

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2009年1月29日 (29.01.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/013905 A1

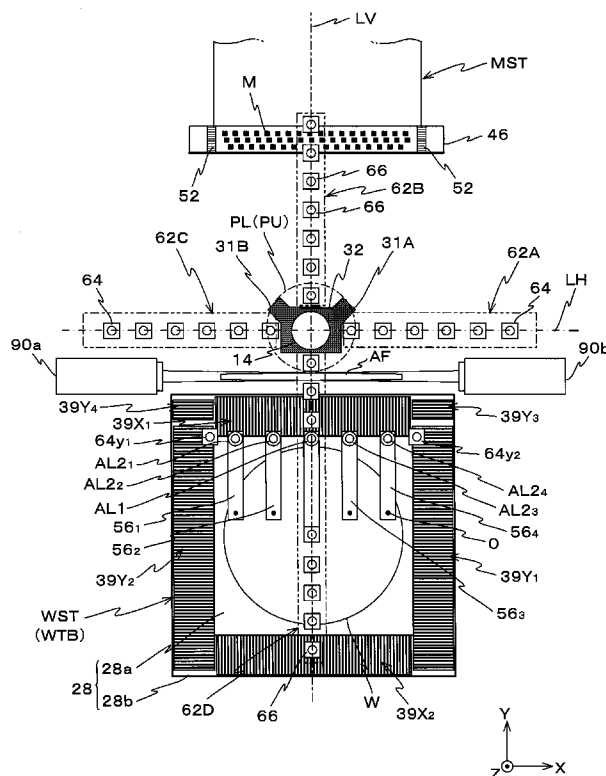
- (51) 国際特許分類:
H01L 21/027 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)
G01B 11/00 (2006.01) H01L 21/68 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/001977
- (22) 国際出願日: 2008年7月24日 (24.07.2008)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2007-192671 2007年7月24日 (24.07.2007) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社
ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 金谷有歩
(KANAYA, Yuhō) [JP/JP]; 〒1008331 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 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 立石篤司 (TATEISHI, Atsuji); 〒2060035 東
京都多摩市唐木田一丁目53番地9 唐木田センター
ビル 立石国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が
可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,
BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE,
DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM,
KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE,
SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可
能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD,
SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,
KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,

[続葉有]

(54) Title: POSITION MEASURING SYSTEM, EXPOSURE DEVICE, POSITION MEASURING METHOD, EXPOSURE METHOD, DEVICE MANUFACTURING METHOD, TOOL, AND MEASURING METHOD

(54) 発明の名称: 位置計測システム、露光装置、位置計測方法、露光方法及びデバイス製造方法、並びに工具及び計測方法

[図2]



(57) Abstract: A position measuring system includes a calibration area where a first grating (39Y₁, 39Y₂) is arranged on the upper surface of the wafer stage WST and an auxiliary grating (39Y₃, 39Y₄) is formed at the +Y side of the first grating. By performing a predetermined calibration process by using the calibration area such as a calibration process associated with a wafer state position measurement by using an encoder head (64y₁, 64y₂), it is possible to accurately perform position control of a predetermined direction of the wafer stage by using the encoder after the calibration process.

(57) 要約: ウエハステージWSTの上面に第1グレーティング(39Y₁, 39Y₂)が配置され、該第1グレーティングの+Y側に補助グレーティング(39Y₃, 39Y₄)が形成されたキャリブレーションエリアが設けられている。このキャリブレーションエリアを用いて所定のキャリブレーション処理、例えばエンコーダのヘッド(64y₁, 64y₂)等を用いたウエハステージの位置計測に関連するキャリブレーション処理を行うことで、そのキャリブレーション処理の後に、エンコーダを用いてウエハステージの所定方向の位置制御を精度良く行うことが可能になる。

WO 2009/013905 A1



IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE,
SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：
— 国際調査報告書

明 細 書

位置計測システム、露光装置、位置計測方法、露光方法及びデバイス製造方法、並びに工具及び計測方法

技術分野

[0001] 本発明は、位置計測システム、露光装置、位置計測方法、露光方法及びデバイス製造方法、並びに工具及び計測方法に係り、更に詳しくは、所定の平面内で移動する移動体の位置情報を計測する位置計測システム、該システムを備える露光装置、所定の平面内で移動する移動体の位置情報を計測する位置計測方法、該方法を用いる露光方法及び該露光方法を用いるデバイス製造方法、並びに、エンコーダのヘッドとマーク検出系との位置関係の計測に好適な工具及び該工具を用いた計測方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体素子（集積回路等）、液晶表示素子等の電子デバイス（マイクロデバイス）を製造するリソグラフィ工程では、ステップ・アンド・リピータ方式の投影露光装置（いわゆるステッパ）、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置（いわゆるスキャニング・ステッパ（スキャナとも呼ばれる））などが、主として用いられている。

[0003] ところで、半導体素子等は、基板（ウエハ又はガラスプレートなど）上に多層の回路パターンを重ね合わせて形成されるため、各層間での重ね合わせ精度が良好であることが重要である。このため、通常、基板上の複数のショット領域の各々に予めマーク（アライメントマーク）を付設しておき、露光装置のステージ座標系上におけるそのマークの位置情報（位置座標）を検出する。しかる後、このマークの位置情報と新たに形成されるパターン（例えばレチクルパターン）の既知の位置情報とに基づいて、基板上の1つのショット領域をそのパターンに対して位置合わせするウエハアライメントが行われる。ウエハアライメントの方式として、スルーポットとの兼ね合いから、例えば特許文献1などに開示されるエンハンスド・グローバル・アライメン

ト（EGA）などのグローバルアライメントが主流となっている。

[0004] 一方、露光装置では、基板を保持する基板ステージの位置は、通常干渉計で計測されるが、その干渉計の計測ビームのビーム路の温度変化などに起因する計測値の短期変動が無視できなくなりつつある。そこで、干渉計に比べて、計測値の短期変動が少ないリニアエンコーダを基板ステージの位置計測装置として採用しようとの動きがある。しかるに、リニアエンコーダを用いて、2次元面内で移動する基板ステージの位置を計測する場合には、基板ステージの移動を妨げず、かつビーム路が短くなるようなエンコーダの配置を採用する必要がある。このような条件を満足するものとして、その2次元面に平行な面内に複数のヘッドを配置するとともに、基板ステージ上にグレーティングを配置することが考えられる。この場合、複数のヘッドを切り換えながら基板ステージの位置を管理する必要があり、さらにウエハアライメントの結果に基づいて、重ね合わせ精度が良好となるようにエンコーダを用いて基板ステージの位置を管理する必要がある。従って、アライメントマークを検出するマーク検出系と各ヘッドとの位置関係、及び複数のヘッドの位置情報（ヘッド同士の位置関係を含む）を精度良く求めることが重要になる。

[0005] また、例えば、基板ステージの2次元面内の位置管理を精度良く行うためには、2次元面内の基板ステージの回転を制御することも重要である。しかるに、この回転制御を高精度に行うためには、リセット時における基板ステージの姿勢の再現性が良好である必要もある。

[0006] 特許文献1：特開昭61-044429号公報

発明の開示

課題を解決するための手段

[0007] 本発明は、第1の観点からすると、所定の平面内で移動する移動体の位置情報を計測する位置計測システムであって、前記移動体と該移動体の外部との一方の前記平面に平行な所定面上に配置され、所定方向を周期方向とする格子を含む第1グレーティングと；前記所定面上の前記第1グレーティングとは異なる位置に設けられたキャリブレーションエリアと；前記移動体と該

移動体の外部との他方に設けられた少なくとも1つのヘッドを有し、前記第1グレーティングに対向するヘッドの出力に基づいて、前記移動体の前記所定方向の位置情報を計測するエンコーダと；を備える第1の位置計測システムである。

[0008] これによれば、移動体と該移動体の外部との一方の所定面上に第1グレーティングが配置され、所定面上の第1グレーティングとは異なる位置にキャリブレーションエリアが設けられている。従って、キャリブレーションエリアを用いて所定のキャリブレーション処理、例えばエンコーダのヘッド又は移動体の位置に関する何らかのキャリブレーション処理を行うことで、そのキャリブレーション処理の後に、エンコーダを用いて移動体の所定方向の位置制御を精度良く行うことが可能になる。

[0009] 本発明は、第2の観点からすると、所定の平面内で移動する移動体の位置情報を計測する位置計測システムであって、前記移動体の前記平面に平行な所定面上に配置され所定方向を格子の周期方向とするグレーティングと；前記所定面上の前記グレーティングの前記所定方向の一側に設けられたキャリブレーションエリアと；を備える第2の位置計測システムである。

[0010] これによれば、移動体の所定面上にグレーティングが配置され、該グレーティングの所定方向の一側にキャリブレーションエリアが設けられている。従って、キャリブレーションエリアを用い所定のキャリブレーション処理を、移動体を移動させて行うことが可能になる。

[0011] 本発明は、第3の観点からすると、物体を露光して所定のパターンを形成する露光装置であって、前記物体を保持して所定の平面内で移動する移動体と；前記移動体の位置情報を計測する上記第1、第2の位置計測システムのいずれかと；を備える露光装置である。

[0012] これによれば、例えば、露光開始に先立って前述のキャリブレーションを行い、そのキャリブレーション後に物体の露光が行われる場合、その露光の際の移動体の位置を位置計測システムを用いて精度良く管理することが可能になる。

[0013] 本発明は、第4の観点からすると、物体を露光して所定のパターンを形成する露光装置であって、前記物体を保持して所定の平面内で移動する移動体と；前記移動体と該移動体の外部との一方の前記平面に平行な所定面上に配置され、所定方向を周期方向とする格子を含む第1グレーティングと；前記移動体と該移動体の外部との他方に設けられた少なくとも1つのヘッドを有し、前記第1グレーティングに対向するヘッドの出力に基づいて、前記移動体の前記所定方向の位置情報を計測するエンコーダと；前記物体上にパターンを形成するパターン生成装置と；前記物体上のマークを検出するマーク検出装置と；前記パターン生成装置による前記物体に対するパターンの形成と、前記マーク検出装置による前記物体上のマークの検出とのいずれも行われていない所定のときに、前記ヘッドが対向する前記所定面上の位置に設けられたキャリブレーションエリアと；を備える露光装置である。

[0014] これによれば、パターン生成装置による物体に対するパターンの形成と、マーク検出装置による物体上のマークの検出とのいずれも行われていない所定のときに、ヘッドが対向する所定面上の位置にキャリブレーションエリアが設けられている。このため、キャリブレーションエリアの存在により、マーク検出又はパターン形成が行われる通常の移動体の移動時に、ヘッドによる移動体の位置情報の計測動作が悪影響を受けることがない一方、マーク検出及びパターン形成のいずれも行われていないときに、エンコーダのキャリブレーションを行うことができる。

[0015] 本発明は、第5の観点からすると、所定の平面内で移動する移動体の位置情報を計測する位置計測方法であって、前記移動体を前記平面に平行な面内の所定方向に駆動しつつ、前記移動体の前記平面に平行な所定面上に配置され所定方向を周期方向とする格子部に、エンコーダのヘッドから光ビームを照射し、その格子部からの回折光を受光する受光系の光電変換信号を取り込む第1工程と；前記光電変換信号と所定の閾値とに基づいて、前記移動体上の基準点の前記所定方向の位置情報を算出する第2工程と；を含む位置計測方法である。

- [0016] これによれば、移動体を所定の平面に平行な面内の所定方向に駆動しつつ、移動体の前記平面に平行な所定面上に配置され所定方向を周期方向とする格子部に、エンコーダのヘッドから光ビームを照射し、その格子部からの回折光を受光する受光系の光電変換信号を取り込む。そして、その光電変換信号と所定の閾値とに基づいて、移動体上の基準点の前記所定方向の位置情報を算出する。これにより、移動体上の基準点の所定方向の位置情報を精度良く求めることができ、ひいてはヘッドの所定方向の位置情報を精度良く求めることが可能になる。従って、このヘッドの計測値に基づいて移動体の所定方向の位置を制御することで、高精度な位置制御が可能になる。
- [0017] 本発明は、第6の観点からすると、物体を露光して所定のパターンを形成する露光方法であって、前記物体を保持して所定の平面内で移動する移動体の位置情報を上記位置計測方法を用いて計測する工程と；前記物体に対するパターンの形成のため、前記計測結果を考慮して、前記移動体の位置を制御する工程と；を含む露光方法である。
- [0018] これによれば、物体に対するパターンの形成のため、前記計測結果を考慮して、物体を保持して所定の平面内で移動する移動体の位置を制御するので、物体上に精度良くパターンを形成することが可能になる。
- [0019] 本発明は、第7の観点からすると、エンコーダのヘッドとマーク検出系とに同一方向から対向可能な移動体上に搭載される工具であって、光透過性の素材から成るプレートを用意し、前記プレートの一方の面に前記マーク検出系により検出可能なマークが形成され、前記プレートの他方の面の前記マークに対向する領域外の位置に前記ヘッドが対向可能な格子が形成された工具である。
- [0020] これによれば、エンコーダのヘッドとマーク検出系とに同一方向から対向可能な移動体上に、工具を搭載する。そして、移動体を駆動してマーク検出系により工具の一方の面に形成されたマークの位置情報を検出し、移動体を駆動してプレートの他方の面に形成された格子にエンコーダのヘッドを対向させ、該ヘッドの出力に基づいて格子の位置情報を検出する。しかる後、マ

ークと格子との位置関係と、検出したマークの位置情報と、格子の位置情報とに基づいて、マーク検出系の検出中心とヘッドとの位置関係を算出する。これにより、マーク検出系の検出中心とヘッドとの位置関係を精度良く求めることができる。

[0021] 本発明は、第8の観点からすると、エンコーダのヘッドとマーク検出系とに同一方向から対向可能な移動体上に、上記工具を搭載する第1工程と；前記移動体を駆動して前記マーク検出系により前記マークの位置情報を検出する第2工程と；前記移動体を駆動して前記格子に前記エンコーダの前記ヘッドを対向させ、該ヘッドの出力に基づいて前記格子の位置情報を検出する第3工程と；前記マークと前記格子との位置関係と、前記マークの位置情報と、前記格子の位置情報とに基づいて、前記マーク検出系の検出中心と前記ヘッドとの位置関係を算出する第4工程と；を含む計測方法である。

[0022] これによれば、マーク検出系の検出中心とヘッドとの位置関係を精度良く求めることができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]第1の実施形態の露光装置の構成を概略的に示す図である。

[図2]図1の露光装置が備えるウエハステージ、計測ステージ、及び各種計測装置（ステージエンコーダ、アライメント系、多点AF系など）の配置を示す平面図である。

[図3]図3（A）は、エンコーダの構成の一例を示す図、図3（B）は、検出光として格子RGの周期方向に長く延びる断面形状のレーザービームLBが用いられる様子を示す図である。

[図4]第1の実施形態の露光装置の制御系の主要な構成を示すブロック図である。

[図5]図5（A）は、ウエハステージWSTの θ_z 回転の復帰のための計測動作について説明するための図（その1）、図5（B）は、ウエハステージWSTの θ_z 回転の復帰のための計測動作について説明するための図（その2）である。

[図6] 図6 (A) は、ウエハステージWSTの θ_z 回転の復帰のための計測動作について説明するための図(その3)、図6 (B) は、ウエハステージWSTの θ_z 回転の復帰のための計測動作について説明するための図(その4)である。

[図7] 図7 (A) は、ヘッドから射出されるレーザビームLBのY軸方向のサイズと、補助スケール39Y₄、39Y₃のY軸方向のサイズL₁と、隙間領域のY軸方向のサイズL₂との大小関係を示す図、図7 (B) は、ウエハステージWSTの θ_z 回転の復帰のための計測動作の際に得られる光強度信号の一例を示す図、図7 (C) は、補助スケール39Y₄、39Y₃のY軸方向の一侧の端縁の位置情報の計測方法について説明するための図である。

[図8] レーザビームLBのY軸方向のサイズと格子RGのY軸方向のサイズL₁とがほぼ一致する場合を示す図である。

[図9] 図9 (A) は、図7 (B) に示されるような光強度信号が得られる原理について説明するための図であって、ウエハテーブルのエッジ部をレーザビームLBがスキャンする様子を示す図(その1)、図9 (B) はウエハテーブルのエッジ部をレーザビームLBがスキャンする様子を示す図(その2)である。

[図10] 図10 (A) は、ウエハテーブルのエッジ部をレーザビームLBがスキャンする様子を示す図(その3)、図10 (B) はウエハテーブルのエッジ部をレーザビームLBがスキャンする様子を示す図(その4)である。

[図11] 図11 (A) は、工具ウエハを示す平面図、図11 (B) は、工具ウエハを示す縦断面図である。

[図12] 図12 (A) 及び図12 (B) は、ロット先頭に行われる、セカンダリアライメント系のベースライン計測動作について説明するための図である。

[図13] ウエハ交換毎に行われるセカンダリアライメント系のベースラインチェック動作について説明するための図である。

[図14] 図14 (A) ~ 図14 (C) は、第1の実施形態の露光装置で行われ

るウエハライメントについて説明するための図である。

[図15] 第2の実施形態の露光装置の構成を概略的に示す図である。

[図16] エンコーダヘッド及び干渉計の配置を説明するための図である。

[図17] 図1のウエハステージを一部破碎して示す拡大図である。

[図18] 図18(A)はスケール板上の2次元回折格子及び補助スケール等の配置等を示すウエハステージ装置の平面図、図18(B)は補助スケールの構成例を示す図である。

[図19] 図19(A)及び図19(B)は補助スケールの配置を説明するための平面図(その1及びその2)である。

[図20] 図20(A)及び図20(B)は補助スケールの配置を説明するための平面図(その3及びその4)である。

[図21] 図21(A)及び図21(B)は補助スケールの配置を説明するための平面図(その5及びその6)である。

[図22] 第2の実施形態の露光装置におけるステージ制御に関連する制御系の主要な構成を示すブロック図である。

[図23] 図23(A)及び図23(B)は第2の実施形態の露光装置の動作説明のための図(その1及びその2)である。

発明を実施するための最良の形態

[0024] 《第1の実施形態》

以下、本発明の第1の実施形態を図1～図14(C)に基づいて説明する。

[0025] 図1には、第1の実施形態に係る露光装置100の構成が概略的に示されている。この露光装置100は、ステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置、すなわちいわゆるスキャナである。後述するように本実施形態では、投影光学系PLが設けられており、以下においては、この投影光学系PLの光軸AXと平行な方向をZ軸方向、これに直交する面内でレチクルとウエハとが相対走査される方向をY軸方向、Z軸及びY軸に直交する方向をX軸方向とし、X軸、Y軸、及びZ軸回りの回転(傾斜)方向をそれぞれ θ_x

、 θ_y 、及び θ_z 方向として説明を行う。

- [0026] 露光装置100は、照明系10、該照明系10からの露光用照明光（以下、照明光又は露光光と呼ぶ）ILにより照明されるレチクルRを保持するレチクルステージRST、レチクルRから射出された照明光ILをウエハW上に投射する投影光学系PLを含む投影ユニットPU、ウエハステージWST及び計測ステージMSTを有するステージ装置50、及びこれらの制御系等を含んでいる。ウエハステージWST上には、ウエハWが載置されている。
- [0027] ステージ装置50は、床面F上に設置されたベース盤12上に配置されたウエハステージWST及び計測ステージMST、これらのステージWST、MSTを駆動するステージ駆動系124（図1では不図示、図4参照）、ステージWST、MSTの位置情報を計測する、Y軸干渉計16、18を含むステージ干渉計システム118（図4参照）と露光の際などにウエハステージWSTの位置情報を計測するのに用いられる後述するエンコーダシステム（ステージエンコーダ）70とを有する位置計測システム200（図1では不図示、図4参照）などを備えている。
- [0028] ウエハステージWST、計測ステージMSTそれぞれの底面には、例えば真空予圧型空気静圧軸受（以下、エアパッドと呼ぶ）が複数ヶ所に設けられており、これらのエアパッドにより、ベース盤12上にウエハステージWST、計測ステージMSTが数 μm 程度のクリアランスを介して非接触で支持されている。
- [0029] ウエハステージWSTは、例えば複数のリニアモータによりXY平面内、すなわちX軸方向、Y軸方向、 θ_z 方向に移動可能なステージ本体91と、該ステージ本体91上に不図示のZ・レベリング機構（例えばボイスコイルモータなど）を介して搭載され、ステージ本体91に対してZ軸方向、 θ_x 方向、 θ_y 方向に相対的に微小駆動されるウエハテーブルWTBとを含んでいる。上記の複数のリニアモータ及びボイスコイルモータなどを含んで、ステージ駆動系124の一部を構成するウエハステージ駆動系が構成される。
- [0030] ウエハテーブルWTB上には、ウエハWを真空吸着によって保持する例え

ばピンチャック方式のウエハホルダ（不図示）が設けられている。ウエハホルダはウエハテーブルWTBと一体に形成しても良いが、本実施形態ではウエハホルダとウエハテーブルWTBとを別々に構成し、例えば真空吸着などによってウエハホルダをウエハテーブルWTBの凹部内に固定している。また、ウエハテーブルWTBの上面には、ウエハホルダ上に載置されるウエハの表面とほぼ面一となる、液体Lq（これについては後述する）に対して撥液化処理された表面（撥液面）を有し、かつ外形（輪郭）が矩形でその中央部にウエハホルダ（ウエハの載置領域）よりも一回り大きな円形の開口が形成されたプレート（撥液板）28が設けられている。このプレート28は、低熱膨張率の材料、例えばガラス又はセラミックス（ショット社のゼロデュア（商品名）、 Al_2O_3 あるいはTiCなど）から成り、その表面には、例えばフッ素樹脂材料、ポリ四フッ化エチレン（テフロン（登録商標））等のフッ素系樹脂材料、アクリル系樹脂材料あるいはシリコン系樹脂材料などにより撥液膜が形成される。さらにプレート28は、図2に示されるように、円形の開口を囲む外形（輪郭）が矩形の第1撥液領域28aと、第1撥液領域28aの周囲に配置される矩形枠状（環状）の第2撥液領域28bとを有する。第1撥液領域28aには、例えば露光動作時、ウエハの表面からはみ出す液浸領域14の少なくとも一部が形成され、第2撥液領域28bには、後述のエンコーダシステムのためのスケールが形成される。なお、プレート28はその表面の少なくとも一部がウエハの表面と面一でなくても良い、すなわち異なる高さであっても良い。また、プレート28は単一のプレートでも良いが、本実施形態では複数のプレート、例えば第1及び第2撥液領域28a、28bにそれぞれ対応する第1及び第2撥液板を組み合わせ構成する。本実施形態では、後述するように、液体Lqとして純水を用いるので、以下では第1及び第2撥液領域28a、28bをそれぞれ第1及び第2撥水領域又は撥水板28a、28bとも呼ぶ。

[0031] 第2撥水板28bの上面には、図2に示される如く、その4辺のそれぞれに沿って所定ピッチで多数の格子線が直接形成されている。これを詳述する

と、第2撥水板28bのX軸方向一側と他側（図2における左右両側）の領域にはYスケール39Y₁、39Y₂が左右対称の配置で形成されている。Yスケール39Y₁、39Y₂は、第2撥水板28bのX軸方向一側と他側の+Y側の端部を除く領域に配置されている。第2撥水板28bのX軸方向一側と他側の+Y側の端部（エッジ近傍）には、Yスケール39Y₁、39Y₂それぞれから所定間隔を隔てて補助スケール39Y₃、39Y₄が形成されている。Yスケール39Y₁と補助スケール39Y₃との間、及びYスケール39Y₁と補助スケール39Y₄との間には、同一サイズの間隙領域（格子線がない領域）が設けられている。本実施形態では、Yスケール39Y₁、39Y₂それぞれの+Y側の領域（補助スケール39Y₃、39Y₄が形成された領域を含む）が、キャリアレーションエリアとなっている。

[0032] Yスケール39Y₁、39Y₂はそれぞれ、X軸方向を長手方向とする格子線が所定ピッチ、例えば138nm~4μmの間のピッチ、例えば1μmピッチでY軸方向に沿って形成される、Y軸方向を周期方向とする反射型の格子（例えば回折格子）によって構成されている。

[0033] また、補助スケール39Y₃、39Y₄もX軸方向を長手方向とする格子線が所定ピッチ（このピッチは、Yスケール39Y₁、39Y₂の格子線のピッチと必ずしも同一でなくても良いが、ここでは同一ピッチ1μm）でY軸方向に沿って形成される、Y軸方向を周期方向とする反射型の格子（例えば回折格子）によって構成されている。補助スケール39Y₃~39Y₄のY軸方向のサイズL1（図7（A）参照）は、後述するエンコーダのヘッドから照射されるレーザービームLB（図7（A）等参照）のY軸方向のサイズ、例えば2mmより大きければ良く、実際には、数mm前後であるが、図2等では、図示の便宜上及び格子の存在を示すため実際より大きく、図示されている。また、前述の間隙領域のY軸方向のサイズL2（図7（A）参照）は、上記レーザービームLBのY軸方向のサイズ、例えば2mmより大きく設定されている。

[0034] 同様に、第2撥水板28bのY軸方向一側と他側（図2における上下両側

)の領域には、一对の補助スケール $39Y_3$ 、 $39Y_4$ 、Yスケール $39Y_1$ 、 $39Y_2$ にそれぞれ挟まれる状態で、スケール $39X_1$ 、 $39X_2$ がそれぞれ形成されている。Xスケール $39X_1$ 、 $39X_2$ はそれぞれ、例えばY軸方向を長手方向とする格子線が所定ピッチ、例えば $138\text{nm}\sim 4\mu\text{m}$ の間のピッチ、例えば $1\mu\text{m}$ ピッチでX軸方向に沿って形成される、X軸方向を周期方向とする反射型の格子（例えば回折格子）によって構成されている。

[0035] 上記各スケールとしては、第2撥水板28bの表面に例えばホログラム等により反射型の回折格子RG（図3（A）及び図3（B）等参照）が作成されたものが用いられている。この場合、各スケールには狭いスリット又は溝等から成る格子が目盛りとして所定間隔（上記ピッチ）で刻まれている。各スケールに用いられる回折格子の種類は限定されるものではなく、機械的に溝等が形成されたもののみならず、例えば、感光性樹脂に干渉縞を焼き付けて作成したものであっても良い。ただし、各スケールは、例えば薄板状のガラスに上記回折格子の目盛りを、上記ピッチで刻んで作成されている。これらスケール表面は、所定寸法、例えば1mmの厚さのカバーガラスで覆われ、該カバーガラスは前述の撥液膜（撥水膜）で覆われている。なお、図2では、図示の便宜上から、格子のピッチは、実際のピッチに比べて格段に広く図示されている。その他の図においても同様である。また、本実施形態では、各スケールはそのカバーガラスの表面がウエハWの表面と実質的に同じ高さとなるように設けられている。

[0036] このように、本実施形態では、第2撥水板28bそのものがスケールを構成するので、第2撥水板28bとして低熱膨張のガラス板を用いることとしたものである。しかし、これに限らず、格子が形成された低熱膨張のガラス板などから成るスケール部材を、局所的な伸縮が生じないように、例えば板ばね（又は真空吸着）等によりウエハテーブルWTBの上面に固定しても良く、この場合には、全面に同一の撥水コートが施された撥水板をプレート28に代えて用いても良い。あるいは、ウエハテーブルWTBを低熱膨張率の材料で形成することも可能であり、かかる場合には、一对のYスケールと一

対のXスケールとは、そのウエハテーブルWTBの上面に直接形成しても良い。

[0037] 図1に戻り、ウエハテーブルWTBの-Y端面、-X端面には、それぞれ鏡面加工が施され反射面が形成されている。ステージ干渉計システム118の一部を構成するウエハステージ干渉計システム118A（図1では、その一部であるY軸干渉計16のみを図示、図4参照）は、これらの反射面にそれぞれ複数本の干渉計ビーム（測定ビーム）を投射して、ウエハステージWSTの位置情報（例えば、X軸、Y軸及びZ軸方向の位置情報と、 θ_x 、 θ_y 及び θ_z 方向の回転情報とを含む）を計測し、この計測値が制御装置20（図1では不図示、図4参照）に供給される。なお、ウエハステージ干渉計システム（以下、干渉計システムと略述する）118Aの詳細は、例えば特表2001-510577号公報（対応する国際公開第99/28790号パンフレット）に開示されている。また、干渉計システム118Aのみ、あるいは干渉計システム118Aと後述のエンコーダシステム70との両方を用いて、ウエハステージWST（ウエハW）のXY平面内の位置制御を行っても良いが、本実施形態では、少なくとも露光動作時はそのエンコーダシステム70のみを用いてウエハステージWSTの位置制御を行い、干渉計システム118Aは露光動作以外の所定動作、例えばそのエンコーダシステム70の較正（キャリブレーション）動作、エンコーダシステム70のヘッド位置の計測動作、あるいはステージのリセット動作などで用いられる。

[0038] 計測ステージMSTは、例えば、リニアモータ等によりXY平面内で移動するステージ本体92と、該ステージ本体92上に不図示のZ・レベリング機構を介して搭載された計測テーブルMTBとを含んでいる。リニアモータ等及びZ・レベリング機構を含んで、ステージ駆動系124の一部を構成する計測ステージ駆動系が構成される。

[0039] 計測テーブルMTB（及びステージ本体92）には、不図示ではあるが、各種計測用部材が設けられている。計測用部材としては、例えば、投影光学系PLの像面上で照明光ILを受光するピンホール状の受光部を有する照度

むらセンサ、投影光学系PLにより投影されるパターンの空間像（投影像）の光強度を計測する空間像計測器、及び例えば国際公開第03/065428号パンフレットなどに開示されているシャック-ハルトマン（Shack-Hartman）方式の波面収差計測器などが採用されている。照度むらセンサとしては、例えば特開昭57-117238号公報（対応する米国特許第4,465,368号明細書）などに開示されるものと同様の構成のものを用いることができる。また、空間像計測器としては、例えば特開2002-014005号公報（対応する米国特許出願公開第2002/0041377号明細書）などに開示されるものと同様の構成のものを用いることができる。なお、上記各センサに加え、例えば特開平11-016816号公報（対応する米国特許出願公開第2002/0061469号明細書）などに開示される、投影光学系PLの像面上で照明光ILを受光する所定面積の受光部を有する照度モニタを採用しても良い。

[0040] 計測テーブルMTBの-Y側端面には、断面矩形の棒状部材から成る基準部材としてのフィデュシャルバー（以下、「FDバー」と略述する）46がX軸方向に延設されている。

[0041] このFDバー46は、原器（計測基準）となるため、低熱膨張率の光学ガラスセラミックス、例えば、ショット社のゼロデュア（商品名）などがその素材として採用されている。また、FDバー46の上面（表面）は、いわゆる基準平板と同程度にその平坦度が高く設定されるとともに、FDバー46の長手方向の一側と他側の端部近傍には、図2に示されるように、Y軸方向を周期方向とする基準格子（例えば回折格子）52がそれぞれ形成されている。

[0042] また、このFDバー46の上面には、図2に示されるような配置で複数の基準マークMが形成されている。この複数の基準マークMは、同一ピッチでY軸方向に関して3行の配列で形成され、各行の配列がX軸方向に関して互いに所定距離だけずれて形成されている。各基準マークMとしては、後述するプライマリアライメント系、セカンダリアライメント系によって検出可能

な寸法の2次元マークが用いられている。なお、本実施形態ではFDバー46の表面、及び計測テーブルMTB（前述の計測用部材を含んでも良い）の表面もそれぞれ撥液膜（撥水膜）で覆われている。

[0043] 計測テーブルMTBの+Y端面、-X端面も前述したウエハテーブルWTBと同様、反射面が形成されている。計測ステージ干渉計システム118B（図1では、その一部であるY軸干渉計18のみを図示、図4参照）は、これらの反射面にそれぞれ干渉計ビーム（測定ビーム）を投射して、計測ステージMSTの位置情報（例えば、少なくともX軸及びY軸方向の位置情報と θ_z 方向の回転情報とを含む）を計測し、この計測値が制御装置20に供給される。計測ステージ干渉計システム118Bは、干渉計システム118Aと同様に構成されている。

[0044] 本実施形態の露光装置100では、図2に示されるように、投影ユニットPUの中心（投影光学系PLの光軸AX、本実施形態では後述する露光領域IA（図1参照）の中心とも一致）を通りかつY軸と平行な直線LV上で、その光軸から-Y側に所定距離隔てた位置に検出中心を有するプライマリアライメント系AL1が設けられている。このプライマリアライメント系AL1を挟んで、X軸方向の一侧と他側には、その直線LVに関してほぼ対称に検出中心が配置されるセカンダリアライメント系AL2₁、AL2₂と、AL2₃、AL2₄とがそれぞれ設けられている。すなわち、5つのアライメント系AL1、AL2₁~AL2₄はその検出中心がX軸方向に沿って配置されている。

[0045] 各セカンダリアライメント系AL2_n（n=1~4）は、セカンダリアライメント系AL2₄について代表的に示されるように、回転中心Oを中心として図2における時計回り及び反時計回りに所定角度範囲で回動可能なアーム56_n（n=1~4）の先端（回動端）に固定されている。本実施形態では、各セカンダリアライメント系AL2_nはその一部（例えば、アライメント光を検出領域に照射し、かつ検出領域内の対象マークから発生する光を受光素子に導く光学系を少なくとも含む）がアーム56_nに固定され、残りの一部は投影ユニットPUを保持するメインフレームに設けられる。セカンダリアライメ

ント系 $AL2_1$, $AL2_2$, $AL2_3$, $AL2_4$ はそれぞれ、回転中心 O を中心として回転することで、 X 位置が調整される。すなわち、セカンダリアライメント系 $AL2_1$, $AL2_2$, $AL2_3$, $AL2_4$ はその検出領域（又は検出中心）が独立に X 軸方向に可動である。従って、プライマリアライメント系 $AL1$ 及びセカンダリアライメント系 $AL2_1$, $AL2_2$, $AL2_3$, $AL2_4$ は X 軸方向に関してその検出領域の相対位置が調整可能となっている。なお、本実施形態では、アームの回転によりセカンダリアライメント系 $AL2_1$, $AL2_2$, $AL2_3$, $AL2_4$ の X 位置が調整されるものとしたが、これに限らず、セカンダリアライメント系 $AL2_1$, $AL2_2$, $AL2_3$, $AL2_4$ を X 軸方向に往復駆動する駆動機構を設けても良い。また、セカンダリアライメント系 $AL2_1$, $AL2_2$, $AL2_3$, $AL2_4$ の少なくとも1つを X 軸方向だけでなく Y 軸方向にも可動として良い。なお、各セカンダリアライメント系 $AL2_n$ はその一部がアーム 56_n によって移動されるので、不図示のセンサ、例えば干渉計、あるいはエンコーダなどによって、アーム 56_n に固定されるその一部の位置情報が計測可能となっている。このセンサは、セカンダリアライメント系 $AL2_n$ の X 軸方向の位置情報を計測するだけでも良いが、他の方向、例えば Y 軸方向、及び／又は回転方向（ θ_x 及び θ_y 方向の少なくとも一方を含む）の位置情報も計測可能として良い。

[0046] 前記各アーム 56_n の上面には、差動排気型のエアベアリングから成るバキュームパッド 58_n （ $n=1\sim 4$ 、図2では不図示、図4参照）が設けられている。また、アーム 56_n は、例えばモータ等を含む回転駆動機構 60_n （ $n=1\sim 4$ 、図2では不図示、図4参照）によって、制御装置20の指示に応じて回転可能である。制御装置20は、アーム 56_n の回転調整後に、各バキュームパッド 58_n を作動させて各アーム 56_n を不図示のメインフレームに吸着固定する。これにより、各アーム 56_n の回転角度調整後の状態、すなわち、プライマリアライメント系 $AL1$ 及び4つのセカンダリアライメント系 $AL2_1\sim AL2_4$ の所望の位置関係が維持される。

[0047] なお、図1では、5つのアライメント系 $AL1$, $AL2_1\sim AL2_4$ 及びこれ

らを保持する保持装置を含んでアライメント装置 99 として示されている。本実施形態では、アライメント装置 99 をメインフレーム 41 に設けているが、図 1 の露光装置がメインフレーム 41 に対して投影ユニット PU を吊り下げ支持する構成である場合、例えば投影ユニット PU と一体にアライメント装置 99 を吊り下げ支持しても良いし、あるいは投影ユニット PU とは独立にメインフレーム 41 から吊り下げ支持される計測フレームにアライメント装置 99 を設けても良い。

[0048] 更に、本実施形態の露光装置 100 では、図 2 に示されるように、後述する局所液浸装置の一部を構成するノズルユニット 32 の四方に、エンコーダシステム 70 の 4 つのヘッドユニット 62A~62D が配置されている。これらのヘッドユニット 62A~62D は、図 2 等では図面の錯綜を避ける観点から図示が省略されているが、実際には、不図示の支持部材を介して、前述したメインフレーム 41 (図 1 参照) に吊り下げ状態で固定されている。なお、前述の如く図 1 の露光装置がメインフレーム 41 に対して投影ユニット PU を吊り下げ支持する構成である場合、例えば投影ユニット PU と一体にヘッドユニット 62A~62D を吊り下げ支持しても良いし、あるいは投影ユニット PU とは独立にメインフレーム 41 から吊り下げ支持される計測フレームにヘッドユニット 62A~62D を設けても良い。特に後者では、ヘッドユニット 62A~62D とアライメント装置 99 とをそれぞれ独立に吊り下げ支持される計測フレームに設けても良い。

[0049] ヘッドユニット 62A、62C は、投影ユニット PU の +X 側、-X 側にそれぞれ X 軸方向を長手方向として、かつ投影光学系 PL の光軸 AX に関して対称に光軸 AX からほぼ同一距離隔てて配置されている。また、ヘッドユニット 62B、62D は、投影ユニット PU の +Y 側、-Y 側にそれぞれ Y 軸方向を長手方向として、かつ投影光学系 PL の光軸 AX を通る前述の直線 LV に沿って光軸 AX からほぼ同一距離隔てて配置されている。

[0050] ヘッドユニット 62A 及び 62C は、投影光学系 PL の光軸を通りかつ X 軸と平行な直線 LH 上に所定間隔で配置された複数 (ここでは 6 個) の Y へ

ッド64を備えている。ヘッドユニット62A(62C)は、前述のYスケール39Y₁(39Y₂)を用いて、ウエハステージWST(ウエハテーブルWTB)のY軸方向の位置(Y位置)を計測する多眼(ここでは、6眼)のYリニアエンコーダを構成する。ここで、隣接するYヘッド64(計測ビーム)相互の間隔は、前述のYスケール39Y₁、39Y₂のX軸方向の幅よりも狭く設定されている。また、ヘッドユニット62A(62C)は、補助スケール39Y₃(39Y₄)を用いた、後述する計測などにも用いられる。

[0051] ヘッドユニット62Bは、上記直線LV上に所定間隔で配置された複数、ここでは7個のXヘッド66を備えている。また、ヘッドユニット62Dは、上記直線LV上に所定間隔で配置された複数、ここでは11個(ただし、図2ではプライマリアライメント系AL1と重なる11個のうちの3個は不図示)のXヘッド66を備えている。ヘッドユニット62B(62D)は、前述のXスケール39X₁(39X₂)を用いて、ウエハステージWST(ウエハテーブルWTB)のX軸方向の位置(X位置)を計測する多眼(ここでは、7眼(11眼))のXリニアエンコーダを構成する。なお、隣接するXヘッド66(計測ビーム)相互の間隔は、前述のXスケール39X₁、39X₂のY軸方向の幅よりも狭く設定されている。

[0052] 更に、セカンダリアライメントセンサAL2₁の-X側、セカンダリアライメントセンサAL2₄の+X側に、プライマリアライメント系AL1の検出中心を通るX軸に平行な直線上かつその検出中心に対してほぼ対称に検出点が配置されるYヘッド64y₁、64y₂がそれぞれ設けられている。Yヘッド64y₁、64y₂は、ウエハステージWST上のウエハWの中心が上記直線LV上にある図2に示される状態では、Yスケール39Y₂、39Y₁にそれぞれ対向するようになっている。後述するアライメント動作の際などでは、Yヘッド64y₁、64y₂に対向してYスケール39Y₂、39Y₁がそれぞれ配置され、このYヘッド64y₁、64y₂(Yリニアエンコーダ)によってウエハステージWSTのY位置(及びθ_z回転)が計測される。また、Yヘッド64y₁、64y₂は、後述するウエハステージWSTのリセット時のθ_z回転の復

帰のための、補助スケール $39Y_4$ 、 $39Y_3$ を用いた計測にも用いられる。

- [0053] 上述した各リニアエンコーダの計測値は、制御装置20に供給され、制御装置20は、各リニアエンコーダの計測値に基づいて、ウエハテーブルWTBのXY平面内の位置を制御する。なお、少なくとも露光動作時は、前述のエンコーダシステム70を用いるウエハステージWSTのXY平面内(X軸、Y軸及び θ_z 方向)の位置制御に加えて、他の計測装置を用いてウエハステージWSTのZ軸、 θ_x 及び θ_y 方向の位置制御を行うようにしても良い。ここで、他の計測装置としては、前述の干渉計システム118A、あるいは例えば特開平6-283403号公報(対応米国特許第5,448,332号明細書)に開示される多点焦点位置検出系などを用いることができる。この多点焦点位置検出系を設ける場合、複数の計測点はその少なくとも一部が液浸領域14(又は後述する露光領域IA)内に設定されても良いし、あるいはその全てが液浸領域14の外側に設定されても良い。
- [0054] また、本実施形態では、セカンダリアライメント系の後述するベースライン計測時などに、FDバー46の一对の基準格子52とYヘッド64 y_1 、64 y_2 とがそれぞれ対向し、Yヘッド64 y_1 、64 y_2 と一对の基準格子52とによって、FDバー46のY位置が計測される。これら計測値は、不図示の制御装置20に供給され、制御装置20は、これらの計測値に基づいて、FDバー46の θ_z 回転を制御する。
- [0055] 本実施形態では、上述したようなXヘッド、Yヘッドの配置を採用したことから、ウエハステージWSTの有効ストローク範囲(アライメント及び露光動作のために移動する範囲)では、必ず、Xスケール $39X_1$ 、 $39X_2$ とヘッドユニット62B、62D(Xヘッド66)とがそれぞれ対向し、かつYスケール $39Y_1$ 、 $39Y_2$ とヘッドユニット62A、62C(Yヘッド64)又はYヘッド64 y_1 、64 y_2 とがそれぞれ対向するようになっている。なお、図2では図示の都合上、投影ユニットPUとアライメント系AL1、AL2 $_1$ ~AL2 $_4$ とをY軸方向に離して示しているが、実際には図2に比べてアライメント系AL1、AL2 $_1$ ~AL2 $_4$ は投影ユニットPUに近接して配置され

ている。

- [0056] このため、制御装置 20 は、ウエハステージ WST の有効ストローク範囲では、これらのエンコーダの計測値に基づいて、ウエハステージ WST を駆動するリニアモータ等を制御することで、ウエハステージ WST の X Y 平面内の位置 (θz 回転を含む) を、高精度に制御することができる。また、その有効ストローク範囲内でウエハステージ WST が移動する際には、X スケール又は Y スケールとの対向状態が解除される直前の X ヘッド又は Y ヘッドの計測値が、新たに X スケール又は Y スケールと対向した X ヘッド又は Y ヘッドの計測値に引き継がれる。
- [0057] なお、上記ヘッドユニットを有するエンコーダシステム 70 を、以下では適宜、前述のスケールも含めて、「ステージエンコーダ 70 (図 4 参照)」とも呼ぶものとする。次に、ステージエンコーダ 70 の構成等について、図 3 (A) に拡大して示される、ステージエンコーダ 70 の一部を構成する Y エンコーダ 70 A を代表的に採り上げて説明する。ここで、Y エンコーダ 70 A とは、Y スケール 39 Y₁ に検出光 (計測ビーム) を照射するヘッドユニット 62 A を含んで構成されるエンコーダを便宜上このように呼んでいる。図 3 (A) では、Y スケール 39 Y₁ に検出光 (計測ビーム) を照射するヘッドユニット 62 A の 1 つの Y ヘッド 64 を示している。
- [0058] Y ヘッド 64 は、大別すると、照射系 64 a、光学系 64 b、及び受光系 64 c の 3 部分から構成されている。
- [0059] 照射系 64 a は、レーザビーム LB を Y 軸及び Z 軸に対して 45° を成す方向に射出する光源、例えば半導体レーザ LD と、該半導体レーザ LD から射出されるレーザビーム LB の光路上に配置されたレンズ L1 とを含む。
- [0060] 光学系 64 b は、その分離面が X Z 平面と平行である偏光ビームスプリッタ PBS、一对の反射ミラー R1 a, R1 b、レンズ L2 a, L2 b、四分の一波長板 (以下、 $\lambda/4$ 板と記述する) WP1 a, WP1 b、及び反射ミラー R2 a, R2 b 等を備えている。
- [0061] 前記受光系 64 c は、偏光子 (検光子) 及び光検出器等を含む。

- [0062] このYエンコーダ70Aにおいて、半導体レーザLDから射出されたレーザビームLBはレンズL1を介して偏光ビームスプリッタPBSに入射し、偏光分離されて2つのビームLB₁、LB₂となる。偏光ビームスプリッタPBSを透過したビームLB₁は反射ミラーR1aを介してYスケール39Y₁に形成された反射型回折格子RGに到達し、偏光ビームスプリッタPBSで反射されたビームLB₂は反射ミラーR1bを介して反射型回折格子RGに到達する。なお、ここで「偏光分離」とは、入射ビームをP偏光成分とS偏光成分に分離することを意味する。
- [0063] ビームLB₁、LB₂の照射によって回折格子RGから発生する所定次数の回折ビーム、例えば1次回折ビームはそれぞれ、レンズL2b、L2aを介してλ/4板WP1b、WP1aにより円偏光に変換された後、反射ミラーR2b、R2aにより反射されて再度λ/4板WP1b、WP1aを通り、往路と同じ光路を逆方向に辿って偏光ビームスプリッタPBSに達する。
- [0064] 偏光ビームスプリッタPBSに達した2つのビームは、各々その偏光方向が元の方向に対して90度回転している。このため、先に偏光ビームスプリッタPBSを透過したビームLB₁の1次回折ビームは、偏光ビームスプリッタPBSで反射されて受光系64cに入射するとともに、先に偏光ビームスプリッタPBSで反射されたビームLB₂の1次回折ビームは、偏光ビームスプリッタPBSを透過してビームLB₁の1次回折ビームと同軸に合成されて受光系64cに入射する。
- [0065] そして、上記2つの1次回折ビームは、受光系64cの内部で、検光子によって偏光方向が揃えられ、相互に干渉して干渉光となり、この干渉光が光検出器によって検出され、干渉光の強度に応じた電気信号に変換される。
- [0066] 上記の説明からわかるように、Yエンコーダ70Aでは、干渉させる2つのビームの光路長が極短かつほぼ等しいため、空気揺らぎの影響がほとんど無視できる。そして、Yスケール39Y₁（すなわちウエハステージWST）が計測方向（この場合、Y軸方向）に移動すると、2つのビームそれぞれの位相が変化して干渉光の強度が変化する。この干渉光の強度の変化が、受

光系64cによって検出され、その強度変化に応じた位置情報がYエンコーダ70Aの計測値として出力される。ヘッドユニット62Cを含んで構成されるYエンコーダ、ヘッドユニット62B、62Dを含んでそれぞれ構成されるXエンコーダ等も、エンコーダ70Aと同様にして構成されている。各エンコーダとしては、分解能が、例えば0.1nm程度のものが用いられている。なお、本実施形態のエンコーダでは、図3(B)に示されるように、検出光として格子RGの周期方向に長く延びる断面形状のレーザビームLBがヘッドから対向する格子RGに照射される。図3(B)では、格子RGと比較してビームLBを誇張して大きく図示している。

[0067] 図1に戻り、照明系10は、例えば特開2001-313250号公報（対応する米国特許出願公開第2003/0025890号明細書）などに開示されるように、光源と、オプティカルインテグレータ等を含む照度均一化光学系、レチクルブラインド等（いずれも不図示）を有する照明光学系とを含んでいる。この照明系10では、レチクルブラインドで規定されたレチクルR上のスリット状の照明領域を照明光（露光光）ILによりほぼ均一な照度で照明する。ここで、照明光ILとしては、一例としてArFエキシマレーザ光（波長193nm）が用いられている。また、オプティカルインテグレータとしては、フライアイレンズ、ロッドインテグレータ（内面反射型インテグレータ）あるいは回折光学素子などを用いることができる。

[0068] レチクルステージRST上には、回路パターンなどがそのパターン面（図1における下面）に形成されたレチクル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、レチクルステージ駆動系111（図1では不図示、図4参照）によって、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（ここでは図1における紙面内左右方向であるY軸方向）に指定された走査速度で駆動可能となっている。レチクルステージRSTの位置情報はレチクル干渉計116（図1では不図示、図4参照）によって常時計測されている。

[0069] 投影ユニットPUは、フランジFLGを介して、床面F上で不図示の防振

ユニットを介して複数本（例えば3本）の支持部材43により水平に支持されたメインフレーム41により保持されている。投影ユニットPUは、鏡筒40と、該鏡筒40内に所定の位置関係で保持された複数の光学素子を有する投影光学系PLとを含んでいる。投影光学系PLとしては、例えばZ軸方向と平行な光軸AXに沿って配列される複数のレンズ（レンズエレメント）を含む屈折光学系が用いられている。この投影光学系PLは、例えば両側テレセントリックで所定の投影倍率（例えば1/4倍、1/5倍又は1/8倍など）を有する。このため、照明系10からの照明光ILによってレチクルR上の照明領域IAR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（投影ユニットPU）を介してその照明領域IAR内のレチクルRの回路パターンの縮小像（回路パターンの一部の縮小像）が、表面にレジスト（感光剤）が塗布されたウエハW上の前記照明領域IARに共役な領域（露光領域）IAに形成される。なお、本実施形態では投影ユニットPUをメインフレーム41に載置するものとしたが、例えば国際公開第2006/038952号パンフレットに開示されているように、図1中で支持部材43を+Z側に延ばし、メインフレーム41に対して投影ユニットPUを3箇所吊り下げ支持しても良い。

[0070] なお、本実施形態の露光装置100では、液浸法を適用した露光が行われるため、投影光学系の大型化を防止し、かつペッツヴァルの条件を満足させるため、投影光学系としてミラーとレンズとを含んで構成される反射屈折系（カタディ・オプトリック系）を用いても良い。

[0071] また、本実施形態の露光装置100では、液浸法を適用した露光を行うため、投影光学系PLを構成する最も像面側（ウエハW側）の光学素子、ここではレンズ（以下、「先端レンズ」ともいう）191を保持する鏡筒40の下端部周囲を取り囲むように、局所液浸装置8の一部を構成する前述のノズルユニット32が設けられている。このノズルユニット32は、液体Lqの供給口及び回収口と、ウエハWが対向して配置され、かつ回収口が設けられる下面と、液体供給管31A及び液体回収管31Bとそれぞれ接続される供

給流路及び回収流路とを備えている。

- [0072] 本実施形態においては、液体供給管 31A、供給流路、及び供給口を介して、液体供給装置 5（図 2 では不図示、図 4 参照）から先端レンズ 191 とウエハ W との間に液体が供給されるとともに、回収口、回収流路、及び液体回収管 31B を介して、液体回収装置 6（図 2 では不図示、図 4 参照）によって、先端レンズ 191 とウエハ W との間から液体が回収されることにより、先端レンズ 191 とウエハ W との間に、一定量の液体 L_q （図 1 参照）が保持される。この場合、先端レンズ 191 とウエハ W との間に保持された液体 L_q は、常に入れ替わっている。
- [0073] なお、本実施形態では、液体として、ArF エキシマレーザ光（波長 193 nm の光）が透過する純水（以下、単に「水」という）を用いるものとする。ArF エキシマレーザ光に対する水の屈折率 n は、ほぼ 1.44 であり、この水の中では、照明光 I_L の波長は、 $193 \text{ nm} \times 1/n = \text{約} 134 \text{ nm}$ に短波長化される。なお、図 2 では、水 L_q で形成される液浸領域が符号 14 で示されている。
- [0074] また、投影ユニット PU 下方に計測ステージ MST が位置する場合にも、上記と同様に後述する計測テーブルと先端レンズ 191 との間に水を満たすことが可能である。
- [0075] さらに、本実施形態の露光装置 100 では、図 2 に示されるように、照射系 90a 及び受光系 90b から成る、例えば特開平 6-283403 号公報（対応する米国特許第 5,448,332 号明細書）等が開示されるものと同様の構成の斜入射方式の多点焦点位置検出系（以下、「多点 AF 系」と略述する）が設けられている。この多点 AF 系は、本実施形態では少なくとも X 軸方向に離れて配置される複数の計測点を有する。
- [0076] 図 4 には、露光装置 100 の制御系の主要な構成が示されている。この制御系は、装置全体を統括的に制御するマイクロコンピュータ（又はワークステーション）から成る制御装置 20 を中心として構成されている。
- [0077] 次に、本実施形態の露光装置 100 で行われる、ウエハステージ WST の

θ_z 回転の復帰のための計測動作について説明する。

- [0078] 前提として、干渉計システム 118A の各干渉計のリセットは、完了しているものとする。制御装置 20 は、作業者の指示に応じ、干渉計システム 118A の計測値に基づいて、ウエハステージ WST を駆動し、図 5 (A) に示される位置に位置させる。図 5 (A) では、便宜上、アライメント系 AL1、AL2₁~AL2₄、及びウエハステージ WST 以外の構成部分は、図示が省略されている (図 5 (B)、図 6 (A) 及び図 6 (B) においても同様)。
- [0079] 次いで、制御装置 20 は、干渉計システム 118A の各干渉計の計測値に基づいて、図 5 に矢印 F で示されるように、ウエハステージ WST を +Y 方向に駆動する。このとき、制御装置 20 は、干渉計システムの Y 干渉計の計測値の短期変動が無視できる程度の速度でウエハステージ WST を駆動することが望ましい。この駆動の途中で、図 5 (B) に示されるように、Y ヘッド 64y₁、64y₂ が、補助スケール 39Y₄、39Y₃ の +Y 端に対向するようになる。
- [0080] その後も、制御装置 20 により、ウエハステージ WST が上記速度で +Y 方向に駆動される。この結果、図 5 (B) の状態から、図 6 (A)、図 6 (B) の状態を経て、Y ヘッド 64y₁、64y₂ が、補助スケール 39Y₄、39Y₃ を Y 軸方向に横切る。
- [0081] 上記のウエハステージ WST の Y 軸方向の駆動中に、エンコーダの Y ヘッド 64y₁、64y₂ それぞれの受光系 64c (内部の光検出器) の出力信号 (光電変換信号) が、制御装置 20 に所定のサンプリング間隔で取り込まれる。本実施形態では、図 7 (A) に簡略化して示されるように、Y ヘッド 64y₁、64y₂ それぞれから射出されるレーザビーム LB の Y 軸方向のサイズが、補助スケール 39Y₄、39Y₃ の Y 軸方向のサイズ L₁ 及び隙間領域の Y 軸方向のサイズ L₂ より小さく、かつ第 2 撥水板 28b の +Y 側の端縁と補助スケール 39Y₄、39Y₃ との間に格子の存在しない隙間領域 (Y 軸方向のサイズは、レーザビーム LB のサイズの 1/2 以上) が設けられているので、

上記の駆動中に、例えばYヘッド64y₁、64y₂のそれぞれから、図7(B)に実線の曲線で示されるような光強度信号S₁が得られる。図7(B)において横軸はY位置であり、縦軸は光強度Iである。

[0082] 次に、図7(B)に示されるような光強度信号S₁が得られる原理について、図8～図10(B)に基づいて説明する。ここでは、図8に示されるように、レーザビームLBのY軸方向のサイズと格子RGのY軸方向のサイズL₁とがほぼ一致する場合について説明する。なお、図8では、ビームLB₁の光路等は図示が省略されている。

[0083] 本実施形態では、図8にビームLB₂について示されるように、格子RGで回折されレンズL_{2b}を経由した1次回折ビームは、ミラーR_{2b}で反射され、入射時とレンズL_{2b}の光軸に関して対称な光路に沿って格子RGに戻り、元の光路と平行な光路に沿って偏光ビームスプリッタPBSに戻る。このため、図9(A)に示されるように、レーザビームLBが、格子RGに一部が掛かっているとしてもその掛かっている部分がレーザビームLBの半分より少ない段階では、受光系64cには、回折光は戻らない(すなわち、エンコーダは有効とはならない)。なお、本実施形態では、レーザビームLBが、格子RGに一部が掛かっているとしてもその掛かっている部分がレーザビームLBの半分より少ない段階では、受光系64cには、回折光は戻らない構成の補助スケールを用いるものとしているが、これに限らず、各スケールに出力が0になる隙間領域(格子がない部分)を設け、これを補助スケールとして用いることとしても良い。

[0084] 一方、図9(A)の位置からウエハテーブルWTBが+Y方向に移動し、図9(B)に示されるように、レーザビームLBの半分が格子RGに掛かると、レーザビームLB₁、LB₂が同時に有効になり、レンズL_{2a}、L_{2b}の光軸を通る1次回折光の反射光が受光系64cに戻るようになる。

[0085] 図9(B)の位置からウエハテーブルWTBがさらに+Y方向に移動した図10(A)の段階では、レンズL_{2a}、L_{2b}の光軸を通る1次回折光に加え、レンズL_{2a}、L_{2b}の光軸の周囲を通るレーザビームLB₁、LB₂の

1次回折光の反射光が受光系64cに戻るようになる。

[0086] 図10(A)の位置からウエハテーブルWTBがさらに+Y方向に移動した図10(B)の段階では、レーザビームLBの全体が格子RGに照射されるようになり、受光系に戻るレーザビームLB₁、LB₂の1次回折光の反射光(光量)が最大になる。

[0087] その後、ウエハテーブルWTBがさらに+Y方向に移動すると、前と反対に、図10(A)、図9(B)と同様の状態を順次経ることで、受光系に戻る1次回折光の反射光が徐々に減少した後、レーザビームLBの1/2を超える部分が格子RGから外れた時点で、受光系64cには、回折光は戻らなくなる。

[0088] このように、レーザビームLBのY軸方向のサイズと格子RGのY軸方向のサイズL₁とがほぼ一致する場合には、光強度は、ウエハテーブルWTBの移動にともない徐々に増加し、最大光量となった後に徐々に減少するようになる。しかるに、本実施形態の場合、Yヘッド64y₁、64y₂それぞれから射出されるレーザビームLBのY軸方向のサイズが、補助スケール39Y₄、39Y₃のY軸方向のサイズL₁(及び隙間領域のY軸方向のサイズL₂)より小さいので、図10(B)の状態が所定時間(所定の移動区間)続くことになる。これにより、図7(B)に示されるような光強度信号S₁が得られるようになるのである。

[0089] 以上のようにして、図7(B)中の光強度信号S₁と同様の信号が、Yヘッド64y₁、64y₂のそれぞれから得られると、制御装置20は、それぞれの信号を用いて、次式に基づいて、補助スケール39Y₄、39Y₃のY軸方向の中央の点の位置座標Y₀を、補助スケール39Y₄、39Y₃それぞれの基準点の位置情報として求める。

$$[0090] \quad Y_0 = (Y_1 + Y_2) / 2 \quad \dots (1)$$

ここで、Y₁、Y₂は、光強度信号S₁と所定のスライスレベルSLとの交点のY座標である(図7(B)参照)。なお、補助スケールとして前述の格子がない部分を用いる(設ける)場合には、「格子がない部分」の中心を求

める方式でも良い。

[0091] ここで、Yヘッド64y₁、64y₂の光強度信号をそれぞれ用いて求められる、補助スケール39Y₄の39Y₃のY軸方向の中央の点の位置座標をY01、Y02とすると、Y01とY02とに差がある場合、補助スケール39Y₄、39Y₃のウエハテーブルWTB上の形成位置に誤差がないものと仮定すると、その差は、Yヘッド64y₁、64y₂の間のY軸方向に関する設置位置誤差に他ならず、一方、Yヘッド64y₁、64y₂のいずれにも設置位置誤差が無いものと仮定すると、その差は、補助スケール39Y₄、39Y₃のウエハテーブルWTB上における形成位置の誤差に他ならない。いずれにしても、制御装置20は、予め補助スケール39Y₄、39Y₃それぞれの基準点の位置情報、すなわち上述の位置座標Y01、Y02を、上述の手順で求めておき、それらの値をメモリに記憶しておく。

[0092] そして、ウエハステージWSTのリセット時などには、干渉計システム118Aを用いて、上述と同様の手順で、補助スケール39Y₄、39Y₃のY軸方向の中央の点の位置座標（それぞれY01'、Y02'とする）を求めた後、次式（2）に基づいてウエハテーブルWTBのθ_z回転誤差（ヨーイング量）Δθ_zを求め、θ_z回転誤差が零となるように、ウエハテーブルWTBをθ_z回転させた後、干渉計システム118AのX、Y干渉計をリセットする。

[0093]
$$\Delta \theta_z = \{ (Y01' - Y01) - (Y02' - Y02) \} / L \quad \dots\dots (2)$$

ここで、Lは、Yヘッド64y₁、64y₂間の設計上の距離である。なお、本実施形態では、距離Lは、前述したFDバー46上の一对の基準格子の間隔に一致しているものとする。また、距離Lは設計値でなく実測値でもよい。

[0094] ところで、上述の位置座標Y01、Y02を求める際に、エンコーダのヘッドの受光系で得られる光量（光強度）のレベルが何らかの理由で低下した場合、得られる光強度信号は、図7（B）中に点線で示される信号S2のようになる。かかる場合であっても、本実施形態では、光強度信号S2とスライス

レベルSLに2交点が存在する限り、次式(3)が成立するので、殆ど影響を受けない。

$$[0095] \quad Y_0 \doteq (Y_1' + Y_2') / 2 \doteq (Y_1 + Y_2) / 2 \quad \dots\dots (3)$$

なお、光強度信号Sの光強度のレベルが十分大きい場合には、図7(C)に示されるように、制御装置20は、予め実験又はシミュレーション等で求めたスライスレベルSLと、信号Sとの1つの交点のY座標 Y_0' 、すなわち補助スケール39 Y_4 、39 Y_3 の一端(例えば+Y端)の点のY座標を、補助スケール39 Y_4 、39 Y_3 それぞれの基準点におけるY位置情報として求めても良い。なお、FDバー46の一对の基準格子52を、ヘッド64 y_1 、64 y_2 を用いて、前述と同様の手順で計測して、その一对の基準格子52のY軸方向の中央の点のY位置情報を求めておくことで、計測ステージMST(計測ステージ干渉計システム118B)についても、ウエハステージWST(干渉計システム118A)と同様に θ_z 回転の復帰(リセット)が可能である。

[0096] 次に、露光装置100で行われる、プライマリアライメント系AL1の検出中心に対する、ステージエンコーダ70の各ヘッドの位置情報の計測動作について説明する。この計測では、図11(A)及び図11(B)に示されるような工具ウエハ W_M が用いられる。

[0097] 工具ウエハ W_M は、ウエハテーブルWTB上の各スケール表面を覆う前述のカバーガラスとほぼ同じ厚さのガラスウエハPを有し、該ガラスウエハPの上面には、図11(A)の平面図及び図11(B)の縦断面図に示されるように、2次元マーク M' が形成されている。2次元マーク M' は、ウエハW上のアライメントマークと同様に、プライマリアライメント系AL1で計測可能なマークである。また、この2次元マーク M' に対向するガラスウエハP(工具ウエハ W_M)の裏面には、図11(B)に示されるように、遮光膜SFが形成されている。遮光膜SFは、工具ウエハ W_M をウエハテーブルWTB上のウエハホルダに吸着させて、2次元マークMの計測を行う際に、ウエハホルダからの不要な光が、プライマリアライメント系AL1に入射すること

がないようにするものである。従って、このようなウエハホルダからの不要な戻り光の発生を考慮しなくても良いのであれば、遮光膜S Fは必ずしも形成する必要はない。

[0098] また、工具ウエハ W_M の裏面には、遮光膜S Fの近傍にステージエンコーダ70の各ヘッド64、64 y_1 、64 y_2 、又は67によって計測が可能な格子、例えば2次元の反射型回折格子TDGが形成されている。

[0099] この工具ウエハ W_M を用いた計測は、次のようにして行われる。この場合も、前提として、不図示の干渉計システム118Aの各干渉計のリセットは、完了しているものとする。

[0100] まず、制御装置20により、ウエハテーブルWTB上のウエハホルダ上に工具ウエハ W_M が、不図示のウエハ搬送系を介して搭載され、ウエハホルダによって吸着保持される。このとき、工具ウエハ W_M は、デバイス製造用のウエハ W と同様に、回転誤差が補正された状態でウエハホルダ上に搭載される。

[0101] 次に、工具ウエハ W_M 上面の2次元マーク M' がプライマリアライメント系AL1の検出視野内に位置するように、制御装置20は、干渉計システム118Aの各干渉計の計測値に基づいてウエハステージWSTをXY平面内で駆動する。そして、制御装置20は、プライマリアライメント系AL1を用いて2次元マーク M' の位置情報（検出中心に対する位置情報）を計測するとともに、その計測結果と、計測時の干渉計システム118Aの計測値と計測した位置情報とに基づいて、プライマリアライメント系の検出中心の位置座標（ x 、 y ）を算出し、メモリに記憶する。

[0102] 次に、制御装置20は、ステージエンコーダ70の任意のヘッド（以下、対象ヘッドと呼ぶ）の下方を、工具ウエハ W_M の格子TDGがY軸方向に横切るように、干渉計システム118Aの各干渉計の計測値に基づいてウエハステージWSTをXY平面内で駆動し、前述と同様の手順で、格子TDGの中央の点のY座標を、その対象ヘッドを用いて計測する。次いで、制御装置20は、対象ヘッドの下方を、工具ウエハ W_M の格子TDGがX軸方向に横切るように、干渉計システム118Aの各干渉計の計測値に基づいてウエハステ

ージWS TをXY平面内で駆動し、前述と同様の手順で、格子TDGの中央の点のX座標を、その対象ヘッドを用いて計測する。そして、制御装置20は、上記の格子TDGの位置座標(X, Y)を対象ヘッドの位置座標(X, Y)としてメモリに記憶する。

[0103] ここで、本実施形態では、先に説明したように、図7(B)に示されるようなヘッドが格子を横切る際に得られた光強度信号を用いて、対象ヘッドの位置座標(X, Y)を求めるので、Yヘッド64についてもX座標の計測が可能であり、同様にXヘッド67についてもY座標の計測が可能である。

[0104] 制御装置20は、ステージエンコーダ70の残りのヘッドの位置座標も上記と同様にして計測し、メモリに記憶する。

[0105] そして、制御装置20は、マークM'と格子TDGとの既知の位置関係と、計測した各ヘッドの位置座標と、計測したプライマリアライメント系AL1の検出中心の位置座標とに基づいて、プライマリアライメント系AL1の検出中心とステージエンコーダ70の全てのヘッドとの位置関係を算出し、メモリに記憶する。

[0106] 次に、主として各ロットのウエハに対する処理を開始する直前(ロット先頭)に行われる、セカンダリアライメント系AL2_n(n=1~4)のベースライン計測動作について説明する。ここで、セカンダリアライメント系AL2_nのベースラインとは、プライマリアライメント系AL1(の検出中心)を基準とする各セカンダリアライメント系AL2_n(の検出中心)の相対位置を意味する。なお、プライマリアライメント系AL1のベースライン(投影光学系PLによるパターン(例えばレチクルRのパターン)の投影位置とプライマリアライメント系AL1の検出中心との位置関係(又は距離))の計測(ベースラインチェック)については既に行われているものとする。また、セカンダリアライメント系AL2_n(n=1~4)は、例えばロット内のウエハのショットマップデータに応じて、前述の回転駆動機構60_nにより駆動されてX軸方向の位置が設定されているものとする。

[0107] ロット先頭に行われるセカンダリアライメント系のベースライン計測(以

下、適宜Sec-BCHKとも呼ぶ)に際しては、制御装置20は、まず、図12(A)に示されるように、ロット先頭のウエハW(プロセスウエハ)上の特定のアライメントマークをプライマリアライメント系AL1で検出し(図12(A)中の星マーク参照)、その検出結果と、その検出時のステージエンコーダ70の計測値とを対応付けてメモリに格納する。次いで、制御装置20は、ウエハステージWSTを-X方向に所定距離移動し、図12(B)に示されるように、上記の特定のアライメントマークを、セカンダリアライメント系AL2₁で検出し(図12(B)中の星マーク参照)、その検出結果と、その検出時の上記ステージエンコーダの計測値とを対応付けてメモリに格納する。

[0108] 同様にして、制御装置20は、ウエハステージWSTを+X方向に移動して上記の特定のアライメントマークを、残りのセカンダリアライメント系AL2₂、AL2₃、AL2₄で順次検出し、その検出結果と検出時のステージエンコーダの計測値とを、順次対応付けてメモリに格納し、制御装置20は、上記の処理結果に基づいて、各セカンダリアライメント系AL2_nのベースラインをそれぞれ算出する。

[0109] このように、ロット先頭のウエハW(プロセスウエハ)を用いて、そのウエハW上の同一のアライメントマークをプライマリアライメント系AL1と各セカンダリアライメント系AL2_nとで検出することで、各セカンダリアライメント系AL2_nのベースラインを求めることから、この計測により、結果的に、プロセスに起因するアライメント系間の検出オフセットの差も補正される。なお、ウエハのアライメントマークの代わりに、ウエハステージWST又は計測ステージMST上の基準マークを用いて、セカンダリアライメント系AL2_nのベースライン計測を行っても良い。また、本実施形態ではプライマリアライメント系AL1及びセカンダリアライメント系AL2_nがそれぞれ2次元マーク(X、Yマーク)を検出可能であるので、セカンダリアライメント系AL2_nのベースライン計測時に2次元マークを用いることで、セカンダリアライメント系AL2_nのX軸及びY軸方向のベースラインを同時に求

めることができる。

- [0110] 次に、ロット内のウエハの処理中に、所定のタイミング、例えばウエハの露光終了から次のウエハのウエハテーブルMTB上へのロードが完了するまでの間（すなわちウエハ交換中）に行われるSec-BCHKの動作について説明する。この場合のSec-BCHKは、ウエハ交換毎というインターバルで行われるので、以下ではSec-BCHK（インターバル）とも記述する。
- [0111] このSec-BCHK（インターバル）に際しては、制御装置20は、図13に示されるように、プライマリアライメント系AL1の検出中心が配置される上記直線LVとセンターラインCLがほぼ一致し、かつFDバー46がプライマリアライメント系AL1及びセカンダリアライメント系AL2_nに対向するように計測ステージMSTを移動する。そして、FDバー46上の一对の基準格子52とそれぞれ対向するYヘッド64y₁、64y₂の計測値に基づいて、FDバー46のθ_z回転を調整するとともに、計測テーブルMTBのセンターラインCL上又はその近傍に位置する基準マークMを検出するプライマリアライメント系AL1の計測値に基づいて例えば干渉計の計測値を用いてFDバー46のXY位置を調整する。
- [0112] そして、この状態で、制御装置20は、4つのセカンダリアライメント系AL2₁~AL2₄を用いて、それぞれのセカンダリアライメント系の視野内にあるFDバー46上の基準マークMを同時に計測することで、4つのセカンダリアライメント系AL2₁~AL2₄のベースラインをそれぞれ求める。そして、その後の処理に際しては、新たに計測したベースラインを用いることで、4つのセカンダリアライメント系AL2₁~AL2₄のベースラインのドリフトが補正される。
- [0113] なお、上記のSec-BCHK（インターバル）は、複数のセカンダリアライメント系による異なる基準マークの同時計測によって行うものとしたが、これに限らず、FDバー46上の同一の基準マークMを、複数のセカンダリアライメント系で順次（非同時に）計測することで、4つのセカンダリアライメント系AL2₁~AL2₄のベースラインをそれぞれ求めることとしても良い。

- [0114] 上述のようにして、セカンダリアライメント系AL2₁~AL2₄のベースラインが求められる結果、このベースラインと、先に計測されメモリ内に記憶されている、プライマリアライメント系の検出中心とステージエンコーダ70の全てのヘッドとの位置関係とに基づいて、セカンダリアライメント系AL2₁~AL2₄のそれぞれとステージエンコーダの各ヘッドとの位置関係も求められる。従って、後述するウエハアライメントの結果に基づいて、ステージエンコーダを用いて露光の際のウエハステージの位置を制御することで、精度良く、レチクルパターンの投影位置にウエハW上の各ショット領域を位置合わせすることが可能になる。
- [0115] 本実施形態の露光装置100では、ウエハステージWSTと計測ステージMSTとを用いた並行処理動作が行われる。この並行処理動作中、ウエハステージWSTのXY面内の位置は、主にステージエンコーダ70を用いて計測され、ステージエンコーダ70が使用できない範囲で、干渉計システム118Aを用いて計測される。また、計測ステージMSTの位置は、計測ステージ干渉計システム118Bを用いて計測される。そして、露光装置100では、ウエハステージWSTに載置されるウエハW上に、局所液浸装置8を用いて液浸領域14を形成し、投影光学系PL及び液浸領域14の液体Lqを介して照明光ILでウエハWの露光動作が行われる。この露光動作は、制御装置20により、事前に行われたアライメント系AL1、AL2₁~AL2₄によるウエハアライメント(EGA)の結果及びアライメント系AL1、AL2₁~AL2₄の最新のベースライン等に基づいて、ウエハW上の各ショット領域の露光のための走査開始位置(加速開始位置)へウエハステージWSTが移動されるショット間移動動作と、各ショット領域に対するレチクルRに形成されたパターンを走査露光方式で転写する走査露光動作とを繰り返すことにより行われる。そして、ウエハステージWST上へのウエハのロード(又は交換)を行っている間に、制御装置20は、計測ステージMSTに支持されたFDバー46を用いて、プライマリアライメント系AL1に対する4つのセカンダリアライメント系の相対位置を計測するSec-BCHK(インターバ

ル)を行う。

- [0116] 更に、ウエハロード（又は交換）が終了したウエハステージWSTがアライメント系AL1、AL2₁~AL2₄直下に移動してきた際には、制御装置20は、以下のようにして、アライメント動作を実行する。
- [0117] なお、本実施形態におけるアライメント動作では、図14（C）に示されるレイアウト（ショットマップ）で複数のショット領域が形成されているウエハW上の着色された16個のショット領域ASを、アライメントショット領域とするものとする。なお、図14（A）、図14（B）では、計測ステージMSTの図示は省略されている。
- [0118] 前提として、セカンダリアライメント系AL2₁~AL2₄は、アライメントショット領域ASの配置に合わせて、X軸方向の位置調整（回転駆動機構60_nを用いた位置調整）が事前に行われているものとする。
- [0119] まず、制御装置20は、不図示のローディングポジション（図14（A）の右下側）に位置決めされたウエハステージWSTを、図14（A）に示される位置よりもやや下側（ウエハWの中心が、直線LV上に位置する所定の位置（後述するアライメント開始位置））に移動させる。この移動は、ステージエンコーダ70及び干渉計システム118Aを用いて計測されたウエハステージWSTの位置情報に基づいて行われる。
- [0120] 次に、制御装置20は、ステージエンコーダ70の計測値に基づいて、ウエハステージWSTを+Y方向に所定距離移動して図14（A）に示される位置に位置決めし、プライマリアライメント系AL1、セカンダリアライメント系AL2₂、AL2₃を用いて、3つのファーストアライメントショット領域ASに付設されたアライメントマークをほぼ同時にかつ個別に検出し（図14（A）中の星マーク参照）、上記3つのアライメント系AL1、AL2₂、AL2₃の検出結果とその検出時のステージエンコーダ70の計測値とを関連付けて不図示のメモリに格納する。なお、このときアライメントマークを検出していない、両端のセカンダリアライメント系AL2₁、AL2₄は、ウエハテーブルWTB（又はウエハ）に検出光を照射しないようにしても良いし

、照射するようにしても良い。また、本実施形態のウエハアライメントでは、プライマリアライメント系AL1がウエハテーブルWTBのセンターライン上に位置されるように、ウエハステージWSTはそのX軸方向の位置が設定され、このプライマリアライメント系AL1はウエハWの子午線上に位置するアライメントショット領域のアライメントマークを検出する。

[0121] 次に、制御装置20は、ステージエンコーダ70の計測値に基づいて、ウエハステージWSTを+Y方向に所定距離移動して5つのアライメント系AL1, AL2₁~AL2₄がウエハW上の5つのセカンドアライメントショット領域ASに付設されたアライメントマークをほぼ同時にかつ個別に検出可能となる位置に位置決めし、5つのアライメント系AL1, AL2₁~AL2₄を用いて、5つのアライメントマークをほぼ同時にかつ個別に検出し、上記5つのアライメント系AL1, AL2₁~AL2₄の検出結果とその検出時のステージエンコーダ70の計測値とを関連付けて不図示のメモリに格納する。

[0122] 次に、制御装置20は、ステージエンコーダ70の計測値に基づいて、ウエハステージWSTを+Y方向に所定距離移動して5つのアライメント系AL1, AL2₁~AL2₄がウエハW上の5つのサードアライメントショット領域ASに付設されたアライメントマークをほぼ同時にかつ個別に検出可能となる位置に位置決めし、5つのアライメント系AL1, AL2₁~AL2₄を用いて、5つのアライメントマークをほぼ同時にかつ個別に検出し（図14（B）中の星マーク参照）、上記5つのアライメント系AL1, AL2₁~AL2₄の検出結果とその検出時のステージエンコーダ70の計測値とを関連付けて不図示のメモリに格納する。

[0123] 次に、制御装置20は、ステージエンコーダ70の計測値に基づいて、ウエハステージWSTを+Y方向に所定距離移動してプライマリアライメント系AL1, セカンダリアライメント系AL2₂, AL2₃を用いて、ウエハW上の3つのフォースアライメントショット領域ASに付設されたアライメントマークをほぼ同時にかつ個別に検出可能となる位置に位置決めし、上記3つのアライメント系AL1, AL2₂, AL2₃を用いて、3つのアライメントマ

ークをほぼ同時にかつ個別に検出し、上記3つのアライメント系AL₁, AL₂, AL₃の検出結果とその検出時のステージエンコーダ70の計測値とを関連付けて不図示のメモリに格納する。

[0124] そして、制御装置20は、このようにして得た合計16個のアライメントマークの検出結果及び対応するステージエンコーダ70の計測値と、セカンダリアライメント系AL_{2n}のベースラインとを用いて、例えば特開昭61-044429号公報（及び対応する米国特許第4,780,617号明細書）などに開示されるEGA方式の統計演算を行って、ステージエンコーダ70（4つのヘッドユニット）の計測軸で規定される座標系（例えば、投影光学系PLの光軸を原点とするXY座標系）上におけるウエハW上の全てのショット領域の配列（座標値）を算出する。

[0125] このように、本実施形態では、ウエハステージWSTを+Y方向に移動させ、その移動経路上における4箇所（箇所）にウエハステージWSTを位置決めすることにより、合計16個のアライメントショット領域ASにおけるアライメントマークの位置情報を、16個のアライメントマークを単一のアライメント系で順次検出する場合などに比べて、格段に短時間で得ることができる。この場合において、例えばアライメント系AL₁, AL₂, AL₃について見れば特に分かり易いが、上記のウエハステージWSTの移動と連動して、アライメント系AL₁, AL₂, AL₃はそれぞれ、検出視野内に順次配置される、Y軸方向に沿って配列された複数のアライメントマークを検出する。このため、上記のアライメントマークの位置計測に際して、ウエハステージWSTをX軸方向に移動させる必要が無いようになっている。

[0126] また、この場合、ウエハステージWSTのXY面内での位置（特にY位置（すなわち、複数のアライメント系に対するウエハWの進入度合い））によって、複数のアライメント系により同時検出されるウエハW上のアライメントマークの検出点数（計測点数）が異なるので、ウエハステージWSTを複数のアライメント系の配列方向（X軸方向）に直交するY軸方向に移動する際に、ウエハW上の互いに異なる位置のマークを、ウエハステージWSTの

Y軸方向の位置に応じて、換言すればウエハW上のショット配列に応じて、必要な数のアライメント系を用いて同時に検出することができる。

[0127] なお、本実施形態では、上記アライメントにおいてウエハステージWSTが移動している間に、照射系90a及び受光系90bから成る多点AF系を用いて、ウエハWの表面全面のZ位置を取得している。

[0128] その後、制御装置20は、前述のウエハアライメント(EGA)の結果及び予め計測したプライマリアライメント系のベースライン等に基づいて、ステップ・アンド・スキャン方式の液浸露光を行い、ウエハW上の複数のショット領域にレチクルパターンを順次転写する。以降、ロット内の残りのウエハに対して同様の動作が繰り返し行われる。なお、露光中のウエハステージWSTのZ軸方向に関する制御は、多点AF系を用いてアライメント中に取得されたウエハWの表面全面のZ位置に基づいてウエハステージWSTのZ軸、 θ_x 及び θ_y 方向の位置制御を行う前述した他の計測装置により行われる。

[0129] 以上説明したように、本実施形態によると、ウエハテーブルWTB(ウエハステージWST)の上面のX軸方向の両端部にYスケール39Y₁、39Y₂がそれぞれ配置され、Yスケール39Y₁、39Y₂それぞれの+Y側、すなわちウエハテーブルWTBの+Y側のエッジ近傍に、Y軸方向を格子の周期方向としYスケール39Y₁、39Y₂に比べて周期方向のサイズが小さい補助スケール39Y₃、39Y₄が配置されている。このため、前述の如く、干渉計システム118Aの計測値に基づいて、補助スケール39Y₃、39Y₄を、ステージエンコーダの2つのYヘッド64y₂、64y₁が、それぞれ横切るように、ウエハステージWSTを+Y方向に駆動し、その駆動中に得られたYヘッド64y₂、64y₁の光電変換信号(光強度信号)とスライスレベルSLとの2交点のY座標に基づいて、補助スケール39Y₃、39Y₄のY軸方向の midpoint のY座標を、ウエハテーブルWTBのX軸方向両端部の基準点におけるY位置情報として求める。このようなウエハテーブルWTBの基準点のY位置情報の検出を、所定のタイミングで行っておくことで、次に基準点のY位置情

報の検出を行うまでの間は、その基準点のY位置情報を用いることで、前述した如く、ウエハステージ（干渉計システム）のリセット時における、 θ_z 回転の復帰を再現良く行うことができる。

[0130] また、上記のウエハテーブルWTBのX軸方向両端部の基準点におけるY位置情報の計測と同様の計測を、ステージエンコーダ70の各ヘッドについて行うことで、各ヘッドの位置情報を正確に求めることが可能になる。

[0131] そして、上述のような計測（一種のキャリブレーション処理）を行った後においては、ステージエンコーダ70を用いてウエハステージWSTの位置制御を精度良く行うことが可能になる。

[0132] また、本実施形態に係る露光装置100では、前述した如く、工具ウエハ W_M を用いても、ステージエンコーダの位置情報を精度良く計測することができる。この場合には、プライマリアライメント系AL1の検出中心と各ヘッドとの位置関係を精度良く求めることができるとともに、ヘッド間の位置関係も求めることができる。

[0133] また、露光開始に先立って上記の各計測が行われる場合、露光の際、前記計測結果を考慮して、ウエハに対するパターンの形成のため、ウエハステージWSTの位置を位置計測システム200のステージエンコーダ70を用いて精度良く管理することが可能になり、これにより、ウエハ上に精度良くパターンを形成することが可能になる。

[0134] なお、上記実施形態では、ウエハテーブルWTB（ウエハステージWST）の上面のX軸方向の両端部にYスケール $39Y_1$ 、 $39Y_2$ がそれぞれ配置され、Yスケール $39Y_1$ 、 $39Y_2$ それぞれの+Y側、すなわちウエハテーブルWTBの+Y側のエッジ近傍に、Y軸方向を格子の周期方向としYスケール $39Y_1$ 、 $39Y_2$ に比べて周期方向のサイズが小さい補助スケール $39Y_3$ 、 $39Y_4$ が配置されている場合について説明したが、本発明がこれに限定されるものではない。例えば、補助スケール $39Y_3$ 、 $39Y_4$ の一方のみが、ウエハテーブルWTB上に設けられていても良い。かかる場合であっても、例えばステージエンコーダ70の各ヘッドの位置情報の計測は、前述と同様の手順

で可能である。

- [0135] あるいは、補助スケール $39Y_3$ 、 $39Y_4$ が形成された領域に、格子以外のパターンを形成する、あるいは、パターンを一切設けないこととして、エンコーダのヘッド、又はその他のウエハステージWSTの位置情報を計測する計測装置の何らかのキャリブレーションに用いる、キャリブレーションエリアを形成しても良い。かかる場合には、キャリブレーションエリアを用いて所定のキャリブレーション処理を、ウエハステージWSTを移動させて行うことが可能になる。
- [0136] なお、上記実施形態では、アライメント装置99がセカンダリアライメント系を4本備える場合について説明したが、これに限らず、セカンダリアライメント系は、任意の本数とすることが可能である。また、プライマリアライメント系AL1は1本に限らず複数本でも良いし、セカンダリアライメント系と同様、XY面内で駆動可能な構成を採用することとしても良い。
- [0137] なお、上記各アライメント系としては、FIA系に限らず、コヒーレントな検出光を対象マークに照射し、その対象マークから発生する散乱光又は回折光を検出する、あるいはその対象マークから発生する2つの回折光（例えば同次数の回折光、あるいは同方向に回折する回折光）を干渉させて検出するアライメントセンサを単独であるいは適宜組み合わせることは勿論可能である。
- [0138] なお、上記実施形態では、ウエハが対向して配置される下面を有するノズルユニットを用いるものとしたが、これに限らず、例えば、国際公開第99/49504号パンフレットに開示されるように、ノズルを多数有する構成を採用することとしても良い。要は、投影光学系PLを構成する最下端の光学部材（先端レンズ）191とウエハWとの間に液体を供給することができるのであれば、その構成はいかなるものであっても良い。例えば、国際公開第2004/053955号パンフレットに開示されている液浸機構、欧州特許公開第1420298号公報に開示されている液浸機構も本実施形態の露光装置に適用することができる。

- [0139] なお、上記実施形態では、ウエハステージWST側で各ウエハの交換を行っている間に、計測ステージMST側ではFDバー46を用いて、Sec-BCHK（インターバル）を行う場合について説明したが、これに限らず、計測ステージMSTの計測器群を用いて、照度むら計測（及び照度計測）、空間像計測、波面収差計測などの少なくとも一つを行い、その計測結果をその後に行われるウエハの露光に反映させることとしても良い。具体的には、例えば、計測結果に基づいて投影光学系PLの調整を行うこととすることができる。また、ウエハ交換中は計測ステージMST上に液浸領域を保持しておき、計測ステージとの交換でウエハステージWSTが投影ユニットPUの直下に配置されるとき、計測ステージ上の液浸領域をウエハステージ上に移動することとしても良い。
- [0140] なお、上記実施形態では、ウエハステージWSTが、ステージ本体91とウエハテーブルWTBとを含むものとしたが、これに限らず、6自由度で移動可能な単一のステージをウエハステージWSTとして採用しても良い。また、反射面に代えて、ウエハテーブルWTBに平面ミラーから成る移動鏡を設けても良い。また、計測ステージの構成としては、上記実施形態で説明したものに限らず、例えば、計測テーブルMTBを、ステージ本体92に対してX軸方向、Y軸方向及び θ_z 方向に微動可能に構成したいわゆる粗微動構造の計測ステージMSTを採用しても良いし、あるいは、計測テーブルMTBをステージ本体92に固定し、その計測テーブルMTBを含むステージ本体92を6自由度方向に駆動可能な構成にしても良い。
- [0141] なお、上記実施形態では、液体として純水（水）を用いるものとしたが、本発明がこれに限定されないことは勿論である。液体としては、化学的に安定で、照明光ILの透過率が高く安全な液体、例えばフッ素系不活性液体を使用しても良い。このフッ素系不活性液体としては、例えばフロリナート（米国スリーエム社の商品名）が使用できる。このフッ素系不活性液体は冷却効果の点でも優れている。また、液体として、照明光ILに対する屈折率が、純水（屈折率は1.44程度）よりも高い、例えば1.5以上の液体を用

いても良い。この液体としては、例えば、屈折率が約 1.50 のイソプロパノール、屈折率が約 1.61 のグリセロール（グリセリン）といった C-H 結合あるいは O-H 結合を持つ所定液体、ヘキサン、ヘプタン、デカン等の所定液体（有機溶剤）が挙げられる。あるいは、これら所定液体のうち任意の 2 種類以上の液体が混合されたものであっても良いし、純水に上記所定液体が添加（混合）されたものであっても良い。あるいは、液体としては、純水に、 H^+ 、 Ca^{2+} 、 K^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 PO_4^{2-} 等の塩基又は酸を添加（混合）したものであっても良い。更には、純水に Al 酸化物等の微粒子を添加（混合）したものであっても良い。これら液体は、ArF エキシマレーザー光を透過可能である。また、液体としては、光の吸収係数が小さく、温度依存性が少なく、投影光学系（先端の光学部材）、及び／又はウエハの表面に塗布されている感光材（又は保護膜（トップコート膜）あるいは反射防止膜など）に対して安定なものであることが好ましい。また、 F_2 レーザを光源とする場合は、フロンブリンオイルを選択すれば良い。

[0142] また、上記実施形態で、回収された液体を再利用するようにしても良く、この場合は回収された液体から不純物を除去するフィルタを液体回収装置、又は回収管等に設けておくことが望ましい。さらに、上記実施形態では露光装置が前述した局所液浸装置 8 の全てを備えるものとしたが、局所液浸装置 8 の一部（例えば、液体供給装置及び／又は液体回収装置など）は、露光装置が備えている必要はなく、例えば露光装置が設置される工場等の設備を代用しても良い。

[0143] なお、上記実施形態では、露光装置が液浸型の露光装置である場合について説明したが、これに限られるものではなく、液体（水）を介さずにウエハ W の露光を行うドライタイプの露光装置にも採用することができる。

[0144] 《第 2 の実施形態》

次に、本発明の第 2 の実施形態について、図 15～図 23 に基づいて説明する。ここで、前述した第 1 の実施形態と同一若しくは同等の構成部分については同一の符号を用いるとともに、その説明を簡略若しくは省略する。

- [0145] 図15には、第2の実施形態の露光装置300の概略構成が示されている。露光装置300は、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置、すなわち、いわゆるスキャナである。
- [0146] 露光装置300は、照明系10、レチクルRを保持するレチクルステージRST、投影ユニットPU、ウエハWが載置されるウエハステージWSTを含むウエハステージ装置150、及びこれらの制御系等を備えている。露光装置300は、ウエハステージWSTの位置情報を計測するエンコーダシステムの構成が、第1の実施形態の露光装置100と異なる。また、露光装置300には、局所液浸装置が設けられていない点も、露光装置100と相違する。
- [0147] 投影ユニットPUの鏡筒40の-Z側端部の周囲には、鏡筒40の下端面とほぼ同一面となる高さで、スケール板21がXY平面に平行に配置されている。スケール板21は、本第2の実施形態では、その一部に鏡筒40の-Z側端部が挿入される円形の開口、及びアライメント系ALGの-Z側端部が挿入される円形の開口を有する矩形のプレートから成り、不図示のボディから吊り下げ支持されている。スケール板21の下面(-Z側の面)には、Y軸方向を周期方向とする所定ピッチ、例えば1 μ mの格子と、X軸方向を周期方向とする所定ピッチ、例えば1 μ mの格子とから成る反射型の2次元回折格子RG(図17参照)が形成されている。
- [0148] ウエハステージ装置150は、床面上に複数(例えば3つ又は4つ)の防振機構(図示省略)によってほぼ水平に支持されたベース盤12、該ベース盤12の上方に配置されたウエハステージWST、該ウエハステージWSTを駆動するウエハステージ駆動系27(図22参照)、エンコーダシステム170(図22参照)、及びウエハステージ干渉計システム(以下、干渉計システムと略述する)218(図22参照)等を備えている。
- [0149] ウエハステージWSTは、図15に示されるように、ステージ本体91と、該ステージ本体91の上方に配置され、不図示のZ・チルト駆動機構によって、ステージ本体91に対して非接触で支持されたウエハテーブルWTB

とを有している。この場合、ウエハテーブルWTBは、Z・チルト駆動機構によって、電磁力等の上向きの力（斥力）と、自重を含む下向きの力（引力）との釣り合いを3点で調整することで、非接触で支持されるとともに、Z軸方向、 θ_x 方向、及び θ_y 方向の3自由度方向に微小駆動される。

[0150] ウエハステージWSTは、複数のエアベアリング（不図示）によってベース盤12の上方に所定のクリアランス、例えば数 μm 程度のクリアランスを介して浮上支持され、ウエハステージ駆動系27によって、X軸方向、Y軸方向及び θ_z 方向に駆動される。従って、ウエハテーブルWTBは、ベース盤12に対して、6自由度方向に駆動可能である。

[0151] ウエハテーブルWTB上には、不図示のウエハホルダを介してウエハWが載置され、不図示のチャック機構によって例えば真空吸着（又は静電吸着）され、固定されている。

[0152] また、ウエハステージWSTのXY平面内の位置情報は、エンコーダシステム170によって計測可能に構成されている。以下、エンコーダシステム170の構成等について詳述する。

[0153] ウエハテーブルWTBには、図16の平面図に示されるように、その4隅にそれぞれエンコーダヘッド（以下、適宜、ヘッドと略述する）60A~60Dが取り付けられている。これらのヘッド60A~60Dは、図17にヘッド60Cを代表的に取り上げて示されるように、計測ビームの射出端を+Z方向に向けてウエハテーブルWTBに形成されたZ軸方向の貫通孔内に収容され、ウエハテーブルWTBに固定されている。

[0154] 図16において、ウエハテーブルWTBの一方の対角線上に位置する一対のヘッド60A、60Cは、Y軸方向を計測方向とするヘッドである。また、ウエハテーブルWTBのもう一方の対角線上に位置する一対のヘッド60B、60Dは、X軸方向を計測方向とするヘッドである。ヘッド60A~60Dのそれぞれとしては、前述の第1の実施形態のヘッド64、66等と同様の構成のものが用いられている。ヘッド60A~60Dと同様の構成については、例えば米国特許第7,238,931号明細書、及び国際公開第2

007/083758号パンフレットなどに開示されている。ただし、各ヘッドを構成する、光源及び光検出器は各ヘッドの外部に設け、光学系のみを各ヘッドの本体部内に設け、光源及び光検出器と、光学系とを、光ファイバを含む光通信経路を介して光学的に接続しても良い。

[0155] ヘッド60A、60Cは、スケール板21の2次元回折格子RGに計測ビーム（計測光）を照射し、2次元回折格子RGを構成するY軸方向を周期方向とする格子からの回折ビームを受光して、ウエハステージWSTのY軸方向の位置を計測するYリニアエンコーダ170A、170C（図22参照）をそれぞれ構成する。また、ヘッド60B、60Dは、スケール板21の2次元回折格子RGに計測ビームを照射し、2次元回折格子RGを構成するX軸方向を周期方向とする格子からの回折ビームを受光して、ウエハステージWSTのX軸方向の位置を計測するXリニアエンコーダ170B、170D（図22参照）をそれぞれ構成する。

[0156] また、ウエハテーブルWTBには、図16に示されるように、例えば、投影光学系PLの像面上で照明光ILを受光するピンホール状の受光部を有する照度むらセンサ94、投影光学系PLにより投影されるパターンの空間像（投影像）の光強度を計測する空間像計測器96、及び基準マークFMが形成された基準板などの、各種計測用部材が設けられている。計測用部材として、及び例えば国際公開第03/065428号パンフレットなどに開示されているシャック-ハルトマン（Shack-Hartman）方式の波面収差計測器などを採用しても良い。なお、上記各センサに加え、例えば特開平11-016816号公報（対応する米国特許出願公開第2002/0061469号明細書）などに開示される、投影光学系PLの像面上で照明光ILを受光する所定面積の受光部を有する照度モニタを採用しても良い。

[0157] また、スケール板21の下面（-Z側の面）には、図18（A）に示されるように、2次元回折格子RGの内部に、補助スケール139Y₁、139Y₂、139X₁、139X₂が形成されている。ここで、図18（B）に拡大して示される補助スケール139X₂のように、補助スケール139Y₁、13

9 Y₂、139 X₁、139 X₂は、2次元回折格子RGにより所定サイズの間領域（格子線がない領域）を介して囲まれている。

[0158] 補助スケール139 Y₁、139 Y₂は、それぞれ、ヘッド60A、60Cのキャリブレーション用の補助スケールで、図18(A)に示されるように、それぞれ、2次元回折格子RG内の-X側及び+Y側に配置されている。なお、補助スケール139 Y₁、139 Y₂の位置関係は、ヘッド60A、60Cのそれにほぼ等しい（図23参照）。補助スケール139 Y₁、139 Y₂は、前述の補助スケール39 Y₃、39 Y₄と同様のY軸方向を周期方向とする反射型の格子（例えば回折格子）によって構成されている。

[0159] また、補助スケール139 X₁、139 X₂は、それぞれ、ヘッド60B、60Dのキャリブレーション用の補助スケールで、図18(A)に示されるように、それぞれ、2次元回折格子RG内の+X、-Y側の端部及び-X、+Y側の端部の近傍に配置されている。なお、補助スケール139 X₂の補助スケール139 Y₁、139 Y₂との位置関係は、ヘッド60Dのヘッド60A、60Cとの位置関係にほぼ等しい（図23参照）。補助スケール139 X₁、139 X₂は、補助スケール139 Y₁、139 Y₂と同様ではあるが、周期方向をX軸方向とする反射型の格子（例えば回折格子）によって構成されている。なお、図18(A)では、便宜上、ベース盤12は図示が省略されている。図19～図21及び図23においても同様である。

[0160] なお、補助スケール139 Y₁、139 Y₂、139 X₁、139 X₂は、図19(A)に示される露光中及び図19(B)に示されるアライメント計測中に、ヘッド60A、60C、60B、60Dがそれらを走査し得ない位置に配置されている。また、この補助スケールの配置において、図20(A)に示される照度むらセンサ94を用いた照明光ILの照度むら計測時、図20(B)に示される空間像計測器96を用いた投影光学系PLの光学特性の計測時、図21(A)及び図21(B)にそれぞれ示される投影光学系PL及びアライメント系ALGを用いた基準マークFMの検出時においても、ヘッド60A、60C、60B、60Dは補助スケール139 Y₁、139 Y₂

、 $139X_1$ 、 $139X_2$ を走査し得ない。

[0161] 本第2の実施形態では、補助スケール $139Y_1$ 、 $139Y_2$ 、 $139X_1$ 、 $139X_2$ が形成された領域を含む所定範囲の領域が、キャリブレーションエリアとなっている。

[0162] また、本第2の実施形態では、ウエハテーブルWTBの位置は、干渉計システム218（図22参照）によって、エンコーダシステム170とは独立して、計測可能に構成されている。

[0163] 干渉計システム218は、図16に示されるように、ウエハテーブルWTBの反射面17aにY軸方向の測長ビームを複数照射する少なくとも1つのY干渉計 $218Y$ と、反射面17bに1又は2以上のY軸方向の測長ビームを照射する複数、ここでは2つのX干渉計 $218X_1$ 、 $218X_2$ とを備えている（図16及び図22参照）。

[0164] Y干渉計 $218Y$ のY軸方向に関する実質的な測長軸は、投影光学系PLの光軸AXと、アライメント系ALGの検出中心とを通るY軸方向の直線である。Y干渉計 $218Y$ は、ウエハテーブルWTBのY軸方向、 θ_z 方向及び θ_x 方向の位置情報を計測する。

[0165] また、X干渉計 $218X_1$ のX軸方向に関する実質的な測長軸は、投影光学系PLの光軸AXを通るX軸方向の直線である。X干渉計 $218X_1$ は、ウエハテーブルWTBのX軸方向、 θ_y 方向（及び θ_z 方向）の位置情報を計測する。

[0166] また、X干渉計 $218X_2$ の測長軸は、アライメント系ALGの検出中心を通るX軸方向の直線である。X干渉計 $218X_1$ は、ウエハテーブルWTBのX軸方向及び θ_y 方向の位置情報を計測する。

[0167] なお、例えば、上記反射面17a、17bに代えて、ウエハテーブルWTBの端部に、平面ミラーからなる移動鏡を取り付けても良い。また、ウエハテーブルWTBにXY平面に対し 45° 傾斜した反射面を設け、該反射面を介してウエハテーブルWTBのZ軸方向の位置を計測するようにしても良い。

- [0168] 干渉計システム218の各干渉計の計測値は、制御装置20に供給されている。但し、本第2の実施形態では、ウエハステージWST（ウエハテーブルWTB）のXY平面内の位置情報（ θ_z 方向の位置情報（回転情報）を含む）は、主として、上述したエンコーダシステム170によって計測され、干渉計218Y、218X₁、218X₂の計測値は、そのエンコーダシステム170のキャリブレーションの際、あるいはエンコーダシステム170の出力異常時のバックアップ用などとして補助的に用いられる。
- [0169] アライメント系ALGは、投影光学系PLの-Y側に所定間隔を隔てて配置されている。アライメント系ALGとして、例えば画像処理方式のFIA（Field Image Alignment）系が用いられている。アライメント系ALGからの撮像信号は、制御装置20に供給される。
- [0170] なお、アライメント系ALGとしては、FIA系に限らず、例えばコヒーレントな検出光を対象マークに照射し、その対象マークから発生する散乱光又は回折光を検出する、あるいはその対象マークから発生する2つの回折光（例えば同次数の回折光、あるいは同方向に回折する回折光）を干渉させて検出するアライメントセンサを単独であるいは適宜組み合わせて用いることは勿論可能である。
- [0171] その他、本第2の実施形態の露光装置300には、投影ユニットPUの近傍に、前述の多点AF系（90a、90b）と同様の多点AF系AF（図15では不図示、図22参照）が設けられている。多点AF系AFの検出信号は、不図示のAF信号処理系を介して制御装置20に供給される（図22参照）。制御装置20は、多点AF系AFの検出信号に基づいて、各検出点におけるウエハW表面のZ軸方向の位置情報を検出し、その検出結果に基づいて走査露光中のウエハWのいわゆるフォーカス・レベリング制御を実行する。なお、アライメント検出系ALGの近傍に多点AF系を設けて、ウエハラライメント時にウエハ表面の面位置情報（凹凸情報）を事前に取得し、露光時には、その面位置情報とウエハテーブルWTBのZ軸方向の位置を検出する別のセンサの計測値とを用いて、ウエハWのいわゆるフォーカス・レベリ

ング制御を実行することとしても良い。

- [0172] 露光装置 100 では、さらに、レチクル R の上方に、露光波長の光を用いた TTR (Through The Reticle) アライメント系から成る一対のレチクルアライメント検出系 13A, 13B (図 15 では不図示、図 22 参照) が設けられている。レチクルアライメント検出系 13A, 13B の検出信号は、不図示のアライメント信号処理系を介して制御装置 20 に供給される。
- [0173] 図 22 には、露光装置 300 のステージ制御に関連する制御系が一部省略してブロック図にて示されている。この制御系は、制御装置 20 を中心として構成されている。制御装置 20 は、CPU (中央演算処理装置)、ROM (リード・オンリ・メモリ)、RAM (ランダム・アクセス・メモリ) 等からなるいわゆるマイクロコンピュータ (又はワークステーション) を含み、装置全体を統括して制御する。
- [0174] 上述のようにして構成された露光装置 300 では、デバイスの製造に際し、前述のレチクルアライメント検出系 13A, 13B、ウエハテーブル WTB 上の基準板 (基準マーク FM) などを用いて、通常のスキャンング・ステップと同様の手順 (例えば、米国特許第 5,646,413 号明細書などに開示される手順) で、レチクルアライメント及びアライメント系 ALG のベースライン計測が行われ、これと前後してウエハアライメント (例えば米国特許第 4,780,617 号明細書などに開示されるエンハンスト・グローバル・アライメント (EGA) など) などが行われる。
- [0175] そして、制御装置 20 により、ベースラインの計測結果、及びウエハアライメントの結果に基づいて、ステップ・アンド・スキャン方式の露光動作が行われ、ウエハ W 上の複数のショット領域にレチクル R のパターンがそれぞれ転写される。この露光動作は、前述したレチクルステージ RST とウエハステージ WST との同期移動を行う走査露光動作と、ウエハステージ WST をショット領域の露光のための加速開始位置に移動するショット間移動 (ステップング) 動作とを交互に繰り返すことで行われる。
- [0176] 上記の走査露光中、制御装置 20 は、ウエハテーブル WTB の XY 平面内

における位置情報（ θ_z 方向の回転情報を含む）を、エンコーダシステム170を用いて計測しつつ、ウエハテーブルWTBのXY平面内の位置を制御するとともに、多点AF系AFの計測値に基づいて不図示のZ・チルト駆動機構を駆動することで、ウエハWの露光対象のショット領域の一部（露光領域IAに対応する領域）を投影光学系PLの焦点深度内に合致させる、ウエハWのいわゆるフォーカス・レベリング制御を実行する。

[0177] 従って、露光装置300によると、ウエハWのいわゆるフォーカス・レベリング制御を実行しつつ、エンコーダシステム170の各エンコーダの計測情報に基づいて、ウエハステージWSTのXY平面内の位置（ θ_z 方向の回転を含む）を高精度に制御することができる。

[0178] また、露光装置300では、例えば、空間像計測器96を用いて、レチクル又はレチクルステージRST上のマーク板に形成された計測マークの空間像を計測する際には、例えば図20（B）に示されるように、空間像計測器を投影光学系PLの直下に位置させた状態で、その計測マークの投影光学系PLによる投影像（空間像）がスリットスキャン方式で計測される。

[0179] ここで、本第2の実施形態では、図23（A）に示されるように、ウエハステージWSTがベース盤12上の-X，+Y側の端部の近傍に位置するとき、ヘッド60A，60C，60Dがそれぞれ補助スケール139Y₁，139Y₂，139X₂に対向する。なお、この時、投影光学系PLの下方には、ウエハステージWSTに設けられた照度むらセンサ94、空間像計測器96、及び基準マークFMは位置しない。従って、制御装置20は、干渉計システム218を用いてウエハステージWSTの位置を計測しつつ、ウエハステージWSTをベース盤12上の-X，+Y側の端部の近傍に移動させ、ヘッド60A，60C，60Dを用いて補助スケール139Y₁，139Y₂，139X₂の位置情報を前述の第1の実施形態と同様にして計測することができる。すなわち、ヘッド60A，60C，60Dのキャリブレーション（位置計測）を行うことができる。

[0180] また、本第2の実施形態では、図23（B）に示されるように、ウエハ

ステージWSTがベース盤12上の+X, -Y側の端部の近傍に位置するとき、ヘッド60Bが補助スケール139X₁に対向する。なお、この時、アライメント系ALGの下方には、ウエハステージWSTに設けられた照度むらセンサ94、空間像計測器96、及び基準マークFMは位置しない。従って、制御装置20は、干渉計システム218を用いてウエハステージWSTの位置を計測しつつ、ウエハステージWSTをベース盤12上の+X, -Y側の端部の近傍に移動させ、ヘッド60Bを用いて補助スケール139X₁の位置情報を計測することができる。すなわち、ヘッド60Bのキャリブレーション（位置計測）を行うことができる。

[0181] 以上説明したように、本第2の実施形態の露光装置300によると、露光が液浸方式でなく非液浸方式のドライ露光で行われる点を除き、第1の実施形態と同等の効果を得ることができる。この他、露光装置300によると、ウエハWに対するレチクルRのパターンの転写・形成、すなわちステップ・アンド・スキャン方式の露光、及びアライメントALGを用いたウエハW上のアライメントマークの検出（アライメント計測）のいずれも行われていない所定のときに、ヘッド60A, 60C, 60B, 60Dが対向するスケール板21の-Z側の面上の位置に補助スケール139Y₁, 139Y₂, 139X₁, 139X₂を含むキャリブレーションエリアが設けられている。このため、キャリブレーションエリアの存在により、アライメント計測又は露光動作が行われる通常のウエハステージWSTの移動時に、ヘッド60A, 60C, 60B, 60D等によるウエハテーブルWTBの位置情報の計測動作が悪影響を受けることがない一方、アライメント計測及び露光動作のいずれも行われていないときに、エンコーダシステム170のキャリブレーションを行うことができる。

[0182] なお、上記第2の実施形態では、非液浸のドライ露光装置について例示したが、これに限らず、上記第2の実施形態の露光装置300と同様にウエハテーブルWTBにヘッドが設けられ、補助スケールなど（キャリブレーションエリア）を有するスケール板がウエハテーブルWTBの外部に設けられた

エンコーダシステムを備えた露光装置に、前述の第1の実施形態と同様の局所液浸装置などを設けても良い。

[0183] なお、上記第2の実施形態では、エンコーダシステム170が、一对のXヘッドと、一对のYヘッドとを備えた場合について説明したが、本発明がこれに限定されるものではない。すなわち、エンコーダヘッドの数は特に問わないが、ウエハステージWSTのXY平面内の位置情報（ θ_z 方向の回転を含む）を計測するためには、XヘッドとYヘッドとを少なくとも各1つ含み、合計で3つ有していれば良い。また、エンコーダヘッドとして、X軸方向及びY軸方向を計測方向とする2次元エンコーダヘッド（2Dヘッド）を用いる場合には、該2Dヘッドは、少なくとも2つ、ウエハステージWSTに設ければ良い。

[0184] なお、上記各実施形態では、ステップ・アンド・スキャン方式等の走査型露光装置に本発明が適用された場合について説明したが、これに限らず、ステッパなどの静止型露光装置に本発明を適用しても良い。ステッパなどであっても、露光対象の物体が搭載されたステージの位置をエンコーダで計測することにより、同様に、空気揺らぎに起因する位置計測誤差の発生を殆ど零にすることができる。この場合、このエンコーダの計測値の短期変動を干涉計の計測値を用いて補正する補正情報とエンコーダの計測値とに基づいて、ステージを高精度に位置決めすることが可能になり、結果的に高精度なレチクルパターンの物体上への転写が可能になる。また、ショット領域とショット領域とを合成するステップ・アンド・スティッチ方式の露光装置にも本発明は適用することができる。さらに、例えば特開平10-163099号公報及び特開平10-214783号公報（対応する米国特許第6,590,634号明細書）、特表2000-505958号公報（対応する米国特許第5,969,441号明細書）、米国特許第6,208,407号明細書などに開示されているように、複数のウエハステージを備えたマルチステージ型の露光装置にも本発明を適用できる。特に、マルチステージ型の露光装置の場合、ウエハステージを平面モータにより駆動しても良い。

- [0185] また、上記各実施形態の露光装置における投影光学系の倍率は縮小系のみならず等倍及び拡大系のいずれでも良いし、投影光学系は屈折系のみならず、反射系及び反射屈折系のいずれでも良いし、その投影像は倒立像及び正立像のいずれでも良い。
- [0186] また、照明光 I L は、A r F エキシマレーザ光（波長 193 nm）に限らず、K r F エキシマレーザ光（波長 248 nm）などの紫外光、F₂レーザ光（波長 157 nm）などの真空紫外光であっても良い。例えば国際公開第 99/46835 号パンフレット（対応する米国特許第 7,023,610 号明細書）に開示されているように、真空紫外光として D F B 半導体レーザ又はファイバーレーザから発振される赤外域、又は可視域の単一波長レーザ光を、例えばエルビウム（又はエルビウムとイッテルビウムの両方）がドーピングされたファイバーアンプで増幅し、非線形光学結晶を用いて紫外域に波長変換した高調波を用いても良い。
- [0187] また、上記各実施形態では、露光装置の照明光 I L としては波長 100 nm 以上の光に限らず、波長 100 nm 未満の光を用いても良いことは言うまでもない。例えば、近年、70 nm 以下のパターンを露光するために、S O R 又はプラズマレーザを光源として、軟 X 線領域（例えば 5 ~ 15 nm の波長域）の E U V（Extreme Ultraviolet）光を発生させるとともに、その露光波長（例えば 13.5 nm）の下で設計されたオール反射縮小光学系、及び反射型マスクを用いた E U V 露光装置の開発が行われている。この装置においては、円弧照明を用いてマスクとウエハを同期走査してスキャン露光する構成が考えられるので、かかる装置にも本発明を好適に適用することができる。このほか、電子線又はイオンビームなどの荷電粒子線を用いる露光装置にも、本発明は適用できる。
- [0188] また、上記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（レチクル）を用いたが、このレチクルに代えて、例えば米国特許第 6,778,257 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、透過パターンまたは反射パターン、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）を用いても良い。

[0189] また、国際公開第01/035168号パンフレットに開示されているように、干渉縞をウエハ上に形成することによって、ウエハ上にライン・アンド・スペースパターンを形成する露光装置（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。

[0190] さらに、例えば特表2004-519850号公報（対応する米国特許第6,611,316号明細書）に開示されているように、2つのレチクルパターンを投影光学系を介してウエハ上で合成し、1回のスキャン露光によってウエハ上の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。

[0191] また、物体上にパターンを形成する装置は、前述の露光装置（リソグラフィシステム）に限られず、例えばインクジェット方式にて物体上にパターンを形成する装置にも本発明を適用することができる。

[0192] なお、上記各実施形態でパターンを形成すべき物体（エネルギービームが照射される露光対象の物体）はウエハに限られるものではなく、ガラスプレート、セラミック基板、あるいはマスクブランクスなど、他の物体でも良い。

[0193] 露光装置の用途としては半導体製造用の露光装置に限定されることなく、例えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを転写形成する液晶用の露光装置や、有機EL、薄型磁気ヘッド、撮像素子（CCD等）、マイクロマシン及びDNAチップなどを製造するための露光装置にも広く適用できる。また、半導体素子などのマイクロデバイスだけでなく、光露光装置、EUV露光装置、X線露光装置、及び電子線露光装置などで使用されるレチクル又はマスクを製造するために、ガラス基板又はシリコンウエハなどに回路パターンを転写する露光装置にも本発明を適用できる。

[0194] また、上記各実施形態の露光装置は、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。

[0195] なお、上記実施形態で引用した露光装置などに関する全ての公報、国際公開パンフレット、米国特許出願公開明細書及び米国特許明細書の開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

[0196] なお、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、この設計ステップに基づいたレチクルを製作するステップ、シリコン材料からウエハを製作するステップ、上記各実施形態の露光装置を用いて、レチクルに形成されたパターンをウエハ等の物体上に転写するリソグラフィステップ、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、パッケージング工程を含む）、検査ステップ等を経て製造される。この場合、リソグラフィステップで、上記各実施形態の露光装置を用いて、物体上にデバイスパターンが形成されるので、高集積度のデバイスの生産性を向上することが可能である。

産業上の利用可能性

[0197] 以上説明したように、本発明の位置計測システム及び位置計測方法は、移動体の位置情報を計測するのに適している。また、本発明の露光装置及び露光方法は、物体上にパターンを形成するのに適している。また、本発明のデ

バイス製造方法は、マイクロデバイスの製造に適している。また、本発明の工具及び計測方法は、マーク検出系とエンコーダのヘッドとの位置関係を計測するのに適している。

請求の範囲

- [1] 所定の平面内で移動する移動体の位置情報を計測する位置計測システムであって、
- 前記移動体と該移動体の外部との一方の前記平面に平行な所定面上に配置され、所定方向を周期方向とする格子を含む第1グレーティングと；
- 前記所定面上の前記第1グレーティングとは異なる位置に設けられたキャリブレーションエリアと；
- 前記移動体と該移動体の外部との他方に設けられた少なくとも1つのヘッドを有し、前記第1グレーティングに対向するヘッドの出力に基づいて、前記移動体の前記所定方向の位置情報を計測するエンコーダと；を備える位置計測システム。
- [2] 請求項1に記載の位置計測システムにおいて、
- 前記キャリブレーションエリアには、前記所定方向を格子の周期方向とし前記第1グレーティングに比べて前記周期方向のサイズが小さい第2グレーティングが配置されている位置計測システム。
- [3] 請求項2に記載の位置計測システムにおいて、
- 前記ヘッドは、前記第1グレーティング及び前記第2グレーティングのうち、対向するグレーティングに前記所定方向に光ビームを照射する照射系と、前記グレーティングからの回折光を受光する受光系とを含む位置計測システム。
- [4] 請求項3に記載の位置計測システムにおいて、
- 前記第1グレーティングは、前記移動体の一面に設けられ、該一面上の前記第1グレーティングの前記所定方向の少なくとも一側に所定間隔隔てて前記第2グレーティングが配置されている位置計測システム。
- [5] 請求項4に記載の位置計測システムにおいて、
- 前記光ビームの所定方向のサイズは、前記第2グレーティングの所定方向のサイズより小さく、かつ前記所定の間隔より小さい位置計測システム。
- [6] 請求項4又は5に記載の位置計測システムにおいて、

前記移動体を前記平面に平行な面内の所定方向に駆動しつつ、前記第2グレーティングに対向するヘッドの前記受光系の光電変換信号を取り込み、該光電変換信号と所定の閾値とに基づいて、前記移動体上の基準点の前記所定方向の位置情報を算出する制御装置をさらに備える位置計測システム。

[7] 請求項6に記載の位置計測システムにおいて、

前記制御装置は、前記第2グレーティングの前記所定方向の一端から他端を前記ヘッドからの光ビームが横切る範囲で前記移動体を前記平面に平行な面内の所定方向に駆動しつつ、その駆動中、前記格子部からの回折光を受光する受光系の光電変換信号を取り込み、該光電変換信号と前記閾値とに基づいて、前記第2グレーティングの前記所定方向の midpoint の位置情報を、前記基準点の前記所定方向の位置情報として算出する位置計測システム。

[8] 請求項6又は7に記載の位置計測システムにおいて、

前記エンコーダは、前記平面と平行な面上の異なる位置に配置された複数のヘッドを有し、

前記制御装置は、複数のヘッドのそれぞれが、前記第2グレーティングに対向する経路にそれぞれ沿って前記移動体を前記所定方向に駆動し、前記第2グレーティングに対向する各ヘッドの前記受光系の光電変換信号を取り込み、該光電変換信号と所定の閾値とに基づいて、前記移動体上の基準点の前記所定方向の位置情報を、複数のヘッドのそれぞれを用いて計測する位置計測システム。

[9] 所定の平面内で移動する移動体の位置情報を計測する位置計測システムであって、

前記移動体の前記平面に平行な所定面上に配置され、所定方向を周期方向とする格子を含むグレーティングと；

前記所定面上の前記グレーティングの前記所定方向の一側に設けられたキャリアレーションエリアと；を備える位置計測システム。

[10] 物体を露光して所定のパターンを形成する露光装置であって、

前記物体を保持して所定の平面内で移動する移動体と；

前記移動体の位置情報を計測する請求項 1～9 のいずれか一項に記載の位置計測システムと；を備える露光装置。

- [11] 物体を露光して所定のパターンを形成する露光装置であって、
前記物体を保持して所定の平面内で移動する移動体と；
前記移動体と該移動体の外部との一方の前記平面に平行な所定面上に配置され、所定方向を周期方向とする格子を含む第 1 グレーティングと；
前記移動体と該移動体の外部との他方に設けられた少なくとも 1 つのヘッドを有し、前記第 1 グレーティングに対向するヘッドの出力に基づいて、前記移動体の前記所定方向の位置情報を計測するエンコーダと；
前記物体上にパターンを形成するパターン生成装置と；
前記物体上のマークを検出するマーク検出装置と；
前記パターン生成装置による前記物体に対するパターンの形成と、前記マーク検出装置による前記物体上のマークの検出とのいずれも行われていない所定のときに、前記ヘッドが対向する前記所定面上の位置に設けられたキャリブレーションエリアと；
を備える露光装置。

- [12] 請求項 11 に記載の露光装置において、
前記キャリブレーションエリアには、前記所定方向を格子の周期方向とし前記第 1 グレーティングに比べて前記周期方向のサイズが小さい第 2 グレーティングが配置されている露光装置。

- [13] 請求項 12 に記載の露光装置において、
前記ヘッドは、前記第 1 グレーティング及び前記第 2 グレーティングのうち、対向するグレーティングに前記所定方向に光ビームを照射する照射系と、前記グレーティングからの回折光を受光する受光系とを含む露光装置。

- [14] 請求項 11～13 のいずれか一項に記載の露光装置において、
前記第 1 グレーティングは、前記移動体の外部の前記平面に平行な所定面上に配置されるとともに、前記所定面に対向する前記移動体の面上には、異なる位置に複数のヘッドが設けられ、

前記複数のヘッドの内の所定の1つが、露光位置の近傍に位置するとき、残りのヘッドが対向する前記所定面上の位置に、前記キャリブレーションエリアが配置されている露光装置。

[15] 所定の平面内で移動する移動体の位置情報を計測する位置計測方法であつて、

前記移動体を前記平面に平行な面内の所定方向に駆動しつつ、前記移動体と該移動体の外部との一方の前記平面に平行な所定面上に配置され所定方向を周期方向とする格子部に、前記移動体と該移動体の外部との他方に設けられたエンコーダのヘッドから光ビームを照射し、その格子部からの回折光を受光する受光系の光電変換信号を取り込む第1工程と；

前記光電変換信号と所定の閾値とに基づいて、前記格子部の基準点の前記所定方向の位置情報を算出する第2工程と；を含む、位置計測方法。

[16] 請求項15に記載の位置計測方法において、

前記第1工程では、前記格子部の前記所定方向の一端から他端を前記ヘッドからの光ビームが横切る範囲で前記移動体を前記平面に平行な面内の所定方向に駆動しつつ、その駆動中、前記格子部からの回折光を受光する受光系の光電変換信号を取り込み、

前記第2工程では、前記光電変換信号と前記閾値とに基づいて、前記格子部の前記所定方向の midpoint の位置情報を、前記基準点の前記所定方向の位置情報として算出する位置計測方法。

[17] 請求項15又は16に記載の位置計測方法において、

前記エンコーダは、前記移動体と該移動体の外部との他方の異なる位置に配置された複数のヘッドを有し、

第1工程の処理と第2工程の処理とが、前記複数のヘッドのそれぞれについて行われる位置計測方法。

[18] 請求項15～17のいずれか一項に記載の位置計測方法において、

前記格子部は、前記移動体上に設けられ、前記ヘッドは、前記移動体外部に設けられている位置計測方法。

- [19] 請求項 18 に記載の位置計測方法において、
前記移動体上には、前記格子部が前記所定方向に直交する方向に離れて一対配置され、
前記第 1 工程では、前記移動体を前記平面に平行な面内の所定方向に駆動しつつ、前記一対の格子部に、一対のエンコーダのヘッドから光ビームをそれぞれ照射し、前記一対の格子部からの回折光を個別に受光する一対の受光系の光電変換信号をそれぞれ取り込み、
前記第 2 工程では、前記一対の受光系の光電変換信号と前記閾値とに基づいて、前記移動体上の一対の基準点の前記所定方向の位置情報を算出し、
前記一対の基準点の前記所定方向の位置情報に基づいて、前記移動体の前記平面に平行な面内での回転を算出する第 3 工程をさらに含む位置計測方法。
- [20] 請求項 15 ~ 19 のいずれか一項に記載の位置計測方法において、
前記第 1 工程では、前記光ビームとして所定方向に細長い光ビームが用いられる位置計測方法。
- [21] 請求項 20 に記載の位置計測方法において、
前記光ビームの所定方向のサイズは、前記格子部の所定方向のサイズより小さい位置計測方法。
- [22] 物体を露光して所定のパターンを形成する露光方法であって、
前記物体を保持して所定の平面内で移動する移動体の位置情報を請求項 15 ~ 21 のいずれか一項に記載の位置計測方法を用いて計測する工程と；
前記物体に対するパターンの形成のため、前記計測結果を考慮して、前記移動体の位置を制御する工程と；を含む露光方法。
- [23] 請求項 22 に記載の露光方法を用いて、物体を露光し該物体上にパターンを形成する工程と；
前記パターンが形成された物体を現像する工程と；を含むデバイス製造方法。
- [24] エンコーダのヘッドとマーク検出系とに同一方向から対向可能な移動体上

に搭載される工具であって、

光透過性の素材から成るプレートを備え、

前記プレートの一方向の面に前記マーク検出系により検出可能なマークが形成され、

前記プレートの他方の面の前記マークに対向する領域外の位置に前記ヘッドに対向可能な格子が形成された工具。

[25] 請求項 24 に記載の工具において、

前記プレートは、ガラスウエハである工具。

[26] 請求項 24 又は 25 に記載の工具において、

前記プレートの他方の面の前記マークに対向する領域に遮光膜が形成されている工具。

[27] エンコーダのヘッドとマーク検出系とに同一方向から対向可能な移動体上に、請求項 24 ~ 26 のいずれか一項に記載の工具を搭載する第 1 工程と；

前記移動体を駆動して前記マーク検出系により前記マークの位置情報を検出する第 2 工程と；

前記移動体を駆動して前記格子に前記エンコーダの前記ヘッドを対向させ、該ヘッドの出力に基づいて前記格子の位置情報を検出する第 3 工程と；

前記マークと前記格子との位置関係と、前記マークの位置情報と、前記格子の位置情報とに基づいて、前記マーク検出系の検出中心と前記ヘッドとの位置関係を算出する第 4 工程と；を含む計測方法。

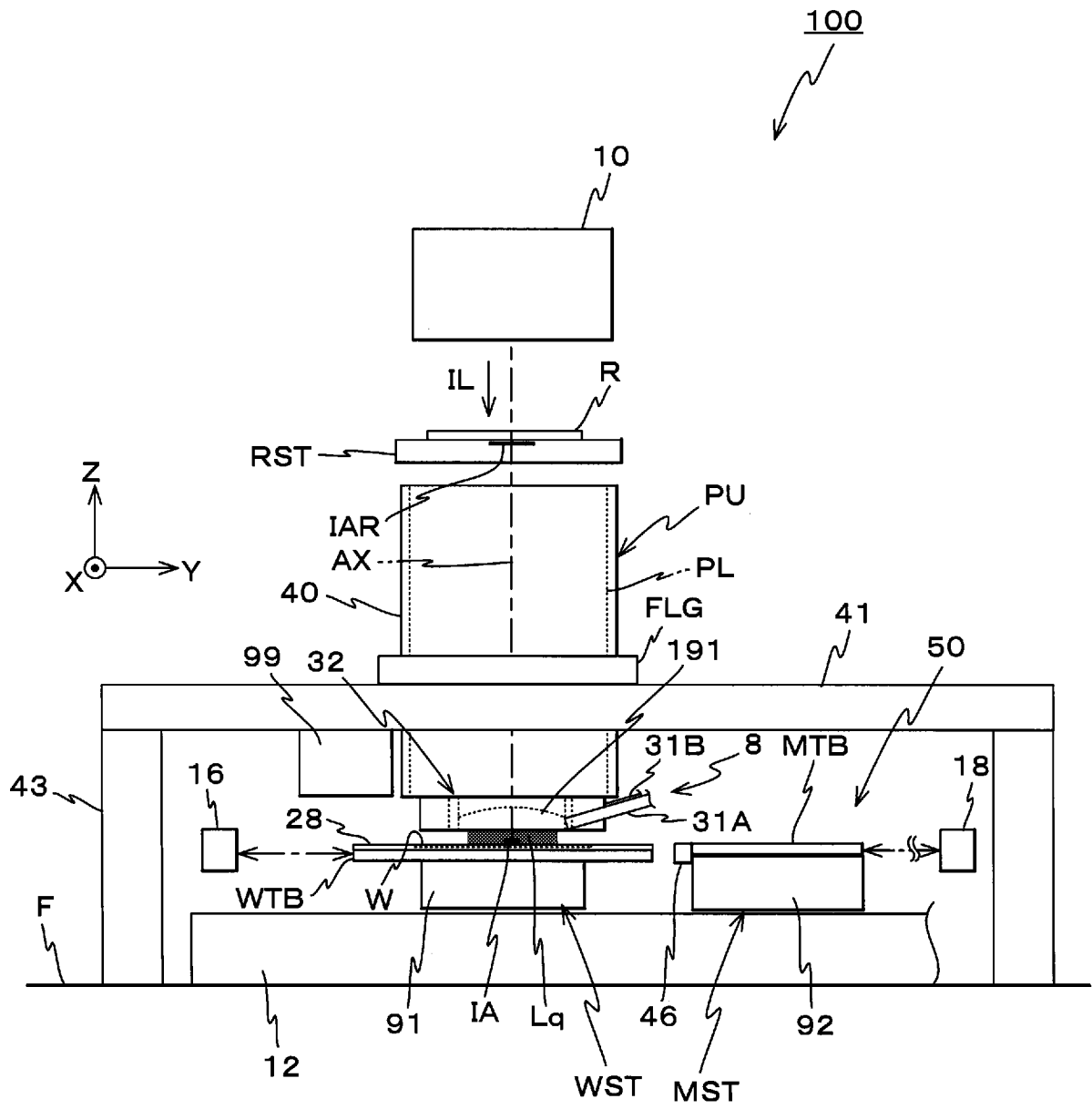
[28] 請求項 27 に記載の計測方法において、

前記エンコーダは複数のヘッドを有し、

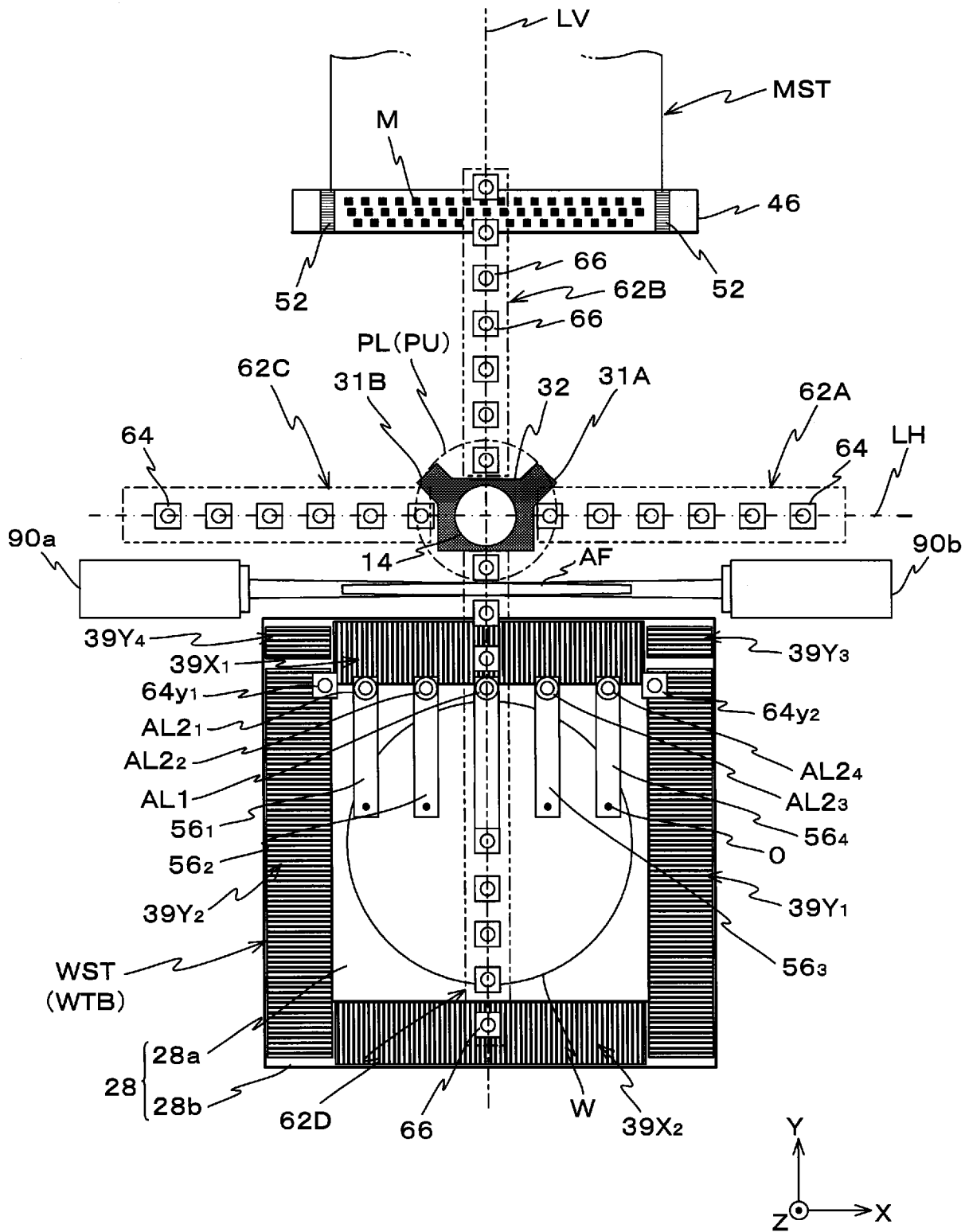
前記第 3 工程で、前記複数のヘッドを順次前記格子に対向させ、格子に対向するヘッドの出力に基づいて、前記格子の複数の位置情報を順次検出し、

前記第 4 工程では、前記マークと前記格子との位置関係と、前記マークの位置情報と、前記格子の複数の位置情報とに基づいて、前記マーク検出系の検出中心と前記複数のヘッドそれぞれとの位置関係を算出する計測方法。

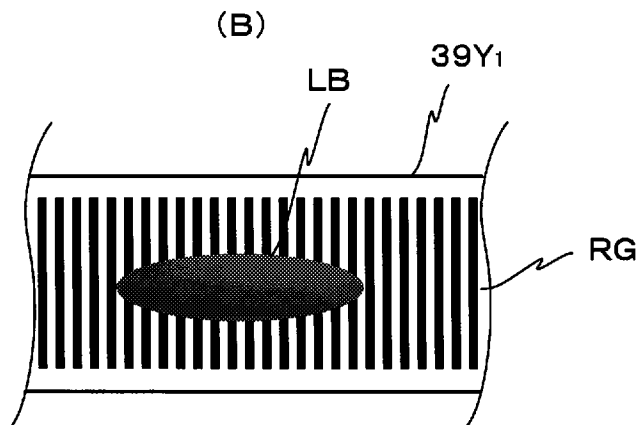
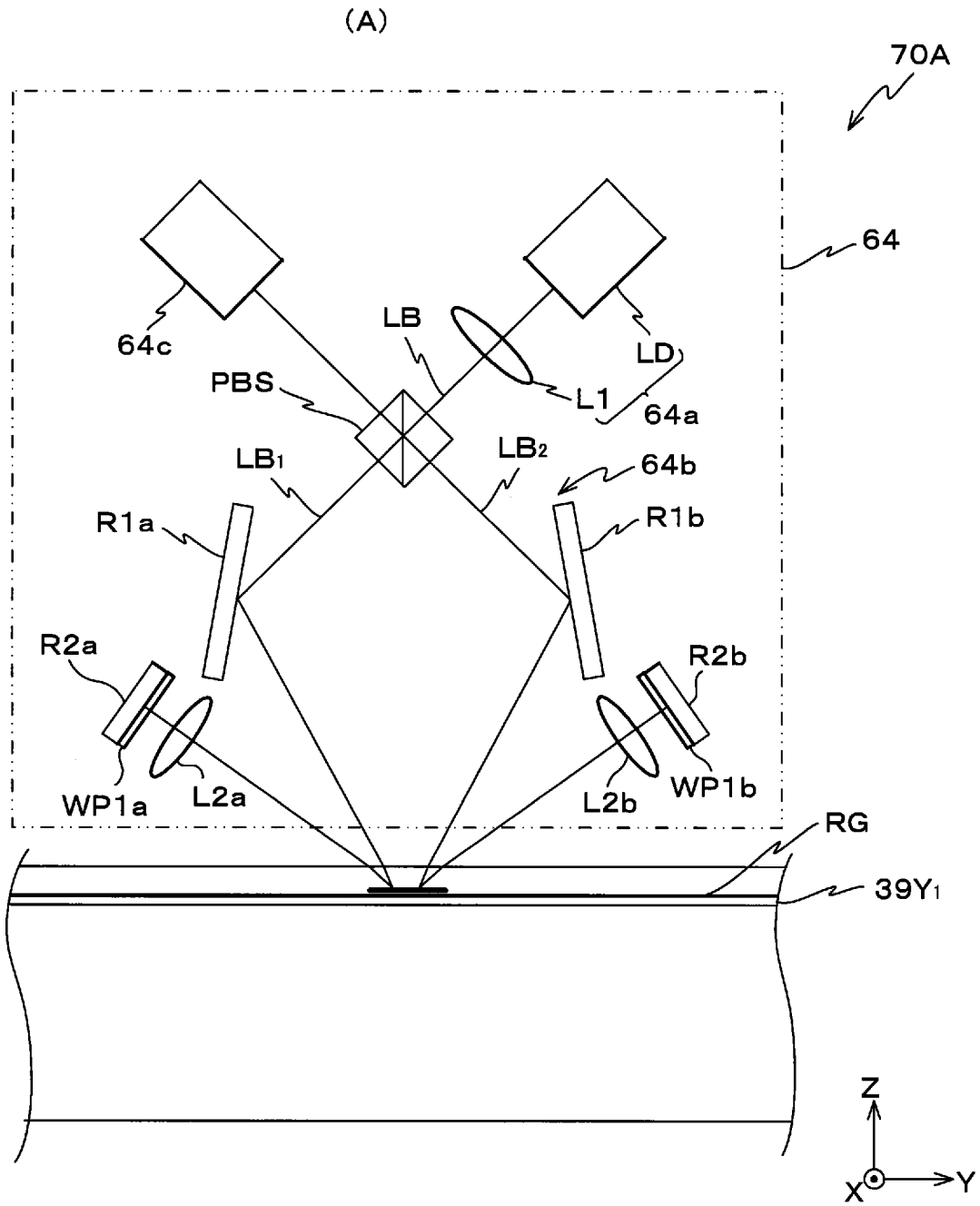
[図1]



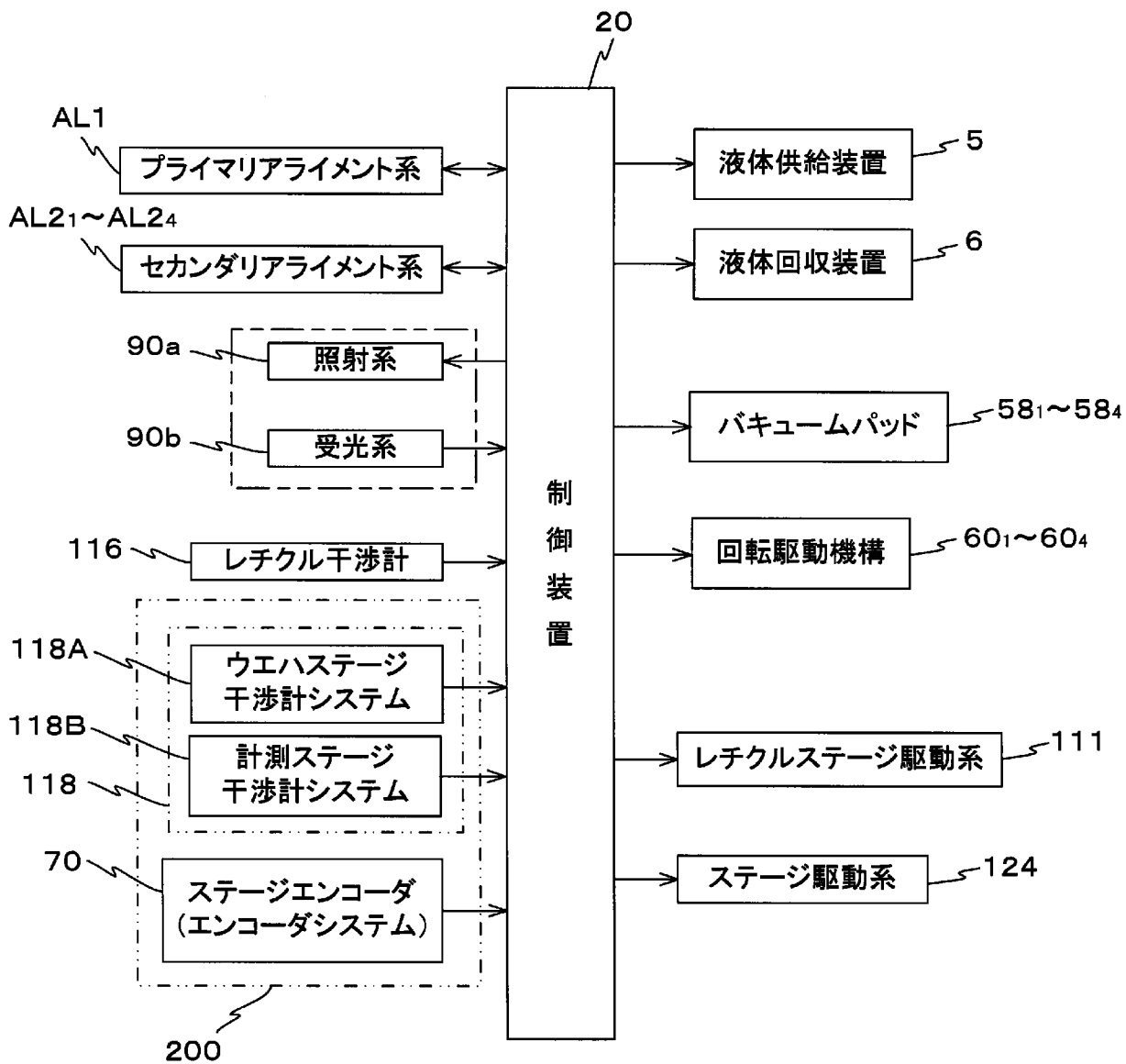
[図2]



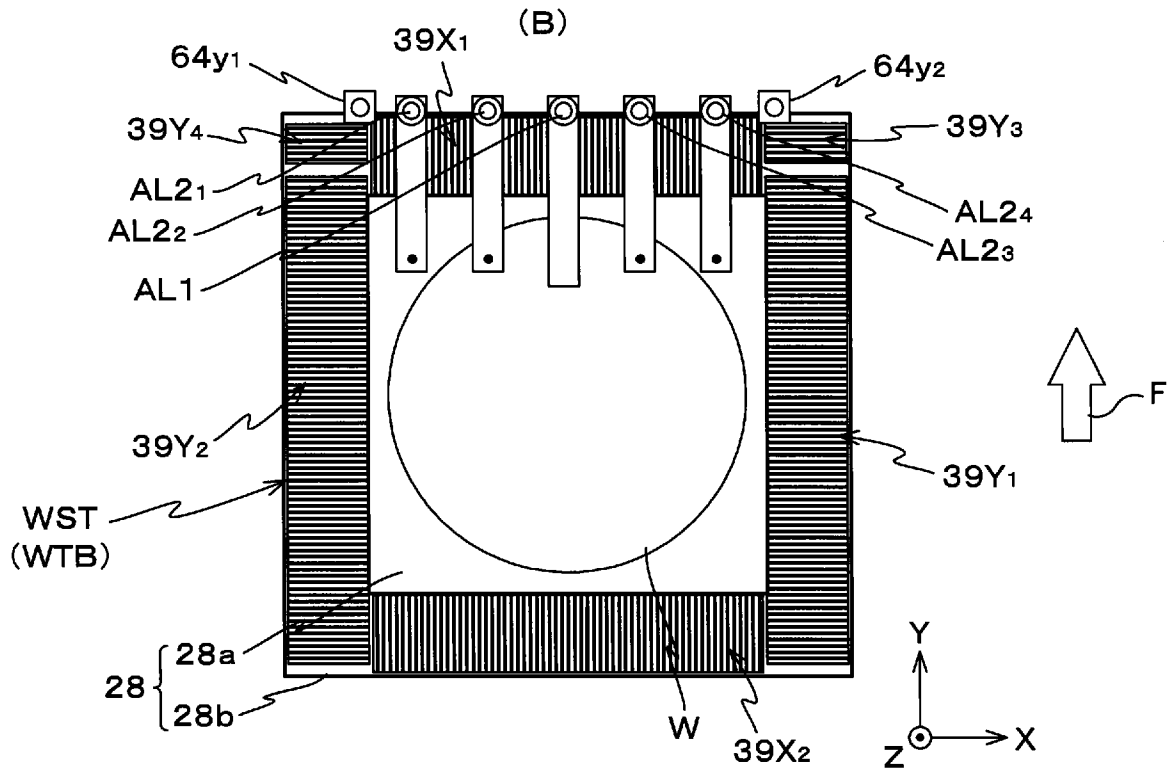
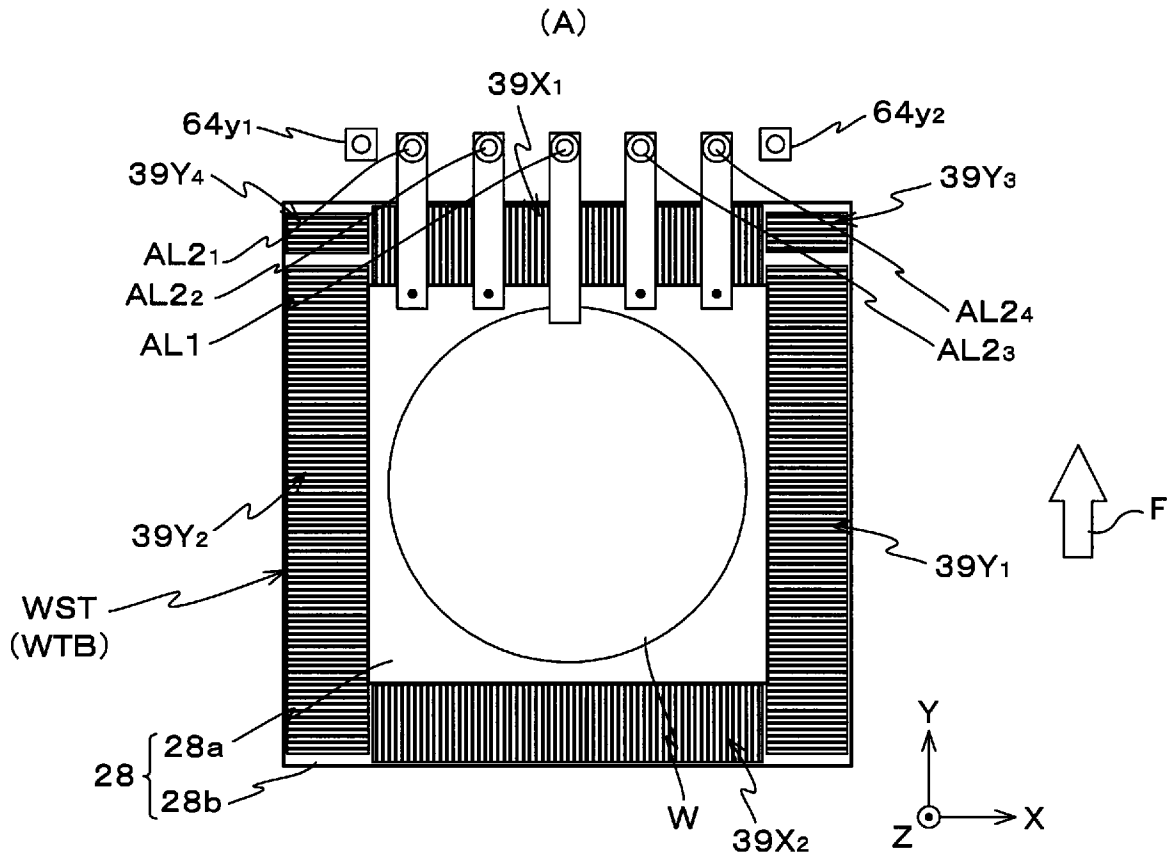
[図3]



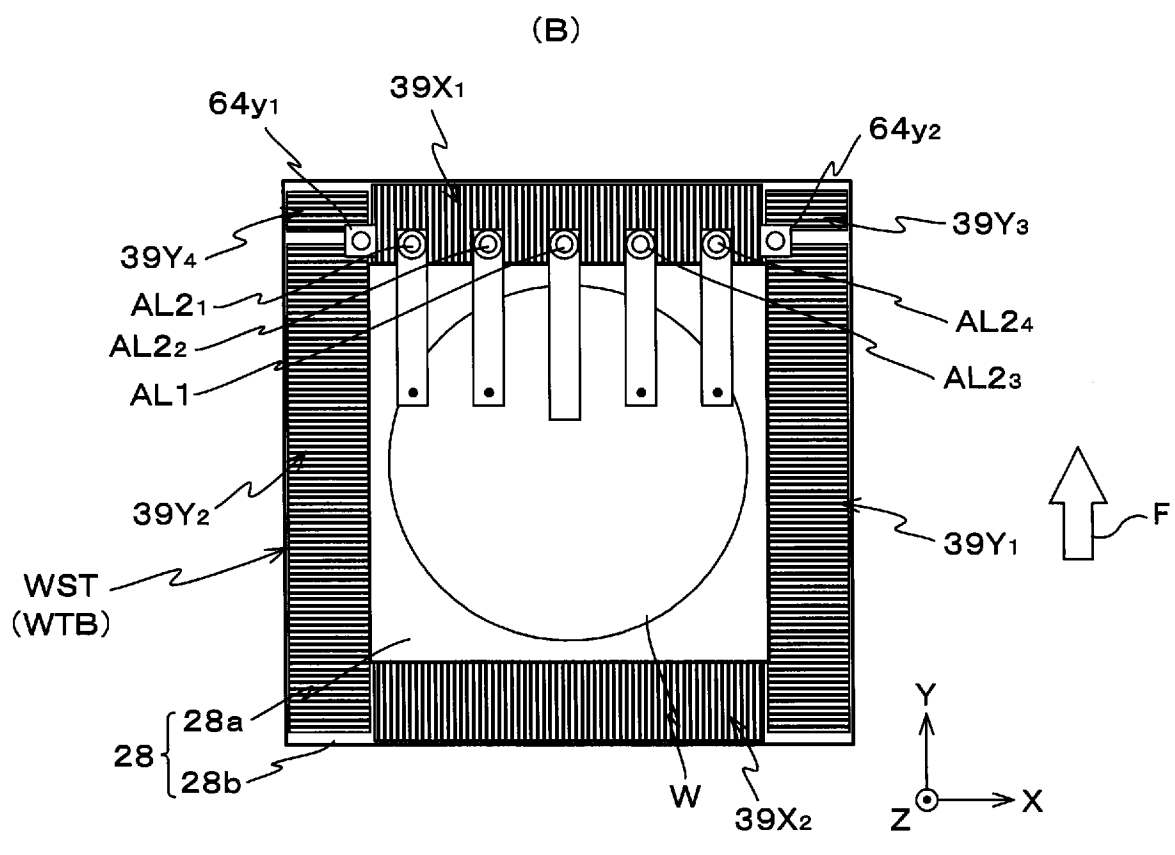
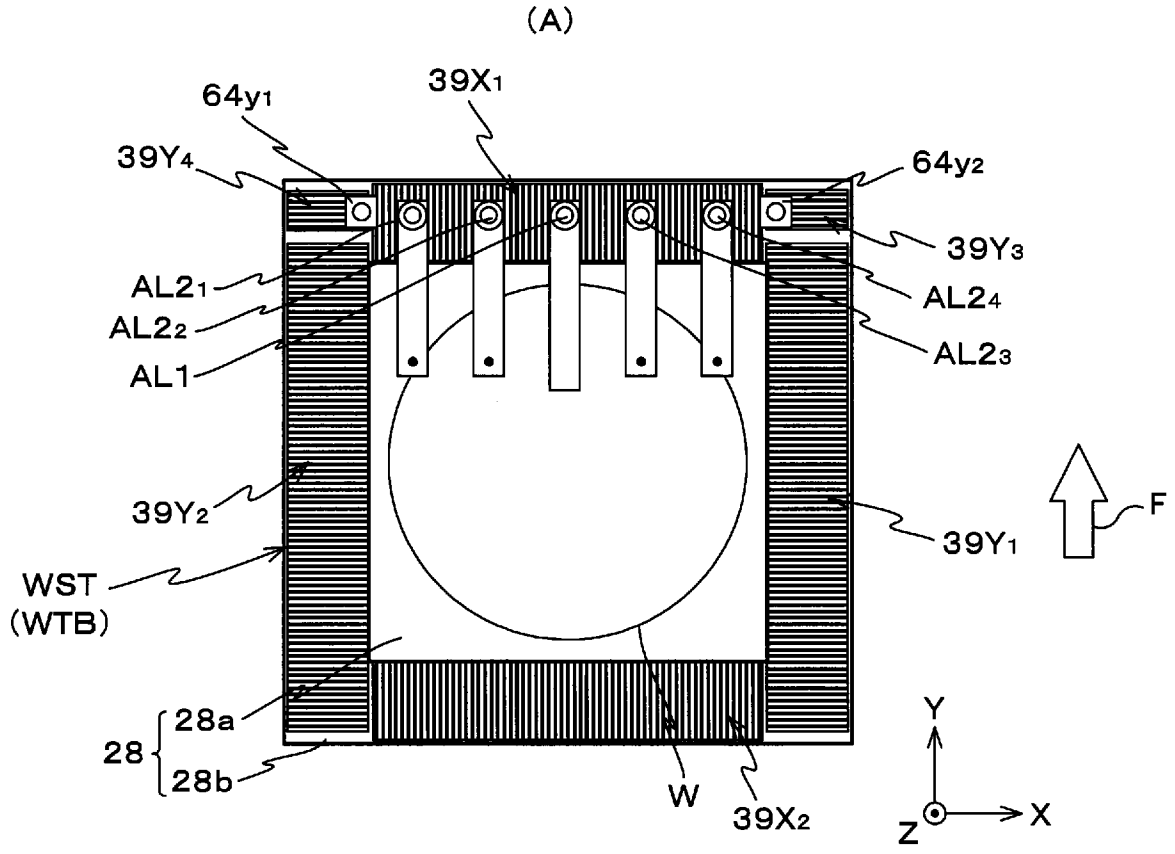
[図4]



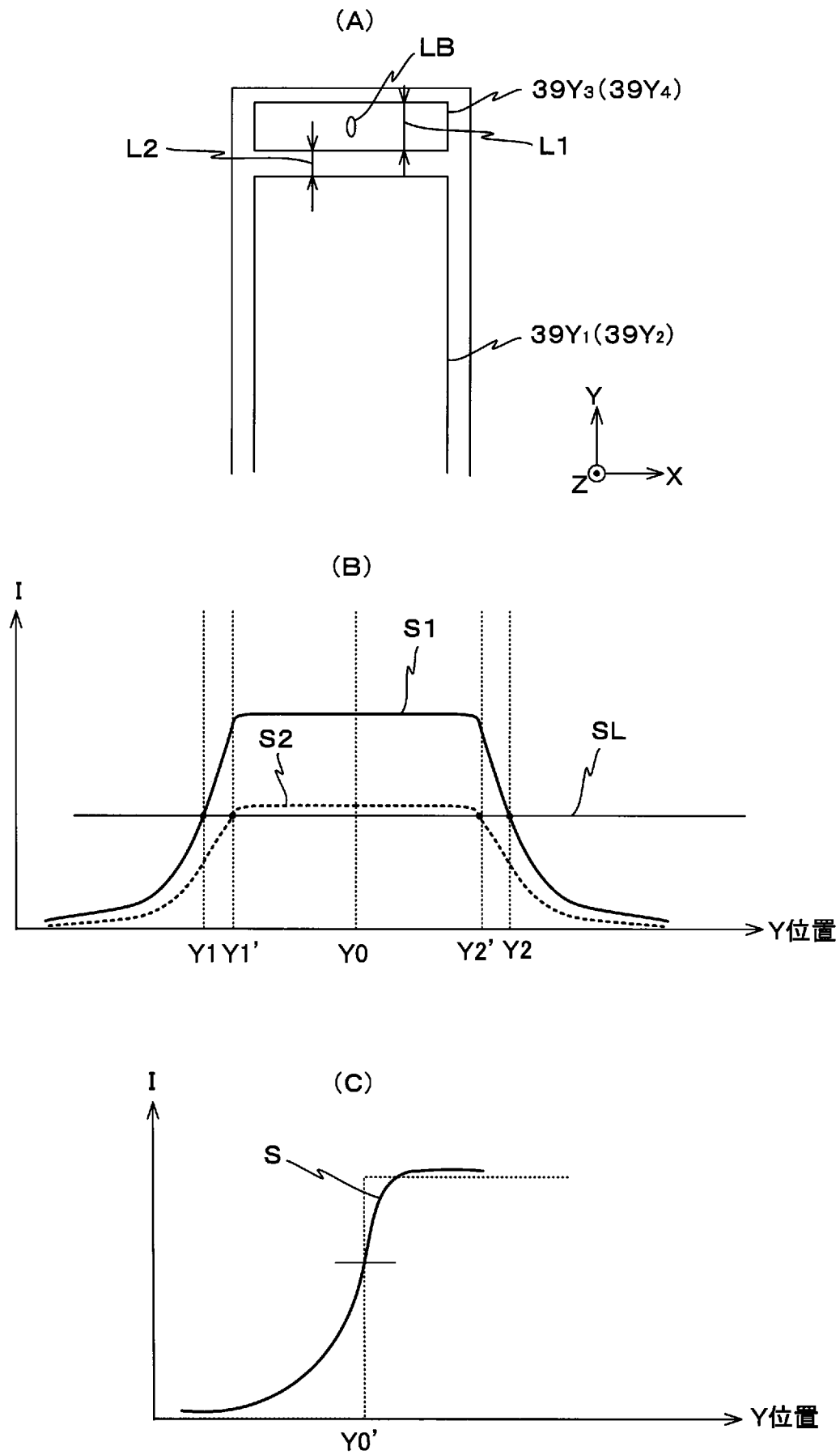
[図5]



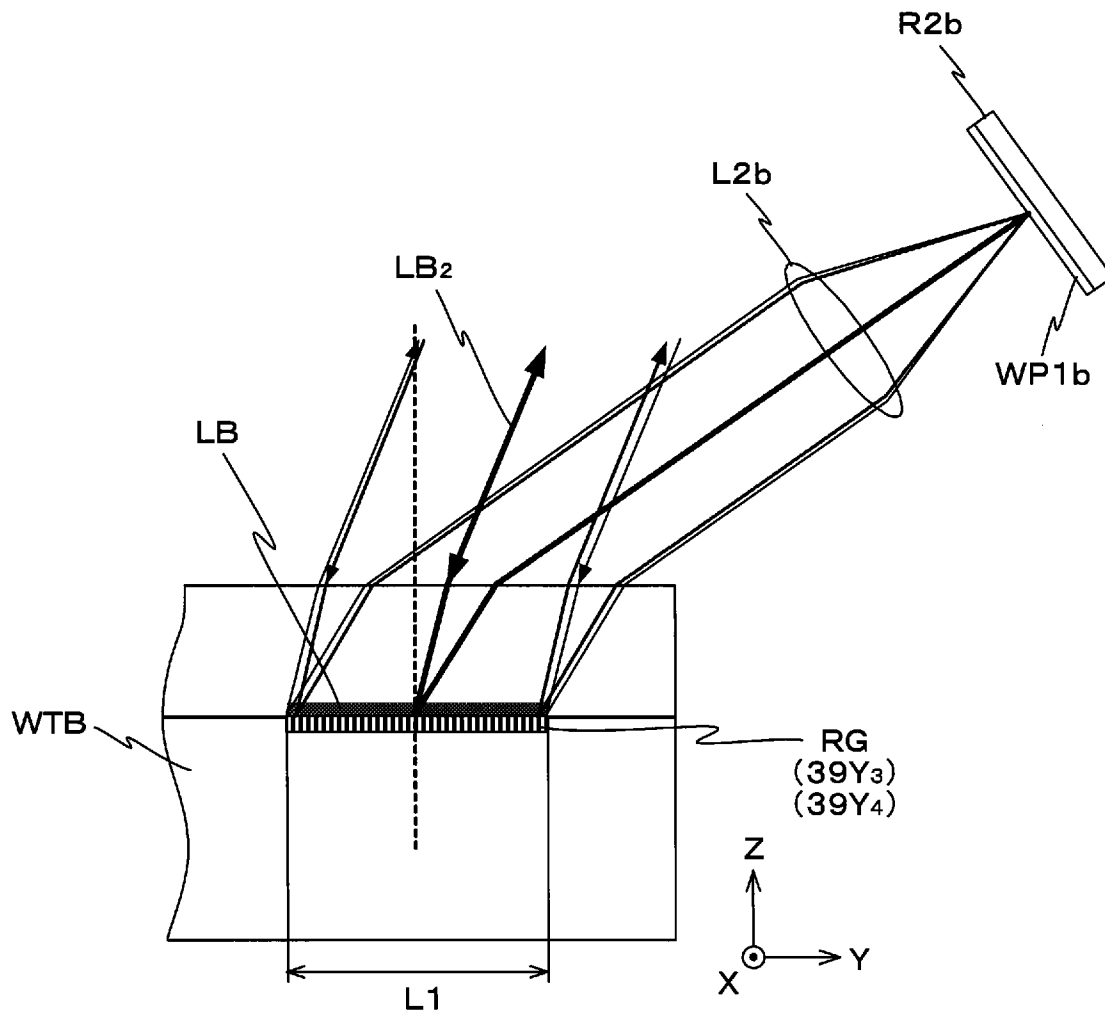
[図6]



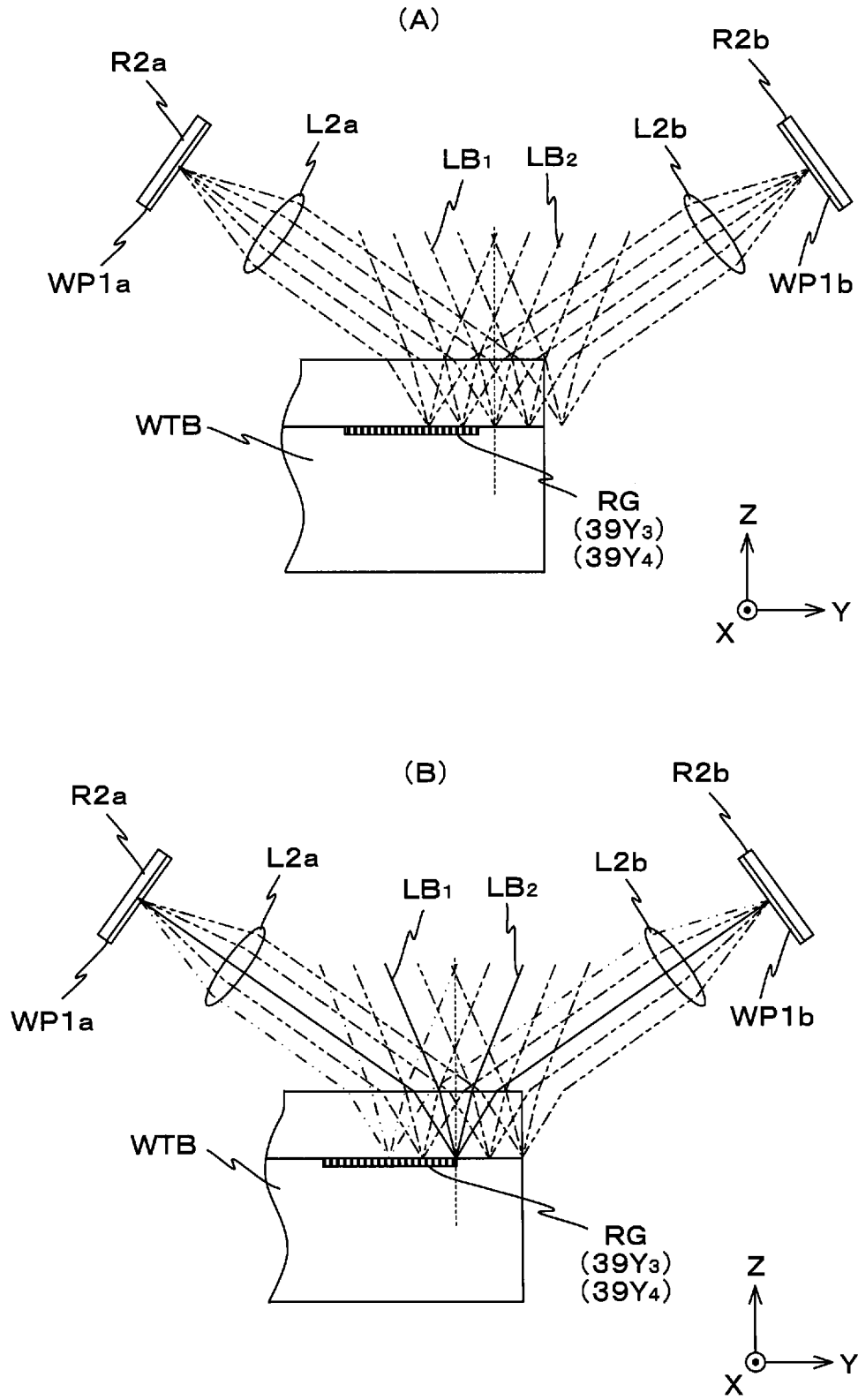
[図7]



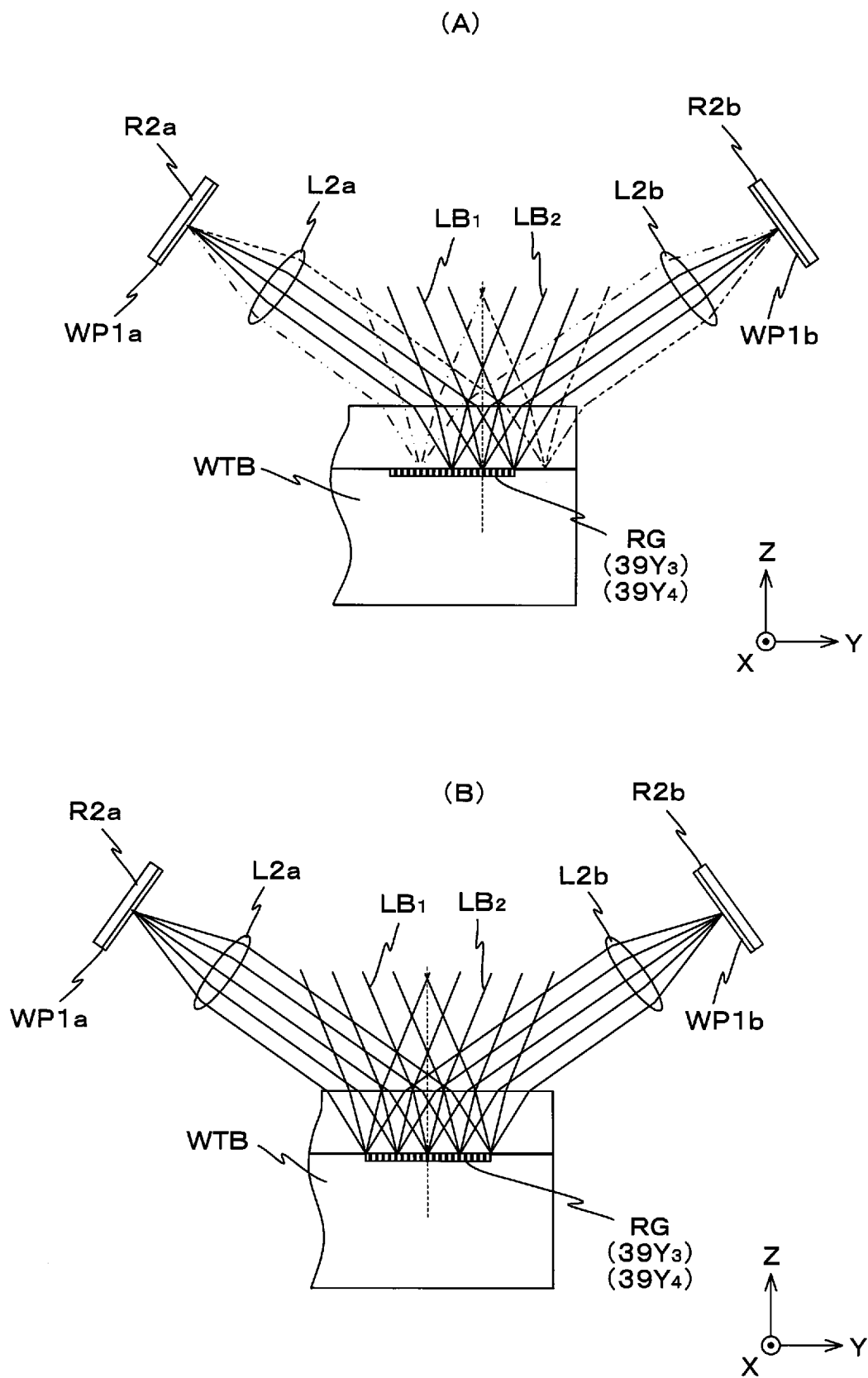
[図8]



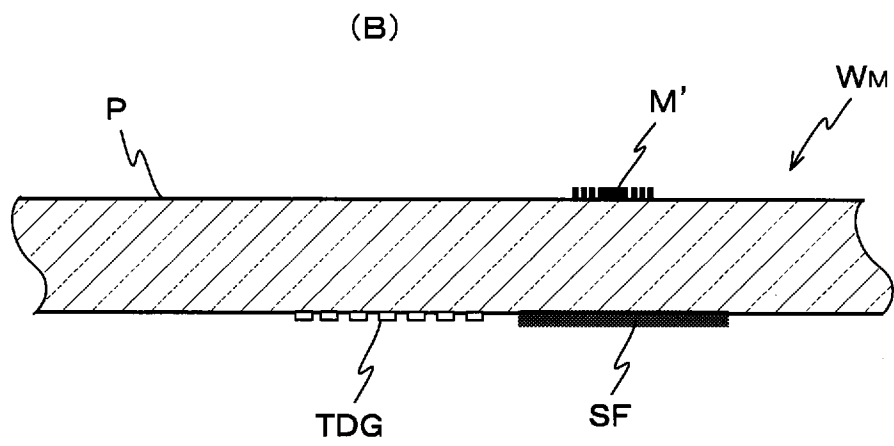
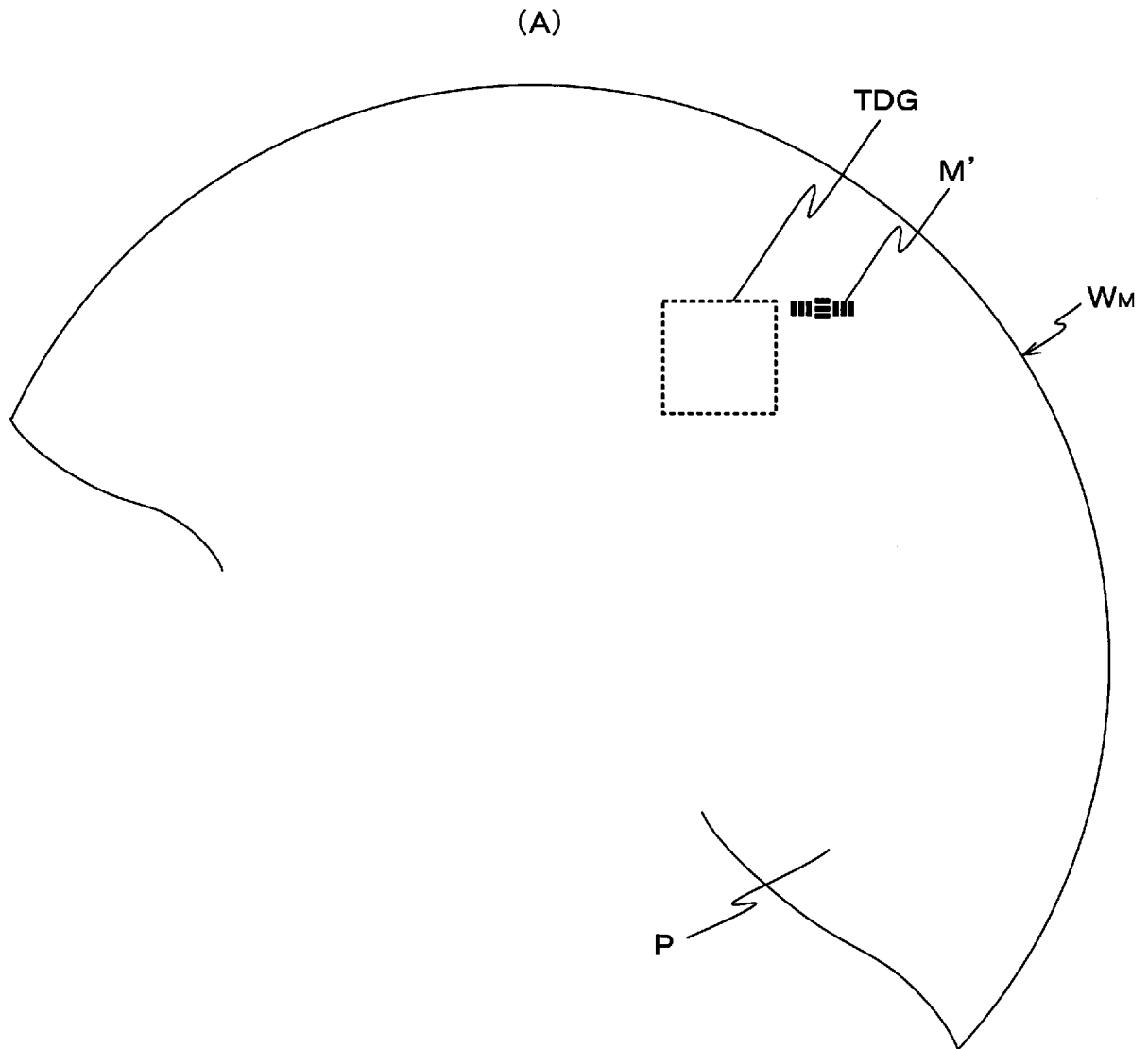
[図9]



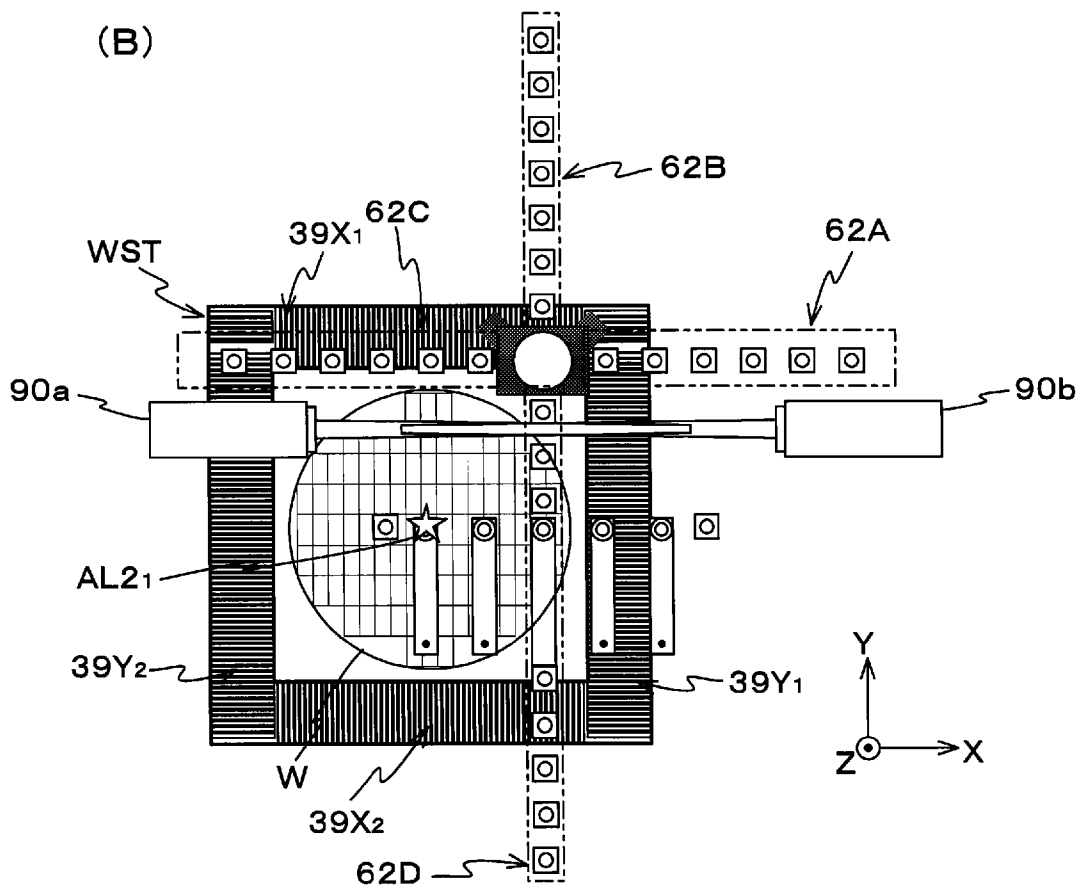
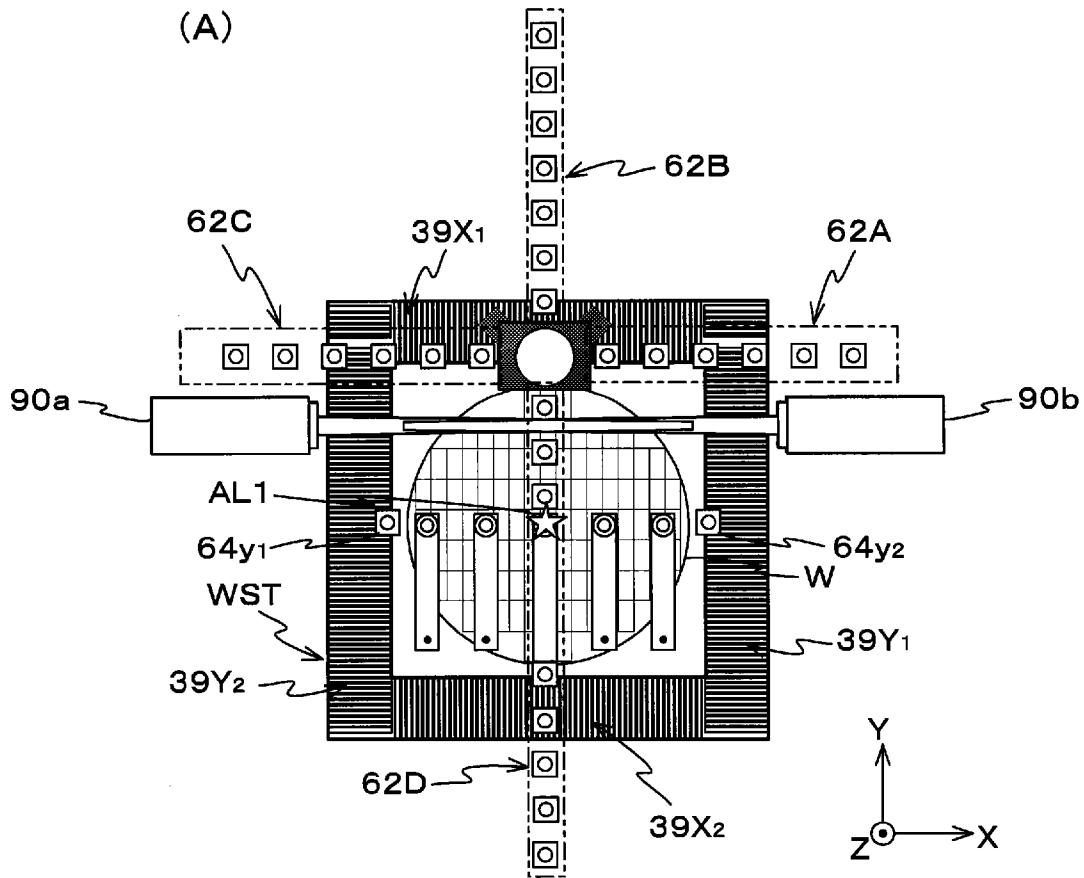
[図10]



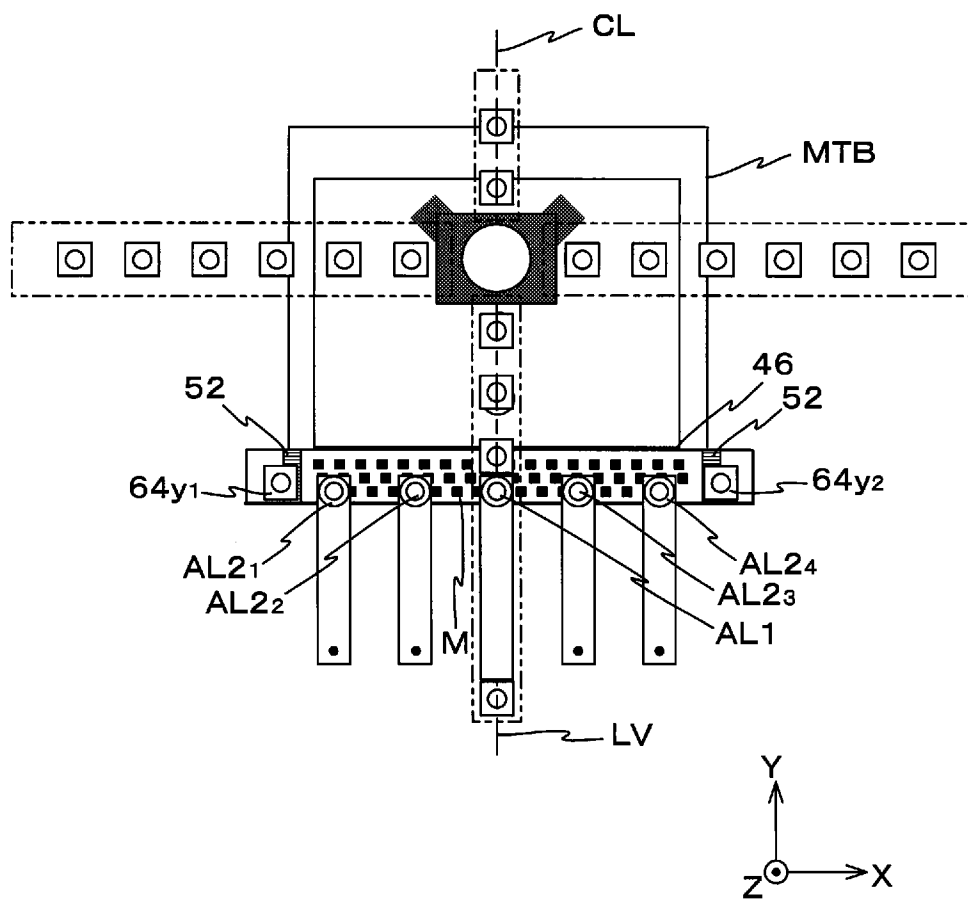
[圖11]



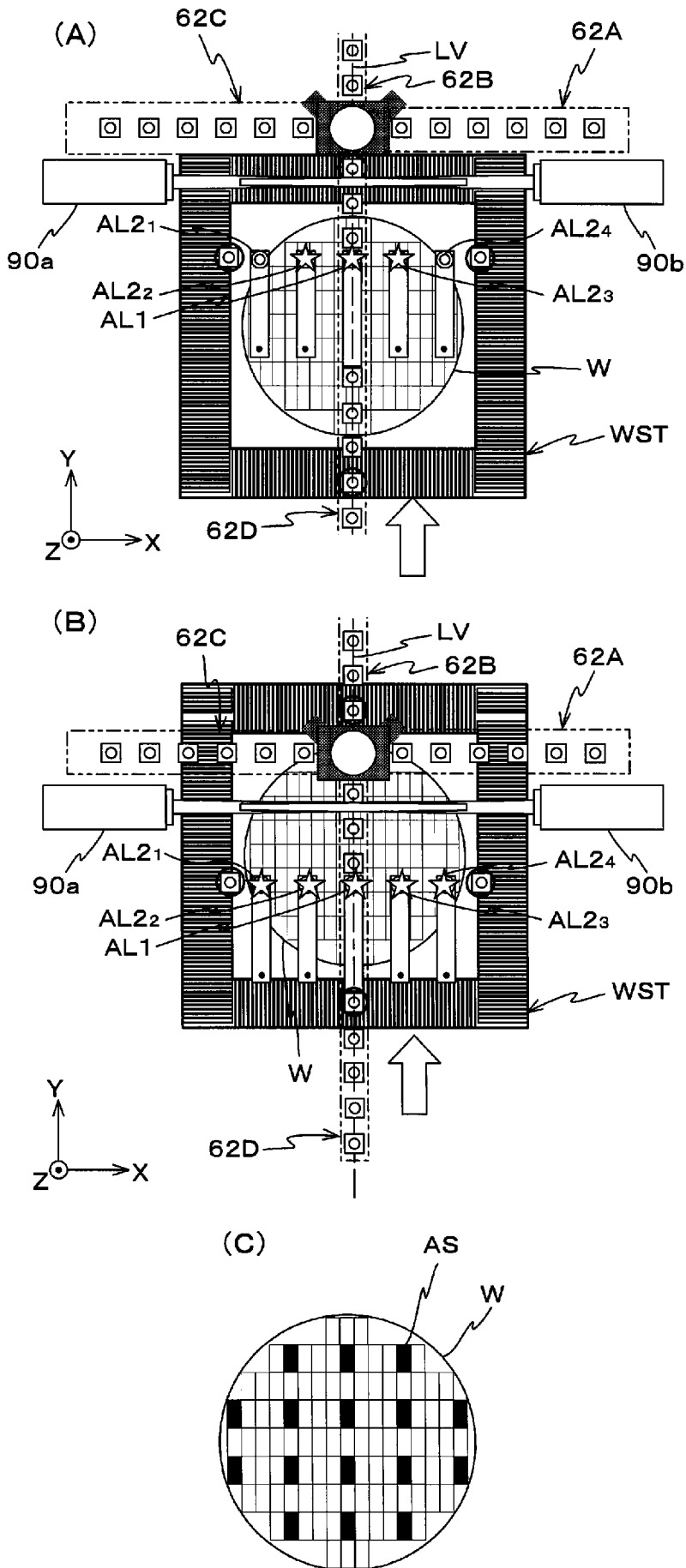
[図12]



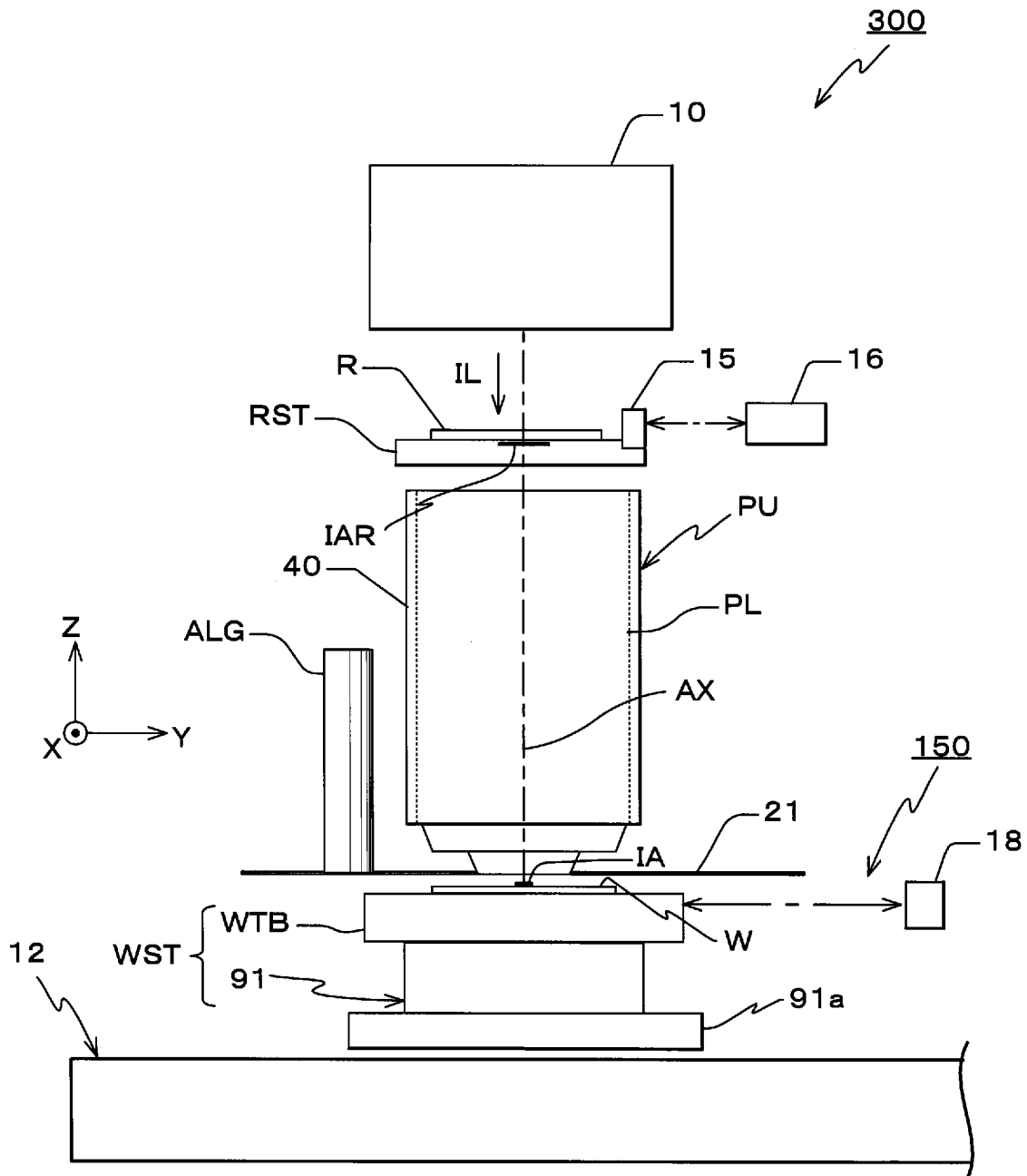
[図13]



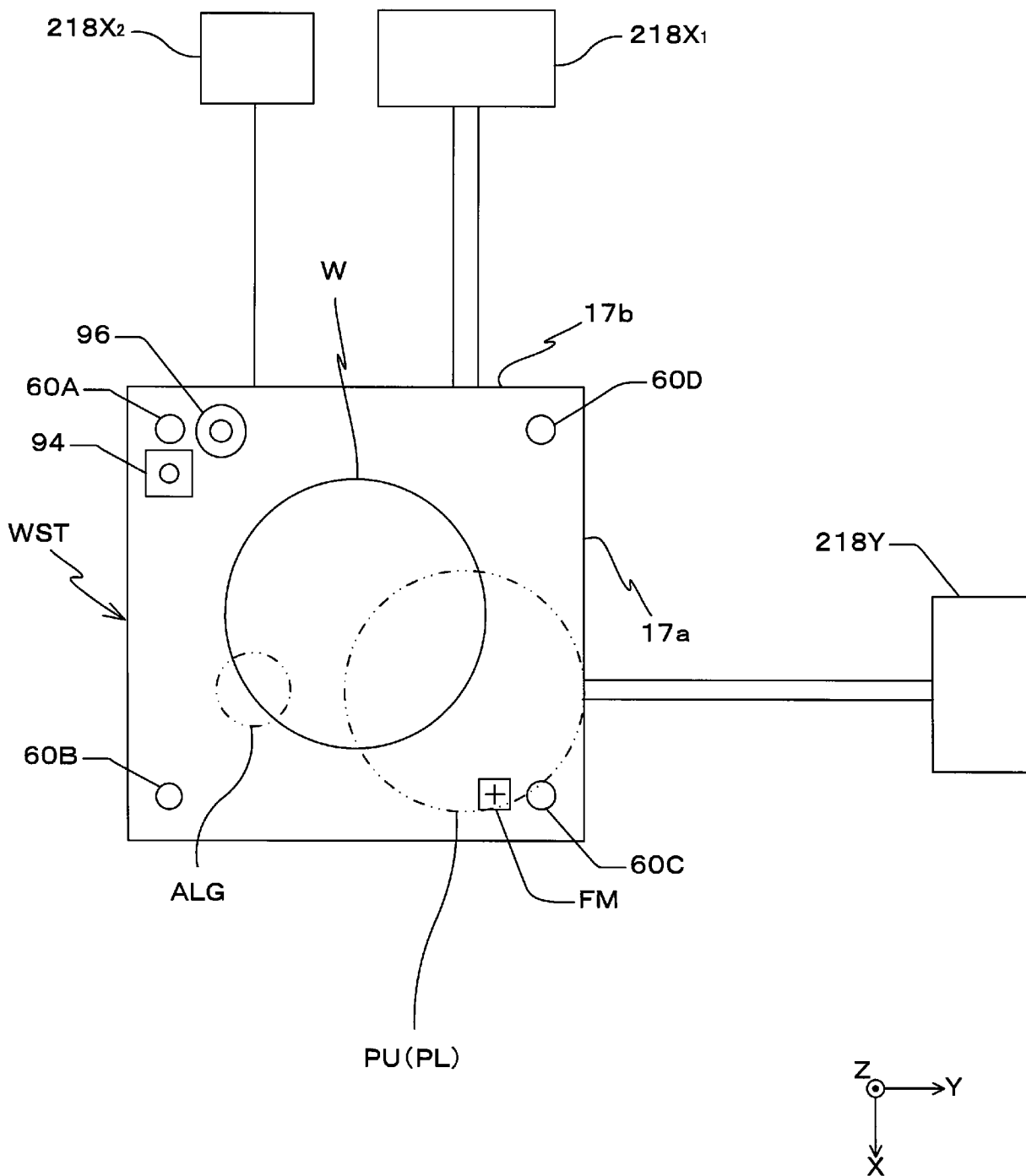
[図14]



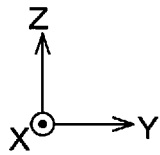
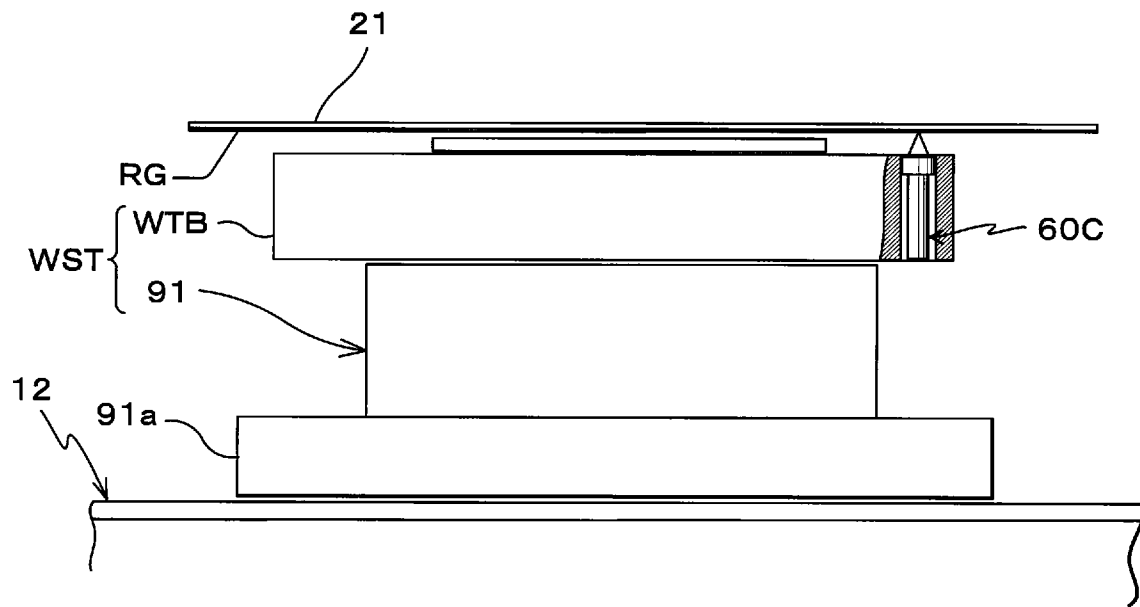
[15]



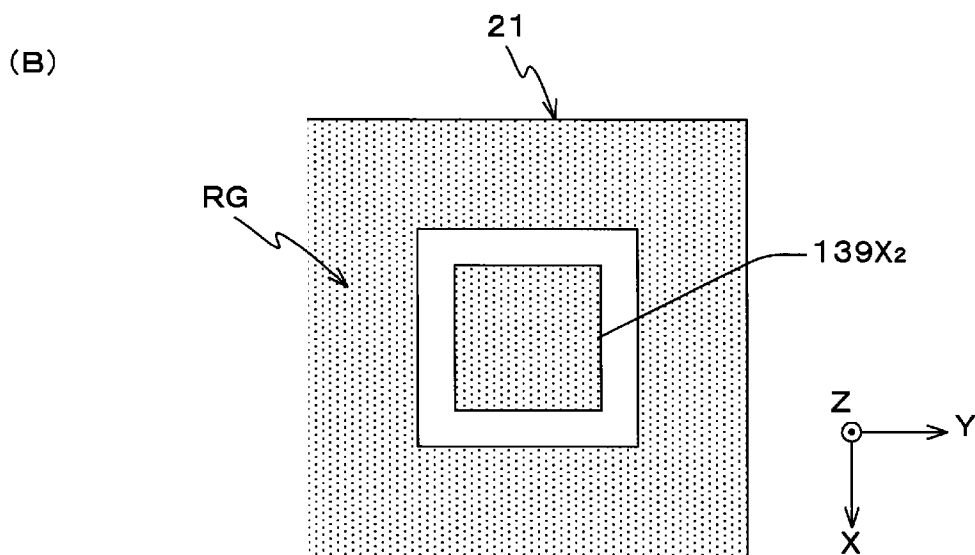
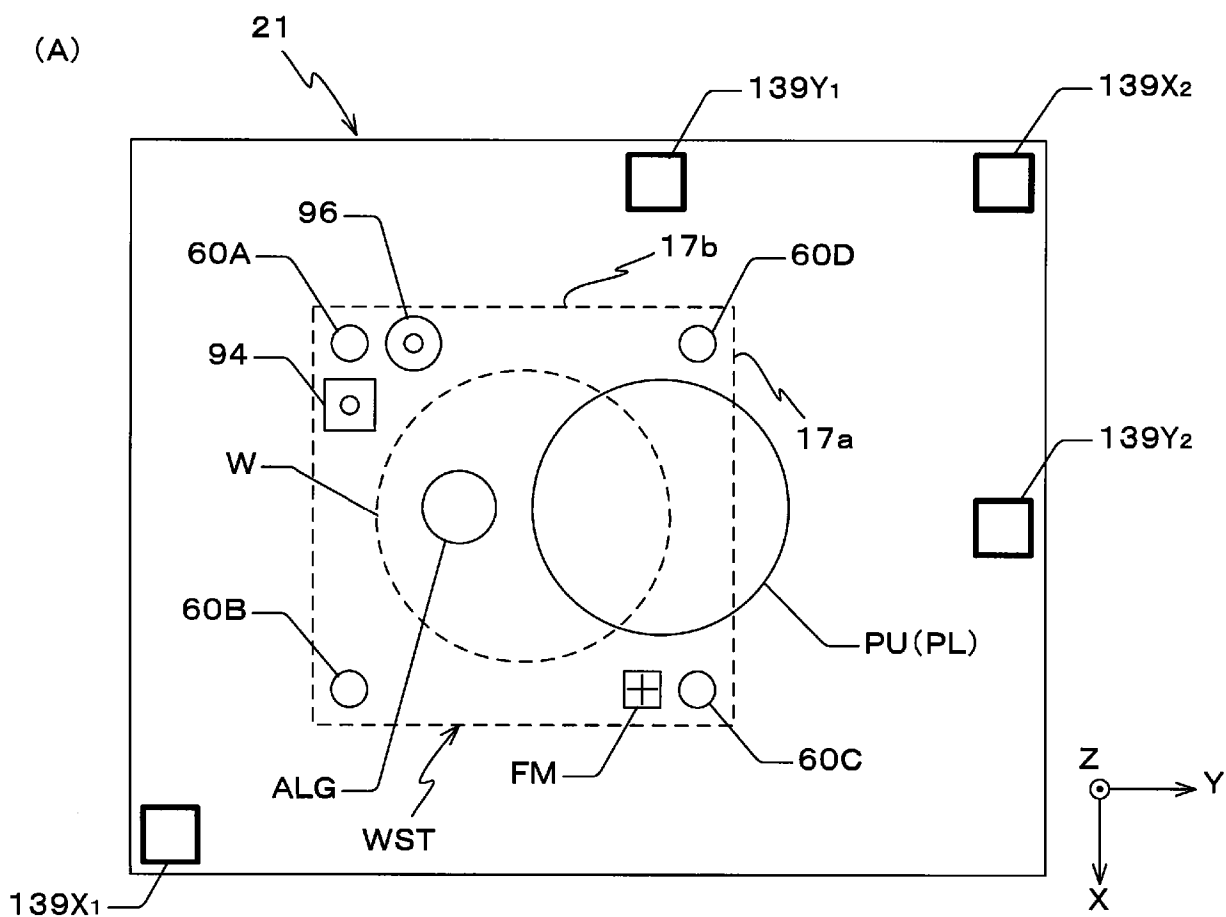
[図16]



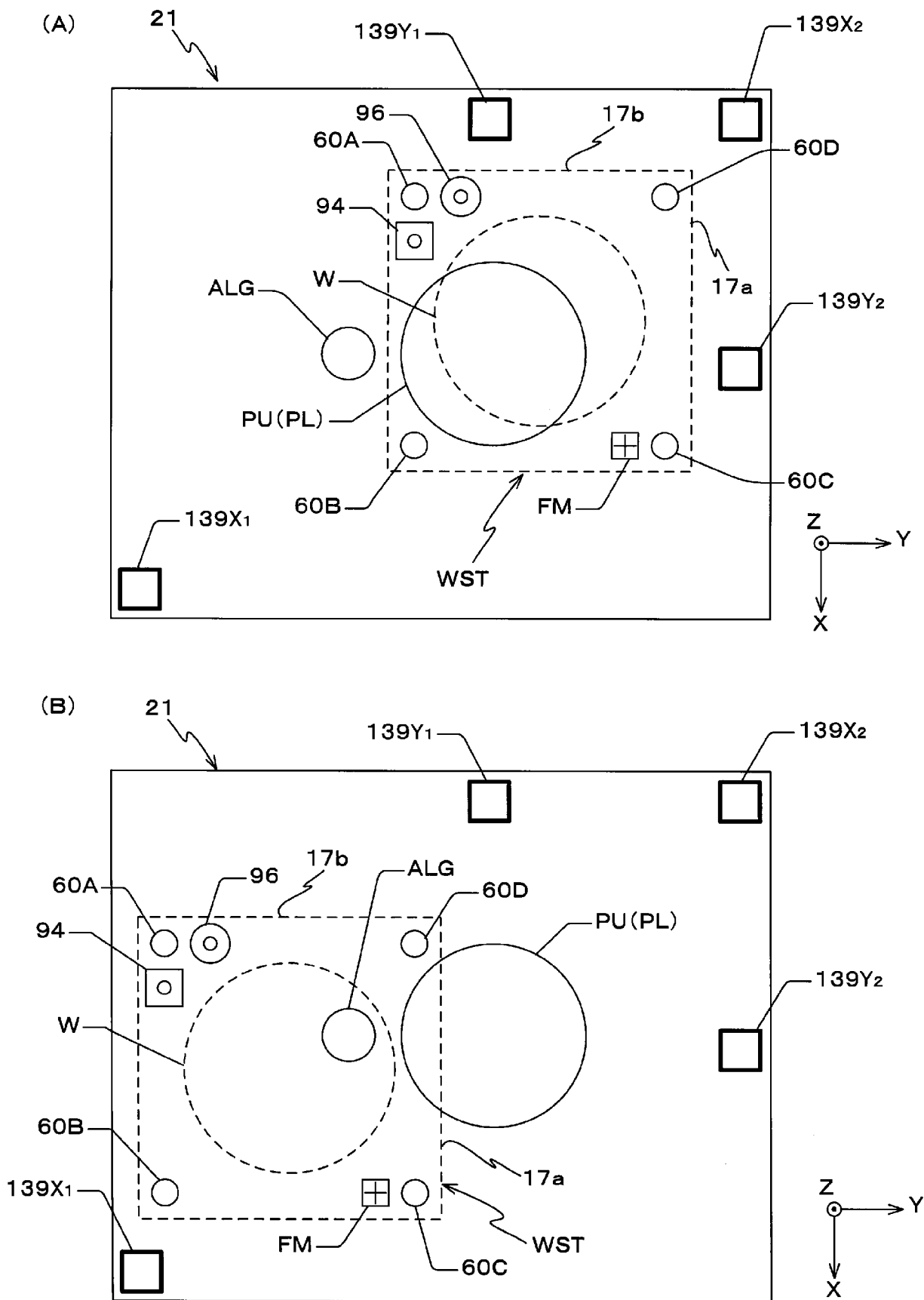
[図17]



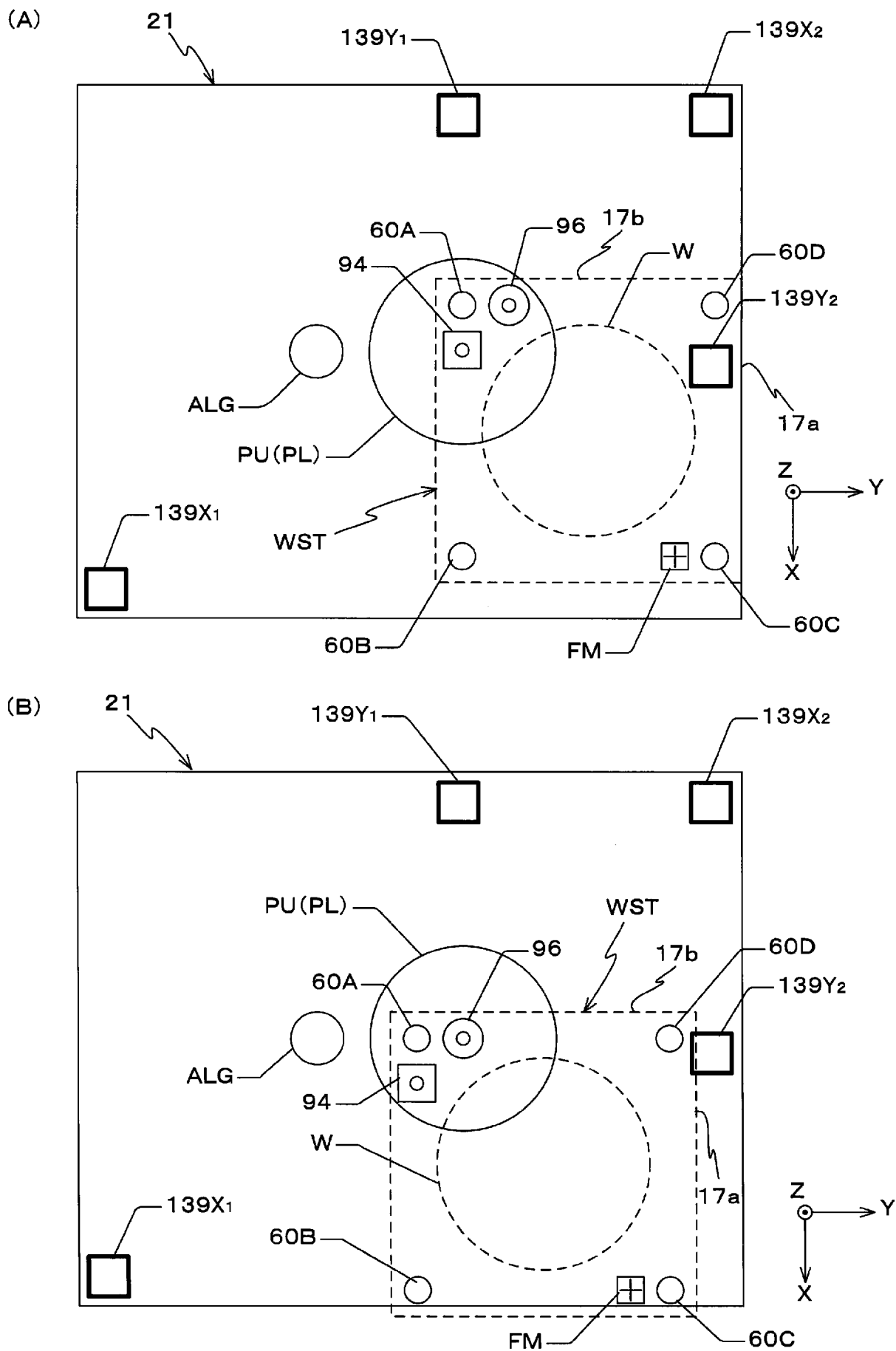
[図18]



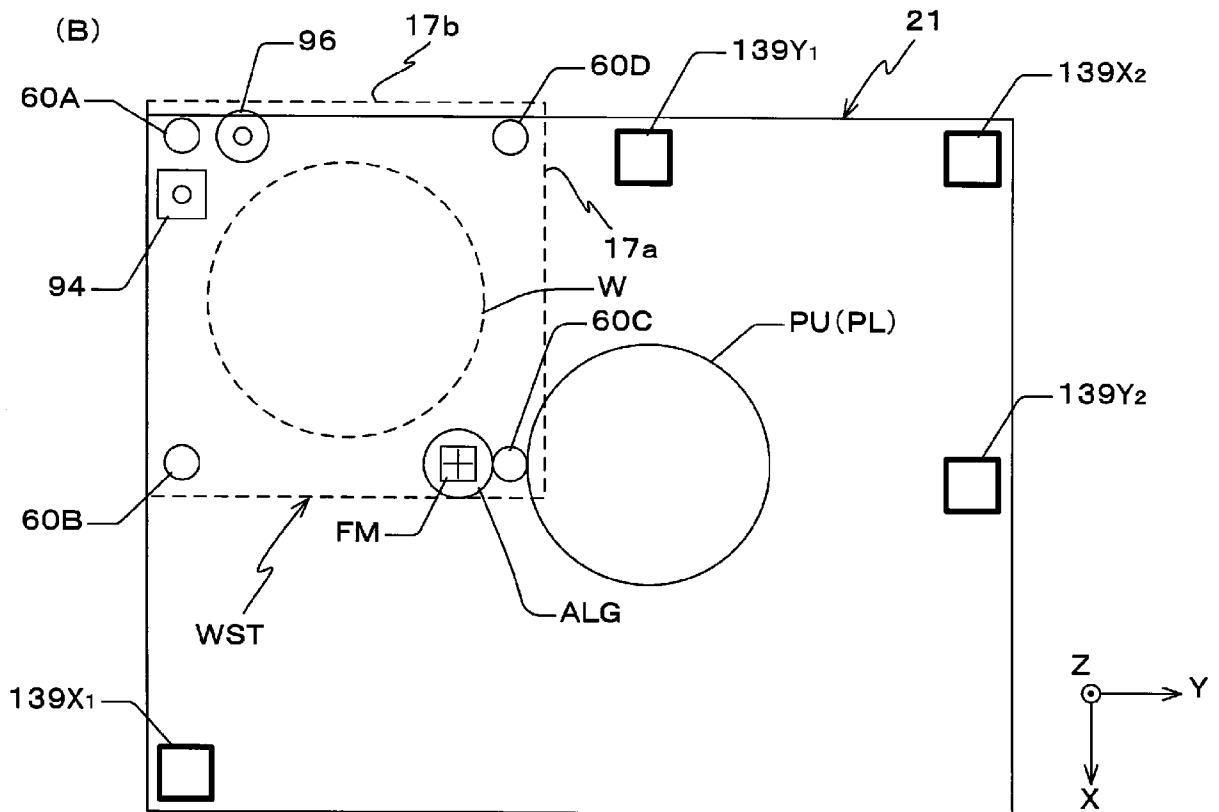
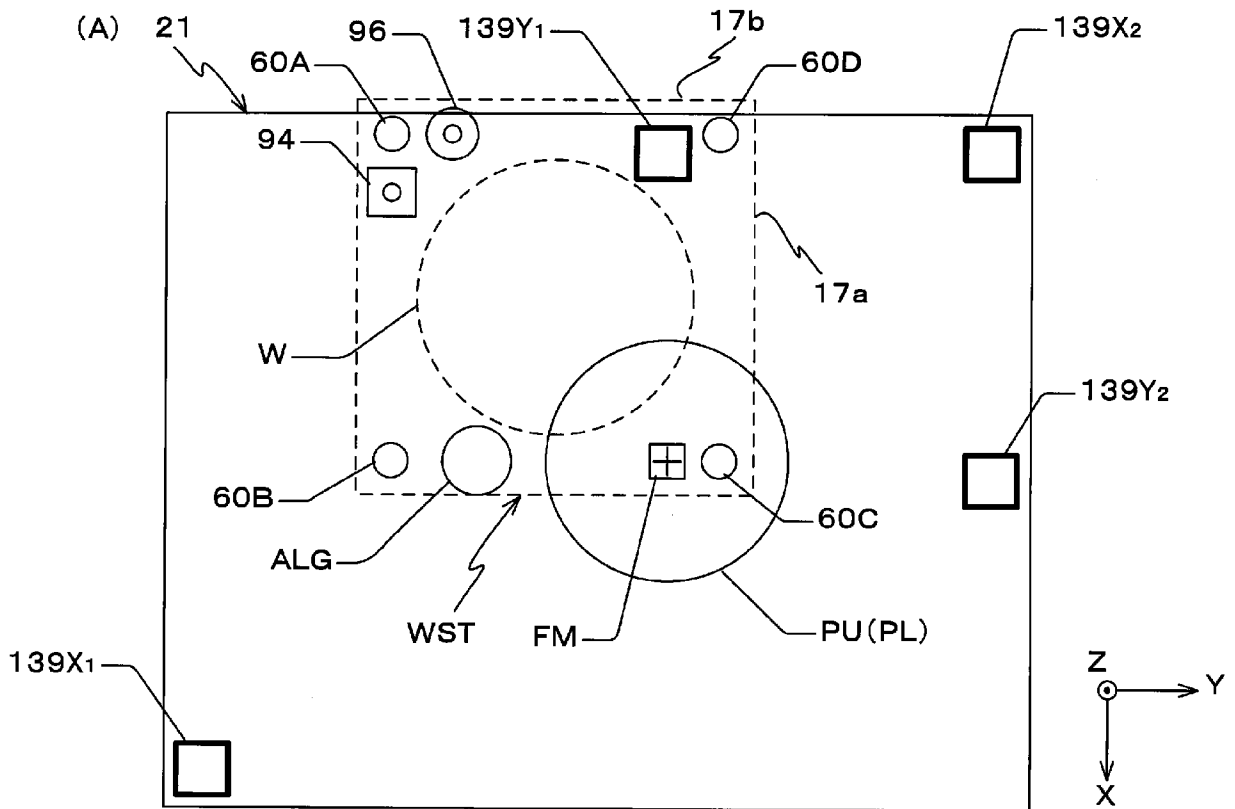
[図19]



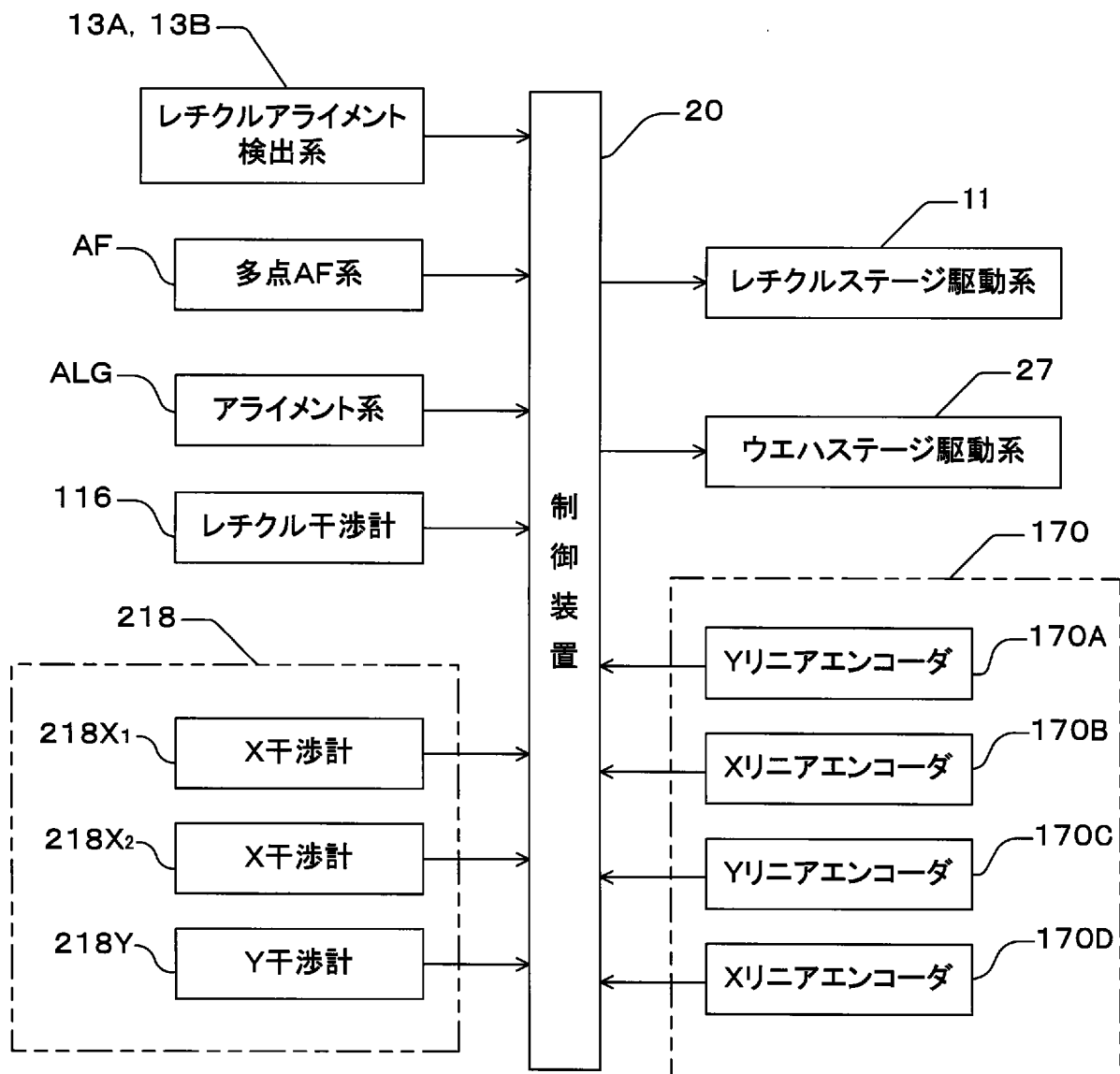
[図20]



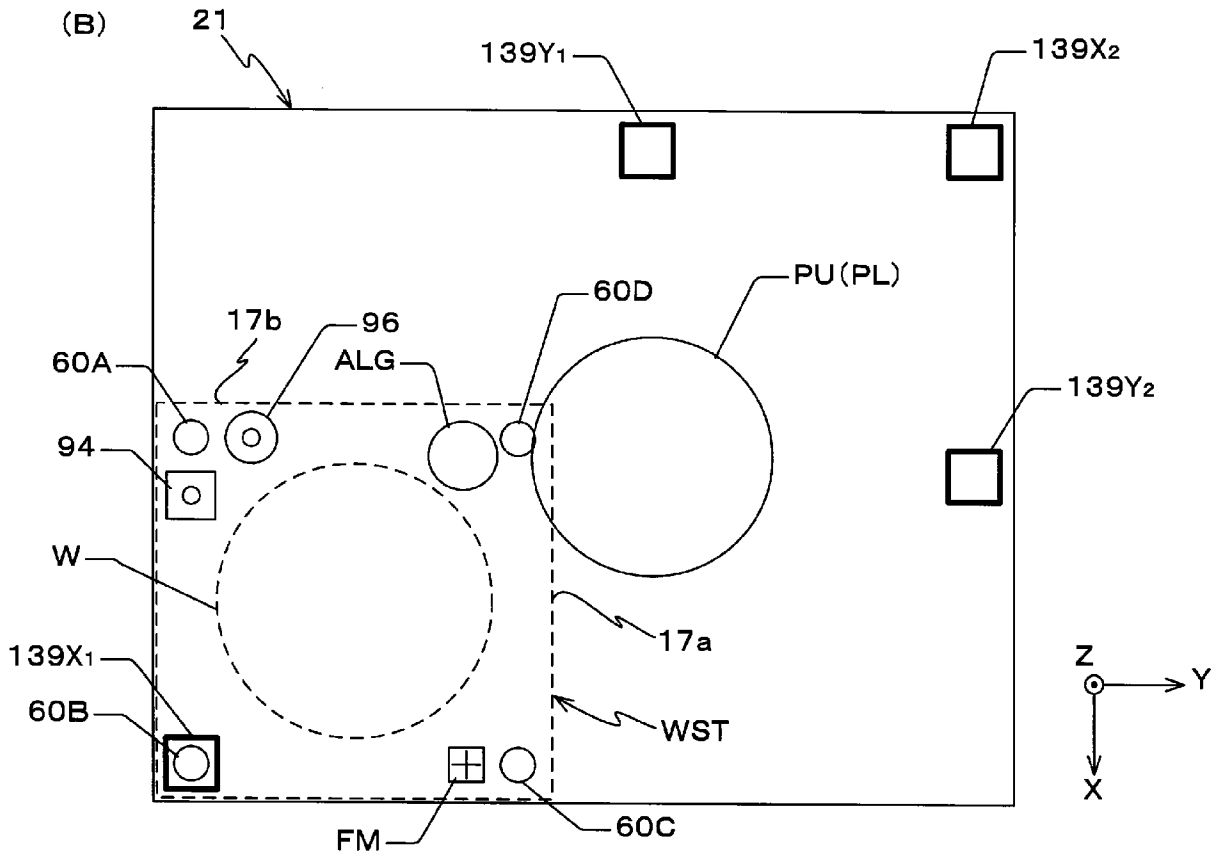
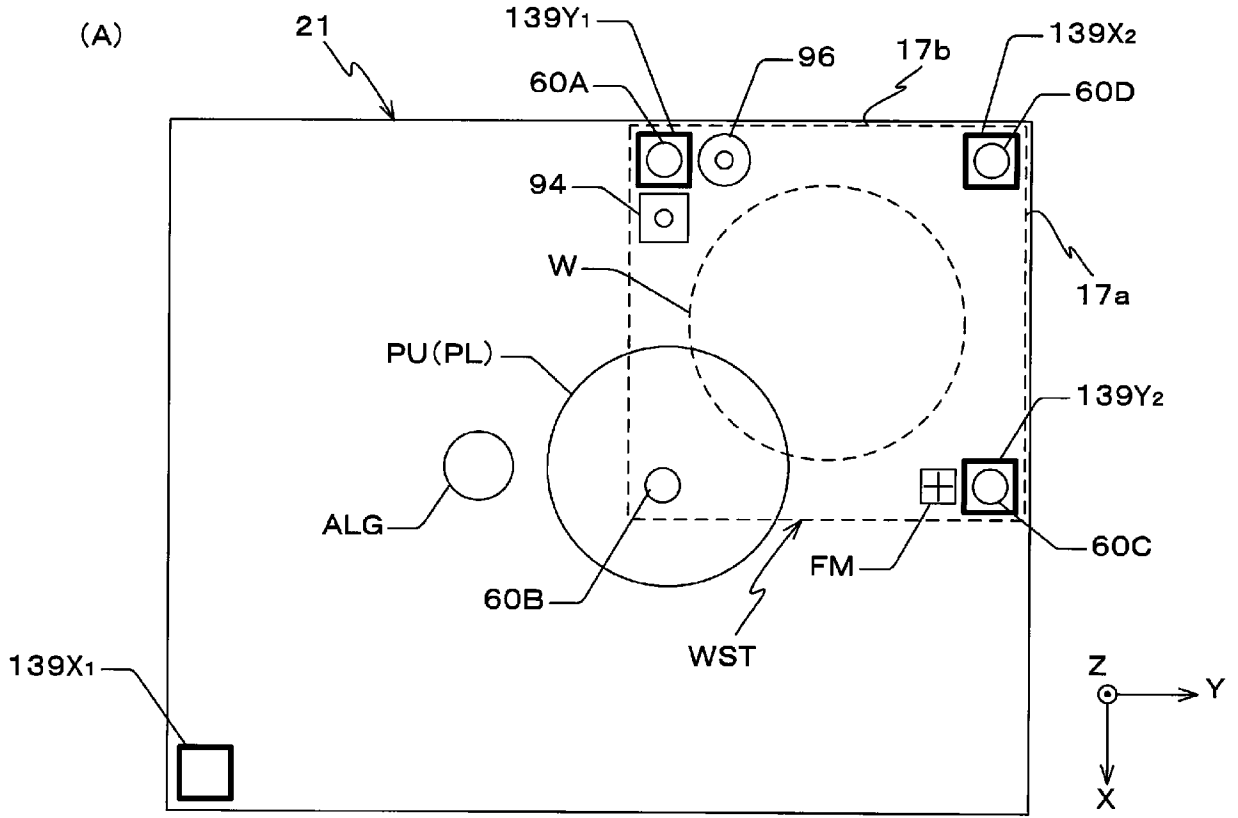
[図21]



[図22]



[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2008/001977

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L21/027(2006.01) i, G01B11/00(2006.01) i, G03F7/20(2006.01) i, H01L21/68(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01L21/027, G01B11/00, G03F7/20, H01L21/68

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2008	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2008

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 7-270122 A (Canon Inc.), 20 October, 1995 (20.10.95), Claim 1; Par. No. [0036]; Figs. 1, 2 & US 5610715 A	1, 9-11
X	JP 2007-180553 A (ASML Netherlands B.V.), 12 July, 2007 (12.07.07), Claim 1; Par. No. [0051]; Fig. 3 & US 2002/0041380 A1 & US 2004/0263846 A1 & US 2006/0139660 A1 & US 6819425 B2 & US 7289212 B2 & EP 1182509 A2 & TW 527526 A & KR 2002/016531 A	1, 9-11
X	JP 2005-203483 A (Nikon Corp.), 28 July, 2005 (28.07.05), Par. Nos. [0032] to [0035]; Figs. 2 to 5 (Family: none)	1, 9-11

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 03 October, 2008 (03.10.08)	Date of mailing of the international search report 21 October, 2008 (21.10.08)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/001977

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2007-93546 A (Nikon Corp.), 12 April, 2007 (12.04.07), Par. Nos. [0018] to [0028]; Figs. 1, 2 (Family: none)	1, 9-11

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. H01L21/027(2006.01)i, G01B11/00(2006.01)i, G03F7/20(2006.01)i, H01L21/68(2006.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. H01L21/027, G01B11/00, G03F7/20, H01L21/68

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
 日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2008年
 日本国実用新案登録公報 1996-2008年
 日本国登録実用新案公報 1994-2008年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 7-270122 A (キヤノン株式会社)1995. 10. 20, [請求項 1], [0036], 図 1, 図 2 & US 5610715 A	1, 9-11
X	JP 2007-180553 A (エーエスエムエル ネザーランズ ビー. ブイ.) 2007. 07. 12, [請求項 1], [0051], 図 3 & US 2002/0041380 A1 & US 2004/0263846 A1 & US 2006/0139660 A1 & US 6819425 B2 & US 7289212 B2 & EP 1182509 A2 & TW 527526 A & KR 2002/016531 A	1, 9-11

C 欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 03. 10. 2008	国際調査報告の発送日 21. 10. 2008
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号	特許庁審査官 (権限のある職員) 植木 隆和 電話番号 03-3581-1101 内線 3274

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2005-203483 A (株式会社ニコン) 2005.07.28, [0032]~[0035], 図2~図5 (ファミリーなし)	1, 9-11
X	JP 2007-93546 A (株式会社ニコン) 2007.04.12, [0018]~[0028], 図 1, 図2 (ファミリーなし)	1, 9-11