

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5304959号
(P5304959)

(45) 発行日 平成25年10月2日 (2013. 10. 2)

(24) 登録日 平成25年7月5日 (2013. 7. 5)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006. 01)

H O 1 L 21/30 5 1 6 B

G O 3 F 7/20 (2006. 01)

H O 1 L 21/30 5 1 5 G

G O 3 F 7/20 5 2 1

請求項の数 25 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2013-17036 (P2013-17036)
 (22) 出願日 平成25年1月31日 (2013. 1. 31)
 (62) 分割の表示 特願2012-204771 (P2012-204771)
 の分割
 原出願日 平成20年9月1日 (2008. 9. 1)
 (65) 公開番号 特開2013-84995 (P2013-84995A)
 (43) 公開日 平成25年5月9日 (2013. 5. 9)
 審査請求日 平成25年2月15日 (2013. 2. 15)

(73) 特許権者 000004112
 株式会社ニコン
 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
 (74) 代理人 100064908
 弁理士 志賀 正武
 (74) 代理人 100108578
 弁理士 高橋 詔男
 (72) 発明者 木内 徹
 東京都千代田区有楽町一丁目12番1号
 株式会社ニコン内

審査官 佐野 浩樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光装置、及びデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

投影光学系を介して露光光で基板を露光する露光装置であって、
 前記投影光学系を支持するベースフレームと、
 上面が前記投影光学系の光軸と直交する所定面とほぼ平行に配置されるベース部材と、
 前記ベース部材上に配置され、前記基板を保持するステージと、
 前記ステージを駆動する駆動システムと、
 前記投影光学系を介して前記基板の露光が行われる露光ステーションに配置され、それぞれ反射型の二次元格子を有する複数のスケール部材と、
 前記ベースフレームに支持され、前記複数のスケール部材がそれぞれ前記所定面とほぼ
 平行となるように下面側に固定される計測フレームと、
 前記ステージに配置され、前記複数のスケール部材とそれぞれ対向可能な複数のエンコーダヘッドを含み、前記ステージの位置情報を計測する計測システムと、
 前記計測される位置情報に基づいて、前記駆動システムによる前記ステージの駆動を制御する制御システムと、を備える露光装置。

【請求項 2】

前記複数のスケール部材は、前記露光光の光路の周囲の少なくとも一部に配置されるように前記計測フレームに固定される請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 3】

前記計測フレームは、その一部に前記投影光学系が配置される開口が形成される請求項

10

20

1又は2に記載の露光装置。

【請求項4】

前記計測フレームは、フレクシャを介して、前記ベースフレームに支持される請求項1～3のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項5】

前記計測フレームは、防振装置を介して、前記ベースフレームに支持される請求項1～4のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項6】

前記計測フレームは、前記ベースフレームに接続される複数の支持部材を介して、前記ベースフレームに吊り下げ支持される請求項1～5のいずれか一項に記載の露光装置。

10

【請求項7】

前記複数の支持部材はそれぞれフレクシャを有する請求項6に記載の露光装置。

【請求項8】

前記複数のエンコーダヘッドは、前記ステージに保持される基板の周囲に配置される請求項1～7のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項9】

前記複数のエンコーダヘッドは、前記ステージの側面に配置される請求項1～8のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項10】

前記複数のエンコーダヘッドは、前記ステージの上面の外側に位置するように前記ステージに設けられる請求項1～9のいずれか一項に記載の露光装置。

20

【請求項11】

前記露光ステーションと異なる計測ステーションに配置されるとともに、少なくとも一部が前記ベースフレームに支持され、前記基板の計測を行う検出装置と、

前記計測ステーションに配置され、反射型の二次元格子を有するスケール部材と、をさらに備え、

前記検出装置による前記基板の計測動作中、前記計測システムによって前記ステージの位置情報が計測される請求項1～10のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項12】

前記検出装置は、前記基板のマークを検出する第1検出系を含み、

30

前記第1検出系による前記基板の計測動作中、前記計測システムによって、前記所定面内での前記ステージの位置情報が計測される請求項11に記載の露光装置。

【請求項13】

前記検出装置は、前記所定面と直交する方向に関する前記基板の位置情報を検出する第2検出系を含み、

前記第2検出系による前記基板の計測動作中、前記計測システムによって、前記所定面と直交する方向に関する前記ステージの位置情報が計測される請求項11又は12に記載の露光装置。

【請求項14】

前記検出装置によって前記基板の計測が行われた前記ステージは前記露光ステーションに移動され、

40

前記制御システムは、前記基板の表面位置を調整しつつ前記所定面内での前記基板の位置を制御するために、前記検出装置の計測結果と、前記計測システムによって計測される位置情報とに基づいて、前記駆動システムによる前記ステージの駆動を制御する請求項11～13のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項15】

前記複数のエンコーダヘッドが設けられる前記ステージを少なくとも2つ備え、

前記露光ステーションに配置され、前記基板の露光が行われるステージと、前記計測ステーションに配置され、前記基板の計測が行われるステージはそれぞれ、前記計測システムによって位置情報が計測される請求項11～14のいずれか一項に記載の露光装置。

50

【請求項 1 6】

前記投影光学系から射出される前記露光光の光路が液体で満たされるように液浸空間を形成可能な液浸部材を備え、

前記複数のスケール部材は、前記液体と接する前記投影光学系の光学素子の周囲に配置される請求項 1 ～ 1 5 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 1 7】

前記液浸部材は、前記露光光が照射される前記投影光学系の投影領域を含んで前記基板の一部が前記液体で覆われるように前記液浸空間を形成し、

前記基板は、前記投影光学系と前記液体とを介して前記露光光で露光される請求項 1 6 に記載の露光装置。

10

【請求項 1 8】

前記ステージの上面に配置される光透過部を有する計測部を、さらに備え、

前記計測部は、前記投影光学系と、前記液体と、前記光透過部と、を介して前記露光光を検出する請求項 1 6 又は 1 7 に記載の露光装置。

【請求項 1 9】

前記投影光学系と前記計測フレームとは離れている請求項 1 ～ 1 8 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 2 0】

前記投影光学系は、防振装置を介して、前記ベースフレームに支持される請求項 1 ～ 1 9 のいずれか一項に記載の露光装置。

20

【請求項 2 1】

前記ベースフレームに対して前記投影光学系を移動可能であり、前記投影光学系を位置決めする位置決め装置を有する請求項 1 ～ 2 0 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 2 2】

前記位置決め装置は、前記ベースフレームに対して前記投影光学系を移動可能な駆動装置を有し、

前記駆動装置は、前記ベースフレームに支持される請求項 2 1 に記載の露光装置。

【請求項 2 3】

前記ベースフレームに対する前記投影光学系の位置情報を検出する検出装置を備え、

前記位置決め装置は、前記検出装置の検出結果に基づいて、前記投影光学系を移動する請求項 2 1 又は 2 2 に記載の露光装置。

30

【請求項 2 4】

前記所定面内における前記投影光学系と前記スケール部材との位置関係を検出する検出システムを備える請求項 1 ～ 2 3 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 2 5】

請求項 1 ～ 2 4 のいずれか一項に記載の露光装置を用いて基板を露光することと、露光された基板を現像することと、を含むデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

40

【0 0 0 1】

本発明は、基板を露光する露光装置、露光方法、及びデバイス製造方法に関する。

【背景技術】**【0 0 0 2】**

半導体デバイス、電子デバイス等のマイクロデバイスの製造工程において、露光光で基板を露光する露光装置が使用される。露光装置は、基板を保持して移動する基板ステージ等の可動部材を備え、その可動部材の位置情報を位置計測システムで計測しながら基板を露光する。下記特許文献には、スケール部材と対向可能なエンコーダヘッドを有するエンコーダシステムを用いて可動部材の位置情報を計測する技術の一例が開示されている。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】米国特許出願公開第2006/0227309号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

エンコーダシステムにおいて、例えばスケール部材の位置が変動すると、可動部材の位置情報を精確に計測できなくなる可能性がある。その結果、例えば基板に形成されるパターンに欠陥が生じる等、露光不良が発生し、不良デバイスが発生する可能性がある。

【0005】

10

本発明の態様は、露光不良の発生を抑制できる露光装置及び露光方法を提供することを目的とする。また本発明の態様は、不良デバイスの発生を抑制できるデバイス製造方法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】

【0006】

本発明の第1の態様に従えば、露光光で基板を露光する露光装置であって、露光光を射出する光学部材と、光学部材から射出される露光光の照射位置を含む所定面内を移動可能な可動部材と、露光光の光路の周囲の少なくとも一部に配置されたスケール部材と、可動部材に配置され、スケール部材と対向可能なエンコーダヘッドを含み、可動部材の位置情報を計測する計測システムと、光学部材とスケール部材との位置関係を検出する検出システムと、を備えた露光装置が提供される。

20

【0007】

本発明の第2の態様に従えば、露光光で基板を露光する露光装置であって、露光光を射出する光学部材と、光学部材から射出される露光光の照射位置を含む所定面内を、基板を保持して移動可能な可動部材と、露光光の光路の周囲の少なくとも一部に配置されたスケール部材と、可動部材に配置され、スケール部材と対向可能なエンコーダヘッドを含み、可動部材の位置情報を計測する計測システムと、光学部材とスケール部材との第1位置関係を検出する検出システムと、基板の露光時に、検出システムの検出結果に基づいて、露光光の照射位置と基板のショット領域との第2位置関係を補正する補正装置と、を備えた露光装置が提供される。

30

【0008】

本発明の第3の態様に従えば、第1、第2の態様の露光装置を用いて基板を露光することと、露光された基板を現像することと、を含むデバイス製造方法が提供される。

【0009】

本発明の第4の態様に従えば、露光光で基板を露光する露光方法であって、露光光の光路の周囲の少なくとも一部にスケール部材を配置することと、光学部材から射出される露光光の照射位置を含む所定面内を移動可能な可動部材の位置情報を計測するための計測システムのエンコーダヘッドを、可動部材に配置することと、光学部材とスケール部材との位置関係を検出することと、検出結果に基づいて、露光光の照射位置と基板のショット領域との位置関係を調整して、基板を露光することと、を含む露光方法が提供される。

40

【0010】

本発明の第5の態様に従えば、第4の態様の露光方法を用いて基板を露光することと、露光された基板を現像することと、を含むデバイス製造方法が提供される。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、露光不良の発生を抑制でき、不良デバイスの発生を抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本実施形態に係る露光装置の一例を示す概略構成図である。

【図2】本実施形態に係る露光装置の一部を拡大した図である。

50

【図 3】本実施形態に係る第 1 基板ステージを示す平面図である。

【図 4】本実施形態に係るスケール板と第 1 光学素子との関係を模式的に示す平面図である。

【図 5】本実施形態に係る位置決め装置を説明するための模式図である。

【図 6】本実施形態に係る露光装置の動作の一例を説明するためのフローチャートである。

【図 7】マイクロデバイスの製造工程の一例を説明するためのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明するが、本発明はこれに限定されない。以下の説明においては、XYZ 直交座標系を設定し、この XYZ 直交座標系を参照しつつ各部材の位置関係について説明する。水平面内の所定方向を X 軸方向、水平面内において X 軸方向と直交する方向を Y 軸方向、X 軸方向及び Y 軸方向のそれぞれと直交する方向（すなわち鉛直方向）を Z 軸方向とする。また、X 軸、Y 軸及び Z 軸まわりの回転（傾斜）方向をそれぞれ、X、Y 及び Z 方向とする。

【0014】

図 1 は、本実施形態に係る露光装置 EX を示す概略構成図、図 2 は、図 1 の一部を拡大した図である。本実施形態においては、露光装置 EX が、例えば米国特許第 6341007 号明細書、米国特許第 6400441 号明細書、米国特許第 6549269 号明細書、米国特許第 6590634 号明細書、米国特許第 6208407 号明細書、米国特許第 6262796 号明細書、米国特許第 6674510 号明細書、米国特許第 6208407 号明細書、米国特許第 6710849 号明細書及び米国特許第 6674510 号明細書等

に開示されているような、基板 P を保持して移動可能な複数（2 つ）の基板ステージ 1、2 を備えたツインステージ型の露光装置である場合を例にして説明する。

【0015】

図 1 及び図 2 において、露光装置 EX は、マスク M を保持して移動可能なマスクステージ 3 と、基板 P を保持して移動可能な第 1 基板ステージ 1 と、第 1 基板ステージ 1 と独立して、基板 P を保持して移動可能な第 2 基板ステージ 2 と、マスクステージ 3 を移動する第 1 駆動システム 41 と、第 1、第 2 基板ステージ 1、2 を移動する第 2 駆動システム 42 と、マスクステージ 3 の位置情報を計測するレーザ干渉計を含む干渉計システム 4 と、第 1 基板ステージ 1 及び第 2 基板ステージ 2 の位置情報を計測するエンコーダシステム 5 と、基板 P のアライメントマークを検出するアライメントシステム 6 と、基板 P の表面の位置情報を検出するフォーカス・レベリング検出システム 7 と、マスク M を露光光 EL で照明する照明系 IL と、露光光 EL で照明されたマスク M のパターンの像を基板 P に投影する投影光学系 PL と、露光装置 EX 全体の動作を制御する制御装置 8 とを備えている。

【0016】

また、露光装置 EX は、例えばクリーンルーム内の床面 FL 上に配置された台座 9 と、台座 9 上に防振装置 10 を介して配置され、第 1 基板ステージ 1 及び第 2 基板ステージ 2 を移動可能に支持するガイド面 11G を有する第 1 ベース部材 11 と、台座 9 上に配置されたベースフレーム 12 と、ベースフレーム 12 上に防振装置 13 を介して配置され、マスクステージ 3 を移動可能に支持するガイド面 14G を有する第 2 ベース部材 14 とを備えている。

【0017】

また、露光装置 EX は、基板 P の露光処理が実行される露光ステーション ST1 と、露光に関する所定の計測処理、及び基板 P の交換処理が実行される計測ステーション ST2 とを備えている。照明系 IL、マスクステージ 3、及び投影光学系 PL は、露光ステーション ST1 に配置されている。投影光学系 PL の複数の光学素子のうち、投影光学系 PL の像面に最も近い第 1 光学素子 15 は、露光光 EL を射出する射出面 16 を有する。第 1 光学素子 15 から射出される露光光 EL の照射位置 SP1 は、露光ステーション ST1 に配置される。アライメントシステム 6、及びフォーカス・レベリング検出システム 7 は、

計測ステーション S T 2 に配置されている。

【 0 0 1 8 】

アライメントシステム 6 は、基板 P のアライメントマークを検出して、X Y 平面内における基板 P の位置情報を計測する。アライメントシステム 6 は、基板 P のショット領域の位置情報を検出するために、基板 P のアライメントマークを検出する。アライメントシステム 6 は、基板 P と対向可能な第 2 光学素子 1 7 を含む複数の光学素子を有し、それら光学素子を用いて、基板 P のアライメントマークを検出する。第 1、第 2 基板ステージ 1、2 は、基板 P を保持して、第 2 光学素子 1 7 と対向する計測位置 S P 2 に移動可能である。アライメントシステム 6 は、基板 P のショット領域の位置情報を取得するために、第 2 光学素子 1 7 を介して、計測位置 S P 2 に配置された基板 P のアライメントマーク、または第 1、第 2 基板ステージ 1、2 の上面に配置されている基準マークを検出する。

10

【 0 0 1 9 】

フォーカス・レベリング検出システム 7 は、第 1、第 2 基板ステージ 1、2 に保持されている基板 P の表面の位置情報 (Z 軸、 X、及び Y 方向に関する位置情報) を検出する。フォーカス・レベリング検出システム 7 は、計測位置 S P 2 に配置され、第 1、第 2 基板ステージ 1、2 に保持されている基板 P の表面に斜め方向から検出光を照射可能な投射装置 7 A と、基板 P の表面に照射され、その基板 P の表面で反射した検出光を受光可能な受光装置 7 B とを有する。フォーカス・レベリング検出システム 7 は、基板 P の表面の位置情報のみならず、第 1、第 2 基板ステージ 1、2 の上面の位置情報を検出することもできる。アライメントシステム 6 及びフォーカス・レベリング検出システム 7 による基板 P の位置情報の計測が実行される計測位置 S P 2 は、計測ステーション S T 2 に配置される。

20

【 0 0 2 0 】

第 1、第 2 基板ステージ 1、2 のそれぞれは、照射位置 S P 1 及び計測位置 S P 2 を含むガイド面 1 1 G の所定領域を、基板 P を保持して移動可能である。本実施形態においては、ガイド面 1 1 G は、X Y 平面とほぼ平行である。第 1、第 2 基板ステージ 1、2 のそれぞれは、露光ステーション S T 1 と計測ステーション S T 2 との間でガイド面 1 1 G 内を移動可能である。

【 0 0 2 1 】

本実施形態においては、第 1、第 2 基板ステージ 1、2 は、例えば平面モータを含む第 2 駆動システム 4 2 の作動により、第 1 ベース部材 1 1 上で、X 軸、Y 軸、Z 軸、X、Y、及び Z 方向の 6 つの方向に移動可能である。第 1、第 2 基板ステージ 1、2 を移動するための平面モータは、例えば米国特許第 6 4 5 2 2 9 2 号明細書に開示されているように、第 1、第 2 基板ステージ 1、2 に配置されたマグネットアレイと、第 1 ベース部材 1 1 に配置されたコイルアレイとを含む。

30

【 0 0 2 2 】

エンコーダシステム 5 は、X Y 平面内における第 1、第 2 基板ステージ 1、2 (基板 P) の位置情報を計測する。エンコーダシステム 5 は、第 1 基板ステージ 1 に配置されたエンコーダヘッド 5 1 と、第 2 基板ステージ 2 に配置されたエンコーダヘッド 5 2 と、露光光 E L の光路の周囲の少なくとも一部に配置されたスケール板 5 3 とを備えている。スケール板 5 3 は、エンコーダヘッド 5 1、5 2 と対向可能な位置に配置されている。スケール板 5 3 は、露光ステーション S T 1 及び計測ステーション S T 2 のそれぞれに配置されている。露光ステーション S T 1 に配置される第 1、第 2 基板ステージ 1、2 のエンコーダヘッド 5 1、5 2 は、その露光ステーション S T 1 に配置されているスケール板 5 3 の下面と対向可能である。同様に、計測ステーション S T 2 に配置される第 1、第 2 基板ステージ 1、2 のエンコーダヘッド 5 1、5 2 は、その計測ステーション S T 2 に配置されているスケール板 5 3 の下面と対向可能である。なお、基板ステージに配置されたエンコーダヘッドとスケール板 (グリッド板) とを備えたエンコーダシステムの例が、米国特許出願公開第 2 0 0 6 / 0 2 2 7 3 0 9 号明細書に開示されている。

40

【 0 0 2 3 】

50

また、本実施形態のエンコーダヘッド 5 1、5 2 は、スケール板 5 3 に検出光を照射して、スケール板 5 3 に対する Z 軸方向に関する位置情報を検出可能である。制御装置 8 は、エンコーダヘッド 5 1、5 2 の出力に基づいて、スケール板 5 3 に対する第 1、第 2 基板ステージ 1、2 の Z 軸方向に関する位置情報を検出することができる。

【0024】

エンコーダヘッド 5 1 は、第 1 基板ステージ 1 に保持される基板 P の周囲に複数配置されている。同様に、エンコーダヘッド 5 2 は、第 2 基板ステージ 2 に保持される基板 P の周囲に複数配置されている。本実施形態において、エンコーダヘッド 5 1 は、第 1 基板ステージ 1 の側面に複数配置されている。同様に、エンコーダヘッド 5 2 は、第 2 基板ステージ 2 の側面に複数配置されている。

10

【0025】

エンコーダシステム 5 は、エンコーダヘッド 5 1 と二次元格子を含むスケール板（グリッド板）5 3 とによって、XY 平面内における第 1 基板ステージ 1 の位置情報を計測可能である。エンコーダシステム 5 は、複数のエンコーダヘッド 5 1 とスケール板 5 3 とを対向させて計測動作を実行することによって、それら複数のエンコーダヘッド 5 1 の計測結果に基づいて、第 1 基板ステージ 1 の X 軸、Y 軸、及び Z 方向の 3 つの方向に関する位置情報を計測可能である。同様に、エンコーダシステム 5 は、エンコーダヘッド 5 2 と二次元格子を含むスケール板（グリッド板）5 3 とによって、XY 平面内における第 2 基板ステージ 2 の位置情報を計測可能である。エンコーダシステム 5 は、複数のエンコーダヘッド 5 2 とスケール板 5 3 とを対向させて計測動作を実行することによって、それら複数のエンコーダヘッド 5 2 の計測結果に基づいて、第 2 基板ステージ 2 の X 軸、Y 軸、及び Z 方向の 3 つの方向に関する位置情報を計測可能である。

20

【0026】

スケール板 5 3 は、例えばセラミックス、又は低膨張ガラス等、同一の材料で形成されている。スケール板 5 3 は、反射型の回折格子を含む。回折格子は、X 軸方向及び Y 軸方向に周期的な二次元格子を含む。回折格子は、エンコーダヘッド 5 1、5 2 と対向可能なスケール板 5 3 の下面に配置されている。本実施形態において、スケール板 5 3 の下面は、XY 平面とほぼ平行である。

【0027】

本実施形態において、露光装置 EX は、スケール板 5 3 を投影光学系 PL と分離して支持する第 1 支持装置 1 8 を備えている。第 1 支持装置 1 8 は、例えば国際公開第 2007/040254 号パンフレットに開示されているような、スケール板 5 3 を吊り下げ支持する柔構造 2 0 と、柔構造 2 0 を支持するベースフレーム 1 2 とを含む。柔構造 2 0 は、スケール板 5 3 を支持する計測フレーム 2 1 と、計測フレーム 2 1 を吊り下げ支持する複数の吊り下げ部材 2 2 と、ベースフレーム 1 2 と吊り下げ部材 2 2 のそれぞれとの間に配置される防振装置 2 3 とを有する。

30

【0028】

計測フレーム 2 1 は、プレート状の部材である。計測フレーム 2 1 は、開口 2 1 K を有する。投影光学系 PL は、開口 2 1 K の内側に配置される。計測フレーム 2 1 と投影光学系 PL とは離れている。すなわち、計測フレーム 2 1 の開口 2 1 K の内面と、投影光学系 PL とは、非接触である。

40

【0029】

スケール板 5 3 は、支持部材 5 4 を介して、計測フレーム 2 1 に支持されている。支持部材 5 4 は、計測フレーム 2 1 の下面に接続されている。計測フレーム 2 1 は、支持部材 5 4 を介して、スケール板 5 3 の少なくとも一部を支持する。計測フレーム 2 1 は、スケール板 5 3 の下面と XY 平面とがほぼ平行となるように、スケール板 5 3 を支持する。

【0030】

吊り下げ部材 2 2 は、例えばチェーンである。なお、吊り下げ部材 2 2 が、ワイヤ、あるいは上下端にフレクシャ構造を有するロッドでもよい。吊り下げ部材 2 2 の上端は、防振装置 2 3 を介して、ベースフレーム 1 2 に接続される。吊り下げ部材 2 2 の下端は、計

50

測フレーム 21 に接続される。このように、本実施形態においては、スケール板 53 を支持する計測フレーム 21 は、投影光学系 PL と非接触状態で、吊り下げ部材 22 を介してベースフレーム 12 に吊り下げて支持される。

【0031】

また、本実施形態においては、アライメントシステム 6 の少なくとも一部、及びフォーカス・レベリング検出システム 7 の少なくとも一部も、計測フレーム 21 に支持される。

【0032】

また、露光装置 EX は、投影光学系 PL を支持する第 2 支持装置 19 を備えている。第 2 支持装置 19 は、例えば国際公開第 2007/040254 号パンフレットに開示されているような、投影光学系 PL を吊り下げ支持する柔構造 24 を含む。柔構造 24 は、ベースフレーム 12 に支持される。柔構造 24 は、投影光学系 PL の光学素子を保持する鏡筒 25 と、鏡筒 25 のフランジ 26 を吊り下げ支持する複数の吊り下げ部材 27 と、ベースフレーム 12 と吊り下げ部材 27 のそれぞれとの間に配置される防振装置 28 とを有する。

【0033】

本実施形態において、スケール板 53 は、第 1 光学素子 15 の周囲の少なくとも一部に配置される。本実施形態において、露光装置 EX は、第 1 光学素子 15 とスケール板 53 との位置関係を検出する検出システム 30 を備えている。検出システム 30 は、XY 平面内における第 1 光学素子 15 とスケール板 53 との位置関係を検出する。本実施形態において、検出システム 30 は、スケール板 53 に配置され、第 1 光学素子 15 とスケール板 53 との相対位置を検出可能なセンサ 31 を備えている。本実施形態において、検出システム 30 は、第 1 光学素子 15 とスケール板 53 との位置関係を光学的に検出し、センサ 31 は、検出光を射出する射出部を含む。本実施形態において、第 1 光学素子 15 の側面に、センサ 31 から射出された検出光を反射可能な反射面を有する反射部材 32 が配置されている。検出システム 30 は、レーザ干渉計を含み、反射部材 32 の位置情報を光学的に検出して、XY 平面内における第 1 光学素子 15 の位置情報を検出する。なお、第 1 光学素子 15 にセンサ 31 を配置し、スケール板 53 に反射部材 32 を配置してもよい。また、検出システム 30 を、光ファイバ干渉計システムとし、センサ 31 を、光ファイバケーブルの先端部（射出部）としてもよい。また、検出システム 30 が、電磁式センサ（ピックアップセンサ）を含んでもよい。その場合、第 1 光学素子 15 及びスケール板 53 の一方にピックアップセンサが配置され、他方に磁性体が配置される。

【0034】

また、本実施形態の露光装置 EX は、液体 LQ を介して露光光 EL で基板 P を露光する液浸露光装置である。露光装置 EX は、第 1 光学素子 15 から射出される露光光 EL の光路が液体 LQ で満たされるように液浸空間を形成可能な液浸部材 29 を備えている。液浸空間は、液体 LQ で満たされた空間である。本実施形態においては、液体 LQ として、水（純水）を用いる。本実施形態において、液浸部材 29 は、例えば米国特許出願公開第 2004/0165159 号明細書等を開示されているようなシール部材を含む。本実施形態において、液浸部材 29 は、第 1 支持装置 18 の計測フレーム 21 に、支持部材 33 を介して支持される。

【0035】

液浸部材 29 は、照射位置 SP1 に配置された物体の表面との間で液体 LQ を保持することによって、第 1 光学素子 15 と、照射位置 SP1 に配置された物体との間の露光光 EL の光路が液体 LQ で満たされるように液浸空間を形成する。照射位置 SP1 に配置される物体は、第 1、第 2 基板ステージ 1、2、及び第 1、第 2 基板ステージ 1、2 に保持される基板 P を含む。少なくとも基板 P の露光時に、液浸部材 29 は、投影光学系 PL の投影領域 PR を含む基板 P の表面の一部の領域（局所的な領域）が液体 LQ で覆われるように液浸空間を形成する。すなわち、本実施形態の露光装置 EX は、局所液浸方式を採用する。

【0036】

本実施形態の露光装置 E X は、マスク M と基板 P とを所定の走査方向に同期移動しつつ、マスク M のパターンの像を基板 P に投影する走査型露光装置（所謂スキャニングステッパ）である。本実施形態においては、基板 P の走査方向（同期移動方向）を Y 軸方向とし、マスク M の走査方向（同期移動方向）も Y 軸方向とする。露光装置 E X は、基板 P を投影光学系 P L の投影領域 P R に対して Y 軸方向に移動するとともに、その基板 P の Y 軸方向への移動と同期して、照明系 I L の照明領域 I R に対してマスク M を Y 軸方向に移動しつつ、投影光学系 P L と液体 L Q とを介して基板 P を露光光 E L で露光する。これにより、マスク M のパターンの像が基板 P に投影される。

【 0 0 3 7 】

照明系 I L は、所定の照明領域 I R を均一な照度分布の露光光 E L で照明する。照明系 I L は、照明領域 I R に配置されたマスク M の少なくとも一部を均一な照度分布の露光光 E L で照明する。照明系 I L から射出される露光光 E L として、例えば水銀ランプから射出される輝線（g 線、h 線、i 線）及び K r F エキシマレーザ光（波長 2 4 8 n m）等の遠紫外光（D U V 光）、A r F エキシマレーザ光（波長 1 9 3 n m）、及び F₂ レーザ光（波長 1 5 7 n m）等の真空紫外光（V U V 光）等が用いられる。本実施形態においては、露光光 E L として、紫外光（真空紫外光）である A r F エキシマレーザ光を用いる。

【 0 0 3 8 】

マスクステージ 3 は、マスク M を保持した状態で、照明領域 I R を含む第 2 ベース部材 1 4 のガイド面 1 4 G 内を移動可能である。ガイド面 1 4 G は、X Y 平面とほぼ平行である。本実施形態においては、マスクステージ 3 は、平面モータを含む第 1 駆動システム 4 1 の作動により、X 軸、Y 軸、及び Z 方向の 3 つの方向に移動可能である。マスクステージ 3 を移動するための平面モータは、マスクステージ 3 に配置されたマグネットアレイと、第 2 ベース部材 1 4 に配置されたコイルアレイとを含む。

【 0 0 3 9 】

投影光学系 P L は、所定の投影領域 P R に露光光 E L を照射する。投影領域 P R は、照射位置 S P 1 を含む。投影光学系 P L は、投影領域 P R に配置された基板 P の少なくとも一部に、マスク M のパターンの像を所定の投影倍率で投影する。投影光学系 P L の複数の光学素子は、鏡筒 2 5 に保持されている。本実施形態の投影光学系 P L は、その投影倍率が例えば 1 / 4、1 / 5、又は 1 / 8 等の縮小系である。なお、投影光学系 P L は等倍系及び拡大系のいずれでもよい。本実施形態においては、投影光学系 P L の光軸は Z 軸と平行である。また、投影光学系 P L は、反射光学素子を含まない屈折系、屈折光学素子を含まない反射系、反射光学素子と屈折光学素子とを含む反射屈折系のいずれであってもよい。また、投影光学系 P L は、倒立像と正立像とのいずれを形成してもよい。

【 0 0 4 0 】

また、露光装置 E X は、投影光学系 P L の結像特性を調整する結像特性調整システム 4 3 を備えている。結像特性調整システム 4 3 の例は、例えば米国特許第 4 6 6 6 2 7 3 号明細書、米国特許第 6 2 3 5 4 3 8 号明細書、及び米国特許公開第 2 0 0 5 / 0 2 0 6 8 5 0 号明細書等に開示されている。本実施形態の結像特性調整システム 4 3 は、投影光学系 P L の複数の光学素子の一部を移動可能な駆動装置を含む。駆動装置は、投影光学系 P L の複数の光学素子のうち特定の光学素子を光軸方向（Z 軸方向）に移動可能である。また、駆動装置は、特定の光学素子を光軸に対して傾斜可能である。結像特性調整システム 4 3 は、投影光学系 P L の特定の光学素子を動かすことによって、投影光学系 P L の各種収差（投影倍率、ディストーション、球面収差等）及び像面位置（焦点位置）等を含む結像特性を調整する。また、結像特性調整システム 4 3 は、投影光学系 P L の特定の光学素子を動かすことによって、露光光 E L の照射位置 S P 1（投影領域 P R の位置）を調整可能である。なお、結像特性調整システムは、鏡筒 2 5 の内部に保持されている一部の光学素子同士の間の空間の気体の圧力を調整する圧力調整装置を含んでもよい。結像特性調整システム 4 3 は、制御装置 8 により制御される。

【 0 0 4 1 】

マスクステージ 3（マスク M）の位置情報は、レーザ干渉計を含む干渉計システム 4 に

10

20

30

40

50

よって計測される。干渉計システム 4 は、マスクステージ 3 に設けられた反射ミラーを用いて位置情報を計測する。制御装置 8 は、干渉計システム 4 の計測結果に基づいて、第 1 駆動システム 4 1 を作動し、マスクステージ 3 (マスク M) の位置制御を実行する。また、X 軸、Y 軸、及び Z 方向に関する第 1、第 2 基板ステージ 1、2 (基板 P) の位置情報は、エンコーダシステム 5 によって計測され、Z 軸、X、及び Y 方向に関する基板 P の表面の位置情報は、フォーカス・レベリング検出システム 7 によって検出される。制御装置 8 は、エンコーダシステム 5 の計測結果及びフォーカス・レベリング検出システム 7 の検出結果に基づいて、第 2 駆動システム 4 2 を作動し、第 1、第 2 基板ステージ 1、2 (基板 P) の位置制御を実行する。

【0042】

図 3 は、基板 P を保持した第 1 基板ステージ 1 を示す平面図である。図 3 に示すように、エンコーダヘッド 5 1 は、第 1 基板ステージ 1 の側面に複数配置されている。また、第 1 基板ステージ 1 は、第 1 光学素子 1 5 から射出される露光光 E L を計測可能な計測部 6 1 を備えている。計測部 6 1 の少なくとも一部は、第 1 光学素子 1 5 の射出面と対向可能な第 1 基板ステージ 1 の上面に配置されている。計測部 6 1 は、空間像計測センサを含み、投影光学系 P L の空間像を計測可能である。計測部 6 1 は、例えば第 1 基板ステージ 1 の上面の少なくとも一部に配置された露光光 E L が通過可能な透過部 8 1 と、その透過部 8 1 を介した露光光 E L を受光可能な光センサとを含む。計測部 6 1 は、投影光学系 P L の空間像を計測するとともに、第 1 光学素子 1 5 から射出される露光光 E L の照射位置 S P 1 (投影光学系 P L の投影位置) の位置情報を求めることができる。また、計測部 6 1 は、アライメントシステム 6 によって検出される基準マーク 8 2 と、フォーカス・レベリング検出システム 7 によって検出される基準面 8 3 とを有する。第 2 基板ステージ 2 は、第 1 基板ステージ 1 と同様の構成を有する。すなわち、第 2 基板ステージ 2 の側面には、エンコーダヘッド 5 2 が複数配置される。また、第 2 基板ステージ 2 は、第 1 基板ステージ 1 の計測部 6 1 と同様の構成を有する計測部 6 2 を有する。計測部 6 2 は、透過部 9 1、基準マーク 9 2、及び基準面 9 3 を有する。また、図 3 に示すように、基板 P には、複数のショット領域 S がマトリクス状に配置される。

【0043】

図 4 は、スケール板 5 3 と第 1 光学素子 1 5 との関係を模式的に示す平面図である。図 4 に示すように、本実施形態において、スケール板 5 3 は、複数のプレート部材で構成されている。本実施形態においては、第 1 光学素子 1 5 の周囲に 4 つのスケール板 5 3 が配置されている。センサ 3 1 は、1 つのスケール板 5 3 に関して、複数配置されている。本実施形態においては、1 つのスケール板 5 3 に関して、少なくとも、X 軸を計測軸とする第 1 のセンサ 3 1 と、Y 軸を計測軸とする第 2 のセンサ 3 1 とが配置される。また、詳細な図示は省略するが、1 つのスケール板 5 3 に関して、X 軸 (又は Y 軸) を計測軸とするセンサ 3 1 が複数配置されている。これにより、検出システム 3 0 は、X 軸、Y 軸、及び Z 方向に関する第 1 光学素子 1 5 とスケール板 5 3 との位置関係を検出することができる。

【0044】

また、本実施形態の露光装置 E X は、投影光学系 P L を非接触で位置決めする位置決め装置 7 0 を備えている。位置決め装置 7 0 は、投影光学系 P L とベースフレーム 1 2 との相対位置の変化を抑制するために、投影光学系 P L を位置決めする。本実施形態において、位置決め装置 7 0 は、ベースフレーム 1 2 に対して投影光学系 P L を位置決めする。

【0045】

図 5 は、位置決め装置 7 0 を説明するための図であって、計測フレーム 2 1 及び投影光学系 P L の一部を模式的に示す平面図である。位置決め装置 7 0 は、ベースフレーム 1 2 に対する投影光学系 P L の位置情報を計測する検出装置 7 1 と、検出装置 7 1 の計測結果に基づいて、ベースフレーム 1 2 に対して投影光学系 P L を移動可能な駆動装置 7 2 とを有する。

【0046】

駆動装置 7 2 は、フランジ 2 6 の周囲に配置された第 1、第 2、第 3 駆動ユニット 7 2 A、7 2 B、7 2 C を有する。第 1 ~ 第 3 駆動ユニット 7 2 A ~ 7 2 C のそれぞれは、コラム 7 5 A ~ 7 5 C を介してベースフレーム 1 2 に支持されたアーム部 7 6 A ~ 7 6 C のそれぞれに配置されている。すなわち、第 1 ~ 第 3 駆動ユニット 7 2 A ~ 7 2 C のそれぞれは、アーム部 7 6 A ~ 7 6 C 及びコラム 7 5 A ~ 7 5 C を介して、ベースフレーム 1 2 に支持されている。ベースフレーム 1 2 とアーム部 7 6 A ~ 7 6 C との位置関係は固定されている。

【 0 0 4 7 】

第 1 駆動ユニット 7 2 A は、アーム部 7 6 A に対してフランジ 2 6 を Z 軸方向に移動可能なアクチュエータ 7 3 A と、フランジ 2 6 を周方向 (Z 方向) に移動可能なアクチュエータ 7 4 A とを有する。同様に、第 2 駆動ユニット 7 2 B は、アーム部 7 6 B に対してフランジ 2 6 を Z 軸方向、 Z 方向に移動可能なアクチュエータ 7 3 B、7 4 B を有し、第 3 駆動ユニット 7 2 C は、アーム部 7 6 C に対してフランジ 2 6 を Z 軸方向、 Z 方向に移動可能なアクチュエータ 7 3 C、7 4 C を有する。本実施形態において、アクチュエータ 7 3 A ~ 7 3 C、7 4 A ~ 7 4 C は、例えばボイスコイルモータ、あるいは E I コア方式等、非接触の電磁アクチュエータである。第 1 ~ 第 3 駆動ユニット 7 2 A ~ 7 2 C を含む駆動装置 7 2 は、アーム部 7 6 A ~ 7 6 C (ベースフレーム 1 2) に対して、投影光学系 P L を、X 軸、Y 軸、Z 軸、 X、 Y、及び Z 方向の 6 つの方向に移動可能である。

【 0 0 4 8 】

検出装置 7 1 は、フランジ 2 6 上に配置された第 1、第 2、第 3 加速度センサ 7 1 A、7 1 B、7 1 C を有する。第 1 ~ 第 3 加速度センサ 7 1 A ~ 7 1 C のそれぞれは、2 軸の加速度センサである。第 1 ~ 第 3 加速度センサ 7 1 A ~ 7 1 C を含む検出装置 7 1 は、X 軸、Y 軸、Z 軸、 X、 Y、及び Z 方向の 6 つの方向に関する投影光学系 P L の加速度情報を検出可能である。

【 0 0 4 9 】

第 1 ~ 第 3 加速度センサ 7 1 A ~ 7 1 C を含む検出装置 7 1 の検出結果は、制御装置 8 に出力される。制御装置 8 は、検出装置 7 1 の検出結果 (加速度情報) に基づいて、ベースフレーム 1 2 に対する投影光学系 P L の位置情報 (変位情報) を求めることができる。制御装置 8 は、検出装置 7 1 の検出結果に基づいて、ベースフレーム 1 2 に対する投影光学系 P L の位置が変化しないように、駆動装置 7 2 を制御する。すなわち、制御装置 8 は、検出装置 7 1 の検出結果に基づいて、ベースフレーム 1 2 と投影光学系 P L との位置関係が固定されるように、駆動装置 7 2 を制御する。

【 0 0 5 0 】

次に、上述の構成を有する露光装置 E X の動作の一例について、図 6 のフローチャートを参照して説明する。

【 0 0 5 1 】

本実施形態においては、例えば第 1 基板ステージ 1 が露光ステーション S T 1 に配置されているとき、第 2 基板ステージ 2 が計測ステーション S T 2 に配置される。例えば、露光ステーション S T 1 に存在する第 1 基板ステージ 1 に保持された基板 P の露光処理が行われているとき、計測ステーション S T 2 に存在する第 2 基板ステージ 2 に保持された露光前の基板 P の位置情報の計測処理が実行される。基板 P の位置情報は、アライメントシステム 6 の検出基準 (基準位置) に対する基板 P のアライメント情報 (基板 P の各ショット領域 S の X 軸、Y 軸、及び Z 方向の位置情報)、及び所定の基準面に対する基板 P の表面の位置情報 (Z 軸、 X、及び Y 方向の位置情報) の少なくとも一方を含む。

【 0 0 5 2 】

制御装置 8 は、計測ステーション S T 2 において、基板 P の交換、及び所定の計測処理を開始する。例えば、制御装置 8 は、計測ステーション S T 2 の基板交換位置に第 2 基板ステージ 2 を配置し、搬送システム (不図示) を用いて、その第 2 基板ステージ 2 に露光前の基板 P をロードする。そして、制御装置 8 は、計測ステーション S T 2 において、基

板 P の位置情報の計測処理を開始する。一方、露光ステーション S T 1 には、第 1 基板ステージ 1 が配置されており、計測ステーション S T 2 で計測処理された後の基板 P の露光処理が開始される。

【 0 0 5 3 】

本実施形態において、計測ステーション S T 2 における基板 P の位置情報の計測処理は、アライメントシステム 6 及びフォーカス・レベリング検出システム 7 を用いる検出動作を含む。制御装置 8 は、計測ステーション S T 2 において、第 2 基板ステージ 2 を X Y 方向に移動し、アライメントシステム 6 の検出領域に、第 2 基板ステージ 2 の計測部 6 2 を配置する。そして、制御装置 8 は、エンコーダシステム 5 (エンコーダヘッド 5 2) を用いて、X Y 平面内における第 2 基板ステージ 2 の位置情報を計測しつつ、アライメントシステム 6 を用いて、計測部 6 2 の基準マーク 9 2 を検出する (ステップ S A 1)。制御装置 8 は、エンコーダシステム 5 の計測結果、及びアライメントシステム 6 の検出結果に基づいて、エンコーダシステム 5 によって規定される座標系の X Y 平面内における基準マーク 9 2 の位置情報を導出する。

10

【 0 0 5 4 】

また、制御装置 8 は、計測ステーション S T 2 において、エンコーダヘッド 5 2 を用いて、Z 軸方向における第 2 基板ステージ 2 の位置情報を計測しつつ、フォーカス・レベリング検出システム 7 を用いて、計測部 6 2 の基準面 9 3 を検出する (ステップ S A 2)。制御装置 8 は、エンコーダヘッド 5 2 の計測結果、及びフォーカス・レベリング検出システム 7 の検出結果に基づいて、エンコーダシステム 5 (エンコーダヘッド 5 2) によって規定される座標系の Z 軸、X、及び Y 方向における基準面 9 3 の位置情報を導出する。

20

【 0 0 5 5 】

また、制御装置 8 は、計測ステーション S T 2 において、エンコーダシステム 5 を用いて、X Y 平面内における第 2 基板ステージ 2 の位置情報を計測しつつ、アライメントシステム 6 を用いて、第 2 基板ステージ 2 に保持されている基板 P のアライメントマークを検出する (ステップ S A 3)。制御装置 8 は、エンコーダシステム 5 の計測結果、及びアライメントシステム 6 の検出結果に基づいて、エンコーダシステム 5 によって規定される座標系の X Y 平面内におけるアライメントマークの位置情報を導出する。

【 0 0 5 6 】

30

また、制御装置 8 は、計測ステーション S T 2 において、エンコーダヘッド 5 2 を用いて、Z 軸方向における第 2 基板ステージ 2 の位置情報を計測しつつ、フォーカス・レベリング検出システム 7 を用いて、第 2 基板ステージ 2 に保持されている基板 P の表面の位置情報を検出する (ステップ S A 4)。制御装置 8 は、エンコーダヘッド 5 2 の計測結果、及びフォーカス・レベリング検出システム 7 の検出結果に基づいて、エンコーダシステム 5 (エンコーダヘッド 5 2) によって規定される座標系の Z 軸、X、及び Y 方向における基板 P の表面の位置情報を導出する。

【 0 0 5 7 】

制御装置 8 は、ステップ S A 3 で検出した基板 P のアライメントマークの位置情報に基づいて、ステップ S A 1 の検出結果に基づいて規定される、アライメントシステム 6 の検出基準 (基準位置) に対する基板 P の各ショット領域の位置情報 (配列情報) を演算処理によって導出する (ステップ S A 5)。

40

【 0 0 5 8 】

本実施形態においては、制御装置 8 は、基板 P の複数のショット領域のうち、一部のショット領域 (例えば、8 ~ 16 個程度) をアライメントショット領域として選択し、その選択されたショット領域に対応するアライメントマークを、アライメントシステム 6 を用いて検出する。そして、制御装置 8 は、例えば米国特許第 4 7 8 0 6 1 7 号明細書等にされているような、検出されたアライメントマークの位置情報を統計演算して基板 P の各ショット領域の配列情報を導出する、所謂、E G A (エンハンスド・グローバル・アライメント) 処理を実行する。これにより、制御装置 8 は、X Y 平面内における基板 P の各ショ

50

ット領域の配列情報を導出することができる。

【 0 0 5 9 】

また、制御装置 8 は、ステップ S A 4 で検出した基板 P の表面の位置情報に基づいて、基準面 9 3 に対する基板 P の表面の各ショット領域の近似平面（近似表面）を導出する（ステップ S A 6 ）。

【 0 0 6 0 】

露光ステーション S T 1 における処理、及び計測ステーション S T 2 における処理のそれぞれが終了すると、制御装置 8 は、第 1 基板ステージ 1 を計測ステーション S T 2 に移動するとともに、第 2 基板ステージ 2 を露光ステーション S T 1 に移動する。制御装置 8 は、露光後の基板 P を保持した第 1 基板ステージ 1 を計測ステーション S T 2 に移動した後、第 1 基板ステージ 1 上の基板 P を搬送システムを用いてアンロードする。そして、露光前の基板 P が計測ステーション S T 2 の第 1 基板ステージ 1 にロードされ、上述のステップ S A 1 ～ S A 6 を含む計測処理が行われる。

【 0 0 6 1 】

制御装置 8 は、計測ステーション S T 2 において計測処理された基板 P を保持した第 2 基板ステージ 2 を、露光ステーション S T 1 に移動した後、その露光ステーション S T 1 において、第 2 基板ステージ 2 を移動して、投影光学系 P L の投影領域 P R に第 2 基板ステージ 2 の計測部 6 2 を配置する。

【 0 0 6 2 】

液体 L Q を介して形成される投影光学系 P L の像面と基準面 9 3 とがほぼ一致するように、第 2 基板ステージ 2 の位置及び姿勢が制御される。これにより、エンコーダヘッド 5 2 の検出値と、液体 L Q を介して形成される投影光学系 P L の像面と、基準面 9 3 との関係が規定される。制御装置 8 は、ステップ S A 6 で導出された基板 P の近似平面と、エンコーダヘッド 5 2 の検出値と、液体 L Q を介して形成される投影光学系 P L の像面との関係を導出する（ステップ S A 7 ）。

【 0 0 6 3 】

そして、制御装置 8 は、エンコーダシステム 5 を用いて、X Y 平面内における第 2 基板ステージ 2 の位置情報を計測しつつ、計測部 6 2 の透過部 9 1 及び光センサを用いて、マスク M のアライメントマークの空間像を、液体 L Q を介して検出する（ステップ S A 8 ）。

すなわち、制御装置 8 は、投影光学系 P L と計測部 6 2 とを対向させ、投影光学系 P L の第 1 光学素子 1 5 と計測部 6 2 との間の光路を液体 L Q で満たした状態で、マスク M のアライメントマークを露光光 E L で照明する。これにより、マスク M のアライメントマークの空間像が、投影光学系 P L 及び液体 L Q を介して計測部 6 2 に投影される。計測部 6 2 の光センサは、マスク M のアライメントマークの空間像を液体 L Q を介して計測する。制御装置 8 は、エンコーダシステム 5 の計測結果、及び計測部 6 2 （光センサ）の計測結果に基づいて、エンコーダシステム 5 によって規定される座標系の X Y 平面内における空間像の位置情報を導出する。空間像の位置は、投影領域 P R の位置であり、露光光 E L の照射位置 S P 1 である。

【 0 0 6 4 】

マスク M のパターンとアライメントマークとは所定の位置関係で形成されている。また、計測部 6 2 の基準マーク 9 2 と透過部 9 1 （光センサ）との位置関係は既知である。制御装置 8 は、ステップ S A 8 の計測結果に基づいて、エンコーダシステム 5 によって規定される座標系の X Y 平面内における基準位置と照射位置 S P 1 との位置関係を導出する（ステップ S A 9 ）。

【 0 0 6 5 】

制御装置 8 は、ステップ S A 5 で求めた、エンコーダシステム 5 によって規定される座標系の X Y 平面内における基準位置と基板 P の各ショット領域 S との位置関係（基準位置に対するショット領域 S の配列情報）、及びステップ S A 9 で求めた、エンコーダシステム 5 によって規定される座標系の X Y 平面内における基準位置と照射位置 S P 1 との位置関係に基づいて、エンコーダシステム 5 によって規定される座標系の X Y 平面内における

10

20

30

40

50

基板 P の各ショット領域と照射位置 S P 1 との関係を導出する (ステップ S A 1 0)。

【 0 0 6 6 】

また、制御装置 8 は、ステップ S A 7 で求めた、基板 P の近似平面、及び液体 L Q を介して形成される投影光学系 P L の像面に関連付けされているエンコーダヘッド 5 2 の検出値に基づいて、基板 P の表面 (露光面) の位置を調整しつつ、ステップ S A 1 0 で求めた、X Y 平面内における基板 P の各ショット領域と照射位置 S P 1 との位置関係に基づいて、X Y 平面内における基板 P の位置を制御し、基板 P の各ショット領域 S を順次露光する (ステップ S A 1 1)。

【 0 0 6 7 】

第 2 基板ステージ 2 上の基板 P の露光処理が終了した後、制御装置 8 は、露光ステーション S T 1 の第 2 基板ステージ 2 を計測ステーション S T 2 に移動し、計測ステーション S T 2 で計測処理を終えた基板 P を保持した第 1 基板ステージ 1 を露光ステーション S T 1 に移動する。制御装置 8 は、計測ステーション S T 2 に移動した第 2 基板ステージ 2 に保持されている露光後の基板 P を、搬送システムを用いてアンロードする。

【 0 0 6 8 】

上述の手順を繰り返して、第 1 基板ステージ 1 と第 2 基板ステージ 2 とが交互に露光ステーション S T 1 に投入され、複数の基板 P が順次露光される。

【 0 0 6 9 】

本実施形態においては、スケール板 5 3 は、第 1 支持装置 1 8 に支持され、第 1 光学素子 1 5 は、スケール板 5 3 と分離して、第 2 支持装置 1 9 に支持されている。この場合、第 1 光学素子 1 5 とスケール板 5 3 との相対位置が変化し、照射位置 S P 1 とスケール板 5 3 との相対位置が変化する可能性がある。また、本実施形態においては、位置決め装置 7 0 により、ベースフレーム 1 2 に対する第 1 光学素子 1 5 (投影光学系 P L) の位置が変化する可能性がある。この場合においても、第 1 光学素子 1 5 とスケール板 5 3 との相対位置が変化する可能性がある。第 1 光学素子 1 5 とスケール板 5 3 との相対位置が変化すると、エンコーダシステム 5 の計測精度が低下し、その結果、露光不良が発生する可能性がある。

【 0 0 7 0 】

そこで、本実施形態においては、制御装置 8 は、検出システム 3 0 を用いて、第 1 光学素子 1 5 とスケール板 5 3 との位置関係を検出し、その検出結果に基づいて、エンコーダシステム 5 の計測結果を補正する。そして、制御装置 8 は、その補正されたエンコーダシステム 5 の計測結果に基づいて、第 1、第 2 基板ステージ 1、2 の移動を制御する。

【 0 0 7 1 】

本実施形態においては、露光ステーション S T 1 及び計測ステーション S T 2 における第 1、第 2 基板ステージ 1、2 に対する処理が実行されているとき、検出システム 3 0 が、第 1 光学素子 1 5 とスケール板 5 3 との位置関係を検出 (モニタ) する。具体的には、検出システム 3 0 は、少なくとも、計測ステーション S T 2 における基板 P のアライメントマークの検出時、及び露光ステーション S T 1 における基板 P の露光時に、第 1 光学素子 1 5 とスケール板 5 3 との位置関係を検出する。

【 0 0 7 2 】

制御装置 8 は、露光ステーション S T 1 において、例えば第 2 基板ステージ 2 に保持されている基板 P の露光処理を実行しているときに、検出システム 3 0 の検出結果に基づいて、第 1 光学素子 1 5 とスケール板 5 3 との位置関係が変動したと判断した場合、その検出結果に基づいて、エンコーダシステム 5 から出力される計測結果を補正する。例えば、制御装置 8 は、検出システム 3 0 の検出結果に基づいて、第 1 光学素子 1 5 に対してスケール板 5 3 が X Y 平面内における所定方向 (例えば Y 軸方向) に所定量だけ変位したと判断したとき、エンコーダシステム 5 から出力される計測結果を、所定量に応じて補正する。そして、制御装置 8 は、その補正後のエンコーダシステム 5 の計測結果に基づいて、第 2 基板ステージ 2 の移動を制御しつつ、その第 2 基板ステージ 2 に保持されている基板 P の露光を実行する。これにより、基板 P の露光時に、照射位置 S P 1 と基板 P のショット

領域 S との位置関係が補正され、制御装置 8 は、照射位置 S P 1 に対して基板 P のショット領域 S を所望の位置に配置した状態で、そのショット領域 S を露光することができる。

【 0 0 7 3 】

また、制御装置 8 は、エンコーダシステム 5 の計測結果を補正する代わりに、第 2 基板ステージ 2 を移動するための第 2 駆動システム 4 2 による駆動量を補正することができる。本実施形態において、制御装置 8 は、エンコーダシステム 5 の計測結果に基づいて、第 2 駆動システム 4 2 より所定の駆動量を発生させて、第 2 基板ステージ 2 を移動する。したがって、制御装置 8 は、検出システム 3 0 の検出結果に基づいて、第 2 基板ステージ 2 を移動するための第 2 駆動システム 4 2 の駆動量を補正することによって、基板 P の露光時に、照射位置 S P 1 と基板 P のショット領域 S との位置関係を補正することができる。

10

【 0 0 7 4 】

なお、制御装置 8 は、検出システム 3 0 の検出結果に基づいて、エンコーダシステム 5 の計測結果、及び第 2 駆動システム 4 2 による駆動量の両方を補正してもよい。

【 0 0 7 5 】

また、制御装置 8 は、アライメントシステム 6 が第 2 基板ステージ 2 に保持されている基板 P のアライメントマークを検出しているときの検出システム 3 0 の検出結果に対して、その第 2 基板ステージ 2 に保持されている基板 P の露光を実行するときの検出システム 3 0 の検出結果が変化したとき、検出システム 3 0 の検出結果に基づいて、アライメントシステム 6 の検出結果を補正することができる。すなわち、計測ステーション S T 2 においてアライメントシステム 6 を用いて第 2 基板ステージ 2 上の基板 P のアライメントマークを検出しているときと、露光ステーション S T 1 において第 2 基板ステージ 2 上の基板 P を露光するときとで、第 1 光学素子 1 5 とスケール板 5 3 との位置関係が変動した場合、制御装置 8 は、検出システム 3 0 の検出結果に基づいて、アライメントシステム 6 の検出結果を補正する。アライメントシステム 6 の検出結果の補正は、ステップ S A 5 で演算処理によって導出した各ショット領域 S の配列情報の補正を含む。

20

【 0 0 7 6 】

制御装置 8 は、検出システム 3 0 の検出結果に基づいて、基板 P の露光時における X Y 平面内におけるスケール板 5 3 の位置が、アライメントマークの検出時における X Y 平面内におけるスケール板 5 3 の位置に対して、所定方向に所定量だけ変位したと判断したとき、アライメントシステム 6 の検出結果 (E G A 処理によって導出したショット領域 S の配列情報) を、所定量に応じて補正する。そして、制御装置 8 は、その補正後のアライメントシステム 6 の検出結果 (ショット領域 S の配列情報) に基づいて、第 2 基板ステージ 2 の移動を制御しつつ、その第 2 基板ステージ 2 に保持されている基板 P の露光を実行する。

30

【 0 0 7 7 】

また、例えばアライメントシステム 6 を用いて基板 P のアライメントマークを検出しているときに、検出システム 3 0 の検出結果に基づいて、第 1 光学素子 1 5 とスケール板 5 3 との位置関係が変動したと判断したとき、制御装置 8 は、その検出結果に基づいて、アライメントシステム 6 の検出結果 (アライメントマークの位置情報) を補正することができる。そして、制御装置 8 は、その補正されたアライメントマークの位置情報に基づいて、基板 P の露光時に、露光光 E L の照射位置 S P 1 とショット領域 S との位置関係を補正することができる。

40

【 0 0 7 8 】

また、ステップ S A 9 において、アライメントシステム 6 の検出基準 (基準位置) と照射位置 S P 1 との位置関係 (ベースライン情報) を導出するときに、検出システム 3 0 の検出結果に基づいて、第 1 光学素子 1 5 とスケール板 5 3 との位置関係が変動したと判断したとき、制御装置 8 は、その検出結果に基づいて、検出基準 (基準位置) と照射位置 S P 1 との位置関係 (ベースライン情報) を補正することができる。そして、制御装置 8 は、その補正されたベースライン情報に基づいて、基板 P の露光時に、露光光 E L の照射位置 S P 1 とショット領域 S との位置関係を補正することができる。

50

【 0 0 7 9 】

また、制御装置 8 は、検出システム 3 0 の検出結果に基づいて、結像特性調整システム 4 3 を用いて、露光光 E L の照射位置 S P 1 を補正することができる。例えば、第 1 光学素子 1 5 に対してスケール板 5 3 が X Y 平面内における所定方向に所定量だけ変位したと判断したとき、制御装置 8 は、結像特性調整システム 4 3 を用いて、照射位置 S P 1 を、所定量に応じて補正（シフト）する。そして、制御装置 8 は、その補正後の照射位置 S P 1 に照射される露光光 E L で基板 P の露光を実行する。これにより、基板 P の露光時に、照射位置 S P 1 と基板 P のショット領域 S との位置関係が補正される。

【 0 0 8 0 】

また、制御装置 8 は、検出システム 3 0 の検出結果に基づいて、マスクステージ 3 を移動するための第 1 駆動システム 4 1 による駆動量を補正することもできる。こうすることによっても、制御装置 8 は、基板 P のショット領域 S に所望の位置関係でマスク M のパターンの像を投影することができる。

【 0 0 8 1 】

以上説明したように、本実施形態によれば、例えばスケール板 5 3 の位置が変化する場合でも、エンコーダシステム 5 を用いて、第 1、第 2 基板ステージ 1、2 の位置情報を計測して、基板 P のショット領域 S に所望の位置関係でマスク M のパターンの像を投影することができ、露光不良の発生を抑制することができる。

【 0 0 8 2 】

また、本実施形態によれば、計測フレーム 2 1 と投影光学系 P L とが分離しているので、例えば計測フレーム 2 1 の振動が投影光学系 P L に伝達されることが抑制される。本実施形態においては、計測フレーム 2 1 は、投影光学系 P L の像面に対する第 1、第 2 基板ステージ 1、2 の上面（基板 P の表面）の位置情報（位置関係）を検出するためのフォーカス・レベリング検出システム 7 を支持している。そのフォーカス・レベリング検出システム 7 が、例えば振動子等を有する場合でも、計測フレーム 2 1 の振動が投影光学系 P L に伝達されることが抑制される。また、フォーカス・レベリング検出システム 7 が、例えば光源、受光素子等を有する場合でも、計測フレーム 2 1 の熱が投影光学系 P L に伝達されることが抑制される。また、計測フレーム 2 1 は、投影光学系 P L の投影領域 P R に対する第 1、第 2 基板ステージ 1、2（基板 P）の位置情報（位置関係）を検出するためのアライメントシステム 6 を支持している。そのアライメントシステム 6 が、例えば光源、受光素子等を有する場合でも、計測フレーム 1 2 の熱が投影光学系 P L に伝達されることが抑制される。

【 0 0 8 3 】

また、本実施形態によれば、計測フレーム 2 1 がベースフレーム 1 2 に吊り下げ支持されており、マスクステージ 3、及び第 1、第 2 基板ステージ 1、2 が移動する際の振動、あるいは床面 F L（ベースフレーム 1 2）からの振動が、計測フレーム 2 1 に伝達されることが抑制される。

【 0 0 8 4 】

また、本実施形態によれば、投影光学系 P L がベースフレーム 1 2 に吊り下げ支持されており、マスクステージ 3、及び第 1、第 2 基板ステージ 1、2 が移動する際の振動、あるいは床面 F L（ベースフレーム 1 2）からの振動が、投影光学系 P L に伝達されることが抑制される。

【 0 0 8 5 】

なお、上述の各実施形態の基板 P としては、半導体デバイス製造用の半導体ウエハのみならず、ディスプレイデバイス用のガラス基板、薄膜磁気ヘッド用のセラミックウエハ、あるいは露光装置で用いられるマスクまたはレチクルの原版（合成石英、シリコンウエハ）等が適用される。

【 0 0 8 6 】

露光装置 E X としては、マスク M と基板 P とを同期移動してマスク M のパターンを走査露光するステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置（スキャニングステッパ）の

10

20

30

40

50

他に、マスク M と基板 P とを静止した状態でマスク M のパターンを一括露光し、基板 P を順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置（ステッパ）にも適用することができる。

【 0 0 8 7 】

さらに、ステップ・アンド・リピート方式の露光において、第 1 パターンと基板 P とをほぼ静止した状態で、投影光学系を用いて第 1 パターンの縮小像を基板 P 上に転写した後、第 2 パターンと基板 P とをほぼ静止した状態で、投影光学系を用いて第 2 パターンの縮小像を第 1 パターンと部分的に重ねて基板 P 上に一括露光してもよい（スティッチ方式の一括露光装置）。また、スティッチ方式の露光装置としては、基板 P 上で少なくとも 2 つのパターンを部分的に重ねて転写し、基板 P を順次移動させるステップ・アンド・スティッチ方式の露光装置にも適用できる。

10

【 0 0 8 8 】

また、例えば米国特許第 6 6 1 1 3 1 6 号明細書に開示されているように、2 つのマスクのパターンを、投影光学系を介して基板上で合成し、1 回の走査露光によって基板の 1 つのショット領域をほぼ同時に二重露光する露光装置などにも本発明を適用することができる。また、プロキシミティ方式の露光装置、ミラープロジェクション・アライナーなどにも本発明を適用することができる。

【 0 0 8 9 】

また、本発明は、例えば米国特許第 6 8 9 7 9 6 3 号明細書、欧州特許出願公開第 1 7 1 3 1 1 3 号明細書等を開示されているような、基板 P を保持して移動可能な基板ステージと、基板 P を保持せずに、露光に関する所定の計測を実行可能な計測器（計測部材）を搭載して移動可能な計測ステージとを備えた露光装置にも適用できる。

20

【 0 0 9 0 】

露光装置 E X の種類としては、基板 P に半導体素子パターンを露光する半導体素子製造用の露光装置に限られず、液晶表示素子製造用又はディスプレイ製造用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド、撮像素子（C C D）、マイクロマシン、M E M S、D N A チップ、あるいはレチクル又はマスクなどを製造するための露光装置などにも広く適用できる。

【 0 0 9 1 】

また、上述の各実施形態では、露光光 E L として A r F エキシマレーザ光を発生する光源装置として、A r F エキシマレーザを用いてもよいが、例えば、米国特許第 7 0 2 3 6 1 0 号明細書に開示されているように、D F B 半導体レーザ又はファイバーレーザなどの固体レーザ光源、ファイバーアンプなどを有する光増幅部、及び波長変換部などを含み、波長 1 9 3 n m のパルス光を出力する高調波発生装置を用いてもよい。さらに、上記実施形態では、前述の各照明領域と、投影領域がそれぞれ矩形状であるものとしたが、他の形状、例えば円弧状などでもよい。

30

【 0 0 9 2 】

なお、上述の各実施形態においては、光透過性の基板上に所定の遮光パターン（又は位相パターン・減光パターン）を形成した光透過型マスクを用いたが、このマスクに代えて、例えば米国特許第 6 7 7 8 2 5 7 号明細書に開示されているように、露光すべきパターンの電子データに基づいて透過パターン又は反射パターン、あるいは発光パターンを形成する可変成形マスク（電子マスク、アクティブマスク、あるいはイメージジェネレータとも呼ばれる）を用いてもよい。可変成形マスクは、例えば非発光型画像表示素子（空間光変調器）の一種である D M D（Digital Micro-mirror Device）等を含む。また、非発光型画像表示素子を備える可変成形マスクに代えて、自発光型画像表示素子を含むパターン形成装置を備えるようにしても良い。自発光型画像表示素子としては、例えば、C R T（Cathode Ray Tube）、無機 E L ディスプレイ、有機 E L ディスプレイ（O L E D : Organic Light Emitting Diode）、L E D ディスプレイ、L D ディスプレイ、電界放出ディスプレイ（F E D : Field Emission Display）、プラズマディスプレイ（P D P : Plasma Display Panel）等が挙げられる。

40

【 0 0 9 3 】

50

上述の各実施形態においては、投影光学系 P L を備えた露光装置を例に挙げて説明してきたが、投影光学系 P L を用いない露光装置及び露光方法に本発明を適用することができる。このように投影光学系 P L を用いない場合であっても、露光光はレンズ等の光学部材を介して基板に照射され、そのような光学部材と基板との間の所定空間に液浸空間が形成される。

【 0 0 9 4 】

また、例えば国際公開第 2 0 0 1 / 0 3 5 1 6 8 号パンフレットに開示されているように、干渉縞を基板 P 上に形成することによって、基板 P 上にライン・アンド・スペースパターンを露光する露光装置（リソグラフィシステム）にも本発明を適用することができる。

10

【 0 0 9 5 】

以上のように、本実施形態の露光装置 E X は、本願請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、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うことが望ましい。

20

【 0 0 9 6 】

半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図 7 に示すように、マイクロデバイスの機能・性能設計を行うステップ 2 0 1、この設計ステップに基づいたマスク（レチクル）を製作するステップ 2 0 2、デバイスの基材である基板を製造するステップ 2 0 3、上述の実施形態に従って、マスクのパターンを用いて露光光で基板を露光すること、及び露光された基板を現像することを含む基板処理（露光処理）を含む基板処理ステップ 2 0 4、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、パッケージ工程などの加工プロセスを含む）2 0 5、検査ステップ 2 0 6 等を経て製造される。

30

【 0 0 9 7 】

なお、上述の各実施形態の要件は、適宜組み合わせることができる。また、一部の構成要素を用いない場合もある。また、法令で許容される限りにおいて、上述の各実施形態及び変形例で引用した露光装置などに関する全ての公開公報及び米国特許の開示を援用して本文の記載の一部とする。

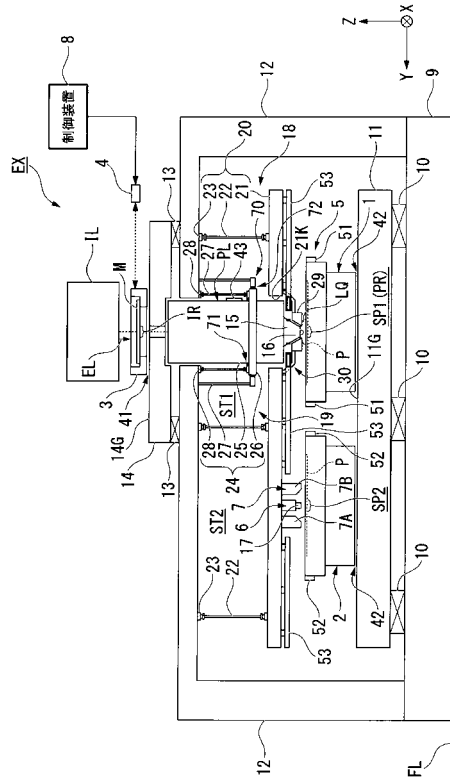
【 符号の説明 】

【 0 0 9 8 】

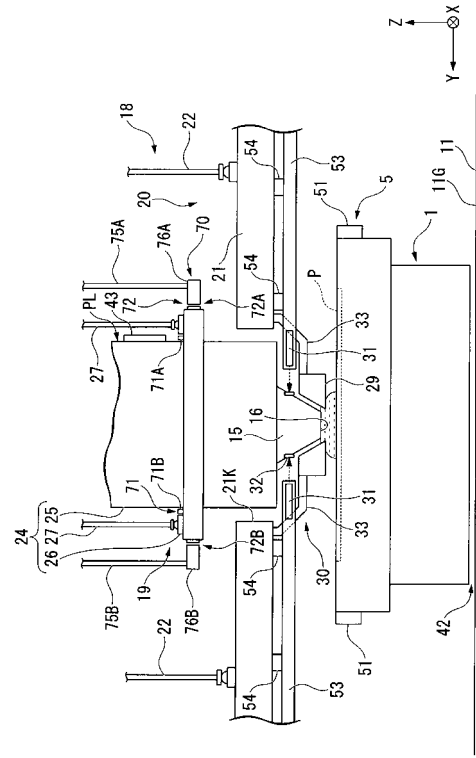
1 ... 第 1 基板ステージ、2 ... 第 2 基板ステージ、5 ... エンコーダシステム、6 ... アライメントシステム、7 ... フォーカス・レベリング検出システム、8 ... 制御装置、12 ... ベースフレーム、15 ... 第 1 光学素子、18 ... 第 1 支持装置、19 ... 第 2 支持装置、20 ... 柔構造、21 ... 計測フレーム、29 ... 液浸部材、30 ... 検出システム、31 ... センサ、41 ... 第 1 駆動システム、42 ... 第 2 駆動システム、43 ... 結像特性調整システム、51 ... エンコーダヘッド、52 ... エンコーダヘッド、53 ... スケール板、70 ... 位置決め装置、71 ... 検出装置、72 ... 駆動装置、E L ... 露光光、E X ... 露光装置、P ... 基板、S P 1 ... 照射位置、S P 2 ... 計測位置、S T 1 ... 露光ステーション、S T 2 ... 計測ステーション

40

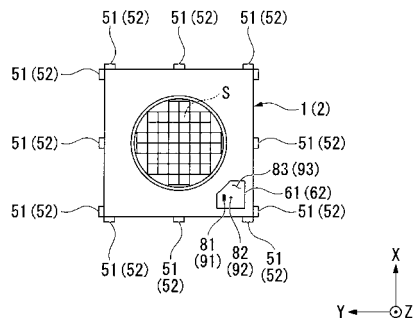
【図 1】



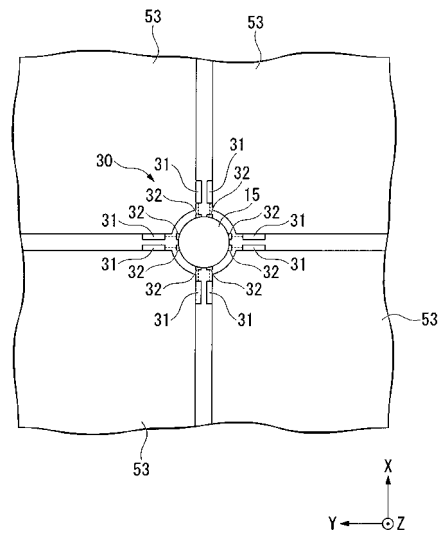
【図 2】



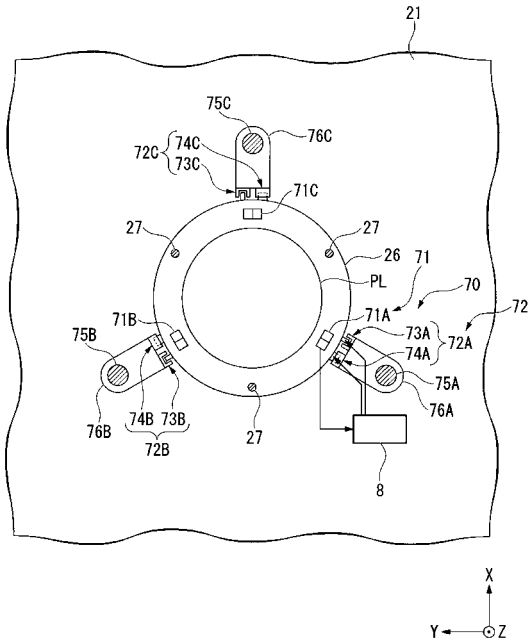
【図 3】



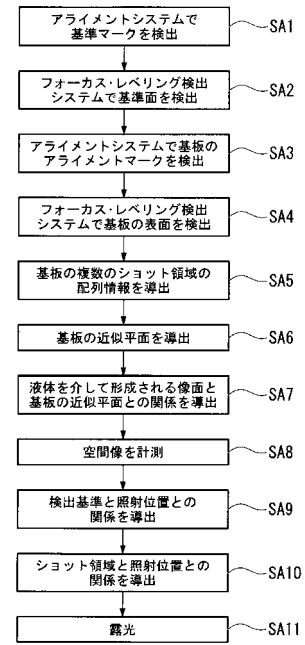
【図 4】



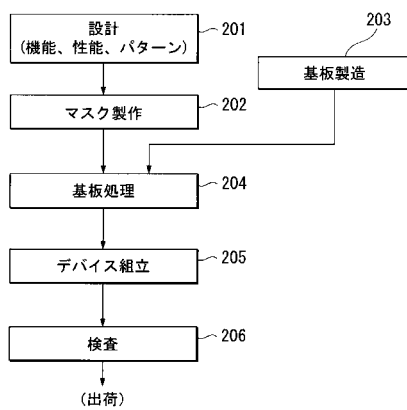
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 0 8 - 0 8 4 9 5 3 (J P , A)
国際公開第 2 0 0 7 / 0 8 3 7 5 8 (W O , A 1)
特開 2 0 0 7 - 1 2 9 1 9 4 (J P , A)
国際公開第 2 0 0 8 / 0 3 9 0 6 0 (W O , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G 0 3 F 7 / 2 0 - 7 / 2 4
9 / 0 0 - 9 / 0 2
H 0 1 L 2 1 / 0 2 7
2 1 / 3 0
2 1 / 4 6
2 1 / 6 7 - 2 1 / 6 8 3