

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5040657号  
(P5040657)

(45) 発行日 平成24年10月3日(2012.10.3)

(24) 登録日 平成24年7月20日(2012.7.20)

(51) Int.Cl.		F I		
HO 1 L 21/027	(2006.01)	HO 1 L 21/30	5 1 6 B	
GO 3 F 7/20	(2006.01)	GO 3 F 7/20	5 2 1	
HO 1 L 21/683	(2006.01)	HO 1 L 21/30	5 1 5 G	
		HO 1 L 21/68	P	

請求項の数 23 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2007-542585 (P2007-542585)	(73) 特許権者	000004112
(86) (22) 出願日	平成18年10月24日(2006.10.24)		株式会社ニコン
(86) 国際出願番号	PCT/JP2006/321142		東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(87) 国際公開番号	W02007/049603	(74) 代理人	100064908
(87) 国際公開日	平成19年5月3日(2007.5.3)		弁理士 志賀 正武
審査請求日	平成21年9月1日(2009.9.1)	(74) 代理人	100108578
(31) 優先権主張番号	特願2005-308326 (P2005-308326)		弁理士 高橋 詔男
(32) 優先日	平成17年10月24日(2005.10.24)	(74) 代理人	100107836
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 西 和哉
		(72) 発明者	蛭原 明光
			日本国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	高橋 正人
			日本国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】 露光装置、露光方法、デバイスの製造方法、デバイス組立方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板上に所定のパターンを形成する露光装置であって、  
露光光が通過する光学部材と、  
ガイド面を有するベースと、  
前記基板を保持し、前記ガイド面とは非接触で該ガイド面に沿って前記光学部材に対して移動する基板テーブルと、  
前記基板テーブルが移動中に、該基板テーブルの位置に関する情報を求める位置情報検出装置と、

前記基板テーブルにおける前記基板を保持する保持面の裏側に設けられて、該基板テーブルの形状に関する情報を求める形状情報検出装置と、

前記形状情報検出装置に非接触で電力を伝送し、かつ、前記基板テーブルが移動中に、前記形状情報検出装置から非接触で前記形状に関する情報を受け取る電力伝送装置と、

前記位置情報検出装置と前記電力伝送装置とに接続されて、前記基板テーブルが移動しているときに前記位置情報検出装置から送られる前記基板テーブルの前記位置に関する情報と、前記基板テーブルが移動しているときに前記形状情報検出装置から送られる前記基板テーブルの前記形状に関する情報と、を用いて、前記基板テーブルの位置を制御する信号を生成して、前記基板テーブルを駆動する制御装置と、を有する露光装置。

【請求項2】

前記基板は、該基板と前記光学部材との間の空間にある液体を介して前記露光光に照明

される請求項 1 記載の露光装置。

【請求項 3】

前記基板テーブルの形状に関する情報は、前記液体の重さによって生じる前記基板テーブルの変形からなる請求項 2 記載の露光装置。

【請求項 4】

レチクルに形成された所定のパターンを基板上に投影する露光処理を用いるデバイスの製造方法であって、

前記基板を基板テーブルで支持すること、

前記基板テーブルをガイド面上で非接触支持して、前記ガイド面に沿って移動させること、

前記基板テーブルの移動中に、位置情報検出装置によって前記基板テーブルの位置に関する情報を求めること、

前記基板テーブルの移動中に、前記基板テーブルにおける前記基板を保持する保持面の裏側に設けられた検出部によって前記基板テーブルの形状に関する情報を求めること、

前記検出部に、非接触で電力を供給すること、

前記基板テーブルの形状に関する情報を非接触で前記検出部から制御装置に伝送すること、

前記基板テーブルが移動しているときに前記位置情報検出装置から送られる前記基板テーブルの前記位置に関する情報と、前記基板テーブルが移動しているときに前記検出部から送られる前記基板テーブルの前記形状に関する情報と、を用いて、前記基板テーブルの位置を制御する信号を生成して、前記基板テーブルを駆動すること、

前記基板テーブルの移動に同期して前記レチクルを移動させること、および光学部材から前記基板に露光光を照射すること、とを有するデバイスの製造方法。

【請求項 5】

前記基板テーブルに支持され光学部材から液体を介して照明される前記基板と、前記光学部材との間の空間に液体を供給することをさらに有する請求項 4 記載のデバイスの製造方法。

【請求項 6】

前記基板テーブルの形状に関する情報は、前記液体の重さによって生じる前記基板テーブルの変形からなる請求項 5 記載のデバイスの製造方法。

【請求項 7】

投影光学系を介して基板上にエネルギービームを照射して該基板を露光する露光装置であって、

前記基板を保持した状態で前記投影光学系に対して移動する基板テーブルと、

前記基板テーブルに設けられた第 1 部分と、該第 1 部分に対して移動可能な第 2 部分とを有し、前記第 1 部分と前記第 2 部分との協働によって前記基板テーブルの位置に関する情報を求める位置情報検出装置と、

前記基板テーブルにおける前記基板を保持する保持面の裏側に設けられて、前記基板テーブルまたは前記第 1 部分の形状に関する情報を求める形状検出装置と、

前記基板テーブルの移動中に、前記形状検出装置に対して、非接触で電力を伝送する伝送装置と、

前記位置情報検出装置及び前記伝送装置と通信を行うとともに、前記基板テーブルが移動しているときに前記位置情報検出装置により得られた前記基板テーブルの位置に関する情報と、前記基板テーブルが移動しているときに前記形状検出装置により得られた前記形状に関する情報とに基づいて前記基板テーブルを駆動する駆動装置と、

を有する露光装置。

【請求項 8】

前記形状検出装置は、求められた前記形状に関する情報を非接触の方法で伝送し、

前記基板テーブルが移動している間に、前記伝送装置は前記形状検出装置により求められた前記形状に関する情報を非接触の方法で受け取る請求項 7 記載の露光装置。

10

20

30

40

50

## 【請求項 9】

前記第 2 部分は、第 3 部分と該第 3 部分を支持する第 4 部分とを有し、前記第 1 部分と前記第 3 部分との間に、前記位置に関する情報を求めるための測定光の光路が形成される請求項 8 記載の露光装置。

## 【請求項 10】

前記第 4 部分は、前記基板テーブルが移動可能に設けられたガイド面を有する請求項 9 記載の露光装置。

## 【請求項 11】

前記形状に関する情報は、前記光線が照射される、前記第 1 部分に形成された表面の形状に関する情報からなる請求項 9 記載の露光装置。

10

## 【請求項 12】

基板が載置されている間に前記基板テーブルとは独立して移動可能な第 2 基板テーブルを有する請求項 7 記載の露光装置。

## 【請求項 13】

前記基板と前記投影光学系との間の空間に液体が供給され、  
前記基板は、前記投影光学系及び前記液体を介したエネルギービームで露光される請求項 7 記載の露光装置。

## 【請求項 14】

リソグラフィ工程を有し、前記リソグラフィ工程で請求項 7 記載の露光装置で基板にデバイスパターンが転写されるデバイス組立方法。

20

## 【請求項 15】

投影光学系を介してエネルギービームを照射することで基板を露光する露光方法であって、

前記基板が基板テーブルに載置されている状態で、前記基板テーブルを前記投影光学系に対して移動させること、

前記基板テーブルに設けられた第 1 部分と、該第 1 部分に対して移動可能な第 2 部分とを有し、前記第 1 部分と前記第 2 部分とが協働する位置情報検出装置を用いて、前記基板テーブルの位置に関する情報を求めること、

前記基板テーブルの移動中に、該基板テーブルにおける前記基板を保持する保持面の裏側に設けられた形状検出装置を用いて前記基板テーブルまたは前記第 1 部分の形状に関する情報を求めること、

30

前記形状検出装置に、非接触で電力を供給すること、および  
前記位置情報検出装置と前記伝送装置とに接続された制御装置が、前記基板テーブルが移動しているときに前記位置情報検出装置から送られる前記基板テーブルの前記位置に関する情報と、前記基板テーブルが移動しているときに前記形状検出装置から送られる前記基板テーブルの前記形状に関する情報と、を用いて、前記基板テーブルの位置を制御する信号を生成して、前記基板テーブルを駆動すること、

とを有する露光方法。

## 【請求項 16】

前記形状検出装置により得られた前記形状に関する情報を非接触の方法で伝送すること、をさらに有する請求項 15 記載の露光方法。

40

## 【請求項 17】

前記第 2 部分は、第 3 部分と該第 3 部分を支持する第 4 部分とを有し、前記第 1 部分と前記第 3 部分との間に、前記位置に関する情報を求めるための測定光の光路が形成される請求項 16 記載の露光方法。

## 【請求項 18】

前記第 4 部分は、前記基板テーブルが移動可能に設けられたガイド面を有する請求項 17 記載の露光方法。

## 【請求項 19】

前記形状に関する情報は、前記光線が照射される、前記第 1 部分に形成された表面の形

50

状に関する情報からなる請求項 1 7 記載の露光方法。

【請求項 2 0】

前記位置情報検出装置により得られた前記基板テーブルの位置に関する情報と、前記形状検出装置により得られた前記形状に関する情報とに基づいて前記基板テーブルを駆動すること、をさらに有する請求項 1 5 記載の露光方法。

【請求項 2 1】

前記基板テーブルとは独立して移動可能な第 2 基板テーブルを用いて基板を移動させること、をさらに有する請求項 1 5 記載の露光方法。

【請求項 2 2】

前記基板と前記投影光学系との間の空間に液体が供給され、  
前記基板は、前記投影光学系及び前記液体を介したエネルギービームで露光される請求項 1 5 記載の露光方法。

10

【請求項 2 3】

リソグラフィ工程を有し、前記リソグラフィ工程で請求項 1 5 記載の露光方法で基板にデバイスパターンが転写されるデバイス組立方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、露光装置、露光方法、デバイスの製造方法、デバイス組立方法に関する。

本願は、2 0 0 5 年 1 0 月 2 4 日に出願された特願 2 0 0 5 - 3 0 8 3 2 6 号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

20

【背景技術】

【0 0 0 2】

半導体デバイス等のマイクロデバイス（電子デバイスなど）の製造工程の一つであるリソグラフィ工程においては、マスク（レチクル、フォトマスク等）のパターン像をフォトレジストが塗布された基板（ウエハ、セラミックプレート、ガラスプレート等）上に露光する露光装置が使用されている。露光装置としては、例えば、ステッパー等の一括露光型（静止露光型）の投影露光装置、及びスキニングステッパー等の走査露光型の投影露光装置（走査型露光装置）が挙げられる。

30

【0 0 0 3】

露光装置はステージ装置を備える。ステージ装置のテーブル部には、反射面（鏡面）が設けられる。反射面は、レーザ干渉計等の光計測器を用いた高精度の位置計測に用いられる。テーブル部の位置は、ナノメートル単位で計測及び制御される。要求精度の向上に伴い、反射面の表面形状（凸凹）、及び光計測器を支える定盤の熱変形の影響が課題として挙げられる。さらに、露光処理の繰り返しにおいて、テーブル部に熱が蓄積され、テーブル部及び反射面が熱変形する場合がある。特許文献 1 は、ロット（例えば数十枚の基板）毎に、反射面の表面形状を計測し、熱変形したテーブル部及び反射面の位置座標を補正する技術を開示している。

【特許文献 1】特開 2 0 0 5 - 2 5 2 2 4 6 号公報

【発明の開示】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

こうした座標補正には、比較的多くの時間（例えば 2 0 分～3 0 分）がかかる。座標補正の期間において、露光処理が実質的に停止する。

【0 0 0 5】

本発明は、高精度に位置制御されるステージ装置及びその座標補正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】

【0 0 0 6】

本発明は、実施の形態を示す各図に対応付けした以下の構成を採用している。但し、各

50

要素に付した括弧付き符号はその要素の例示に過ぎず、各要素を限定するものではない。

【 0 0 0 7 】

本発明の第 1 の態様に従えば、基板上に所定のパターンを形成する露光装置であって、露光光が通過する光学部材と、ガイド面を有するベースと、前記基板を保持し、前記ガイド面とは非接触で該ガイド面に沿って前記光学部材に対して移動する基板テーブルと、前記基板テーブルが移動中に、該基板テーブルの位置に関する情報を求める位置情報検出装置と、前記基板テーブルにおける前記基板を保持する保持面の裏側に設けられて、該基板テーブルの形状に関する情報を求める形状情報検出装置と、前記形状情報検出装置に非接触で電力を伝送し、かつ、前記基板テーブルが移動中に、前記形状情報検出装置から非接触で前記形状に関する情報を受け取る電力伝送装置と、前記位置情報検出装置と前記電力伝送装置とに接続されて、前記基板テーブルが移動しているときに前記位置情報検出装置から送られる前記基板テーブルの前記位置に関する情報と、前記基板テーブルが移動しているときに前記形状情報検出装置から送られる前記基板テーブルの前記形状に関する情報と、を用いて、前記基板テーブルの位置を制御する信号を生成して、前記基板テーブルを駆動する制御装置と、を有する露光装置が提供される。

10

また、本発明の別の態様に従えば、投影光学系を介して基板上にエネルギービームを照射して該基板を露光する露光装置であって、前記基板を保持した状態で前記投影光学系に対して移動する基板テーブルと、前記基板テーブルに設けられた第 1 部分と、該第 1 部分に対して移動可能な第 2 部分とを有し、前記第 1 部分と前記第 2 部分との協働によって前記基板テーブルの位置に関する情報を求める位置情報検出装置と、前記基板テーブルにおける前記基板を保持する保持面の裏側に設けられて、前記基板テーブルまたは前記第 1 部分の形状に関する情報を求める形状検出装置と、前記基板テーブルの移動中に、前記形状検出装置に対して、非接触で電力を伝送する伝送装置と、前記位置情報検出装置及び前記伝送装置と通信を行うとともに、前記基板テーブルが移動しているときに前記位置情報検出装置により得られた前記基板テーブルの位置に関する情報と、前記基板テーブルが移動しているときに前記形状検出装置により得られた前記形状に関する情報とに基づいて前記基板テーブルを駆動する駆動装置と、を有する露光装置が提供される。

20

【 0 0 0 8 】

本発明の第 2 の態様に従えば、レチクルに形成された所定のパターンを基板上に投影する露光処理を用いるデバイスの製造方法であって、前記基板を基板テーブルで支持すること、前記基板テーブルをガイド面上で非接触支持して、前記ガイド面に沿って移動させること、前記基板テーブルの移動中に、位置情報検出装置によって前記基板テーブルの位置に関する情報を求めること、前記基板テーブルの移動中に、前記基板テーブルにおける前記基板を保持する保持面の裏側に設けられた検出部によって前記基板テーブルの形状に関する情報を求めること、前記検出部に、非接触で電力を供給すること、前記基板テーブルの形状に関する情報を非接触で前記検出部から制御装置に伝送すること、前記基板テーブルが移動しているときに前記位置情報検出装置から送られる前記基板テーブルの前記位置に関する情報と、前記基板テーブルが移動しているときに前記検出部から送られる前記基板テーブルの前記形状に関する情報と、を用いて、前記基板テーブルの位置を制御する信号を生成して、前記基板テーブルを駆動すること、前記基板テーブルの移動に同期して前記レチクルを移動させること、および光学部材から前記基板に露光光を照射すること、とを有するデバイスの製造方法が提供される。この露光装置は、精密に基板を移動させることができる。

30

40

【 0 0 0 9 】

本発明の第 3 の態様に従えば、投影光学系を介してエネルギービームを照射することで基板を露光する露光方法であって、前記基板が基板テーブルに載置されている状態で、前記基板テーブルを前記投影光学系に対して移動させること、前記基板テーブルに設けられた第 1 部分と、該第 1 部分に対して移動可能な第 2 部分とを有し、前記第 1 部分と前記第 2 部分とが協働する位置情報検出装置を用いて、前記基板テーブルの位置に関する情報を求めること、前記基板テーブルの移動中に、該基板テーブルにおける前記基板を保持する

50

保持面の裏側に設けられた形状検出装置を用いて前記基板テーブルまたは前記第 1 部分の形状に関する情報を求めること、前記形状検出装置に、非接触で電力を供給すること、および前記位置情報検出装置と前記伝送装置とに接続された制御装置が、前記基板テーブルが移動しているときに前記位置情報検出装置から送られる前記基板テーブルの前記位置に関する情報と、前記基板テーブルが移動しているときに前記形状検出装置から送られる前記基板テーブルの前記形状に関する情報と、を用いて、前記基板テーブルの位置を制御する信号を生成して、前記基板テーブルを駆動すること、とを有する露光方法が提供される。

【 0 0 1 0 】

本発明の第 4 の態様に従えば、リソグラフィ工程を有し、前記リソグラフィ工程で先に記載の露光方法で基板にデバイスパターンが転写されるデバイス組立方法が提供される。

10

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、高精度に位置制御されるステージ装置及びその座標補正方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】実施形態の露光装置の概略構成を示す図である。

【図 2】露光装置のウエハステージ系を示す斜視図である。

【図 3】歪み計を貼り付けたウエハテーブルの裏面図である。

20

【図 4】ウエハテーブルに設けられた電気系のブロック面である。

【図 5】ウエハテーブルを上方から見た平面図である。

【図 6】反射面の表面形状（凹凸、傾き）の計測方法を示す図である。

【図 7】別の反射面の表面形状（凹凸、傾き）の計測方法を示す図である。

【図 8】反射面の表面形状の計算を示す図である。

【図 9】歪みデータの算出方法を示す図である。

【図 10】反射面の表面形状及び歪みデータの算出のフローチャートである。

【図 11】半導体デバイスの製造工程の一例を示すフローチャート図である。

【符号の説明】

【 0 0 1 3 】

30

1 0 ... レチクル用レーザ干渉計システム、 1 4 ... ステージ制御ユニット、 2 0 ... 主制御系、 2 2 ... アライメント系、 2 3 A ... オートフォーカスセンサ、 3 0 ... フォーカス検出系、 3 1 ... 定盤、 3 1 a ... ガイド面、 3 3 X ... X 軸ガイド、 4 2 ... ブロック室、 4 5 ... 歪ゲージ、 4 6 ... 電力受給部、 4 8 ... 電力供給部、 4 9 ... 固定側信号送受信部、 5 5 ... Z レベリング機構、 9 0 ... 電源部、 9 2 ... 演算部（補正部）、 9 4 ... 制御部、 9 6 ... ホイートストンブリッジ回路、 A X ... 光軸、 F L ... 床、 I L ... 照明光、 M R ... メモリ、 M r ... レチクル用移動鏡、 O x ... 基準点、 P L ... 投影光学系、 R ... レチクル、 R S T ... レチクルステージ、 R Y ... 基準線、 S Y ... 間隔、 W S T ... ウエハステージ、 W T B ... ウエハテーブル

【発明を実施するための最良の形態】

40

【 0 0 1 4 】

以下、本発明の好ましい実施形態につき図面を参照して説明する。本実施形態において、ステッパー等の一括露光型の投影露光装置、又はスキャニングステッパー等の走査露光型の投影露光装置に本発明が適用される。

【 0 0 1 5 】

図 1 は、露光装置を構成する各機能ユニットのブロック図である。図 1 において、露光装置を収納するチャンパーは省略されている。露光用の光源として K r F エキシマレーザ（波長 2 4 8 n m）又は A r F エキシマレーザ（波長 1 9 3 n m）よりなるレーザ光源 1 が使用されている。その露光用の光源としては、その他の F<sub>2</sub> レーザ（波長 1 5 7 n m）のような発振段階で紫外域のレーザ光を放射するもの、固体レーザ光源（Y A G 又は半導

50

体レーザ等)からの近赤外域のレーザ光を波長変換して得られる真空紫外域の高調波レーザ光を放射するもの、或いはこの種の露光装置でよく使われている水銀放電ランプ等も使用できる。すなわち、露光光として、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KrFエキシマレーザ光(波長248nm)等の遠紫外光(DUV光)、ArFエキシマレーザ光(波長193nm)及びF<sub>2</sub>レーザ光(波長157nm)等の真空紫外光(VUV光)などが用いられる。

【0016】

レーザ光源1からの照明光(露光光)ILは、レンズ系とフライアイレンズ系とで構成される均一化光学系2、ビームスプリッタ3、光量調整用の可変減光器4、ミラー5、及びリレーレンズ系6を介してレチクルブラインド7を均一な照度分布で照射する。レチクルブラインド7で所定形状(一括露光型では例えば四角形、走査露光型では例えばスリット状)に制限された照明光ILは、結像レンズ系8を介してマスクとしてのレチクルR上に照射され、レチクルR上にはレチクルブラインド7の開口の像が結像される。均一化光学系2、ビームスプリッタ3、光量調整用の可変減光器4、ミラー5、リレーレンズ系6、レチクルブラインド7、及び結像レンズ系8を含んで照明光学系9が構成されている。

10

【0017】

レチクルRに形成された回路パターン領域(パターン)のうち、照明光によって照射される部分の像は、両側テレセントリックで投影倍率が縮小倍率の投影光学系PLを介して基板(感応基板又は感光体)としてのフォトレジストが塗布されたウエハW上に結像投影される。投影光学系PLは屈折系であるが、その他に反射屈折系等も使用できる。ウエハW以外にも液晶用のガラス基板、磁気ヘッド用のセラミック基板などが適用できる。以下、投影光学系PLの光軸AXに平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内で図1の紙面に平行な方向にX軸を、図1の紙面に垂直な方向にY軸を取って説明する。本例の投影露光装置が走査露光型の場合には、Y軸に沿った方向(Y方向)が、走査露光時のレチクルR及びウエハWの走査方向であり、レチクルR上の照明領域は、非走査方向であるX軸に沿った方向(X方向)に細長い形状となる。

20

【0018】

投影光学系PLの物体面側に配置されるレチクルRは、レチクルステージRST(マスクステージ)に真空吸着等によって保持されている。レチクルステージRSTの移動座標位置(X方向、Y方向の位置、及びZ軸の周りの回転角)は、レチクルステージRSTに固定されたレチクル用移動鏡Mrと、投影光学系PLの上部側面に固定された参照鏡(不図示)と、これらに対向して配置されたレチクル用レーザ干渉計システム10とで逐次計測される。なお、レチクル用レーザ干渉計システム10は、実際には少なくともX方向に1軸及びY方向に2軸の3軸のレーザ干渉計を構成している。

30

【0019】

また、レチクルステージRSTの移動は、リニアモータや微動アクチュエータ等で構成されるレチクル用駆動系11によって行われる。レチクル用レーザ干渉計システム10の計測情報はステージ制御ユニット14に供給され、ステージ制御ユニット14はその計測情報及び装置全体の動作を統轄制御するコンピュータよりなる主制御系20からの制御情報(入力情報)に基づいて、レチクル用駆動系11の動作を制御する。

40

【0020】

投影光学系PLの像面側に配置されるウエハWは、ウエハステージWST(可動ステージ)上に真空吸着等によって保持されている。ウエハステージWSTは、ウエハWを吸着保持するウエハテーブルWTB(詳細後述)と、ウエハWのフォーカス位置(Z方向の位置)及びX軸、Y軸の周りの傾斜角を制御するためのZレベリング機構(詳細後述)とを含んでいる。

【0021】

一括露光型の場合には、ウエハステージWSTは、ガイド面上をX方向、Y方向にステップ移動する。走査露光型の場合には、ウエハステージWSTは、走査露光時に少なくともY方向に定速移動できるとともに、X方向及びY方向にステップ移動できるように、ガ

50

イド面上に載置される。ウエハステージW S Tの移動座標位置（X方向、Y方向の位置、及びZ軸の周りの回転角）は、投影光学系P Lの下部に固定された参照鏡M fと、ウエハステージW S Tに固定された移動鏡M wと、これに対向して配置されたレーザ干渉計システム1 2とで逐次計測される。移動鏡M w、参照鏡M f、及びレーザ干渉計システム1 2は、実際には少なくともX方向に2軸及びY方向に1軸の3軸のレーザ干渉計を構成している。また、レーザ干渉計システム1 2は、実際にはさらにX軸及びY軸の周りの回転角（ヨーイング、ピッチング）計測用の2軸のレーザ干渉計も備えている。

#### 【0022】

図1において、ウエハステージW S Tの移動は、リニアモータ及びボイスコイルモータ（V C M）等のアクチュエータで構成される駆動系1 3によって行われる。レーザ干渉計システム1 2の計測情報はステージ制御ユニット1 4に供給され、ステージ制御ユニット1 4はその計測情報及び主制御系2 0からの制御情報（入力情報）に基づいて、駆動系1 3の動作を制御する。

10

#### 【0023】

投影光学系P Lの下部側面に、斜入射方式の多点のオートフォーカスセンサ2 3 A, 2 3 Bが固定されている。ステージ制御ユニット1 4は、そのスリット像の横ずれ量の情報を用いてそれら複数の計測点における投影光学系P Lの像面からのデフォーカス量を算出し、露光時にはこれらのデフォーカス量が所定の制御精度内に収まるように、オートフォーカス方式でウエハステージW S T内のZレベリング機構を駆動する。

#### 【0024】

20

ステージ制御ユニット1 4は、レチクル用レーザ干渉計システム1 0による計測情報に基づいてレチクル用駆動系1 1を最適に制御するレチクル側のコントロール回路と、レーザ干渉計システム1 2による計測情報に基づいてウエハ用の駆動系1 3を最適に制御するウエハ側のコントロール回路とを含んでいる。本例の投影露光装置が走査露光型である場合に、走査露光時にレチクルRとウエハWとを同期走査するときは、その両方のコントロール回路が各駆動系1 1, 1 3を協調制御する。主制御系2 0は、ステージ制御ユニット1 4内の各コントロール回路と相互にコマンドやパラメータをやり取りして、オペレータが指定したプログラムに従って最適な露光処理を実行する。そのために、オペレータと主制御系2 0とのインターフェイスを成す不図示の操作パネルユニット（入力デバイスと表示デバイスを含む）が設けられている。

30

#### 【0025】

露光に際しては、予めレチクルRとウエハWとのアライメントを行っておく必要がある。そこで、図1の投影露光装置には、レチクルRを所定位置に設定するためのレチクルアライメント系（R A系）2 1と、ウエハW上のマークを検出するためのオフアクシス方式のアライメント系2 2とが設けられている。

#### 【0026】

図1において、一括露光型の場合には、照明光I LのもとでレチクルRのパターンを投影光学系P Lを介してウエハW上の一つのショット領域に投影する動作と、ウエハステージW S Tを介してウエハWをX方向、Y方向にステップ移動する動作とがステップ・アンド・リピート方式で繰り返される。一方、走査露光型の場合には、レチクルRへの照明光I Lの照射を開始して、レチクルRのパターンの一部の投影光学系P Lを介した像をウエハW上の一つのショット領域に投影した状態で、レチクルステージR S TとウエハステージW S Tとを投影光学系P Lの投影倍率を速度比としてY方向に同期して移動（同期走査）する走査露光動作によって、そのショット領域にレチクルRのパターン像が転写される。その後、照明光I Lの照射を停止して、ウエハステージW S Tを介してウエハWをX方向、Y方向にステップ移動する動作と、上記の走査露光動作とを繰り返すことによって、ステップ・アンド・スキャン方式でウエハW上の全部のショット領域にレチクルRのパターン像が転写される。

40

#### 【0027】

次に、本例の投影露光装置のウエハステージW S T及びこの駆動機構を含むウエハステ

50



ージ系の構成及びその動作につき詳細に説明する。

図2は、本例の投影露光装置のウエハステージ系を示し、この図2において、例えば半導体デバイス製造工場のクリーンルーム内の床FL（設置面）上に平板状の定盤31（ベース部材）が防振装置（不図示）を介して設置されている。ウエハ用の定盤31の上面は高平面度に仕上げられたガイド面31aであり、ガイド面31aはZ軸に垂直であるとともに、ほぼ水平面に平行である。

【0028】

ウエハステージWSTは、ガイド面31a上にエアベアリングを介してX方向、Y方向に移動自在に載置される。ウエハステージWSTは、ウエハW（物体）を吸着保持するウエハテーブルWTBと、ウエハテーブルWTBのZ方向の位置及びX軸、Y軸の周りの傾斜角（ヨーイング、ピッチング）を制御するZレベリング機構55とを備えている。また、ガイド面31aの上方にX方向に移動できるようにほぼY軸に平行なY軸ガイド33Yが配置され、Y軸ガイド33Yの上方にY方向に移動できるようにほぼX軸に平行にX軸ガイド33Xが配置されている。Y軸ガイド33YとX軸ガイド33Xとは実質的に直交している。Y軸ガイド33Yの外面には、筒状のY軸のスライダ39がY方向に移動自在に装着され、X軸ガイド33Xの外面には、筒状のX軸のスライダ40がX方向に移動自在に装着されている。スライダ39及び40の内面はそれぞれエアベアリング（空気等の薄い気体層）を介してガイド33Y及び33Xの外面に接しており、これによってスライダ39及び40はそれぞれ円滑にガイド33Y及び33Xに沿って移動できる。そして、スライダ39及び40に対してZレベリング機構55が連結され、Zレベリング機構55上にスライダ39及び40との相対的な位置関係が制御できる状態でウエハテーブルWTBが載置されている。

【0029】

固定子37YC及び37YDの内面にも複数の磁石がY方向に所定ピッチで配置されている。そして、可動子36XA及び36XBと固定子36XC及び36XDとから、ガイド面31aに対してY軸ガイド33YをX方向に駆動するための粗動機構としての一对のX軸のリニアモータ44XA及び44XBが構成されている。また、可動子37YA及び37YBと固定子37YC及び37YDとから、ガイド面31aに対してX軸ガイド33XをY方向に駆動するための粗動機構としての一对のY軸のリニアモータ44YA及び44YBが構成されている。

【0030】

図2では、スライダ39及び40に対してZレベリング機構55が連結され、Zレベリング機構55上にエアベアリングを介してウエハテーブルWTBが載置されている。また、ウエハテーブルWTBとY軸スライダ39とは、それぞれボイスコイルモータよりなるX軸のアクチュエータ53XA、53XB及びEIコア方式よりなるX軸のアクチュエータ54Xを介して非接触に相対位置を制御できる状態で連結され、ウエハテーブルWTBとX軸スライダ40とは、それぞれボイスコイルモータよりなるY軸のアクチュエータ53YA、53YB及びEIコア方式よりなるY軸のアクチュエータ54Yを介して非接触に相対位置を制御できる状態で連結されている。

なお、前記ボイスコイルモータからなるアクチュエータ53XA、53XB、53YA、53YB及び前記EIコア方式のアクチュエータ54X、54Yは、それぞれ電力の供給を受けるコイル部がX軸スライダ40またはY軸スライダ39側に配置され（所謂ムービングマグネット方式）ている。そのため、ウエハテーブルWTBには、電力を供給するための配線（電源線等）やコイルを冷却する場合に必要な冷媒用の配管を接続する必要がない。

【0031】

この場合、アクチュエータ54X及び54Yによってスライダ39、40に対するウエハテーブルWTBのX方向及びY方向の平均的な位置が制御される。そして、アクチュエータ53XA、53XBのX方向の推力の平均値及びバランスによって、ウエハテーブルWTBのX方向の位置の微調整及びZ軸の周りの回転角の微調整が行われ、アクチュエー

10

20

30

40

50

タ53YA, 53YBのY方向の推力の平均値によってウエハテーブルWTBのY方向の位置の微調整が行われる。即ち、アクチュエータ53XA, 54X, 53XB, 53YA, 54Y, 53YBは、スライダ39及び40に対してウエハテーブルWTB(ウエハW)をX方向、Y方向、及びZ軸の周りの回転方向に所定の狭い範囲内で相対的に駆動する微動機構とみなすことができる。

#### 【0032】

図2において、ウエハテーブルWTBの-X方向の鏡面加工された側面にレーザ干渉計12XからY方向に離れた2本のレーザビームが照射され、ウエハテーブルWTBの-Y方向の鏡面加工された側面にレーザ干渉計12Yからレーザビームが照射され、レーザ干渉計12X及び12Yによって、ウエハテーブルWTBのX方向、Y方向の座標、及びZ軸の周りの回転角が計測されている。レーザ干渉計12X, 12Yが図1のレーザ干渉計システム12に対応している。そして、リニアモータ44XA, 44XB, 44YA, 44YB(粗動機構)及びアクチュエータ53XA, 54X, 53XB, 53YA, 54Y, 53YB(微動機構)が図1の駆動系13に対応している。

10

#### 【0033】

レーザ干渉計12X, 12Yの計測情報等に基づいて、図1のステージ制御ユニット14がその粗動機構及び微動機構を駆動する。前者の粗動機構は、一括露光型及び走査露光型ではウエハテーブルWTBのステップ移動のために使用できるとともに、走査露光型ではさらに同期走査時のウエハテーブルWTBの定速移動のために使用できる。後者の微動機構は、一括露光型及び走査露光型ではウエハテーブルWTBの位置決め誤差を補正するために使用でき、走査露光型ではさらに走査露光時のウエハテーブルWTBの同期誤差を補正するために使用できる。

20

#### 【0034】

図3は、ウエハテーブルWTBの裏面である。なお、以下の説明の理解を助けるため、図3では、図2で説明したアクチュエータ54X、アクチュエータ54Y、および、Zレベル機構55のエアベアリングに接する面が描かれていない。ウエハテーブルWTB(テーブル部)の材料は変形しにくく、かつ軽量である比剛性(剛性を単位体積にかかる重量で除した値)の高い材料で形成されている。例えば、ウエハテーブルWTBの材料としては、一例としてセラミックスが挙げられる。露光中に熱膨張してしまうとレーザ干渉計システム12で測定する値が異なってしまうことから、セラミックスとしては低膨張率のセラミックス等、具体的にはガラスセラミックが好ましい。

30

#### 【0035】

図3から理解できるように、ウエハテーブルWTB(テーブル部)は軽量化のため、壁面はできるだけ薄く作られ、X方向及びY方向に延びた複数のリブで強化されている。X方向及びY方向に延びたリブで、図3では9つのブロック室42が形成されている。各々のブロック室42には、ウエハテーブルWTBに発生する微小な伸び縮みを検出する変形量検出センサが貼り付けられている。具体的には、電気の抵抗変化を利用して、ピコメートル単位で検出ができる歪み計45(歪みゲージ)が貼り付けられている。各ブロック室42にはX方向、Y方向及びZ方向の歪み量Smを検出するため、3つの単軸型の歪み計45が貼り付けられている。もちろん、歪み計の種類によっては、1つの歪み計に直交する2軸方向が計測できるクロス型、直交する2軸方向及びその中間軸方向が計測できるロゼット型などがあるので、歪み計の種類に応じて、貼り付ける歪み計45の数を変えることができる。ウエハテーブルWTBに発生する微小な伸び縮みを詳細に検出するためには、できるだけ多くの歪み計45をX方向、Y方向に貼り付けたほうがよい。

40

#### 【0036】

上述したようにウエハテーブルWTBはガラスセラミック等の材料で形成され熱膨張は少ないが、それでも転写露光中にわずかではあるがウエハテーブルWTBが膨張する。このわずかな熱膨張を歪み計45が検出する。

#### 【0037】

ウエハテーブルWTBの側壁には、電力受給部46と信号送受信部47とが設けられて

50

いる。電力受給部 4 6 は、電磁誘導コイルで構成され、具体的には E 型コア又はポットコアが適用できる。この構成により、電力受給部 4 6 は、固定側の電力供給部 4 8 ( 図 4 参照 ) からの電力を非接触で受給する。信号送受信部 4 7 は、赤外線等を用いたフォトカプラ又は微弱電波を使用した電波送受信機で構成される。信号送受信部 4 7 は、固定側信号送受信部 4 9 ( 図 4 参照 ) と通信する。信号送受信部は、赤外線等を用いたフォトカプラ又は微弱電波を使用した電波送受信機も、二種類以上の周波数を用いたり、周波数変調を与えたりして、信号を重畳して送受信することができる。本発明に係る伝送装置は、例えば、電力受給部 4 6、信号送受信部 4 7、電力供給部 4 8、固定側信号送受信部 4 9 を含む構成となっている。

#### 【 0 0 3 8 】

図 2 で説明したように、ウエハテーブル W T B は非接触で位置制御ができ、これによって外乱からの振動などの影響を少なくすることができる。一方で、ウエハテーブル W T B が非接触が好ましいために、電源線又は通信線をウエハテーブル W T B とその外部との間に接触させることは避けていたが、上述した電力受給部 4 6 と信号送受信部 4 7 との構成により、非接触で電力供給及び信号供給が可能となる。

#### 【 0 0 3 9 】

図 4 は、ウエハテーブル W T B に設けられた電気系のブロック面である。固定設置側となる固定側の主制御系 2 0 ( 及びステージ制御ユニット 1 4、以下、主制御系 2 0 で説明する ) と、分離移動側となる移動するウエハテーブル W T B とからなっている。なお、図 4 の一点鎖線は、非接触又は分離状態であることを示している。

#### 【 0 0 4 0 】

主制御系 2 0 内には、電源部 9 0 と演算部 9 2 とが設けられ、電源部 9 0 に接続され、スライダ 3 9 又は 4 0 に取り付けられた電力供給を行う電力供給部 4 8 と、演算部 9 2 に接続され、スライダ 3 9 又は 4 0 に取り付けられた固定側信号送受信部 4 9 とが設けられている。固定側信号送受信部 4 9 は、信号送受信部 4 7 に制御信号を送り、さらに歪み計 4 5 の検出信号を受信するようになっている。電源部 9 0 は、商用電源 2 0 0 V 又は 1 0 0 V をパワートランジスタスイッチなどで高周波励磁させる。高周波励磁された電圧は、電力供給部 4 8 である電磁誘導コイルに送られる。電磁誘導コイルとしては、E 型コア又はポットコアが適用できる。固定側信号送受信部 4 9 は、赤外線等を用いたフォトカプラ又は微弱電波を使用した電波送受信機で構成される。赤外線等を用いたフォトカプラ又は微弱電波を使用した電波送受信機も、二種類以上の周波数を用いたり、周波数変調を与えたりして、信号を重畳して送受信することができる。

また、電力供給部 4 8 と固定側信号送受信部 4 9 のコイル、及び電力受給部 4 6 と信号送受信部 4 7 のコイルとをそれぞれ兼用することで、電力供給部のコイルと信号の送受信のコイルとを両方で共用するようにしてもよい。

#### 【 0 0 4 1 】

ウエハテーブル W T B には、歪み計 4 5 に入力する電源及び信号送受信部 4 7 を駆動する電源として、電磁誘導コイルである電力受給部 4 6 が設けられている。前記伝送装置の 1 次側 ( 電力供給部 4 8 ) は、矩形波 ( あるいは正弦波 ) インバータにより高周波励磁されているので、1 次と 2 次との巻線比に応じた矩形波 ( あるいは正弦波 ) 電圧が 2 次側 ( 電力受給部 4 6 ) に生じる。電力受給部 4 6 である電磁誘導コイルからの高周波は、制御部 9 4 内の整流回路で整流されパワースwitch等を経て直流電圧となり、1 V ~ 5 V の直流電圧がホイートストンブリッジ回路 9 6 の入力端子に入力される。また、整流された直流電圧は信号送受信部 4 7 の入力電源ともなる。ホイートストンブリッジ回路 9 6 には歪み計 4 5 が接続され、抵抗の変化に応じた出力 ( 歪み量 S m ) が取り出される。取り出された出力は、信号送受信部 4 7 から固定側信号送受信部 4 9 に送られ、演算部 9 2 内の補正部でウエハテーブル W T B の歪みデータ ( 複数の歪み量 S m から計算された値 ) が計算される。補正部をウエハテーブル W T B に設けて、計算された歪みデータを信号送受信部 4 7 から固定側信号送受信部 4 9 に送ってもよい。制御部 9 4 はサンプリング周期に応じて、ホイートストンブリッジ回路 9 6 に入力電圧を与える。一枚のウエハ W を転写露光す

10

20

30

40

50

る毎にサンプリングしてもよいし、一枚のウエハWの転写露光の最中に何度もサンプリングしてもよい。従来は、ロット毎（数十枚）に移動鏡（反射面）の表面形状（凸凹）を計測して補正するプロセスを行っていたが、そのプロセス自体も不要となるし、一枚のウエハ毎、または転写露光毎（ショット露光毎）にウエハテーブルWTBの歪み量が測定でき移動鏡（反射面）の表面の表面形状を把握できる。したがって、今まで以上にウエハWの位置精度を向上させることができる。

【0042】

図5は、ウエハWを保持して移動可能なウエハテーブルWTBを上方から見た平面図である。アクチュエータは図示していない。図5において、平面視矩形形状のウエハテーブルWTBの互いに垂直な2つの縁部に反射面Mw（MwX、MwY）が配置されている。なお、図5以降においては、説明の都合上、レーザ干渉計12Yの位置を、図2に示す位置とはウエハテーブルWTBを挟んで反対側となるよう変えてある。

10

【0043】

ウエハテーブルWTB上において、ウエハWの外側の所定位置には、基準部材300が配置されている。基準部材300には、アライメント系22により検出される基準マークPFMと、レチクルアライメント系21により検出される基準マークMFMとが所定の位置関係で設けられている。基準部材300の上面301Aはほぼ平坦面となっており、ウエハテーブルWTBに保持されたウエハW表面、及びウエハテーブルWTBの上面とほぼ同じ高さ（面一）に設けられている。基準部材300の上面301Aは、フォーカス検出系（例えば、オートフォーカスセンサ23A、23B）の基準面としての役割も果たすことができる。

20

【0044】

アライメント系22は、ウエハW上に形成されたアライメントマークも検出する。図5に示すように、ウエハW上には複数のショット領域S1～S24が形成されており、アライメントマークは複数のショット領域S1～S24に対応してウエハW上に複数設けられている。なお図5では、各ショット領域は互いに隣接するように図示されているが、実際には互いに離間しており、アライメントマークはその離間領域であるスクライプライン上に設けられている。

【0045】

ウエハテーブルWTB上において、ウエハWの外側の所定位置には、計測用センサとして照度ムラセンサ400が配置されている。照度ムラセンサ400は平面視矩形形状の上板401を備えている。上板401の上面401Aはほぼ平坦面となっており、ウエハテーブルWTBに保持されたウエハW表面、及びウエハテーブルWTBの上面とほぼ同じ高さ（面一）に設けられている。

30

【0046】

また、ウエハテーブルWTB上において、ウエハWの外側の所定位置には、空間像計測センサ500が設けられている。空間像計測センサ500は平面視矩形形状の上板501を備えている。上板501の上面501Aはほぼ平坦面となっており、ウエハテーブルWTBに保持されたウエハW表面、及びウエハテーブルWTBの上面とほぼ同じ高さ（面一）に設けられている。

40

【0047】

また、不図示ではあるが、ウエハテーブルWTB上には、照射量センサ（照度センサ）も設けられており、その照射量センサの上板の上面はウエハテーブルWTBに保持されたウエハW表面やウエハテーブルWTBの上面とほぼ同じ高さ（面一）に設けられている。

【0048】

平面視矩形形状のウエハテーブルWTBの-X側端部及び+Y側端部のそれぞれには、Y軸方向に沿って形成され、X軸方向にほぼ垂直な反射面MwXと、X軸方向に沿って形成され、Y軸方向にほぼ垂直な反射面MwYとがそれぞれ設けられている。反射面MwXに対向する位置には、レーザ干渉計システム12を構成するレーザ干渉計12Xが設けられている。また、反射面MwYに対向する位置には、レーザ干渉計システム12を構成する

50

レーザ干渉計 1 2 Y が設けられている。反射面 M w X には、X 軸方向の位置（距離変化）を検出するレーザ干渉計 1 2 X からのビーム B X が垂直に投射され、反射面 M w Y には、Y 軸方向の位置（距離変化）を検出するレーザ干渉計 1 2 Y からのビーム B Y が垂直に投射される。ビーム B X の光軸は X 軸方向と平行であり、ビーム B Y の光軸は Y 軸方向と平行であり、これら両者は、投影光学系 P L の光軸 A X で直交する（垂直に交差する）ようになっている。

【 0 0 4 9 】

（反射面の表面形状の計測方法）

以下、反射面 M w X、M w Y の表面形状（凹凸、傾き）の計測方法の一例について説明する。

最初のウエハ W を転写露光する前は、ウエハテーブル W T B は所定温度であり、熱膨張などにより変形はしていない。この状態で、ウエハテーブル W T B は、主制御系 2 0 により、図 6 に示されるように、開始位置 P S T E から中間位置 P S T M に向けて X 軸方向に沿って移動される。この移動の間に、主制御系 2 0 により反射面 M w Y の表面形状を算出するためのデータが取得される。すなわち、主制御系 2 0 は、レーザ干渉計 1 2 X、1 2 Y の計測値をモニタしつつ、ウエハテーブル W T B を開始位置 P S T E から中間位置 P S T M まで - X 方向に移動する。この移動は、移動開始後の加速、等速移動、移動終了直前の減速の順で行われる。この場合の加速域、及び減速域は僅かであり、殆どゆっくりとした等速域である。

【 0 0 5 0 】

上述のウエハテーブル W T B の移動中、主制御系 2 0 は、レーザ干渉計 1 2 X の計測値の所定回数毎のサンプリングのタイミングに同期して、レーザ干渉計 1 2 Y 及び 1 2 X の計測値をサンプリングし、次のようにして、反射面 M w Y の表面形状算出のための表面形状（凹凸又は傾斜データ）の算出を行う。

【 0 0 5 1 】

以下、図 8 を参照しながら反射面 M w Y の表面形状の算出方法について説明する。

なお上述したように、干渉計 は実際には固定鏡（前述の参照鏡）を基準にして反射面 M w X、M w Y の回転量を計測しているが、ここでは説明を簡単にするために、図 8 に示すように、レーザ干渉計 1 2 Y は仮想的に固定された基準線 R Y を基準に反射面 M w Y の局所的な傾き（回転量や曲がり量）を表面形状として検出するものとして説明する。

【 0 0 5 2 】

図 8 において、基準線 R Y と反射面 M w Y との距離を  $Y_a$ （測定値  $Y_1$  と  $Y_2$  で計測する平均値  $Y_a = (Y_1 + Y_2) / 2$ ）とし、その位置での反射面 M w Y の局所的な回転量（傾き角、曲がり角）を  $Y(x)$  とする。レーザ干渉計 1 2 Y は、基準線 R Y 上で X 軸方向に S Y だけ離れた 2 点で、反射面 M w Y までの測定値  $Y_1$  と  $Y_2$  とを計測し、両距離の測定値  $Y(x)$  を計測する。すなわち、次式（1）で示される測定値  $Y(x)$  を計測する。

$$Y(x) = Y_2 - Y_1 \dots (1)$$

【 0 0 5 3 】

ここで、主制御系 2 0 は、反射面 M w Y が X 軸方向の基準点 O x にあるとき、すなわち反射面 M w Y 上の固定された点 O に、レーザ干渉計 1 2 Y のビーム B Y が入射している時点から計測を開始しているものとする。なお、この時点は、ウエハテーブル W T B が加速を終了した時点である。このとき、主制御系 2 0 は、レーザ干渉計 1 2 X 及びレーザ干渉計 1 2 Y の計測値をともにゼロセットしているものとする。図 8 の下半部には、このリセットの様子が視覚的に示されている。

【 0 0 5 4 】

この場合において、移動鏡の局所的な回転量（傾き角）  $Y(x)$  は多くとも 1 ~ 2 秒程度の微小角であり、間隔 S Y は 1 0 mm から数十 mm であるので、角度  $Y(x)$  は次式（2）にて近似することができる。

$$Y(x) = Y(x) / S Y \dots (2)$$

10

20

30

40

50

一方、反射面MwYの基準点Oxにおける反射面MwYのY座標値を基準( $Y(x) = 0$ )とする凹凸量 $Y(x)$ は、基準点Oxを $x = 0$ として、次式(3)にて求めることができる。

【0055】

【数1】

$$\Delta Y(x) = \int_0^x \theta Y(x) dx \quad \dots (3)$$

但し実際には、移動中にはウエハテーブルWTBにヨーイングなどが発生し得るため、 $Y(x)$ は、反射面MwYの傾きによる凹凸の他に、ヨーイング量による誤差分を含んでいる。したがって、そのヨーイング量による誤差分を上式(3)で求められる値から差し引く必要がある。

10

【0056】

この場合、ウエハテーブルWTBはX軸方向に一次元移動するだけなので、レーザ干渉計12Xの2本のビームBX1、BX2は、反射面MwX上の実質的に同一の点にそれぞれ投射され続ける。この場合、レーザ干渉計12Xの計測値は前述の如く基準点Oxでリセットされているので、位置xでのレーザ干渉計12Xの値は、基準点Oxを基準としたウエハテーブルWTBのヨーイング量 $X(x)$ となる。

【0057】

そこで、反射面MwYの凹凸量 $Y(x)$ を算出するために用いたレーザ干渉計12Yの計測値 $Y(x)$ に対応するレーザ干渉計12Xによる計測値 $X(x)$ を用いて、次式(4)のような補正・演算を行うことにより、反射面MwYの表面形状DY1(x)を求める。

20

【0058】

【数2】

$$DY1(x) = \int_0^x \theta Y(x) dx - \int_0^x X \theta(x) dx \quad \dots (4)$$

主制御系20では、上式(4)の演算を、データ $Y(x)$ 及び $X(x)$ をサンプリングする毎に行い、各サンプリング点に対応する反射面MwYの凹凸量DY1(x)をメモリMRY内に格納する。

30

【0059】

このとき、上式(4)の演算の対象となる、最終のサンプリングデータは、 $x = L$ に対応するデータであるものとする。 $x = L$ となる時点は、ウエハテーブルWTBが減速を開始した点に一致しているものとする。なお、厳密にはピッチング量の影響も計算に入れなければならない。

【0060】

以上のように、ほぼX軸方向に沿って設けられた反射面MwYの表面形状を計測するとき、X軸方向の複数の位置にウエハテーブルWTBを移動させ、その複数の位置に対応する複数の情報を計測することにより、反射面MwYの表面形状を計測することができる。そして、上述したように、ウエハテーブルWTBのX軸方向への移動中に、ウエハテーブルWTBの位置情報を計測するためのレーザ干渉計12Yより、Y軸方向とほぼ平行な複数のビームを反射面MwYに照射するとともに、反射面MwYからの反射光を受光することで、主制御系20は、レーザの受光結果に基づいて、反射面MwYの表面形状を効率良く計測することができる。

40

【0061】

次に、主制御系20は、図7に示すように、レーザ干渉計12X、12Yの計測値をモニタしつつ、ウエハテーブルWTBを、中間位置PSTMから最終位置PSTLに向けて-Y方向に移動する。この場合も、移動開始後の加速、等速移動、移動終了直前の減速の順で行われる。この場合の加速域、及び減速域は僅かであり、殆どが等速域である。反射

50

面 M w X の表面形状も、上述した反射面 M w Y の表面形状と同様な手法で計測することができる。

【 0 0 6 2 】

( ウエハテーブル W T B の歪みデータの算出方法 )

次に、反射面の表面形状が得られたので、ウエハ W の転写露光が開始される。そして、1 枚のウエハ W が露光される毎に歪み計によりウエハテーブル W T B の変形量を算出する。図 9 を使って、変形量、つまり歪みデータ、を算出する一例を説明する。

【 0 0 6 3 】

図 9 において、X 方向の p 点における Y 方向の歪みデータ  $Y_p$  を求めるものとする。また、破線がまったく変形していないウエハテーブル W T B の一部の壁面及びリブを示したものであり、実線が熱膨張して変形した後の状態のウエハテーブル W T B の一部の壁面及びリブを示したものである。反射面 M w Y がこの壁面に形成されて、レーザ干渉計 1 2 Y のビームが投射されている。ウエハテーブル W T B の裏面には複数 ( n 個 ) の歪み計 4 5 が貼り付けられているが、図 9 では Y 方向の変形量を検出する 3 つの歪み計 4 5 が描かれている。歪み計 4 5 は所定の位置に貼り付けられているが、それぞれが、X 方向の p 点における Y 方向の歪みデータに関係する。例えば、Z 方向の変形量を計測する歪み計 4 5 の出力信号も歪みデータ  $Y_p$  に影響を与える。それぞれの歪み計 4 5 が p 点に与える影響を係数  $K_p$  とする。そしてそれぞれの歪み計 4 5 の出力を歪み量  $S_m$  ( m は 1 以上 n 以下の整数 ) とする。すると以下の次式 ( 5 ) で表すことができる。

【 0 0 6 4 】

【 数 3 】

$$\Delta Y_p = \sum_{m=1}^n K_{p m} \cdot S_m \quad \dots (5)$$

係数  $K_p$  は、有限解析法又は実験による解析などで、歪み計 4 5 の貼り付けた位置、歪み計 4 5 の計測向き ( X 方向、Y 方向又は Z 方向 ) などに応じて各点毎に求められる。

反射面 M w Y の表面形状  $D Y 1 ( x )$  が式 ( 4 ) で求まっているので、歪みデータ  $Y_p$  を差し引けば、式 ( 6 ) により、現時点での正味表面形状  $M D Y 1 ( x )$  を求めることができる。

$$M D Y 1 ( x ) = D Y 1 ( x ) - Y ( x ) \quad \dots (6)$$

【 0 0 6 5 】

( 歪みデータを使った転写露光 )

次に、図 10 を使って、歪みデータを使った転写露光のフローの一例を説明する。

ステップ 1 0 2 において、熱変形前のウエハテーブル W T B の状態を調べるため、反射面 M w X 又は反射面 M w Y にレーザ干渉計 1 2 X 及び 1 2 Y からビームを出しながら、ウエハテーブル W T B を X 方向又は Y 方向に移動する。

【 0 0 6 6 】

ステップ 1 0 4 において、レーザ干渉計 1 2 X 及び 1 2 Y で取得された位置情報から、反射面 M w X 又は反射面 M w Y の表面形状を算出する。

ステップ 1 0 6 において、ロットの最初のウエハをウエハテーブル W T B に載せて、投影光学系 P L の下まで移動させて、レチクル R のパターンをウエハ W へ転写露光する。ステップ 1 0 8 において、電力供給部 4 8 および電力受給部 4 6 を介して、非接触で、歪ゲージ 4 5 および送受信部 4 7 に電力供給する。この電力供給は転写露光の最中は常に行われる。

ステップ 1 1 0 において、サンプリング周期毎 ( 例えば、転写数ショット毎、一定時間毎もしくはウエハ 1 枚毎等 ) に、歪ゲージの歪みデータを検出する。検出した歪みデータは、送信部から補正部に送信する。

ステップ 1 1 2 において、演算部 9 2 内の補正部は、歪み量から歪みデータを算出し、反射面 M w X 又は反射面 M w Y の表面形状に、歪みデータを加える。なお、図 4 で説明し

10

20

30

40

50

たように、補正部をウエハテーブルW T Bに設けて、計算された歪みデータを信号送受信部47から固定側信号送受信部49に送ってもよい。

ステップ114において、移動鏡の表面形状に歪みデータを加えた値を使って、レチクルRのパターンを、ウエハWへ転写露光する。

【0067】

なお、本発明は上述の実施形態に限定されず、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ことは勿論である。ウエハステージに対して説明してきたが、レチクルステージに適用できることは当然である。また歪み計45をウエハテーブルW T Bではなく、定盤31に貼り付けてもよい。定盤31が変形するとレーザ干渉計システム12の位置が変化するからである。

【0068】

移動テーブルや定盤のZ方向の変形に関する量を検出し、この検出結果に基づいて移動テーブル(ウエハ表面)の位置情報(例えば、フォーカス位置)の計測結果を補正するように構成してもよい。例えば、移動テーブルのZ方向の位置を干渉計で測定するために前記移動テーブルに移動鏡を設ける構成も採用され得るが、前述のX方向、Y方向の位置測定用として用いられる干渉計の場合と同様にして、このZ方向用の移動鏡の変形による影響を抑制することができる。

また、変形量検出部として歪み計を用いたが、これに限定されるものではなく、変形に関する量を測定できるものであれば他の手段を用いてもよい。

【0069】

レチクルステージ用の移動鏡M rは平面鏡のみでなくコーナークューブ(レトロリフレクタ)を含むものとしてもよいし、移動鏡をレチクルステージに固設する代わりに、例えばレチクルステージの端面(側面)を鏡面加工して形成される反射面を用いてもよい。また、レチクルステージは、例えば特開平8-130179号公報(対応米国特許第6,721,034号)に開示される粗微動可能な構成としてもよい。

【0070】

ウエハステージ用のレーザ干渉計12によってウエハステージのZ軸方向の位置、及びX、Y方向の回転情報を計測する構成の詳細は、例えば特表2001-510577号公報(対応国際公開第1999/28790号パンフレット)に開示されている。移動鏡をウエハステージに固設する代わりに、例えばウエハステージの一部(側面など)を鏡面加工して形成される反射面を用いてもよい。

【0071】

レーザ干渉計12がウエハWのZ軸、X及びY方向の位置情報を計測可能であるときは、ウエハWの露光動作中にそのZ軸方向の位置情報が計測可能となるようにフォーカスセンサ23A, 23Bを設けなくてもよく、少なくとも露光動作中はレーザ干渉計12の計測結果を用いてZ軸、X及びY方向に関するウエハWの位置制御を行うようにしてもよい。

【0072】

なお、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。投影光学系を用いない場合であっても、露光光はレチクル又はレンズなどの光学部材を介してウエハに照射される。

【0073】

さらに、本発明は、例えば液浸型露光装置にも適用することができる。液浸型露光装置では、ウエハまたはこのウエハを保持するウエハテーブルが液体の重さによる影響を受けて変形する可能性が有る。そのような場合でも、本発明によれば移動テーブルの変形に関する量を測定することで、この液体の影響を抑制することが可能になる。

液浸露光装置については、国際公開第99/49504号パンフレットに開示されている。さらに、本発明は、特開平6-124873号公報、特開平10-303114号公報、米国特許第5,825,043号などに開示されているような露光対象の基板の表面全体が液体中に浸かっている状態で露光を行う液浸露光装置にも適用可能である。

10

20

30

40

50



## 【0074】

なお、上記各実施形態の基板としては、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や、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。

## 【0075】

露光装置としては、レチクル（マスク）RとウエハWとを静止した状態でレチクルRのパターンを一括露光し、ウエハW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）の他に、レチクルRとウエハWとを同期移動してレチクルR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（スキヤニングステッパ）にも適用することができる。さらに、露光装置としては、ウエハW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、ウエハW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

## 【0076】

また、本発明は、ウエハステージが複数設けられるツインステージ型の露光装置にも適用できる。ツインステージ型の露光装置の構造及び露光動作は、例えば特開平10-163099号公報及び特開平10-214783号公報（対応米国特許6,341,007号、6,400,441号、6,549,269号及び6,590,634号）、特表2000-505958号（対応米国特許5,969,441号）或いは米国特許6,208,407号に開示されている。更に、本発明を国際公開第2005/122242号パンフレットに開示されたステージ装置に適用してもよい。

20

## 【0077】

更に、特開平11-135400号公報（対応国際公開1999/23692）や特開2000-164504号公報（対応米国特許第6,897,963号）に開示されているように、基板を保持する基板ステージと基準マークが形成された基準部材や各種の光電センサを搭載した計測ステージとを備えた露光装置にも本発明を適用することができる。

## 【0078】

露光装置の種類としては、基板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プラズマディスプレイ等のディスプレイ製造用の露光装置、薄膜磁気ヘッド、撮像素子（CCD）、マイクロマシン、MEMS、DNA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。また、波長数nm~100nm程度の極端紫外光（EUV光）を露光光源として用いる投影露光装置にも適用できる。

30

## 【0079】

なお、上述の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6,778,257号公報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電子マスク（可変成形マスクとも呼ばれ、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DMD（Digital Micro-mirror Device）などを含む）を用いてもよい。

40

## 【0080】

また、例えば国際公開第2001/035168号パンフレットに開示されているように、干渉縞を基板上に形成することによって、基板上にライン・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。

## 【0081】

さらに、例えば特表2004-519850号公報（対応米国特許第6,611,316号）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回のスキャン露光によって基板上の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にも本発明を適用することができる。

50

## 【 0 0 8 2 】

本実施形態の露光装置は、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、光学的精度を保つように、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的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。

10

## 【 0 0 8 3 】

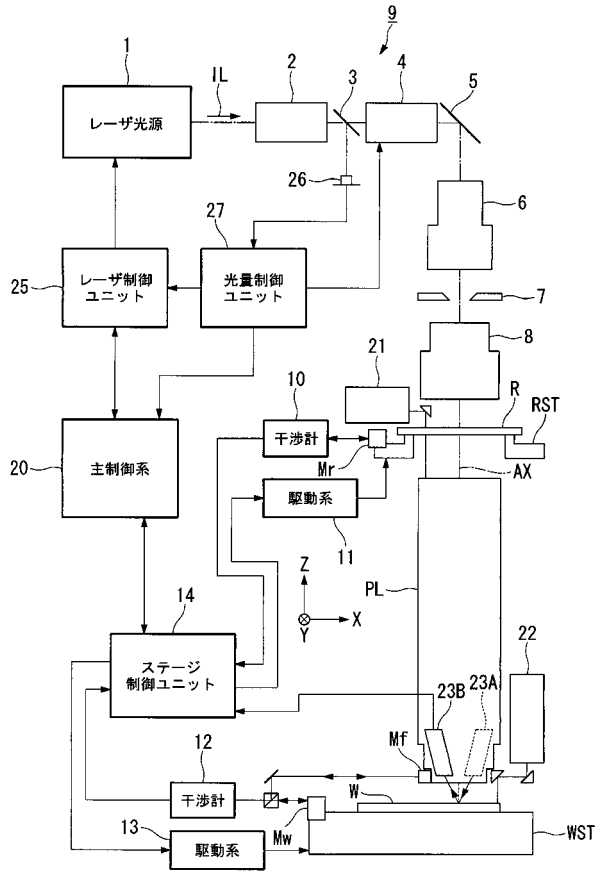
半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図 1 1 に示すように、マイクロデバイスの機能・性能設計を行うステップ 2 0 1、この設計ステップに基づいたマスク（レチクル）を製作するステップ 2 0 2、デバイスの基材である基板を製造するステップ 2 0 3、前述した実施形態の露光装置によりマスクのパターンを基板に露光する露光工程、露光した基板を現像する工程、現像した基板の加熱（キュア）及びエッチング工程などの基板処理プロセスを含むステップ 2 0 4、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程などの加工プロセスを含む） 2 0 5、検査ステップ 2 0 6 等を経て製造される。

20

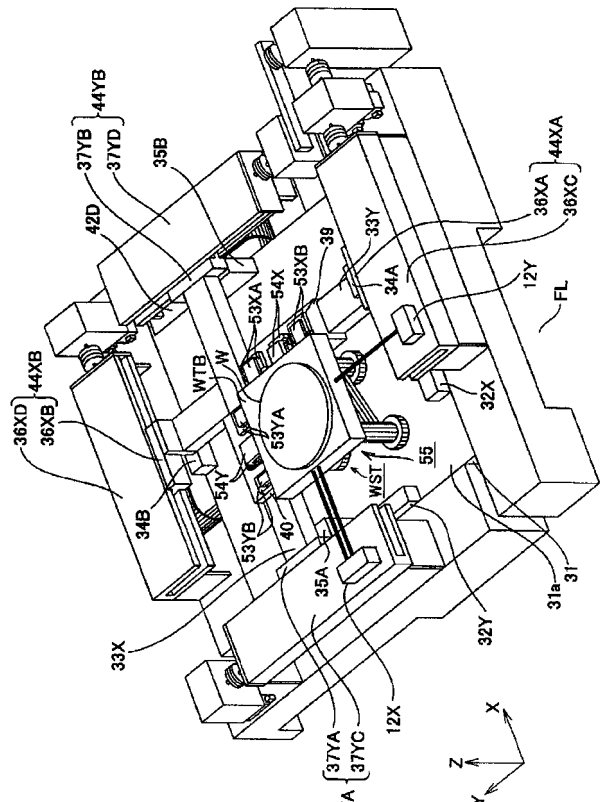
## 【 0 0 8 4 】

ステージ装置は、定盤、テーブル部、及びノ又は移動鏡自体の変形を常時監視することができる。このため、ロット毎（数十枚）に、移動鏡の表面形状（凸凹）を計測する必要がない。したがって、転写露光を中断する必要がなく、生産性を向上させることができる。また、転写露光を中断する必要がなく、生産性を向上させることができる。また、ロットの途中で、テーブル部等が大きく変形してしまうと、それ以降の位置精度は悪いままステージ移動することになるが、常時歪みデータを計測しているため、そのような問題も生じない。

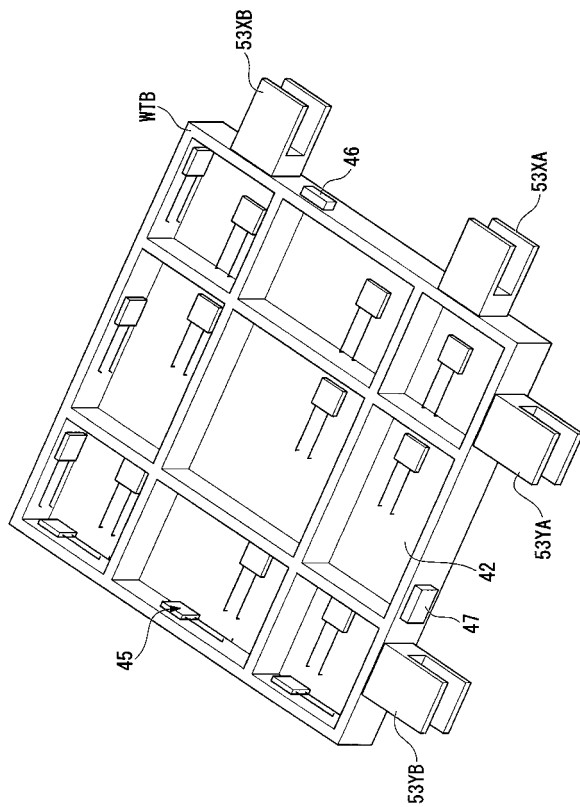
【図1】



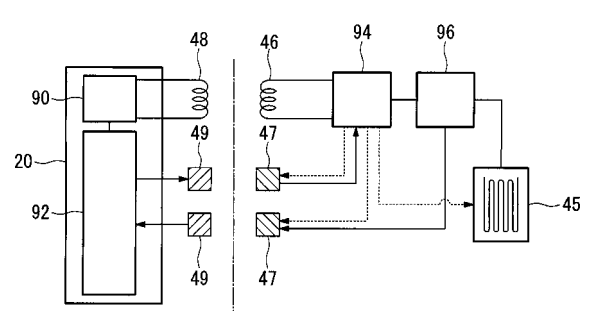
【図2】



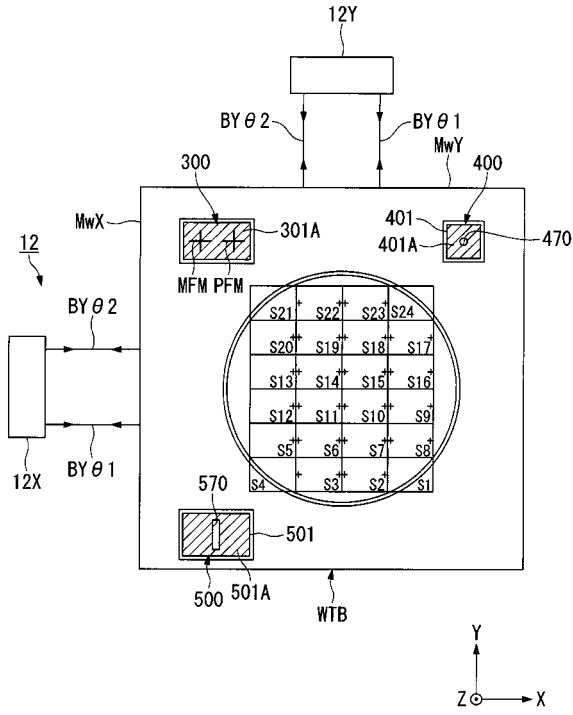
【図3】



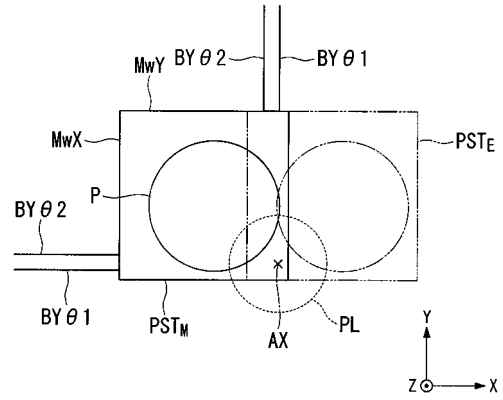
【図4】



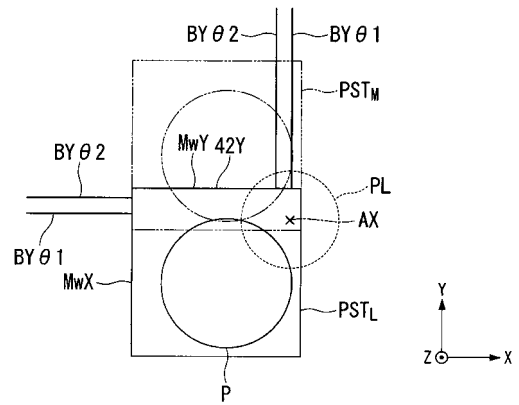
【 図 5 】



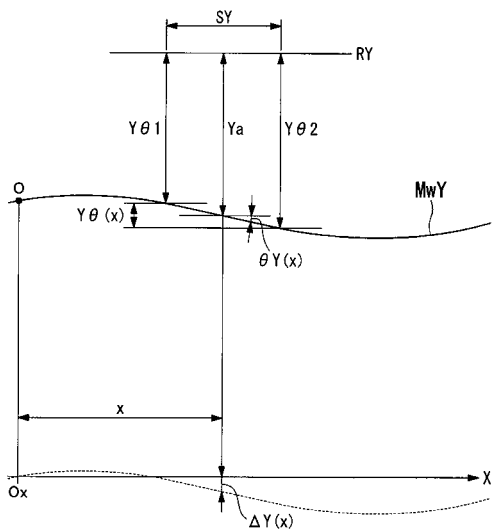
【 図 6 】



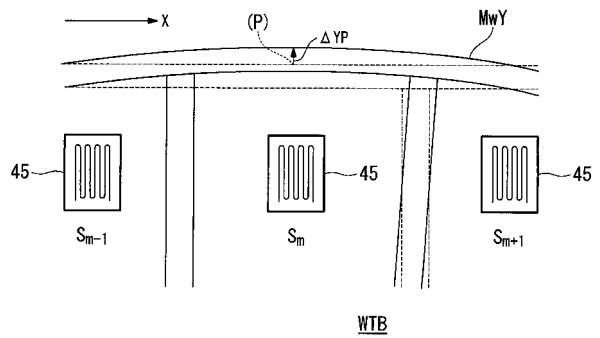
【 図 7 】



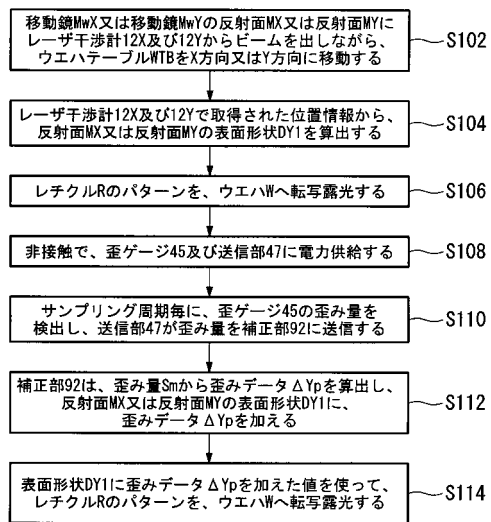
【 図 8 】



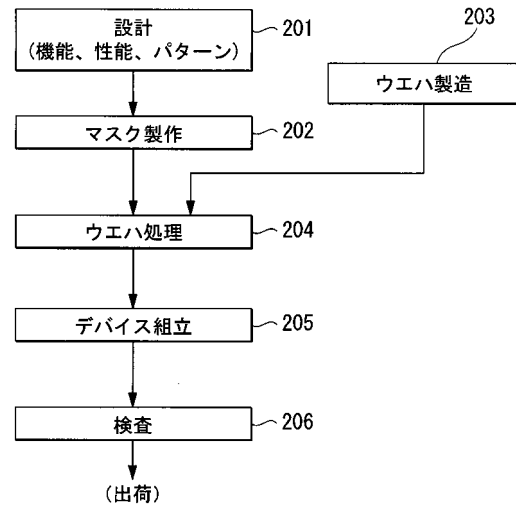
【 図 9 】



【図10】



【図11】



---

フロントページの続き

審査官 秋田 将行

- (56)参考文献 特開平09 - 275072 (JP, A)  
特開平10 - 125579 (JP, A)  
特開平10 - 260009 (JP, A)  
特開平11 - 008189 (JP, A)  
特開平11 - 183130 (JP, A)  
特開平11 - 233403 (JP, A)  
特開2000 - 240717 (JP, A)  
特開2002 - 118050 (JP, A)  
特開2003 - 262501 (JP, A)  
特開2005 - 252246 (JP, A)  
特表2006 - 510199 (JP, A)  
実開昭59 - 098446 (JP, U)  
国際公開第2004 / 073053 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027  
G03F 7/20 -7/24  
G03F 9/00 -9/02