

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4200550号
(P4200550)

(45) 発行日 平成20年12月24日(2008.12.24)

(24) 登録日 平成20年10月17日(2008.10.17)

(51) Int.Cl.

H01L 21/027 (2006.01)
G03F 9/00 (2006.01)

F 1

H01L 21/30 516A
H01L 21/30 514E
H01L 21/30 502G
G03F 9/00 H

請求項の数 9 (全 17 頁)

(21) 出願番号

特願平10-203497

(22) 出願日

平成10年7月17日(1998.7.17)

(65) 公開番号

特開2000-36451(P2000-36451A)

(43) 公開日

平成12年2月2日(2000.2.2)

審査請求日

平成17年6月7日(2005.6.7)

(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 100102901

弁理士 立石 篤司

(74) 代理人 100099793

弁理士 川北 喜十郎

(72) 発明者 秋月 正彦

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

(72) 発明者 肥塚 健二

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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】露光方法及びリソグラフィシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

投影像の歪みを調整可能な投影露光装置を少なくとも1つ含む複数の投影露光装置で感應基板を多層的に露光する露光方法において、

少なくとも1層以上の露光がなされた前記感應基板の重ね合わせ露光に際し、前記複数の投影露光装置の内の前記感應基板を露光した投影露光装置の投影光学系に関する投影像の歪み調整パラメータと、使用されたマスクに形成されたパターンの描画誤差と、その投影露光装置において定期的に所定値の露光条件で測定された投影像歪みデータとに基づいて算出される、前記感應基板を露光した投影露光装置の露光時における投影像の歪み情報を含む感應基板の露光履歴と、前記複数の投影露光装置それぞれの歪み調整能力と、マスクに形成されたパターンの描画誤差と、に基づいて、前記感應基板を重ね合わせ露光する投影露光装置を前記複数の投影露光装置の中から選択することを特徴とする露光方法。

【請求項 2】

前記選択に際し、前記複数の投影露光装置のそれぞれについて、前記感應基板を露光した投影露光装置による投影像との重ね合わせ誤差が最も小さくなるように歪み調整を行ったときの残留誤差を求ることを特徴とする請求項1に記載の露光方法。

【請求項 3】

前記選択された投影露光装置により重ね合わせ露光を行う際に、前記残留誤差を求めたときの歪み調整に関する情報を用いることを特徴とする請求項2に記載の露光方法。

【請求項 4】

10

20

前記重ね合わせ露光を行う投影露光装置の選択の際には、前記選択時における前記複数の露光装置の稼動状況が更に考慮されることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項5】

投影像の歪みを調整可能な投影露光装置を少なくとも1つ含む複数の投影露光装置と；少なくとも1層以上の露光がなされた前記感応基板の重ね合わせ露光に際し、前記複数の投影露光装置の内の前記感応基板を露光した投影露光装置の投影光学系に関する投影像の歪み調整パラメータと、使用されたマスクに形成されたパターンの描画誤差と、その投影露光装置において定期的に所定値の露光条件で測定された投影像歪みデータとに基づいて算出される、前記感応基板を露光した投影露光装置の露光時における投影像の歪み情報を含む感応基板の露光履歴と、前記複数の投影露光装置それぞれの歪み調整能力と、マスクに形成されたパターンの描画誤差と、に基づいて、前記感応基板を重ね合わせ露光する投影露光装置を前記複数の投影露光装置の中から選択する判定装置と；を備えるリソグラフィシステム。10

【請求項6】

前記判定装置は、

前記複数の投影露光装置の稼動状況を管理するプロセス管理装置と、前記感応基板の露光履歴及び前記複数の投影露光装置の投影像の歪み設定を管理する歪み管理装置と、を備える請求項5に記載のリソグラフィシステム。20

【請求項7】

前記歪み管理装置は、前記感応基板の露光履歴に基づいて、前記投影像を調整可能な投影露光装置について、前記感応基板の露光の際に最適な歪み設定値を算出することを特徴とする請求項6に記載のリソグラフィシステム。30

【請求項8】

請求項7記載のリソグラフィシステムで使用される露光方法であって、

感応基板の露光に際し、前記プロセス管理装置が、前記感応基板の識別子を前記歪み管理装置に供給する第1工程と；

前記歪み管理装置が、前記感応基板の識別子によって識別された感応基板の露光履歴と、前記複数の投影露光装置のそれぞれの前記歪み調整能力とに基づいて、前記複数の投影露光装置の中から露光を行う候補の投影露光装置を1つ以上を決定し、前記決定された投影露光装置の情報を前記プロセス管理装置に供給する第2工程と；30

前記プロセス管理装置が、前記決定された投影露光装置の稼動状況に基づいて、前記決定された投影露光装置の中から前記感応基板を露光する投影露光装置を選択する第3工程と；

前記選択された投影露光装置の投影像の歪みが調整可能な場合には、前記選択された投影露光装置が、前記感応基板の露光の際の歪み設定パラメータを前記歪み管理装置に問い合わせる第4工程と；

前記選択された投影露光装置が、前記歪み管理装置からの前記歪み設定パラメータに基づいて投影像の歪みを調整した状態で露光を行う第5工程とを含む露光方法。40

【請求項9】

デバイス製造用の回路パターンが形成されたレチクルを用意し、

請求項1～4のいずれか一項に記載の露光方法を用いて、前記レチクル上に形成された回路パターンの像で、前記感応基板を露光する工程を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、露光方法及びリソグラフィシステムに係り、さらに詳しくは、さらに詳しくは、例えば半導体素子又は液晶表示素子等のマイクロデバイスを製造する際にリソグラフィ工程で用いられるリソグラフィシステム及び露光方法に関する。50

【0002】**【従来の技術】**

従来より、半導体素子、液晶表示素子等を製造するためのリソグラフィ工程では、マスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）に形成されたパターンを投影光学系を介してレジスト等が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板（以下、適宜「感応基板又はウエハ」という）上に転写する投影露光装置が用いられている。そして、量産性を高めるために、複数の投影露光装置を用意し、これらの投影露光装置をホスト計算機で管理するリソグラフィシステムを構築することが一般的に行われている。

【0003】

ここで、半導体素子等の製造にあたっては、異なる回路パターンを感応基板に幾層にも積み重ねて形成するが、量産性を高めるために、1枚の基板上の各レイヤ（層）の回路パターンを異なる投影露光装置を用いて転写することとなる。したがって、投影露光装置間における転写像の歪みをマッチングさせることができ、重ね合わせ精度を確保するためには必要となる。

10

【0004】

従来のリソグラフィシステムでは、転写像の機差を低減することにより重ね合わせ精度の確保するため、各投影露光装置の搬入時に、各投影露光装置による転写像の歪みを理想値に極力近付けるようにそれぞれの投影光学系等を調整したり、あるいは複数の投影露光装置の1つを基準号機と定めてこの基準号機における転写像の歪みと同様の歪みが生じるよう他の投影露光装置の投影光学系等を調整したりしていた。

20

【0005】

かかる投影露光装置の転写像の歪みの調整方法としては、例えば、一括型露光装置における例としては、投影光学系の一部のレンズ素子を光軸方向に駆動、あるいは光軸直交面に対して傾斜させることにより像歪みを発生させる方法及び装置が、特開平4-127514号公報等に記載されている。また、走査型露光装置における例としては、走査露光中に投影光学系の倍率を連続的に変化させたり、レチクルと基板の走査方向の相対角度にオフセットをもたせる、あるいは前記相対角度を連続的に変化させる方法により、走査後に形成される像に歪みを与える方法及び装置が、特開平7-57991号公報等に記載されている。

【0006】

30

【発明が解決しようとする課題】

上記の従来のリソグラフィシステムでは、各投影露光装置による転写像の歪みは、基準となる転写像の歪み、すなわち理想値の歪み又は基準号機による歪みと比較すると歪みの差は小さいが、その差の総和程度の差が投影露光装置間に存在することがある。さらに、投影露光装置の転写特性は経時変化するものであり、投影露光装置間における転写像の歪みの機差も経時的に増加することもある。

【0007】

このため、従来のリソグラフィシステムで行われていた、各投影露光装置の導入時における転写像の歪みの調整値を用いる転写像のマッチングでは、近年において益々高まっている回路パターンの微細化に伴う重ね合わせ精度の向上の要請に対して応えることが困難になりつつある。

40

【0008】

本発明は、かかる事情の下になされたもので、その目的は、複数の投影露光装置を使用しつつ、高い重ね合せ精度で重ね合わせ露光を行うことができる露光方法及びリソグラフィシステムを提供することにある。

【0009】**【課題を解決するための手段】**

本発明の露光方法は、投影像の歪みを調整可能な投影露光装置を少なくとも1つ含む複数の投影露光装置（ $110_1 \sim 110_N$ ）で感応基板（W）を多層的に露光する露光方法において、少なくとも1層以上の露光がなされた前記感応基板（W）の重ね合わせ露光に際

50

し、前記複数の投影露光装置の内の前記感應基板を露光した投影露光装置の投影光学系に関する投影像の歪み調整パラメータと、使用されたマスクに形成されたパターンの描画誤差と、その投影露光装置において定期的に所定値の露光条件で測定された投影像歪みデータとに基づいて算出される、前記感應基板を露光した投影露光装置の露光時における投影像の歪み情報を含む感應基板（W）の露光履歴と、前記複数の投影露光装置（110₁～110_N）それぞれの歪み調整能力と、マスクに形成されたパターンの描画誤差と、に基づいて、前記感應基板を重ね合わせ露光する投影露光装置を前記複数の投影露光装置の中から選択することを特徴とする。

【0010】

これによれば、少なくとも1層以上の露光がなされた感應基板、例えば1ロットの感應基板に関する重ね合わせ露光に際し、重ね合わせ露光の対象となる感應基板が、それまでのどのような投影露光装置によりどのような状態で露光されてきたかを示す露光履歴（複数の投影露光装置の内の前記感應基板を露光した投影露光装置の露光時における投影像の歪み情報を含む）から、各層における転写像の歪みを知り、その上で、各投影露光装置のそれぞれの歪み調整能力を鑑みて、かつマスクに形成されたパターンの描画誤差を考慮して、重ね合わせ精度を高精度に確保できる投影露光装置を選択する。そして、選択された投影露光装置を使用して、当該感應基板の重ね合わせ露光を行う。したがって、複数の投影露光装置を使用しつつ、高い重ね合せ精度で重ね合わせ露光を行うことができる。

10

【0012】

また、重ね合わせ露光を行う投影露光装置の選択に際しては、各投影露光装置のそれについて、重ね合わせ露光の対象となる感應基板を露光した投影露光装置による投影像との重ね合わせ誤差が最も小さくなるように歪み調整を行ったときの残留誤差を求め、各残留誤差の値に基づいて重ね合わせ露光を行う投影露光装置を選択することにより、適切な投影露光装置を選択することができる。かかる場合には、選択された投影露光装置の前記残留誤差となる歪み調整が行われて重ね合わせ露光が行われる。

20

【0013】

また、投影露光装置の選択時点における各投影露光装置の稼動状況と、すでに行われた露光における転写像の誤差とのマッチング精度とを総合的に判断して当該重ね合わせ露光を行う投影露光装置を選択することにより、高い重ね合せ精度を確保しつつ、量産性を向上することができる。

30

【0014】

本発明のリソグラフィシステムは、投影像の歪みを調整可能な投影露光装置を少なくとも1つ含む複数の投影露光装置（110₁～110_N）と；少なくとも1層以上の露光がなされた前記感應基板（W）の重ね合わせ露光に際し、前記複数の投影露光装置の内の前記感應基板を露光した投影露光装置の投影光学系に関する投影像の歪み調整パラメータと、使用されたマスクに形成されたパターンの描画誤差と、その投影露光装置において定期的に所定値の露光条件で測定された投影像歪みデータとに基づいて算出される、前記感應基板を露光した投影露光装置の露光時における投影像の歪み情報を含む感應基板（W）の露光履歴と、前記複数の投影露光装置（110₁～110_N）それぞれの歪み調整能力と、マスクに形成されたパターンの描画誤差と、に基づいて、前記感應基板を重ね合わせ露光する投影露光装置を前記複数の投影露光装置の中から選択する判定装置（130，140，160）と；を備える。

40

【0015】

これによれば、重ね合わせ露光に際して、判定装置が、重ね合わせ露光の対象となる感應基板が、それまでどのような投影露光装置によりどのような状態で露光されてきたかを示す露光履歴（複数の投影露光装置の内の前記感應基板を露光した投影露光装置の露光時における投影像の歪み情報を含む）と、各投影露光装置のそれぞれの歪み調整能力と、マスクに形成されたパターンの描画誤差を考慮して、に基づいて、重ね合わせ精度を高精度に確保できる投影露光装置を選択する。すなわち、上記の本発明の露光方法を使用して感應基板に重ね合わせ露光を行うので、複数の投影露光装置を使用しつつ、高い重ね合せ精

50

度で重ね合わせ露光を行うことができる。

【0016】

ここで、判定装置を、複数の投影露光装置の稼動状況を管理するプロセス管理装置と；複数の投影露光装置の稼動履歴及び投影像の歪み設定を管理する歪み管理装置とを備えて構成することが可能である。

【0017】

かかる場合には、歪み管理装置が、感應基板の露光履歴に基づいて、投影像の歪みを調整可能な投影露光装置について、感應基板の露光の際に最適な歪み設定値を算出する処理を分担し、重ね合わせ露光を行う投影露光装置の選択に貢献する構成とすることが、システムの負荷分担として適切である。このシステム構成では、例えば、感應基板の露光に際し、プロセス管理装置によって指定された重ね合わせ露光の対象となる感應基板について、その露光履歴と各投影露光装置の歪み調整能力に基づいて、歪み管理装置が、重ね合わせ精度の観点から、重ね合わせ露光を行う投影露光装置の候補を1つ以上を決定する。そして、プロセス管理装置が、決定された投影露光装置の稼動状況に基づいて、決定された投影露光装置の中から1つの投影露光装置を選択する露光方法を実行することができる。この露光方法によれば、高い重ね合わせ精度を確保しつつ、量産性を向上することができる。

10

【0018】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施形態を図1～図7に基づいて説明する。

20

【0019】

図1には、一実施形態のリソグラフィシステム100の構成が概略的に示されている。このリソグラフィシステム100は、N台の投影露光装置110₁～110_N、各投影露光装置110_i(i=1～N)毎に併設されたマシンコントローラ(MC)120₁～120_N、像歪み演算装置130、集中情報サーバ140、ターミナルサーバ150、及びプロセス管理装置としてのホスト計算機160を備えて構成される。ここで、投影露光装置110_i、MC120_i、像歪み演算装置130、集中情報サーバ140、及びターミナルサーバ150は、ローカルエリアネットワーク(LAN)170に接続されており、また、ホスト計算機160は、ターミナルサーバ150を介してLAN170に接続されている。すなわち、ハードウェア構成上では、投影露光装置110_i、MC120_i、像歪み演算装置130、集中情報サーバ140、ターミナルサーバ150、及びホスト計算機160の相互間の通信経路が確保されている。なお、本システムにおける実際の構成要素相互間の通信については後述する。

30

【0020】

前記投影露光装置110₁～110_Nのそれぞれはステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置(いわゆる「ステッパ」)であってもよいし、また、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置(以下、「走査型露光装置」という)であってもよい。但し、投影露光装置110₁～110_Nの少なくとも1つは、投影像の歪みの調整能力を有していることが必要である。なお、以下の説明においては、投影露光装置110₁～110_Nの全てが、投影像の歪み調整能力を有する走査型露光装置であるとする。

40

【0021】

図2には、かかる投影露光装置110₁～110_Nの中の1台の投影露光装置110₁の概略的な構成が示されている。なお、他の投影露光装置110₂～110_Nも投影露光装置と同様に構成される。図2に示されるように、投影露光値110₁は、照明系IOP、マスクとしてのレチクルRを保持するレチクルステージRST、投影光学系PL、感應基板としてのウエハWが搭載されるウエハステージWST等を備えている。

【0022】

前記照明系IOPは、光源、フライアイレンズ等からなる照度均一化光学系、リレーレンズ、可変NDフィルタ、レチクルブラインド、及びダイクロイックミラー等(いずれも不図示)を含んで構成されている。こうした照明系の構成は、例えば、特開平10-112

50

433号公報に開示されている。

【0023】

この照明系IOPでは、回路パターン等が描かれたレチクルR上のレチクルブラインドで規定されたスリット状の照明領域部分を照明光ILによりほぼ均一な照度で照明する。

【0024】

前記レチクルステージRST上にはレチクルRが、例えば真空吸着により固定されている。レチクルステージRSTは、ここでは、磁気浮上型の2次元リニアアクチュエータから成る不図示のレチクルステージ駆動部によって、レチクルRの位置決めのため、照明光学系の光軸（後述する投影光学系PLの光軸AXに一致）に垂直なXY平面内で微少駆動可能であるとともに、所定の走査方向（ここではY方向とする）に指定された走査速度で駆動可能となっている。さらに、本実施形態では上記磁気浮上型の2次元リニアアクチュエータはX駆動用コイル、Y駆動用コイルの他にZ駆動用コイルを含んでいるため、Z方向にも微小駆動可能となっている。10

【0025】

レチクルステージRSTのステージ移動面内の位置はレチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」という）16によって、移動鏡15を介して、例えば0.5~1nm程度の分解能で常時検出される。レチクル干渉計16からのレチクルステージRSTの位置情報はステージ制御系19に送られ、ステージ制御系19はレチクルステージRSTの位置情報に基づいてレチクルステージ駆動部（図示省略）を介してレチクルステージRSTを駆動する。20

【0026】

前記投影光学系PLは、レチクルステージRSTの図2における下方に配置され、その光軸AXの方向がZ軸方向とされ、ここでは両側テレセントリックな光学配置となるように光軸AX方向に沿って所定間隔で配置された複数枚のレンズエレメント27、29、30、31、……及びこれらのレンズエレメント27、29、30、31、……を保持するレンズ鏡筒32を含んで構成されている。この投影光学系PLは所定の投影倍率、例えば1/5（あるいは1/4）を有する縮小光学系である。このため、照明系IOPからの照明光ILによってレチクルRの照明領域が照明されると、このレチクルRを通過した照明光ILにより、投影光学系PLを介して照明領域部分のレチクルRの回路パターンの縮小像（部分倒立像）が表面にレジスト（感光剤）が塗布されたウエハW上に形成される。この投影露光装置110₁では、この投影光学系PLによる投影像の歪み（倍率を含む）を補正する結像特性補正装置が設けられている（これについては、後に詳述する）。30

【0027】

前記ウエハステージWSTは、投影光学系PLの図2における下方に配置され、このウエハステージWST上には、ウエハホルダ9が保持されている。このウエハホルダ9上にはウエハWが真空吸着されている。ウエハホルダ9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、かつ投影光学系PLの光軸AX方向（Z方向）に微動が可能に構成されている。また、このウエハホルダ9は光軸AX回りの回転動作も可能になっている。

【0028】

ウエハステージWSTは走査方向（Y方向）の移動のみならず、ウエハW上の複数のショット領域を前記照明領域IARと共に役な露光領域IAに位置させることができるように、走査方向に垂直な方向（X方向）にも移動可能に構成されており、ウエハW上の各ショット領域を走査（スキャン）露光する動作と、次のショット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。このウエハステージWSTはモータ等のウエハステージ駆動部（不図示）によりXY2次元方向に駆動される。40

【0029】

ウエハステージWSTのXY平面内での位置はウエハレーザ干渉計18によって、移動鏡17を介して、例えば0.5~1nm程度の分解能で常時検出されている。ウエハステージWSTの位置情報（又は速度情報）はステージ制御系19に送られ、ステージ制御系150

9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WSTを制御する。

【0030】

上記のように構成された投影露光装置110₁においては、前記スリット状の照明領域(中心は光軸AXとほぼ一致)を照明光ILにより照明した状態で、ウエハWとレチクルRとを走査方向(Y方向)に沿って互いに逆向きに、投影倍率に応じた速度比で同期移動する。かかる走査露光により、レチクルRのパターン領域のパターンがウエハW上のショット領域上に縮小転写される。

【0031】

投影光学系PLの側面には、ウエハW上の各ショット領域に付設されたアライメントマーク(ウエハマーク)の位置を検出するためのオフ・アクシス方式のアライメント顕微鏡、例えば画像処理方式の結像式アライメントセンサ8が設けられている。主制御装置50では、上記の走査露光に先立って、ウエハマークの計測された位置に基づいて例えば特開昭61-44429号公報に開示される統計演算によりウエハW上のショット領域の配列座標を算出する。10

【0032】

また、投影露光装置110₁には、投影光学系PLの最良結像面に向けて複数のスリット像を形成するための結像光束を光軸AX方向に対して斜め方向より供給する照射光学系13と、その結像光束のウエハWの表面での各反射光束をそれぞれスリットを介して受光する受光光学系14とから成る斜入射方式の多点焦点位置検出系が、投影光学系PLを支える支持部(図示省略)に固定されている。この多点焦点位置検出系(13、14)としては、例えば特開平5-190423号公報に開示されるものと同様の構成のものが用いられ、ステージ制御系19はこのウエハ位置情報に基づいてウエハホルダ9をZ方向及び傾斜方向に駆動する。20

【0033】

次に、投影光学系PLの結像特性を補正するための結像特性補正装置について説明する。この結像特性補正装置は、大気圧変化、照明光吸収等による投影光学系PL、自体の結像特性の変化を補正すると共に、ウエハW上の前層の露光ショット(ショット領域)の歪みに合わせてレチクルRのパターンの投影像を歪ませる働きをもつ。投影光学系PLの結像特性としては焦点位置、像面湾曲、ディストーション、非点収差等があり、それらを補正する機構はそれぞれ考えられるが、以下の説明においては結像特性補正装置は、主として投影像の歪み(倍率を含む)に関する補正のみを行なうものとする。30

【0034】

図2において、投影光学系PLを構成する、レチクルRに最も近いレンズエレメント27は支持部材28に固定され、レンズエレメント27に続くレンズエレメント29、30、31、…は投影光学系PLのレンズ鏡筒32に固定されている。支持部材28は、伸縮自在の複数(ここでは3つ)の駆動素子、例えばピエゾ素子11a、11b、11c(但し、図2では紙面奥側の駆動素子11cは図示せず)を介して投影光学系PLのレンズ鏡筒32と連結されている。駆動素子11a、11b、11cに印加される駆動電圧が結像特性制御部12によって独立して制御され、これによって、レンズエレメント27が光軸AXに直交する面に対して任意に傾斜及び光軸方向に移動可能な構成となっている。各駆動素子によるレンズエレメント27の駆動量は不図示の位置センサにより厳密に測定され、その位置はサーボ制御により目標値に保たれるようになっている。40

【0035】

この投影露光装置110₁ではレンズエレメント27の支持部材28、駆動素子11a、11b、11c及びこれに対する駆動電圧を制御する結像特性制御部12によって結像特性補正装置(倍率調整手段を兼ねる)が構成されている。なお、投影光学系PLの光軸AXとはレンズエレメント29以下のレンズエレメントの共通の光軸を指すものとする。

【0036】

次に、投影像の歪みを測定を計測するため、レチクルRに形成された計測マーク(マークパターン)の投影光学系PLを介しての投影像を光電検出する空間像計測器60について50

、図3に基づいて説明する。

【0037】

図3には、この空間像計測器60を含む図2のウエハステージWST近傍部分が拡大して示されている。図3において、ウエハステージWSTの一端部上面には、上部が開口した突設部が設けられており、この突設部の開口を塞ぐ状態で受光ガラス62が嵌め込まれている。この受光ガラス62の上面は、その周辺部にクロム層により形成された遮光帯64aが形成され、中央部にほぼ正方形の開口パターン64が形成されている。

【0038】

開口パターン64の下方のウエハステージ50内部には、レンズ66、68から成るリレー光学系と、このリレー光学系(66、68)によって所定光路長分だけリレーされる照明光束(像光束)の光路を折り曲げる折り曲げミラー69とから成る受光光学系と、シリコンフォトダイオード又はフォトマルチプライヤ等の光電変換素子から成る光電センサ70が配置されている。

10

【0039】

本実施形態では、上記ウエハステージWSTの一端部上面の突設部、受光ガラス62、受光ガラス62上の遮光帯64aによって形成された開口パターン64、リレー光学系(66、68)、折り曲げミラー69及び光電センサ70によって空間像計測器60が構成されている。

【0040】

この空間像計測器60によれば、レチクルRに形成された計測パターンの投影光学系PLを介しての投影像の検出の際には、投影光学系PLを透過してきた照明光ILが受光ガラス62を照明し、受光ガラス62上の開口パターン64を透過した照明光ILが上記受光光学系を通じて光電センサ70に到達し、光電センサ70では光電変換を行い受光量に応じた光量信号Pを主制御装置50に出力する。

20

【0041】

次に、上記の空間像計測器60を用いた投影像の歪みの検出方法の一例について説明する。

【0042】

前提として、ここではレチクルR上に図4に示されるような5本のバーマークから成るラインアンドスペース(L/S)のマークパターンとしての計測マーク90が形成されているものとする。図4において斜線部(影線部)は遮光帯を表している。

30

【0043】

この投影像の検出は、投影光学系PLの光軸AXの直下に受光ガラス62上の開口パターン64のウエハホルダ9側の遮光部64aが位置するように、ウエハステージWSTを移動した状態で開始される。

【0044】

この開始位置では、照明系IOPからの照明光ILにより計測マーク90が照明されると、この計測マーク90部分(5本のバーマーク)を透過した照明光ILによってウエハステージWST上の受光ガラス62上の開口パターン64のウエハホルダ52側の遮光部64aに計測マーク90の投影像90'が結像される。このときの状態が、図5に示されている。

40

【0045】

そして、主制御装置50からの指示に応じて、ステージ制御系19ではステージ駆動系を介してウエハステージWSTを-X方向に所定速度で移動させる。これにより計測マーク90の投影像90'の右側から徐々に開口パターン64に重なるようになる。計測マーク90の投影像90'と開口パターン64の重なりが増すにつれて、光電センサ70に入射する光量が増加していく、計測マーク90の投影像90'と開口パターン64とがちょうど重なった時が最大光量となる。その後、更にウエハステージWSTが-X方向に移動すると、今度は光電センサ70に入射する光量が徐々に減っていき、計測マーク90の投影像90'と開口パターン64の重なりがなくなった時に光電センサ70に入射する光量は

50

0となる。

【0046】

この時の光量の変化が図6(A)に示されている。主制御装置50では、この図6(A)に示されるような光量信号Pの波形(実際には、所定のサンプリング間隔で取り込まれたディジタルデータである)を走査方向に対して微分することで図6(B)に示されるような微分波形を計算する。この図6(B)から明らかのように、開口パターン64の走査方向前側のエッジが計測マークの投影像90'を横切っている状態では徐々に光量が増加する、即ち微分波形がプラス側となる。この反対に、開口パターン64の走査方向後側のエッジが計測マーク90の投影像90'を横切っている状態では徐々に光量が減少する、即ち微分波形がマイナス側となる。

10

【0047】

そして、主制御装置50では図6(B)に示されるような微分波形に基づいてフーリエ変換法などの公知の信号処理を施し、計測マーク90が投影された光学像(空間像)を検出する。

【0048】

以上説明したような検出方法を用いて、レチクルR上に配置された複数の計測マークの投影像(空間像)を検出することにより、投影光学系PLの倍率やディストーション等の結像特性を含めた投影像の歪みを測定する。

【0049】

図2に戻り、主制御装置50はLAN170に接続されており、また、LAN170とは別経路で設けられた通信路180を介してMC120₁に接続されている。そして、主制御装置50は、通信路180を介して、MC120₁からの動作パラメータを受信したり、露光動作の経過や結果をMC120₁に送信したりする。また、主制御装置50は、LAN170を介して、集中情報サーバ140へ投影像の歪みの測定結果を送信する。

20

【0050】

図1に戻り、前記MC120₁~120_Nのそれぞれは、通常のパーソナルコンピュータと同様に構成される。各MC120_iは、通信路180を介した対応する投影露光装置110_iとの間の通信の他に、LAN170を介して、像歪み演算装置130との間で通信を行い、対応する投影露光装置110_iの動作パラメータの問い合わせを行い、また、像歪み演算装置130から対応する投影露光装置110_iの動作パラメータを受信する。なお、各MC120_iは、各投影露光装置110_iと対で設置される不図示のコータ/デベロッパをも管理している。

30

【0051】

前記像歪み演算装置130は、演算能力に優れた中規模の計算機システム(例えば、ミニコン・システムやエンジニアリング・ワークステーション・システム)によって構成されている。この像歪み演算装置130は、LAN170を介した上記のMC120₁~120_Nとの通信の他に、LAN170及びターミナルサーバ150を介して、ホスト計算機160との間で通信を行い、ホスト計算機160からの露光ロットの指定情報を受信し、また、指定された露光ロットの露光に適切な投影露光装置の候補を決定し、この決定結果をホスト計算機160へ送信する。また、像歪み演算装置130は、LAN170を介して、集中情報サーバ140との間で通信を行い、後述するデータの授受を行う。

40

【0052】

前記集中情報サーバ140は、大容量記憶装置とLANインターフェースとから構成される。大容量記憶装置には、像歪み演算装置130によって管理されるウエハWのロットに関する露光履歴データを記憶している。露光履歴データには、各ウエハロットに関する各層の露光時における投影像の歪みデータが含まれている。さらに、大容量記憶装置には、使用するレチクルの描画誤差等を記憶している。

【0053】

本実施形態では、この各層の露光時における投影像の歪みデータは、各層の露光で使用された投影露光装置の投影光学系PLに関する投影像の歪み調整パラメータと、使用された

50

レチクルの描画誤差と、その投影露光装置において、前述の空間像計測器 60 を使用して定期的（例えば、1回／日、1回／週、1回／月等）に所定値の露光条件で測定された投影像歪みデータとに基づいて、像歪み演算装置 130 によって算出され、集中情報サーバ 140 の大容量記憶装置に格納される。なお、像歪み演算装置 130 及び集中情報サーバ 140 を含んで歪み管理装置が構成されている。

【0054】

前記ターミナルサーバ 150 は、LAN 170 における通信プロトコルとホスト計算機 160 の通信プロトコルとの相違を吸収するためのゲートウェイプロッセサとして構成される。このターミナルサーバ 150 の機能によって、ホスト計算機 160 と、LAN 170 に接続された MC 120₁~120_N 及び像歪み演算装置 130 との間の通信が可能となる。

10

【0055】

前記ホスト計算機 160 は大型の計算機で構成され、例えば、リソグラフィ工程を含め、工場内における半導体素子等の製造にあたっての統括制御を行っている。なお、像歪み演算装置 130、集中情報サーバ 140、及び前記ホスト計算機 160 を含んで判定装置が構成されている。

【0056】

前記 LAN 170 には、バス型 LAN 及びリング型 LAN のいずれも採用可能であるが、本実施形態では、IEEE 802 規格のキャリア敏感型媒体アクセス／競合検出（CSMA/CD）方式のバス型 LAN を使用している。また、通信経路 180 には、シリアル型及びパラレル型のいずれの方式の通信経路も採用可能であるが、本実施形態では、RS 232C 規格のシリアル型通信路を使用している。

20

【0057】

次に、以上のように構成された本実施形態のリソグラフィシステム 100 によるウエハ W の露光処理のアルゴリズムを、図 7 に基づいて説明する。

【0058】

なお、図 7 に示された露光処理のアルゴリズムの実行の前提として、露光対象となるウエハ W は、既に 1 層以上の露光が行われたものであり、また、ウエハ W の露光履歴データ、各投影露光装置 110₁~110_N に関する投影像の歪みデータ、及び転写対象となるレチクル R に形成されたパターンの描画誤差は集中情報サーバ 140 に記憶されているものとする。

30

【0059】

まず、図 7 のステップ 201 において、ホスト計算機 160 が、重ね合わせ露光の対象となるウエハ W のロットの識別子（例えば、ロット番号）と、重ね合わせ露光にあたって重ね合わせ精度を確保すべき 1 層以上の露光済み層（以後、「基準層」という）と、使用するレチクルの識別子（例えば、レチクル番号）とを指定して、該ロット番号のウエハ W の露光を行うのに適切な投影露光装置を、ターミナルサーバ 150 及び LAN 170 を介して像歪み演算装置 130 に問い合わせる。

【0060】

次に、ステップ 203 において、像歪み演算装置 130 は、受信したロット識別子及び基準層に応じて、集中情報サーバ 140 からウエハ W のロットの露光履歴情報の中から、各基準層の露光に関する投影像の歪みデータを LAN 170 を介して読み出す。また、像歪み演算装置 130 は、受信したレチクル識別子に応じて、集中情報サーバ 140 から使用するレチクル R の描画誤差を LAN 170 を介して読み出す。

40

【0061】

引き続き、像歪み演算装置 130 は、読み出されたレチクル R の描画誤差を加味しつつ、各投影露光装置 110_i における投影像の歪みが、基準層の露光時において発生していた投影像の歪みとの差が最小となる歪み調整パラメータ値を各投影露光装置 110_i 毎に算出する。ここで、基準層が複数あるときは、各基準層の露光時において発生していた投影像の歪みを統計処理（例えば、平均演算）して、重ね合わせの基準とする投影像の歪みを

50

求める。

【0062】

そして、算出された各投影露光装置 110_i に関する歪み調整パラメータ値が、各投影露光装置 110_i の調整能力範囲であるか否かを判定し、肯定的に判定された場合には、算出された歪み調整パラメータ値を適用したときの投影像の歪みと基準層の露光時において発生していた投影像の歪みとの差をそれらの投影露光装置 110_i の残留誤差として求める。一方、否定的に判定された場合には、それらの投影露光装置の調整能力の範囲内で、基準層の露光時において発生していた投影像の歪みとの差が最小となる投影像の歪みとなる歪み調整パラメータ値を算出し、これらの歪み調整パラメータ値を適用したときの投影像の歪みと基準層の露光時において発生していた投影像の歪みとの差をそれらの投影露光装置 110_i の残留誤差として求める。すなわち、全ての投影露光装置 110_i のそれぞれについて、投影像の歪み調整能力の範囲内における最良の歪み調整パラメータ値と残留誤差とを求める。10

【0063】

次いで、像歪み演算装置 130 は、各残留誤差と所定の許容誤差とを比較し、残留誤差が許容誤差以下である投影露光装置を、重ね合わせ露光を行う投影露光装置の候補として決定する。

【0064】

そして、ステップ205において、決定された投影露光装置のリストを候補リストとしてホスト計算機 160 へLAN 170 及びターミナルサーバ 150 を介して送信する。20

【0065】

次に、ステップ207において、ホスト計算機 160 が、受信した候補リストに挙げられた投影露光装置について現在の稼動状況及び将来の稼動予定を参照し、リソグラフィシステムとして最も効率良くリソグラフィ工程を進行させる観点から、重ね合わせ露光を行う投影露光装置を選択する。例えば、ホスト計算機 160 は、候補リストに挙げられた投影露光装置の内で、現在稼動していない投影露光装置があれば、その投影露光装置を選択する。また、候補リストに挙げられた投影露光装置が全て稼動中の場合には、ホスト計算機 160 は、例えば、最も早く現在の露光動作が完了する予定の投影露光装置を選択する。

【0066】

上記のステップ205において、像歪み演算装置 130 は、候補リストに加えて、候補リストに挙げられた各投影露光装置の残留誤差もホスト計算機 160 に送信するようにすることもできる。この場合には、ステップ207において、ホスト計算機は、リソグラフィシステムにおける処理効率と露光精度とを総合的に勘案して、重ね合わせ露光を行う投影露光装置を選択することができる。例えば、候補リストに挙げられた投影露光装置の複数が現在稼動していないときには、その中で残留誤差が最小のものを選択することにより、処理効率を確保しつつ露光精度を高めることができる。30

【0067】

なお、以下では、投影露光装置 110_i が選択された場合を例にして説明を行う。

【0068】

そして、ステップ209において、ホスト計算機 160 は、選択した投影露光装置 110_i が稼動中でなければ直ちに、また、選択した投影露光装置 110_i が稼動中の場合には露光動作の終了を待って、重ね合わせ露光の対象となるウエハWのロットの識別子を指定して選択した投影露光装置 110_i と接続されたMC 120_i にLAN 170 を介して露光実行の指示を行う。40

【0069】

次に、ステップ211において、露光実行の指示を受信したMC 120_i は、重ね合わせ露光の対象となるウエハWのロットの識別子及び投影露光装置 110_i の識別子を指定して、当該ロットのウエハWを露光するにあたっての投影像の歪みの調整パラメータ値を像歪み演算装置 130 に問い合わせる。なお、投影露光装置 110_i とMC 120_i とは1対1に対応するので、MC 120_i は、投影露光装置 110_i の識別子に代えて、MC 120_i 50

₁の識別子を指定することも可能である。

【0070】

次いで、ステップ213において、像歪み演算装置130は、受信したウエハWのロットの識別子に応じて、そのウエハWのロットについてステップ203で算出された、選択された投影露光装置110₁に関する歪み調整パラメータをMC120₁へLAN170を介して送信する。この送信と相前後して、重ね合わせ露光前に、像歪み演算装置130は、当該ロットの当該重ね合わせ露光における投影像の歪みを特定し、この投影像の歪みデータをLAN170を介して集中情報サーバ140に格納し、当該ロットの露光履歴情報を仮に更新する。そして、後にMC120₁から露光の正常終了が通知されると、当該ロットの露光履歴情報の仮更新を本更新に変更する。

10

【0071】

次に、ステップ215において、MC120₁は、受信した歪み調整パラメータを通信路180₁を介して投影露光装置110₁へ送信する。そして、投影露光装置110₁は、受信した歪み調整パラメータに基づいて、自身の結像特性補正装置を制御して、投影像の歪みを調整する。この後、ステップ217において、投影像の歪みが調整された投影露光装置110₁によって、レチクルRに形成されたパターンが、重ね合わせ露光により、ウエハWに転写される。

【0072】

以上説明したように、本実施形態のリソグラフィシステム100では、各ウエハWのロットに関する重ね合わせ露光の都度、露光済みの基準層の露光において発生した投影像の歪みに対して、残留誤差を許容範囲におさめることができ、かつ、リソグラフィシステムの処理効率向上の観点からも適切な投影露光装置を選択することができる。したがって、高い重ね合わせ精度を確保しつつ、量産性を向上することができる。

20

【0073】

なお、上記の実施形態では、複数の投影露光装置の全てを走査型露光装置としたが、全ての投影露光装置がステップ・アンド・リピート方式のステッパであってもよいし、また、走査型露光装置とステッパとが混在してもよい。但し、走査型露光装置とステッパとが混在したり、全ての露光装置がステッパであってもフィールドサイズが異なる場合には、投影像の歪みの測定にあたっての測定位置が異なるので、投影像の歪みの直接的な比較ができることがある。その場合は、ここで、投影像の歪みの適切なモデル（例えば、3次モデル）から、必要な位置における投影像の歪みを求めて、比較すれば良い。

30

【0074】

また、上記の実施形態では、複数の投影露光装置の全てが投影像の歪みの調整能力を有するものとしたが、少なくとも1つの投影露光装置が投影像の歪みの調整能力を有すればよい。投影像の歪みの調整能力が無い投影露光装置が混在する場合には、それらについては、候補リストの作成にあたって、歪み調整パラメータの最良値の算出を行わず、投影像の歪みの測定値を使用して残留誤差を求めるにすればよい。

【0075】

また、上記の実施形態では、投影像の歪み調整にあたっては、投影光学系の結像特性を調整することにしたが、レチクルとウエハとの同期移動状態を調整することにより、投影像の歪みを調整してもよい。さらに、投影光学系の結像特性及びレチクルとウエハとの同期移動状態の双方を調整することにより、投影像の歪みを調整してもよい。

40

【0076】

また、上記の実施形態では、投影光学系の結像特性の調整で、投影光学系のレンズ要素を駆動したが、投影光学系内の露光光の光路上の一部の密閉室内のガス圧を制御してその部分の屈折を調整することにより、投影光学系の結像特性を調整してもよい。

【0077】

また、上記の実施形態では、各投影露光装置の投影像の歪みの測定を、定期的に行うこととしたが、各ウエハのロットの各層の露光ごとに、歪み調整パラメータの算出の直前に行つてもよい。

50

【0078】

また、上記の実施形態では、各投影露光装置の投影像の歪みの測定を、空間像計測器を使用した空間像検出によって行ったが、測定用レチクルに形成された測定用パターンを測定用のウエハに実際に転写し、ウエハ上に転写されたパターンを計測することにより、投影像の歪みを測定することも可能である。

【0079】

さらに、投影露光装置が、空間像計測器による空間像検出の機能を有する場合には、デバイス製造用のレチクルにも位置検出マークを形成し、この位置検出マークの空間像を検出することにより、投影露光装置で各レチクルの使用の度に、投影像の歪み計測とレチクルの位置合わせとを精度良く行うこともできる。

10

【0080】

また、投影露光装置の露光対象は上記の実施形態のように半導体製造用のウエハに限定されることなく、例えば、液晶表示素子パターンの露光用の角型のガラスプレートや、薄膜磁気ヘッドを製造するための基板にも広く適用できる。

【0081】

また、上記の実施形態の投影露光装置における照明光ILとしては、g線(436nm)、i線(365nm)、KrFエキシマレーザ光(248nm)、ArFエキシマレーザ光(193nm)、F₂レーザ光(157nm)、X線や電子線等の荷電粒子線を用いることができる。例えば、電子線を用いる場合には電子銃として、熱電子放射型のランタンヘキサボライト(LaB₆)、タンタル(Ta)を用いることができる。

20

【0082】

また、投影光学系の倍率は縮小系のみならず等倍および拡大系のいずれでもいい。

【0083】

また、投影光学系としては、KrF、ArFエキシマレーザ光などの遠紫外線を用いる場合は硝材として石英や蛍石などの遠紫外線を透過する材料を用い、F₂レーザ光やX線を用いる場合は反射屈折系または反射系の光学系にし(レチクルも反射型タイプのものを用いる)、また、電子線を用いる場合には光学系として電子レンズ及び偏向器からなる電子光学系を用いればよい。なお、電子線が通過する光路は真空状態にすることはいうまでもない。

【0084】

30

また、ウエハステージやレチクルステージにリニアモータ(米国特許番号第5,623,853号公報または米国特許番号第5,528,118号公報参照)を用いる場合は、エアベーリングを用いたエア浮上型およびローレンツカ又はリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらを用いてもよい。また、ウエハステージやレチクルステージは、ガイドに沿って移動するタイプでもいいし、ガイドを設けないガイドレスタイプでもいい。

【0085】

また、ウエハステージの移動により発生する反力は、(米国特許番号第5,528,118号公報に記載されているように、)フレーム部材を用いて機械的に床(大地)に逃がしてもいい。また、レチクルステージの移動により発生する反力は、特開平8-166475号公報(米国特許出願シリアル番号第08/416,558号)に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床(大地)に逃がしてもいい。

40

【0086】

なお、複数のレンズから構成される照明光学系、投影光学系を投影露光装置本体に組み込み光学調整をするとともに、多数の機械部品からなるレチクルステージやウエハステージを投影露光装置本体に取り付けて配線や配管を接続し、更に総合調整(電気調整、動作確認等)をすることにより、本実施形態の投影露光装置、ひいては本実施形態のリソグラフィシステムを製造することができる。なお、投影露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行なうことが望ましい。

【0087】

また、半導体デバイスは、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、この設計ステップ

50

に基づいたレチクルを制作するステップ、シリコン材料からウエハを製作するステップ、前述した実施形態のリソグラフィシステムによりレチクルのパターンをウエハに露光するステップ、デバイス組み立てステップ(ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む)、検査ステップ等を経て製造される。

【0088】

【発明の効果】

以上、詳細に説明したように、本発明の露光方法によれば、少なくとも1層以上の露光がなされた感応基板に関する重ね合わせ露光に際し、重ね合わせ露光の対象となる感応基板が、それまでどのような投影露光装置で露光されてきたかを示す露光履歴と、各投影露光装置のそれぞれの歪み調整能力とに基づいて、重ね合わせ精度を高精度に確保できる投影露光装置を選択する。したがって、複数の投影露光装置を使用しつつ、高い重ね合せ精度で重ね合わせ露光を行うことができる。10

【0089】

さらに、重ね合わせ露光を行う投影露光装置の選択にあたって、各投影露光装置の稼動状況を考慮することにより、高い重ね合せ精度を確保しつつ、露光処理のスループットを向上することができる。

【0090】

また、本発明のリソグラフィシステムによれば、重ね合わせ露光に際して、判定装置が、重ね合わせ露光の対象となる感応基板の露光履歴と、各投影露光装置のそれぞれの歪み調整能力とに基づいて、重ね合わせ精度を高精度に確保できる投影露光装置を選択する。すなわち、本発明の露光方法を使用して、感応基板の重ね合わせ露光を行うので、複数の投影露光装置を使用しつつ、高い重ね合せ精度で重ね合わせ露光を行うことができる。20

【図面の簡単な説明】

【図1】一実施形態のリソグラフィシステムの概略的な構成を示す図である。

【図2】図1の投影露光装置の概略的な構成を示す図である。

【図3】図2のウエハステージ近傍部分を拡大して示す図である。

【図4】レチクル上に形成された計測マークの一例を示す図である。

【図5】図4の計測マークの投影像の光電検出方法を説明するための図である。

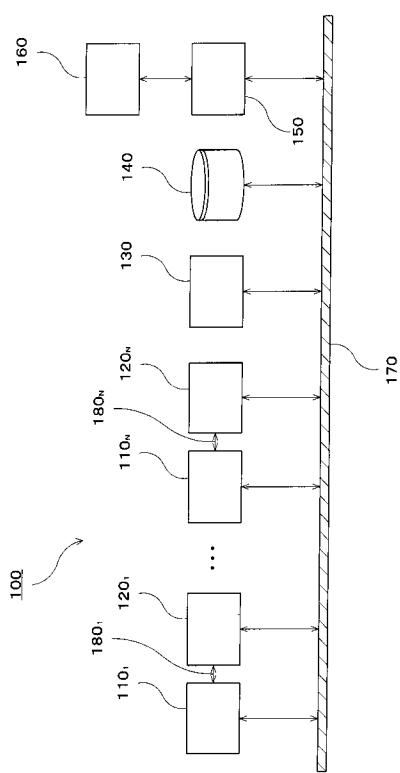
【図6】(A)は図4の計測マークの投影像の光電検出した結果得られた光量信号の波形を示す線図、(B)は(A)の微分波形を示す線図である。30

【図7】一実施形態のリソグラフィシステムで行われる露光処理のアルゴリズムのフローチャートである。

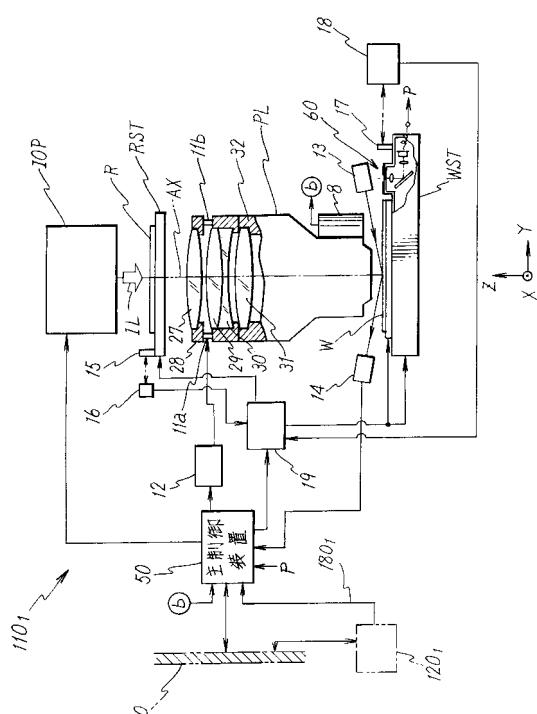
【符号の説明】

110…投影露光装置、130…像歪み演算装置(歪み管理装置の一部、判定装置の一部)、140…集中情報サーバ(歪み管理装置の一部、判定装置の一部)、160…ホスト計算機(プロセス管理装置、判定装置の一部)

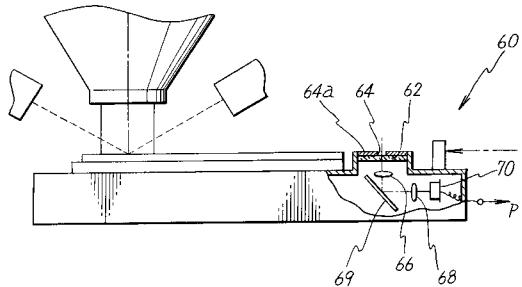
【図1】



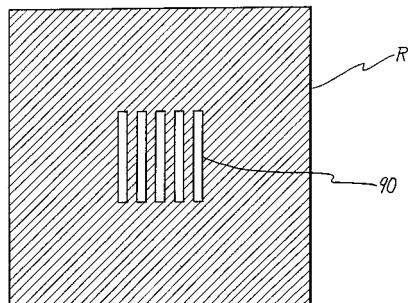
【図2】



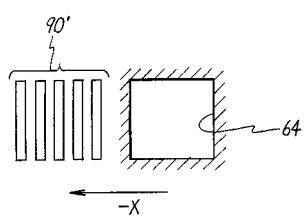
【図3】



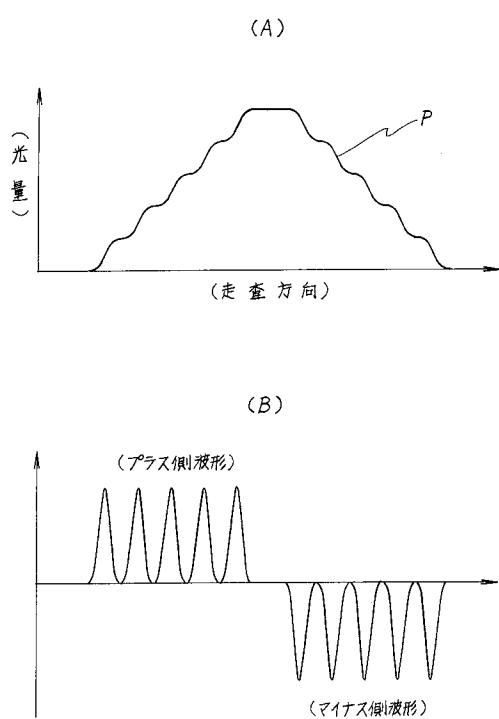
【図4】



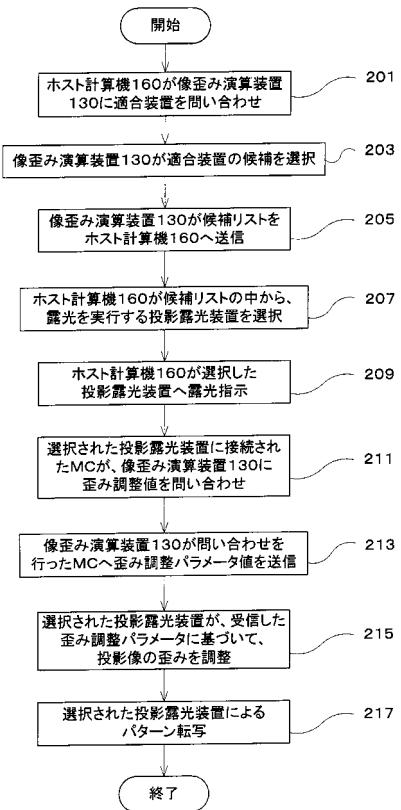
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 石井 勇樹

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 植木 隆和

(56)参考文献 特開平05-343285(JP,A)

特開平06-005488(JP,A)

特開平04-305913(JP,A)

特開平04-063417(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

G03F 9/00