(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3991165号

(P3991165)

(45)発行日　平成19年10月17日(2007.10.17)　(24)登録日　平成19年8月3日(2007.8.3)

(51)Int.Cl.		F I		
H01L 21/027	(2006.01)	H01L	21/30	516A
G03B 27/32	(2006.01)	H01L	21/30	518
G03F 7/20	(2006.01)	G03B	27/32	F
G03F 9/00	(2006.01)	G03F	7/20	521
		G03F	9/00	H

請求項の数 3　(全 13 頁)

(21)出願番号　特願平7-153145
(22)出願日　平成7年6月20日(1995.6.20)
(65)公開番号　特開平9-7921
(43)公開日　平成9年1月10日(1997.1.10)
審査請求日　平成14年6月19日(2002.6.19)

(73)特許権者　000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内３丁目２番３号
(74)代理人　100098165
弁理士　大森　聡
(72)発明者　白田　陽介
東京都千代田区丸の内３丁目２番３号　株式会社ニコン内

審査官　新井　重雄

(56)参考文献　特開平０６－２９１０２０（ＪＰ，Ａ）
特開平０３－０９６２１９（ＪＰ，Ａ）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】位置合わせ方法及び露光方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

基板上の複数のショット領域のそれぞれに所定パターンを転写する露光装置において、前記基板上の複数のショット領域と前記所定パターンとの位置合わせを行うための位置合わせ方法において、

前記基板上の複数のショット領域のうち所定の複数のショット領域を計測して前記基板上の複数のショット領域の非線形な配列情報を求める第１工程と、

前記第１工程で求められた前記非線形な配列情報から前記複数のショット領域のそれぞれの輪郭情報を求める第２工程とを有し、

前記第２工程は前記非線形な配列情報から近似曲線情報を求め、求められた前記近似曲線情報を用いて前記輪郭情報を求めることを含む位置合わせ方法。

【請求項２】

基板上の複数のショット領域のそれぞれに所定パターンを転写する露光装置の露光方法であって、

前記基板上の複数のショット領域のうち所定の複数のショット領域を計測して前記基板上の複数のショット領域の非線形な配列情報を求める第１工程と、

前記第１工程で求められた前記非線形な配列情報から前記複数のショット領域のそれぞれの輪郭情報を求める第２工程と、

前記第２工程で求められた前記複数のショット領域の輪郭情報に応じて前記基板上に転写される前記所定パターンの像を歪ませる第３工程とを有し、

前記第２工程は前記非線形な配列情報から近似曲線情報を求め、求められた前記近似曲線情報を用いて前記輪郭情報を求めることを含む露光方法。

【請求項３】

請求項２に記載の露光方法であって、

前記露光装置は、前記所定パターンが形成されたマスクと前記基板とを相対的に走査して前記マスクのパターンを前記基板の各ショット領域に転写する走査露光型の露光装置であり、

前記基板上における前記マスクのパターンの投影像を歪ませるために、前記マスクと前記基板との相対走査中に、相対走査方向、走査方向での位置ずれ、及び前記基板の高さの少なくとも１つを変化させることを特徴とする露光方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【産業上の利用分野】

本発明は、例えば統計的手法を用いて予測した配列座標に基づいてウエハ上の各ショット領域とマスクのパターンとの位置合わせを行う位置合わせ（アライメント）方法に関し、ステッパー型の露光装置で位置合わせを行う場合にも適用できるが、特にステップ・アンド・スキャン方式の露光装置において、マスクとウエハ上の各ショット領域との位置合わせを行う場合に好適なものである。

【０００２】

【従来の技術】

半導体素子又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に、マスクとしてのレチクルのパターンを投影光学系を介してフォトレジストが塗布されたウエハ（又はガラスプレート等）上の各ショット領域に転写する投影露光装置（ステッパー等）が使用されている。投影露光装置としては、ステッパー型の他に最近は、投影光学系に対する負担を重くすることなく露光面積を拡大するために、投影光学系に対してレチクルとウエハとを同期して走査するステップ・アンド・スキャン方式も使用されつつある。

【０００３】

例えば半導体素子は、ウエハ上に多数層の回路パターンを重ねて形成されるので、２層目以降の回路パターンをウエハ上に投影露光する際には、ウエハ上の既に回路パターンが形成された各ショット領域とこれから露光するレチクルのパターンとの位置合わせ、即ちウエハの位置合わせ（ウエハアライメント）を高精度に行う必要がある。従来の投影露光装置におけるウエハの高精度な位置合わせ方法として、例えば特開昭６１－４４４２９号公報で開示されているように、ウエハ上から選択された所定個数のショット領域（サンプルショット）に付設されたアライメントマーク（ウエハマーク）の座標位置を計測し、この計測結果を統計処理してウエハ上の各ショット領域の配列座標を算出するエンハンスト・グローバル・アライメント（以下、「ＥＧＡ」と略称する）方式のアライメント方法が知られている。

【０００４】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、このＥＧＡ方式によるアライメント方法では、ウエハ上のショット領域の配列座標を線形的に求め、それに基づき位置合わせをしているため、ウエハがさまざまなプロセスを受けることにより生じるショット領域内の非線形な歪みやウエハそのものの非線形な歪みはアライメント誤差（重ね合わせ誤差）として残留していた。そのため、特に非線形な歪みが大きい場合には、高精度な位置合わせが困難であるという不都合があった。

【０００５】

本発明はかかる点に鑑み、ウエハ上の各ショット領域内、又はウエハ自体に非線形な歪みがある場合でもそれら各ショット領域と露光対象のパターンとを高精度に位置合わせできる位置合わせ方法及び露光方法を提供することを目的とする。

【０００６】

【課題を解決するための手段】
本発明による位置合わせ方法は、基板上の複数のショット領域のそれぞれに所定パターンを転写する露光装置において、その基板上の複数のショット領域とその所定パターンとの位置合わせを行うための位置合わせ方法において、その基板上の複数のショット領域のうち所定の複数のショット領域を計測してその基板上の複数のショット領域の非線形な配列情報を求める第１工程と、その第１工程で求められたその非線形な配列情報からその複数のショット領域のそれぞれの輪郭情報を求める第２工程とを有し、その第２工程はその非線形な配列情報から近似曲線情報を求め、求められたその近似曲線情報を用いてその輪郭情報を求めることを含むものである。
【０００７】
また、本発明による露光方法は、基板上の複数のショット領域のそれぞれに所定パターンを転写する露光装置の露光方法であって、その基板上の複数のショット領域のうち所定の複数のショット領域を計測してその基板上の複数のショット領域の非線形な配列情報を求める第１工程と、その第１工程で求められたその非線形な配列情報からその複数のショット領域のそれぞれの輪郭情報を求める第２工程と、その第２工程で求められたその複数のショット領域の輪郭情報に応じてその基板上に転写されるその所定パターンの像を歪ませる第３工程とを有し、その第２工程はその非線形な配列情報から近似曲線情報を求め、求められたその近似曲線情報を用いてその輪郭情報を求めることを含むものである。
【０００８】
ここで、その露光装置が、その所定パターンが形成されたマスクとその基板とを相対的に走査してそのマスクのパターンをその基板の各ショット領域に転写する走査露光型の露光装置である場合には、その基板上におけるそのマスクのパターンの投影像を歪ませるために、そのマスクとその基板との相対走査中に、相対走査方向、走査方向での位置ずれ、及びその基板の高さの少なくとも１つを変化させることが考えられる。
【０００９】
【作用】
かかる本発明の位置合わせ方法によれば、基板上の複数のショット領域を計測してショット領域の非線形な配列情報を求め、求められた非線形な配列情報より近似曲線情報を求め、求められたその近似曲線情報を用いて、従来の技術では検出できなかった、複数のショット領域それぞれの輪郭情報を求めることができる。
【００１０】
また、本発明の露光方法のように、各ショット領域の輪郭情報に応じて基板上に転写されるパターンの像を歪ませる場合には、非線形な誤差も補正可能になり、より高精度にパターンの像とショット領域とを重ねることができる。
【００１１】
また、露光装置が、所定パターンが形成されたマスクと基板とを相対的に走査してマスクのパターンを基板の各ショット領域に転写する走査露光型の露光装置である場合には、基板上におけるマスクのパターンの投影像を歪ませるために、マスクと基板との相対走査中に、相対走査方向、走査方向での位置ずれ、基板高さを変化させることにより、基板上でのパターンの投影像と歪んだショット領域とを重ねることができる。
【００１２】
【実施例】
以下、本発明による投影露光装置の一実施例について図面を参照して説明する。本例は、走査露光型（ステップ・アンド・スキャン方式等）の投影露光装置に本発明を適用したものである。
図２は、本例の投影露光装置の概略構成の斜視図を示し、この図２において、超高圧水銀ランプ等からなる露光光源から射出された照明光ＩＬは、フライアイインテグレータ、コリメータレンズ、リレーレンズ、及び視野絞り等からなる光学系ＡＬを経て照度分布が均一化される。そして、照度分布が均一化された照明光ＩＬは、ダイクロイックミラー１により反射され、コンデンサーレンズ２を経て回路パターン等が描かれたレチクルＲの下面

（パターン形成面）のスリット状の照明領域ＩＡＲを照明し、その照明領域ＩＡＲ内のパターンを投影光学系５を介して縮小倍率β（例えば１／５あるいは１／４）で縮小した投影像が、その表面にフォトレジスト（感光材）が塗布されたウエハW上のスリット状の露光領域ＩＡに投影される。ここで図２において、投影光学系ＰＬの光軸ＩＸに平行にＺ軸を取り、その光軸ＩＸに垂直な平面内の直交座標系をＸ軸、Ｙ軸とする。なお、露光光源としては、超高圧水銀ランプ等の輝線ランプの他、例えばＫｒＦエキシマレーザやＡｒＦエキシマレーザ等のエキシマレーザ光源、銅蒸気レーザやＹＡＧレーザの高波波発生装置等が使用される。

【００１３】

レチクルRはレチクル微動ステージ３ａ上に真空吸着され、このレチクル微動ステージ３ａは光軸ＩＸに垂直な平面（ＸＹ平面）内で２次元的（回転も含む）に微動してレチクルRを位置決めする。また、レチクル微動ステージ３ａはリニアモータ等で構成されたレチクル駆動部（不図示）により走査方向に駆動されるレチクル走査用ステージ３ｂ上に載置されており、Ｙ方向（走査方向）に所定の走査速度で移動可能となっている。レチクルステージ３はレチクル微動ステージ３ａ及びレチクル走査用ステージ３ｂから構成され、レチクルベース３ｃ上でＹ方向に対してレチクルRの全面が少なくとも照明光学系の光軸ＩＸを横切ることができるだけの移動ストロークを有している。レチクル微動ステージ３ａの端部には外部のＸ方向のレーザ干渉計９からのレーザビームを反射するＸ方向の移動鏡４Ｘ及びＹ方向の２個のレーザ干渉計（不図示）からのレーザビームを反射するＹ方向の移動鏡４Ｙが固定されており、レチクルステージ３の走査方向（Ｙ方向）及びＸ方向の位置は２個のレーザ干渉計の計測値の平均値及びＸ方向のレーザ干渉計の計測値として、例えば０．０１μｍ程度の分解能で常時検出されている。また、Ｙ軸用の２個のレーザ干渉計の計測値の差分よりレチクルステージ３の回転角も検出されている。

【００１４】

それらのレーザ干渉計からのレチクルステージ３の位置及び回転情報はステージ制御系１２に送られ、ステージ制御系１２はレチクルステージ３の位置及び回転情報に基づき、レチクル駆動部（不図示）を介して、レチクルステージ３を駆動する。不図示のレチクルアライメント系により所定の基準位置にレチクルRが精度良く位置決めされるように、レチクルステージ３の初期位置が決定されるため、移動鏡４Ｘ，４Ｙの位置をレーザ干渉計で測定するだけで、レチクルRの位置が十分高精度に測定される。また、それらのレーザ干渉計の測定値はステージ制御系１２を介してアライメント制御系１４及び中央制御系１３に供給されており、中央制御系はこのレーザ干渉計の測定値に基づいてステージ制御系１２を制御する。

【００１５】

本実施例の投影露光装置においては、図２に示すようにレチクルRの走査方向（Ｙ方向）に対して垂直な方向（Ｘ方向）に長手方向を有する長方形（スリット状）の照明領域ＩＡＲでレチクルRが照明され、レチクルRは露光時に－Ｙ方向（又は＋Ｙ方向）に速度V_Rでスキャンされる。照明領域ＩＡＲ（中心は光軸ＩＸとほぼ一致）内のパターンは、投影光学系５を介してウエハW上に投影され、スリット状の露光領域ＩＡが形成される。

【００１６】

ウエハWはレチクルRとは倒立結像関係にあるため、ウエハWは＋Ｙ方向（又は－Ｙ方向）に、レチクルRに同期して、速度V_Wでスキャンされ、ウエハW上のショット領域の全面にレチクルRのパターンが逐次露光される。走査速度の比（V_W／V_R）は投影光学系ＰＬの縮小倍率βに一致したものになっており、レチクルRのパターンがウエハW上のショット領域上に正確に縮小転写される。

【００１７】

ウエハWはウエハホルダ６上に真空吸着され、ウエハホルダ６はウエハステージ７上に保持されている。ウエハステージ７は、不図示の駆動部により、投影光学系ＰＬの最良結像面に対し、任意方向に傾斜可能で、且つ光軸ＩＸ方向（Ｚ方向）に微動可能で、また光軸ＩＸの回りの回転動作も可能なＺステージ７Ｚ、Ｚステージ７Ｚを載置し且つＸ方向に移

動自在なＸステージ７Ｘ、及びＸステージを載置しＹ方向に移動自在なＹステージ７Ｙから構成されている。ウエハステージ７はモータ等のウエハステージ駆動部（不図示）によりウエハW上の各ショット領域へスキャン露光する動作と、次のショット領域の露光開始位置まで移動する動作とを繰り返すステップ・アンド・スキャン動作を行う。

【００１８】

ウエハステージ７のＺステージ７Ｚの端部には外部のＸ方向のレーザ干渉計１５からのレーザビームを反射するＸ方向の移動鏡１０Ｘ及び不図示のＹ方向の２個のレーザ干渉計からのレーザビームを反射するＹ方向の移動鏡１０Ｙが固定され、ウエハステージ７のＸＹ平面内での位置はレーザ干渉計１５及びＹ方向のレーザ干渉計（以下、「レーザ干渉計１５」で代表させる）によって、例えば０．０１μｍ程度の分解能で常時検出されている。レーザ干渉計１５で計測されるウエハステージ７のＸ座標及びＹ座標によって定まる座標系をステージ座標系（Ｘ，Ｙ）という。また、ウエハステージ７の回転角も常時検出され、ウエハステージ７の位置情報（又は速度情報）及び回転情報はステージ制御系１２に送られ、ステージ制御系１２はこの位置情報（又は速度情報）に基づいてウエハステージ駆動部を制御する。また、レーザ干渉計１５の測定値はステージ制御系１２を介してアライメント制御系１４及び中央制御系１３に供給されており、中央制御系１３はこのレーザ干渉計１５の測定値に基づいてステージ制御系１２を制御する構成となっている。

【００１９】

また、図２の装置にはウエハWの露光面に向けてピンホール像、あるいはスリット像を形成するための結像光束を光軸ＩＸに対して斜め方向に照射する照射光学系と、その結像光束のウエハWの露光表面での反射光束をスリットを介して受光する受光光学系とからなる斜入射方式のウエハ位置検出系（焦点位置検出系）が、投影光学系５を支える支持部（不図示）に固定されている。このウエハ位置検出系のより詳細な構成については、例えば特開昭６０－１６８１１２号公報に開示されている。ウエハ位置検出系はウエハの露光面の投影光学系５の最良結像面に対するＺ方向の位置偏差を検出し、ウエハWと投影光学系５とが所定の間隔を保つようにウエハホルダ６をＺ方向に駆動するために用いられる。ウエハ位置検出系からのウエハ位置情報は、ステージ制御系１２を介して中央制御系１３に送られる。中央制御系１３はこのウエハ位置情報に基づいてウエハホルダ６をＺ方向に駆動する。

【００２０】

また、本例の投影露光装置にはレチクルＲとウエハWとの位置合わせを行うためのオフ・アクシス方式でＦＩＡ（Field Image Alignment)方式（撮像方式）のアライメントセンサ１１が投影光学系５の近傍に備えられている。このＦＩＡ方式のアライメントセンサ１１からウエハW上の後述するウエハマークに計測光が照射され、ウエハマークからの反射光がアライメントセンサ１１内に設けた指標板上にウエハマーク像を結像し、この像をリレーした像が２次元ＣＣＤ等の撮像素子で撮像される構成となっている。そして、アライメント制御系１４でその撮像信号を画像処理することによりその指標板上の指標マークを基準としたウエハマークの位置が検出され、更にそのときのウエハステージ７の座標を加算することでウエハマークのステージ座標系（Ｘ，Ｙ）での座標が検出される。

【００２１】

また、不図示であるが本例の投影露光装置にはその他、ＬＳＡ（Laser Step Alignment）方式及びＬＩＡ（Laser Interferometric Alignment ）方式のアライメントセンサが備えられており、ウエハWの表面状態により、アライメントセンサの種類を選択して使用する。これらのアライメントセンサからの検出信号はアライメント制御系１４によって処理され、アライメント制御系１４は中央制御系１３により統括的に制御される構成となっている。なお、それぞれのアライメントセンサは後述するウエハマークに合わせてそれぞれＸ方向の位置ずれを検出するアライメントセンサが１軸及びＹ方向の位置ずれを検出するアライメントセンサが１軸、計２軸備えられている。

【００２２】

次に、本例の位置合わせ方法につき図１のフローチャートを参照して説明する。

先ず、ステップ１０１でウエハWをローディング・ポイントで粗く位置決めする。即ち、ウエハWを不図示のプリアライメント装置により、ウエハW上のフラット部又はノッチ部が一定の方向を向くように粗く位置決めする。そして、ステップ１０２においてウエハWをステージ上のウエハホルダ６上に搬送し、先に位置決めされた方向を保つように設置してウエハWをウエハホルダ６上に真空吸着する。

【００２３】

次に、ステップ１０３に移行して図２に示すアライメントセンサ１１を用いて、ウエハWの各ショット領域に形成されたウエハマークの位置を計測することにより精密な位置合わせを行う。なお、この位置合わせはウエハWの第２層目以降について行われるものであり、ウエハW上の各ショット領域毎にそれぞれウエハマークがすでに形成されている。

【００２４】

図３は、ウエハW上のショット配列を示し、図３ではそのショット配列のうちウエハWの中央部を通る一列だけを取り出している。ウエハW上の全部のショット領域から選択された所定個数のショット領域（以下「サンプルショット」と呼ぶ）のウエハマークのステージ座標系（Ｘ，Ｙ）での座標位置を計測する。この図５において、各ショット領域２１ａ～２１ｈをサンプルショットとする。各ショット領域間のストリートライン中には例えばショット領域２１ａ，２１ｂで示すように、Ｘ方向の位置検出用のウエハマーク４８Ａ，４８Ｂ、及びＹ方向の位置検出用のウエハマーク４９Ａ，４９Ｂが形成されている。以下では、Ｘ方向及びＹ方向のウエハマークがそれぞれ各ショット領域の中心の配列座標を示すものとして、その中心の配列座標を各ショット領域の配列座標とみなす。ウエハW上の各ショット領域のウエハW上の座標系（試料座標系）（ｘ，ｙ）上での設計上の配列座標は予め記憶されている。

【００２５】

図５に示すように、各ショット領域は設計時の矩形の形から変形し、各ショット領域２１ａ～２１ｈの中心点２２ａ～２２ｈは試料座標系（ｘ，ｙ）に対して平行に配列せず、曲線的に配列している。本例はこのようなショット配列を有するウエハWのショット配列をまずＥＧＡ法により線形近似し、それに基づいて更に実測値に近い曲線近似することにより実際のショット配列に近い配列座標を算出するものである。

【００２６】

この場合、ショット領域２１ａを計測対象のサンプルショットとすると、Ｘ軸用のウエハマーク４８Ａのステージ座標系（Ｘ，Ｙ）でのＸ座標が図２のアライメントセンサ１１により検出され、Ｙ軸用のウエハマーク４９ＡのＹ座標が不図示のＹ軸用のアライメントセンサにより検出され、それらのアライメントセンサの検出結果が図２のアライメント制御系１４及び中央制御系１３に供給される。

【００２７】

より詳しく説明すると、ウエハW上の全部のショット領域からＫ個（Ｋは３以上の整数）のショット領域をサンプルショットとして選択する。この際に、ウエハW上の全部のショット領域の中心、即ち各ウエハマークの試料座標系（ｘ，ｙ）での設計上の配列座標は、中央制御系１３内の記憶部に記憶されている。以下ではｎ番目（ｎ＝１～Ｋ）のサンプルショットの中心の設計上の配列座標を（X_n，Y_n）とする。

【００２８】

そして、中央制御系１３はステップ１０３において、サンプルショットの順序を示す整数ｎを１に初期化した後、ステップ１０４に移行して、ｎ番目のサンプルショットの中心の設計上の配列座標（X_n，Y_n）に基づきステージ制御系１２を介してウエハステージ７をステッピング駆動することにより、ｎ番目のサンプルショットのウエハマークがアライメントセンサ１１の計測位置にくるように設定する。但し、実際にはウエハWの伸縮、回転誤差等によってそのサンプルショットの中心は露光位置から外れている。この位置ずれ量がアライメント誤差であり、このアライメント誤差を含んだ実際の配列座標が計測される。

【００２９】

そのため、ステップ１０５において、中央制御系１３はＦＩＡ方式の２個のアライメントセンサ及びアライメント制御系１４を作動させて、ウエハW上のｎ番目のサンプルショットの２個のウエハマークのステージ座標系（Ｘ，Ｙ）での位置を検出させる。その位置情報は中央制御系１３に供給される。
続くステップ１０６で、整数ｎの値を１だけ増加させた後、ステップ１０７に移行してＫ個のサンプルショットについて計測が終わったかどうかを判定する。従って、ステップ１０４～１０６がＫ回繰り返されて、Ｋ個のサンプルショットのそれぞれについて２つのウエハマークの座標値、即ち中心の配列座標（XM_n，YM_n）が求めて記憶される。このようにしてＫ個のサンプルショットについて計測が行われると、動作はステップ１０７からステップ１０８に移行する。

【００３０】
そして、中央制御系１３は、各サンプルショットの中心の設計上の配列座標（X_n，Y_n）、及び実際に計測された配列座標（XM_n，YM_n）を用いて、試料座標系（ｘ，ｙ）からステージ座標系（Ｘ，Ｙ）への座標変換パラメータ（以下、「ＥＧＡパラメータ」と呼ぶ）を算出する。なお、別置きのコンピュータでそのＥＧＡパラメータを算出してもよい。この計算は、特開昭６１－４４４２９号公報で開示されているように、例えば最小自乗法を用いて行われる。また、そのＥＧＡパラメータは線形伸縮（スケーリング）Ｒｘ，Ｒｙ，ローテーションθ，直交度Ｗ，及びオフセットＯｘ，Ｏｙよりなる線形パラメータである。

【００３１】
次に、ステップ１０９に移行して、中央制御系１３はステップ１０８で求めたＥＧＡパラメータ及びウエハW上の全部のショット領域の中心点の設計上の配列座標値（C_{Xn}，C_{Yn}）を用いて、それら各中心点のステージ座標系（Ｘ，Ｙ）上での計算上の線形な配列座標値（G_{Xn}，G_{Yn}）を求める。
図４は、図３に示すショット領域２１ａ～２１ｈのそれぞれの中心点２２ａ～２２ｈのステージ座標系（Ｘ，Ｙ）における状態を示し、この図６において、α軸が中心点２２ａ～２２ｈに関して以上のＥＧＡ計算により求められた配列座標値（G_{Xn}，G_{Yn}）を結んだ直線を示し、β軸は各ショット領域の中心を縦方向に連ねた直線を示している。このα軸とステージ座標系（Ｘ，Ｙ）のＸ軸との角度がローテーションθである。この図４に示すようにＥＧＡ計算によりウエハW上の線形近似によるショット配列は得られるが、α軸に対する各中心点２２ａ～２２ｈの非線形な誤差が残留している。例えば中心点２２ｃ，２２ｂ等はα軸からの誤差が大きい。

【００３２】
そこで、ステップ１１０において、ステップ１０９で算出された線形な配列座標（G_{Xn}，G_{Yn}）と実測値（XM_n，YM_n）との配列誤差（ΔG_{XN}，ΔG_{YN}）を算出し、その配列誤差（ΔG_{Xn}，ΔG_{Yn}）に基づいて、ウエハW上のショット配列を一例としてラグランジュの補間多項式により曲線補間し、非線形な曲線配列座標値を算出する。ここでウエハWの各ショット領域がＸ方向にｐ列、Ｙ方向にｑ行形成されているものとすると、この曲線配列座標値をｐ列、ｑ行に亘って算出し、ウエハWの全部のショット領域の配列座標値を求める。これによりｐ列に関して（P_{Xms}，P_{Yms}）、ｑ行に関して（Q_{Xms}，Q_{Yms}）の曲線配列座標値が得られる。但し、ｍは１からｐまでの整数であり、ｓは１からｑまでの整数である。なお、本例では各ショット領域の曲線配列を求めるのにラグランジュの補間多項式を用いたが、他の補間式や近似式を用いてもよい。例えば座標に関して２次関数や３次関数等で近似してもよい。

【００３３】
図５は、曲線近似により得られた曲線配列座標値の一部を示し、この図５において、配列曲線２３はショット領域２１ａ～２１ｈの中心点２２ａ～２２ｈに関する近似曲線を示し、この配列曲線２３に示すように以上の方法により得られた曲線配列座標値は実測値に近い配列を示している。
次に、ステップ１１１で、ステップ１１０で求めた曲線配列座標値より各ショット領域の

輪郭曲線を補間式により求める。例えばショット領域２１ａ～２１ｈの輪郭曲線を求める場合、ショット領域２１ａ～２１ｈがいまｓ行にあるとすると、ショット領域２１ａ～２１ｈの＋β方向の端部の輪郭を示す補間座標値（TH_{Xms}，TH_{Yms}）はショット領域２１ａ～２１ｈの属するｐ個の列を表す補間式に（$P_{Ym(s-1)}$＋P_{Yms}）／２を代入することで算出される。また、同様に－β方向の端部の輪郭を示す補間座標値（BH_{Xms}，BH_{Yms}）は（$P_{Ym(s+1)}$＋P_{Yms}）／２を代入することで算出される。同様な方法によりショット領域２１ａ～２１ｈのα軸方向の左右の輪郭を示す輪郭座標値（RH_{Xms}，RH_{Yms}），（LH_{Xms}，LH_{Yms}）を算出する。そしてウエハW上の全部のショット領域の輪郭を表す輪郭座標値を算出し、中央制御系１３で記憶する。なお、ここで求めた輪郭座標値は各ショット領域の辺の位置を示す座標値ではなく、隣り合うショット領域の中間の位置、即ちストリートラインの中央部の位置を示している。従って、各ショット領域の辺の位置座標が必要であれば、例えばストリートラインの幅をｄとした場合、上記の補間座標値に±ｄ／２だけ加えれば算出することができる。同様に各ショット領域のβ軸方向の輪郭曲線も算出される。

【００３４】

図６は、以上の方法により求められた補間座標値を示す曲線マップを示し、この図６において、例えば破線で示す補間曲線２４Ｔはショット領域２１ａ～２１ｈの＋β方向の端部の輪郭を示す補間座標値（TH_{Xms}，TH_{Yms}）を表す曲線を示し、同様に破線で示す補間曲線２４Ｂはショット領域２１ａ～２１ｈの－β方向の端部の輪郭を示す補間座標値（BH_{Xms}，BH_{Yms}）を表す曲線を示している。また、同じく破線で示す補間曲線２４Ｒはショット領域２１ｇの－α方向の端部の輪郭を示す補間座標値（RH_{Xms}，RH_{Yms}）を表す曲線を示し、補間曲線２４Ｌはショット領域２１ｇの＋α方向の端部の輪郭を示す補間座標値（LH_{Xms}，LH_{Yms}）を表す曲線を示している。

【００３５】

次に、ステップ１１２において、ｎを１に初期化して各ショット領域の露光を開始する。先ず、ステップ１１３において、ステップ１１０で求めた各ショット領域の中心点の位置を示す曲線配列座標値に従ってウエハステージ７を位置決めする。そして、ステップ１１４において、ステップ１１３で決定されたステージ位置から、ステップ１１１で求めたショット領域間の補間曲線に沿うようにウエハステージ７又はレチクルステージ３を走査しながら露光を行う。この場合、ウエハWの走査方向はβ方向であるため、例えば図２のＺステージ７Ｚを回転して、そのβ方向がステージ座標系のＹ軸と一致するようにウエハWを回転しておく。

【００３６】

図７は、ショット領域の輪郭に対応するレチクルステージ３及びウエハステージ７の走査方向を説明するためのもので、図７（ａ）及び図７（ｄ）はそれぞれ歪み方の異なる２つのショット領域を示している。また、図７（ｂ），（ｅ）はその場合のレチクルステージ３の走査方向を示し、図７（ｃ），（ｆ）はウエハステージ７の走査方向を示している。この図７（ａ）に示すようにショット領域２５の上辺２５Ｔに向けて下辺２５Ｂから左右の両辺２５Ｒ，２５Ｌが＋Ｘ方向（β軸に直角な方向）に一様に曲がっている場合には、図７（ｃ），（ｂ）に示すようにウエハステージ７を＋Ｙ方向（β軸方向）に直線的に走査すると共に、レチクルステージ３の走査線２７のウエハW上での投影像がショット領域２５の左右の辺２５Ｒ，２５Ｌとのほぼ同形になるようにレチクルステージ３を－Ｙ方向に走査する。この場合、図７（ａ）のショット領域２５の上辺２５Ｔと右辺２５Ｌの交点P_1から右辺２５Ｌのある地点P_2までのＹ方向の距離をｕとし、交点P_1から地点P_2までのＸ方向の距離をｔ（ｕ）とすれば、図７（ｂ）のレチクルステージ３の走査開始地点P_3と図７（ａ）の地点P_2に対応する地点P_4との間のＸ方向及びＹ方向の距離ｗ及びＲ（ｗ）との間に、ｔ（ｕ）＝βｒ（ｗ）がほぼ成立するようにレチクルステージ３の走査方向を制御する。なお、βは投影光学系５の投影倍率を示し、ショット領域の距離ｕとレチクルステージ３の走査距離ｗとの間には、ｕ＝βｗの関係が成立している。

【００３７】

また、図７（ｄ）のようにショット領域２６の上辺２６Ｔと下辺２６Ｂとが平行な状態になく、左辺２６Ｒの幅が右辺２６Ｌの幅より大きく、且つ左右の両辺が＋Ｘ方向に膨らむように曲がっている場合には、図７（ｅ）に示すように、レチクルステージ３の中央部が図７（ｄ）のショット領域２６の中心点２６ａを通る曲線配列座標を示す配列曲線３０に対応する走査曲線２９ｂに沿うように走査しながらレチクルステージ３の左右の走査方向を図７（ｄ）のショット領域の両辺２６Ｒ，２６Ｌに対応する走査曲線２９ａ，２９ｃに沿うように走査する。具体的にはレチクルステージ３を反時計回りに回転させることによりレチクルステージ３の左右の移動距離を調節する。

【００３８】

また、図８（ａ）に示すショット領域３１，３２のように全体的な大きさが異なっている場合や図８（ｂ）に示すショット領域３３の例えば上部と下部の非走査方向の幅が極端に異なる場合は、例えばテレセントリック性を崩した状態で図７の方法に加えて更にレチクルステージ３及びウエハステージ７をＸＹ平面に垂直なＺ方向に移動して、投影倍率βを変化させることにより対応する。例えば図８（ａ）の例では、ショット領域３２を露光する場合にはショット領域３１の場合より投影倍率βを小さくするようにレチクルステージ３及びウエハステージ７をＺ方向に移動する。また、図８（ｂ）の例では、ショット領域３３を露光する場合は走査中にレチクルステージ３及びウエハステージ７をＺ方向に移動させながら投影倍率βを徐々に小さくして露光を行う。

【００３９】

次に、ステップ１１５で、整数ｎの値を１だけ増加させた後、ステップ１１６に移行して、全部のショット領域の露光が終了したかどうかを確認する。終了していなければ再びステップ１１３に戻り、次のショット領域を露光する。終了した場合は、ステップ１１７で露光が終了したウエハＷをウエハホルダ６から取り出す（アンロード）ことによりウエハＷに関する露光動作を終了する。

【００４０】

以上、本例の位置合わせ方法によれば、従来の技術では補正できなかった被処理基板の持つ非線形な歪みによる誤差も補正可能になり、より高精度な位置合わせを行うことができる。また、ショット領域各々の歪み成分も考慮して露光時にウエハステージ又はレチクルステージを曲線状に走査することにより、ショット領域の中心部だけでなく外周部での重ね合わせの精度向上の効果があり、ウエハ１枚当たりから取れるチップの歩留りも上がるという利点がある。更に本例によれば、ウエハ上のショット領域の輪郭曲線を求めることにより、各ショット領域の倍率変動も知ることができ、走査露光時にショット領域毎の倍率補正を行うことが可能になるという利点もある。

【００４１】

また、本発明の方法は走査型の投影露光装置に限らず、レチクル上のパターンをウエハ上のショット領域に一括露光するステッパ型の露光装置にも適用することができる。

このように、本発明は上述実施例に限定されず本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【００４２】

【発明の効果】

本発明の位置合わせ方法によれば、基板上の複数のショット領域を計測してショット領域の非線形な配列情報を求め、求められた非線形な配列情報より、従来の技術では検出できなかった、複数ショット領域それぞれの輪郭情報を求めることができるため、基板上でのショット領域の形成状況をより正確に検知することが可能となる。

【００４３】

また、本発明の露光方法のように各ショット領域の輪郭情報に応じて基板上に転写されるパターンの像を歪ませる場合には、非線形な誤差も補正可能になり、より高精度にパターンの像とショット領域とを重ねることができる。

【００４４】

また、露光装置が、所定パターンが形成されたマスクと基板とを相対的に走査してマス

クのパターンを基板の各ショット領域に転写する走査露光型の露光装置である場合には、基板上におけるマスクのパターンの投影像を歪ませるために、マスクと基板との相対走査中に、相対走査方向、走査方向での位置ずれ、基板高さを変化させることにより、基板上でのパターンの投影像と歪んだショット領域とを重ねることができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明による位置合わせ方法の一実施例を示すフローチャートである。

【図２】本発明の実施例で使用される投影露光装置の全体の概略構成を示す斜視図である。

【図３】図２中のウエハWのショット配列の一部を試料座標系で示す平面図である。

【図４】図３のショット配列の線形成分からのずれを示す平面図である。

【図５】図３のショット配列の非線形成分を考慮した配列曲線を示す平面図である。

【図６】図５の配列曲線に基づいて求めた各ショット領域の輪郭曲線を示す平面図である。

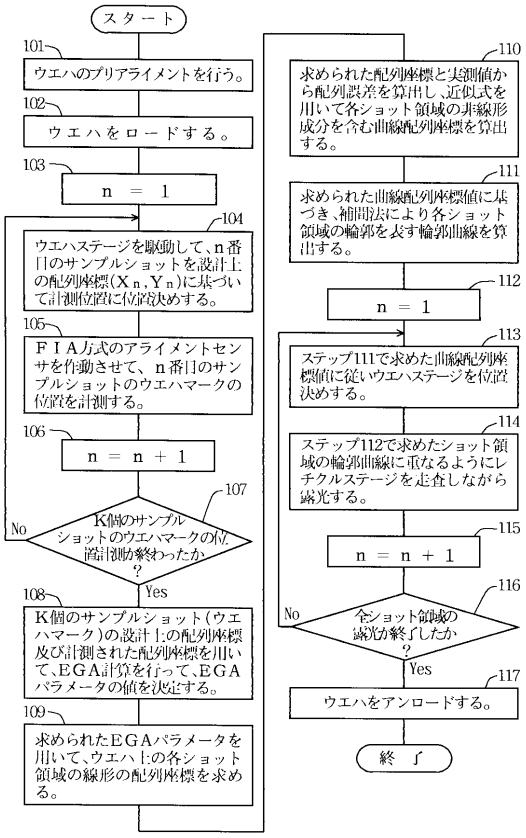
【図７】図６に示す各ショット領域の歪みとレチクルステージ及びウエハステージの走査方向との対応関係の例を示す図である。

【図８】図６に示す各ショット領域の歪みをウエハステージの高さを変化させることにより補正する例を説明するための図である。

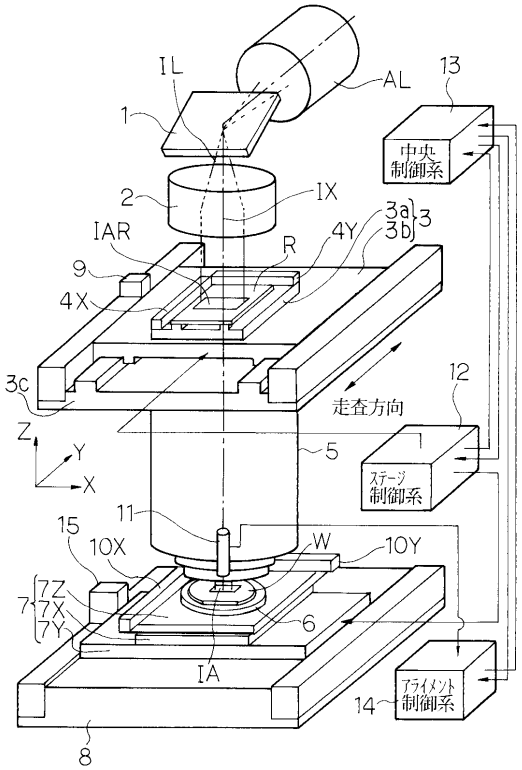
【符号の説明】

Ｒ　レチクル
Ｗ　ウエハ
３　レチクルステージ
５　投影光学系
７　ウエハステージ
７Ｘ　Ｘステージ
７Ｙ　Ｙステージ
７Ｚ　Ｚステージ
９　レーザ干渉計（レチクル用）
１５　レーザ干渉計（ウエハ用）
１１　ＦＩＡ方式のアライメントセンサ
１２　ステージ制御系
１３　中央制御系
１４　アライメント制御系
２１ａ～２１ｈ　ショット領域
２２ａ～２２ｈ　中心点
４８Ａ，４８Ｂ，４９Ａ，４９Ｂ　ウエハマーク
２３　配列曲線
２４Ｔ，２４Ｂ，２４Ｒ，２４Ｌ　輪郭曲線

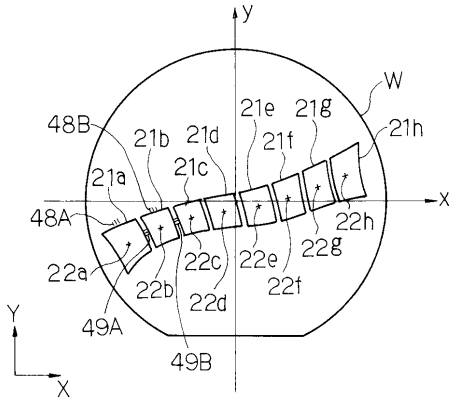
【図１】



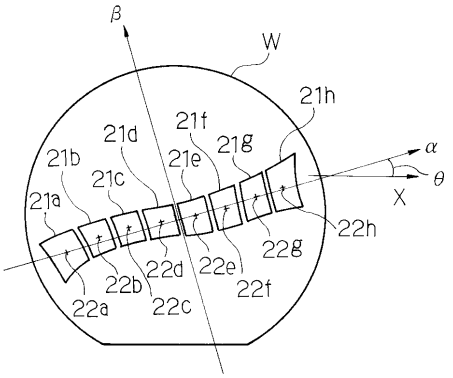
【図２】



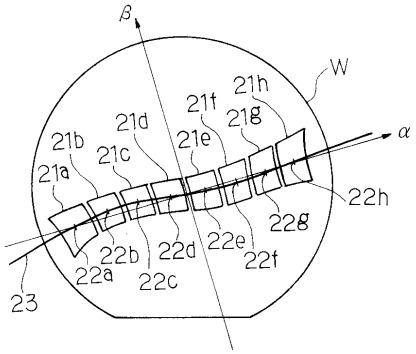
【図３】



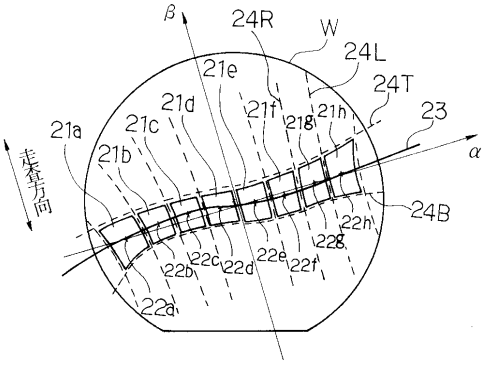
【図４】



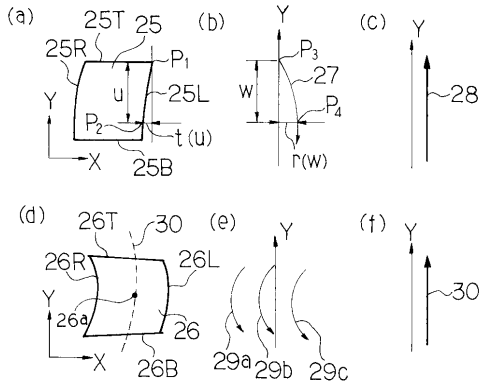
【図５】



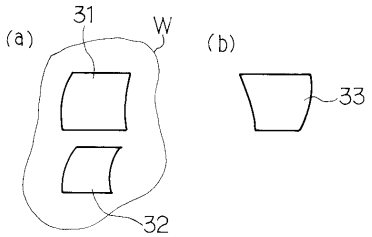
【図６】



【図７】


(a)
25T
25
25R
P1
u
25L
Y
P2
t(u)
X
25B
(b)
Y
P3
27
W
P4
r(W)
(c)
Y
28
(d)
26T
30
26R
26L
Y
26a
26
X
26B
(e)
Y
29a
29b
29c
(f)
Y
30

【図８】


(a)
31
W
32
(b)
33

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)

H01L 21/027
G03B 27/32
G03F 7/20
G03F 9/00