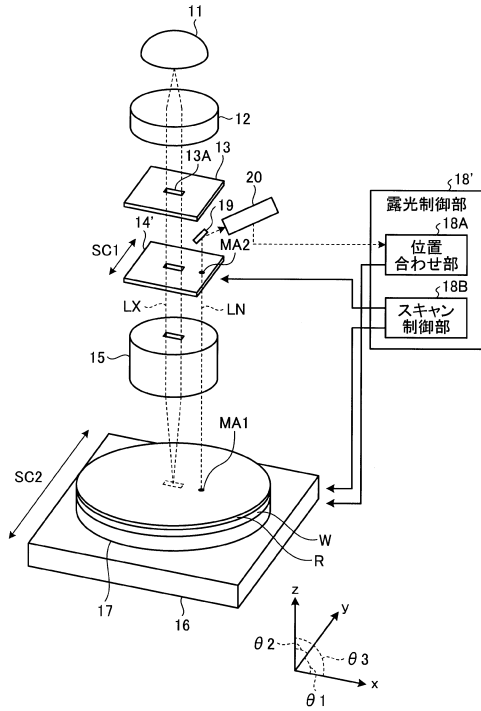
【図15】



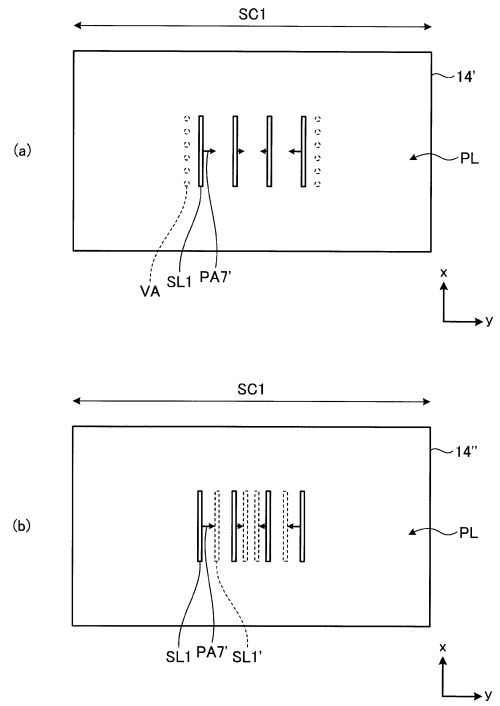
【図16】



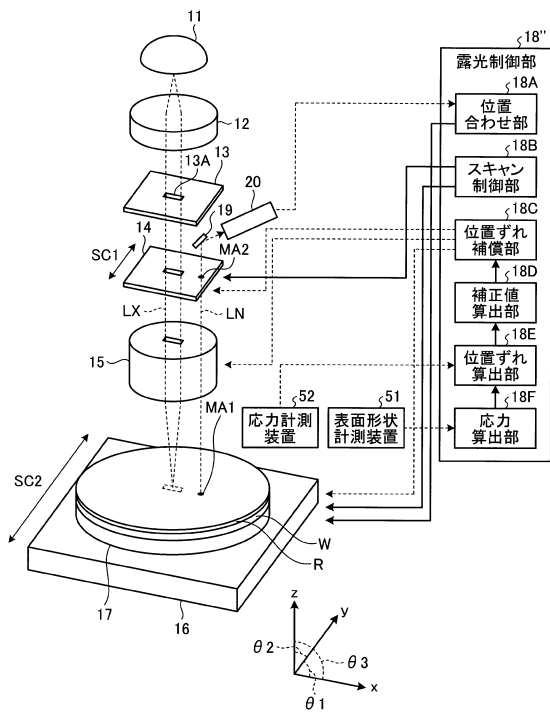
【図17】



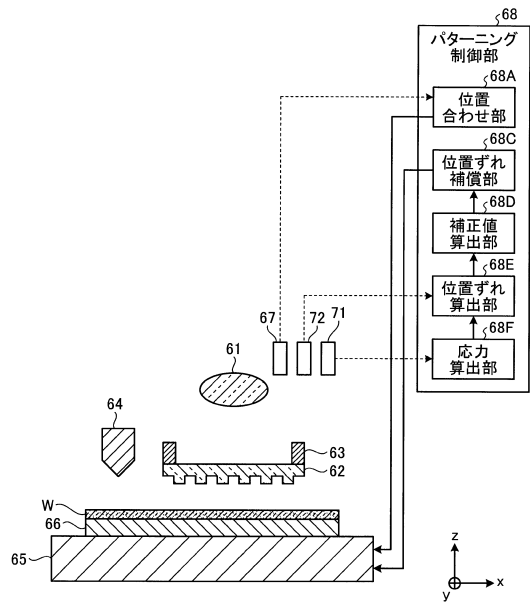
【図18】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平09 - 326349 (JP, A)
特開2015 - 043452 (JP, A)
特表2009 - 529785 (JP, A)
特開2001 - 077012 (JP, A)
米国特許出願公開第2008 / 0182344 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

IPC H01L 21/30、
21/027、
21/46、
G03F 7/20 - 7/24、
9/00 - 9/02、
B29C 53/00 - 53/84、
57/00 - 59/18