

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2007年12月13日 (13.12.2007)

PCT

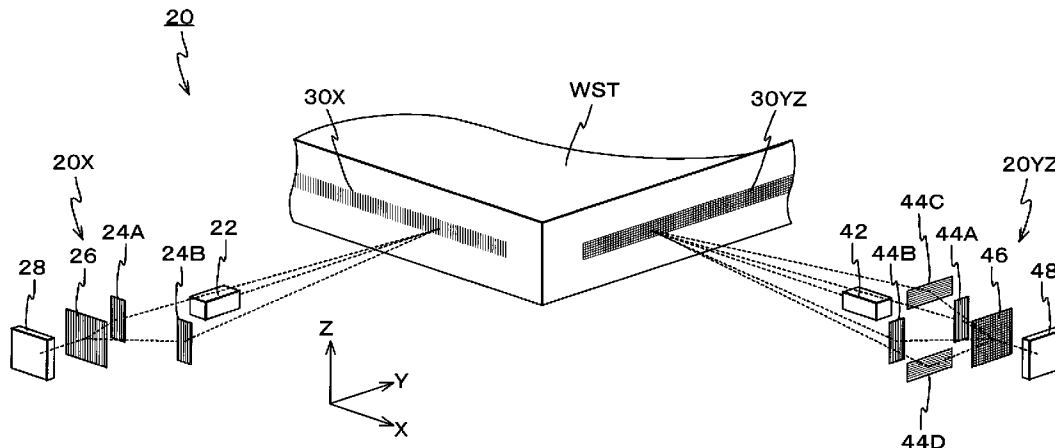
(10) 国際公開番号
WO 2007/142351 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/027 (2006.01) G01D 5/38 (2006.01)
G01B 11/00 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/061714
- (22) 国際出願日: 2007年6月11日 (11.06.2007)
- (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2006-160910 2006年6月9日 (09.06.2006) 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
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 牧野内進 (MAKI-NOUCHI, Susumu) [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). 今井亨 (IMAI, Toru) [JP/JP]; 〒9811221 宮城県名取市田高字原277番地 株式会社仙台ニコン内 Miyagi (JP). 渡邊昭宏 (WATANABE, Akihiro) [JP/JP]; 〒9811221 宮城県名取市田高字原277番地 株式会社仙台ニコン内 Miyagi (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).

[続葉有]

(54) Title: APPARATUS WITH MOBILE BODY, EXPOSURE APPARATUS, EXPOSURE METHOD AND DEVICE MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 移動体装置、露光装置及び露光方法、並びにデバイス製造方法



(57) Abstract: A moving lattice (30X) is arranged on a side surface of a wafer stage (WST), light is applied to the moving lattice from a light source (22), diffracted light generated at the moving lattice is interfered by fixed scales (24A, 24B) wherein positional relationship with the light source is fixed and an index scale (26), and the interfered light is detected by a detector (28). In such case, since the moving lattice is arranged on the side surface of the wafer stage, size increase of the wafer stage as a whole can be suppressed. Furthermore, since the interference is generated among a plurality of diffracted beams (for instance, \pm primary diffracted beams) passing extremely close optical paths, there is less influence of fluctuation of the ambient atmosphere compared with the conventional interferometer, highly accurate measurement of position information of the mobile body is made possible.

(57) 要約: ウエハステージ (WST) の側面に移動格子 (30X) が設けられ、該移動格子に対して、光源 (22) から光を照射し、光源との間の位置関係が固定の固定スケール (24A, 24B) 及びインデックススケール (26) により移動格子で発生する回折光が干渉され、検出器 (28) により該干渉された光が検出される。この場合、移動格子がウエハステージの側面に設けられているので、ウエハステージ全体の大型化を抑制することができる。また、干渉は非常に近接した光路を通る複数の回折光 (例えば ± 1 次回折光) の間で生じるので、従来の干渉計に比べて周辺雰囲気の影響が少

[続葉有]

WO 2007/142351 A1



(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, 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, 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, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, 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

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

移動体装置、露光装置及び露光方法、並びにデバイス製造方法
技術分野

[0001] 本発明は移動体装置、露光装置及び露光方法、並びにデバイス製造方法に係り、更に詳しくは、移動面内の少なくとも一軸方向に移動する移動体を備える移動体装置、該移動体装置を具備する露光装置及び物体を露光してパターンを形成する露光方法、並びに前記露光方法を用いるデバイス製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、半導体素子、液晶表示素子等のマイクロデバイス(電子デバイス)を製造するに際し、リソグラフィ工程では、ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置(いわゆるステッパ)、又はステップ・アンド・スキャン方式の走査型投影露光装置(いわゆるスキャニング・ステッパ(スキャナとも呼ばれる))などが比較的多く用いられている。

[0003] この種の露光装置では、ウエハ又はガラスプレートなどの基板(以下、「ウエハ」と総称する)上の複数のショット領域にレチクル(又はマスク)のパターンを転写するために、ウエハを保持するウエハステージはXY二次元方向に例えばリニアモータ等により駆動される。特に、スキャニング・ステッパの場合、ウエハステージのみならず、レチクルを保持するレチクルステージもリニアモータ等により走査方向に所定ストロークで駆動される。レチクルステージ及びウエハステージの位置計測は、長期に渡って計測の安定性が良好で、高分解能なレーザ干渉計を用いて行われるのが、一般的である。

[0004] しかるに、半導体素子の高集積化に伴う、パターンの微細化により、より高精度なステージの位置制御性が要求されるようになり、今や、レーザ干渉計のビーム光路上の雰囲気温度揺らぎに起因する計測値の短期的な変動が無視できなくなりつつある。

[0005] 一方、最近では、位置計測装置の一種であるエンコーダとして、計測分解能が、レーザ干渉計と同程度以上のものが出現しており、露光装置内において、エンコーダ(

リニアスケールと測長装置を含む)をウエハステージの位置計測に用いる技術も提案されている(例えば、特許文献1参照)。

[0006] しかるに、上記特許文献1に記載のエンコーダなどでは、リニアスケールを、ウエハステージ上のウエハ載置位置から(露光光が実際に照射される位置から)遠く離れた位置に設置する必要があったため、計測の際にアッペ誤差が発生するとともに、ウエハステージ全体の外形が大きくなるおそれがあった。

[0007] 特許文献1:特開2004-101362号公報

発明の開示

課題を解決するための手段

[0008] 本発明は、上述した事情の下になされたものであり、第1の観点からすると、移動面内の少なくとも一軸方向に移動する移動体と;前記移動体の前記移動面に交差する所定面上の移動格子に光を照射する光源と、前記光源との間の位置関係が固定で、前記移動格子で発生する複数の回折光を干渉させる光学系と、前記干渉した光を検出する検出器と、を有する計測装置と;を備える第1の移動体装置である。

[0009] これによれば、移動体の移動面に交差する所定面に移動格子が設けられ、該移動格子に対して、計測装置の光源から光が照射され、光源との間の位置関係が固定の光学系により移動格子で発生する複数の回折光が干渉され、検出器により該干渉された光が検出される。この場合、移動格子が移動体の一部である所定面に設けられていることにより、移動体全体の大型化を抑制することができる。また、干渉は非常に近接した光路を通る複数の回折光(例えば±1次回折光)の間で生じるので、従来の干渉計に比べて周辺雰囲気の影響が少なくなり、これにより、高精度な移動体の位置情報の計測が可能となる。また、干渉計と同様、計測装置の光源から照射される光の光軸を、計測の基準となる基準点上を通るように設定することができ、これによりアッペ誤差のない計測が可能となる。しかし、アッペ誤差の無い計測に限定されるものでないことは勿論である。

[0010] 本発明は第2の観点からすると、移動面内の少なくとも一軸方向に移動し、その一部に、前記移動面に交差する反射面を有する移動体と;前記反射面に光を照射する光源と、前記光源との間の位置関係が固定で、前記一軸方向を周期方向とする一次

元格子を有し、前記反射面において反射した光が入射する固定スケールと、前記一次元格子で発生する複数の回折光を干渉させる光学系と、前記干渉した光を検出する検出器と、を有する計測装置と;を備える第2の移動体装置である。

[0011] これによれば、計測装置の光源から、移動体の反射面に光が照射され、該反射面で反射した光が、光源との間の位置関係が固定とされた固定スケールの一次元格子に入射する。そして、一次元格子で発生する複数の回折光が光学系によって干渉され、該干渉された光が検出器により検出される。このように、移動体に設けられた反射面を介して一次元格子を用いた移動体の位置計測を行うことができるので、移動体に一次元格子を設ける必要が無く、移動体の大型化を抑制することが可能となる。また、固定スケールで発生する複数の回折光を近接させて光学系に導くことができるので、従来の干渉計に比べて周辺雰囲気揺らぎによる影響が少ないので、高精度な移動体の位置情報の計測が可能となる。また、干渉計と同様、計測装置の光源から照射される光の光軸を、計測の基準となる基準点上を通るように設定することができる。

[0012] 本発明は、第3の観点からすると、移動面内の少なくとも一軸方向に移動する移動体と;前記移動体に設けられた、前記移動面に交差する面に沿って配列された移動格子に光を照射するとともに、前記移動格子を介した光を検出することにより、前記移動体の位置を計測する計測装置と;を備える第3の移動体装置である。

[0013] これによれば、移動体に設けられる移動格子が、移動面に交差する面に沿って配列されているため、従来の干渉計に比べて周辺雰囲気揺らぎによる影響が少ない。このため、高精度な移動体の位置情報の計測が可能となる。また、移動体全体の大型化を抑制することができる。

[0014] 本発明は、第4の観点からすると、移動面内の少なくとも一軸に平行な方向に移動する移動体と;前記移動体の前記移動面に交差する所定面上の移動格子に光を照射する光源と、前記光源との間の位置関係が固定で、前記移動格子にて回折された光を回折又は反射し、前記移動格子に戻す固定光学素子と、前記移動格子を再度介して干渉された光を検出する検出器と、を有する計測装置と;を備える第4の移動体装置である。

- [0015] これによれば、計測装置の光源から、移動体の移動面に交差する所定面上の移動格子に光が照射され、該移動格子で回折された光が、固定光学素子に入射する。この固定光学素子に入射した光は、固定光学素子で回折又は反射されて移動格子に戻り、移動格子において干渉された光が検出器において検出される。この場合、移動体の一部である所定面に移動格子が設けられているため、移動体全体の大型化を抑制することができる。また、干渉は、固定光学素子と移動格子との間で生じるので、従来の干渉計に比べて周辺雰囲気揺らぎによる影響が少なくなり、これにより高精度な移動体の位置情報の計測が可能となる。なお、干渉計と同様、計測装置の光源から照射される光の光軸が、計測の基準となる基準点上を通るように設定することができる。
- [0016] 本発明は、第5の観点からすると、所定の平面内の互いに直交する第1及び第2方向に移動し、前記平面と鋭角で交差しかつ回折格子が形成される反射面を有する移動体と；前記平面とほぼ平行に前記第1方向に延設され、かつ前記反射面がその一部と対向する固定光学素子を含み、前記第1方向に沿って前記反射面に光ビームを照射するとともに、前記反射面から発生して前記固定光学素子及び前記反射面で反射される回折ビームを干渉させて検出し、前記移動体の位置情報を計測する計測装置と；を備える第5の移動体装置である。
- [0017] これによれば、計測装置は、所定の平面とほぼ平行に第1方向に延設されかつ回折格子を有する固定スケールを含み、移動体の反射面を介して固定スケールに光ビームを照射するとともに、固定スケールから発生する複数の回折ビームを干渉させて検出し、移動体の位置情報を計測する。このため、移動体に格子を設ける必要が無く、移動体の大型化を抑制することが可能となる。また、従来の干渉計に比べて周辺雰囲気揺らぎによる影響が少ないので、高精度な移動体の位置情報の計測が可能となる。
- [0018] 本発明は、第6の観点からすると、所定の平面内の互いに直交する第1及び第2方向に移動する移動体と；前記平面とほぼ平行に前記第1方向に延設されかつ回折格子を有する固定スケールを含み、前記移動体の反射面を介して前記固定スケールに光ビームを照射するとともに、前記固定スケールから発生する複数の回折ビームを

干渉させて検出し、前記移動体の位置情報を計測する計測装置と;を備える第6の移動体装置である。

[0019] これによれば、計測装置は、所定の平面とほぼ平行に第1方向に延設されかつ回折格子を有する固定スケールを含み、移動体の反射面を介して固定スケールに光ビームを照射するとともに、固定スケールから発生する複数の回折ビームを干渉させて検出し、移動体の位置情報を計測する。このため、移動体に格子を設ける必要が無く、移動体の大型化を抑制することが可能となる。また、従来の干渉計に比べて周辺雰囲気の影響が少ないので、高精度な移動体の位置情報の計測が可能となる。

[0020] 本発明は、第7の観点からすると、所定の平面内の互いに直交する第1及び第2方向に移動し、前記第2方向に沿って延設され、前記第1方向と平行かつ前記平面と直交する面内で前記平面と鋭角で交差する第1反射面と、前記第1方向に沿って延設され、前記第2方向と平行かつ前記平面と直交する面内で前記平面と鋭角で交差する第2反射面とを有する移動体と;前記平面とほぼ平行かつ前記第1及び第2方向にそれぞれ延設される第1及び第2反射部材を含み、前記第1反射面に第1光ビームを照射するとともに、前記第1反射部材及び前記第1反射面で反射する複数の第1回折ビームを干渉させて検出し、前記第2反射面に第2光ビームを照射するとともに、前記第2反射部材及び前記第2反射面で反射する複数の第2回折ビームを干渉させて検出し、前記移動体の前記第1及び第2方向の位置情報を計測する計測装置と;を備え、前記第1反射面及び前記第1反射部材の少なくとも一方、及び前記第2反射面及び前記第2反射部材の少なくとも一方に回折格子が設けられる第7の移動体装置である。

[0021] これによれば、計測装置により、従来の干渉計に比べて周辺雰囲気の影響が少ない、高精度な移動体の第1及び第2方向の位置情報の計測が可能となる。また、第1反射面及び第1反射部材の少なくとも一方、及び第2反射面及び第2反射部材の少なくとも一方に回折格子が設けられるので、移動体全体の大型化を抑制することができる。

[0022] 本発明は、第8の観点からすると、物体を露光して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移動する移動体を含む本発明の第1～第7の移動体装置のいずれかを具備する第1の露光装置である。

[0023] これによれば、上記各移動体装置に含まれる移動体が、物体を保持して移動することから、物体を露光してパターンを形成する際に、高精度かつ高加速度での物体の移動が可能となり、これにより、高精度な露光を高スループットで行うことが可能となる。

[0024] 本発明は、第9の観点からすると、マスクに形成されたパターンを物体上に転写する露光装置であって、前記マスク及び前記物体の少なくとも一方を保持して移動する移動体を含む本発明の第1～第7の移動体装置のいずれかを具備する第2の露光装置である。

[0025] これによれば、上記各移動体装置に含まれる移動体により、マスク及び物体の少なくとも一方が保持され駆動される。このため、マスクに形成されたパターンを物体上に転写する際に、高精度かつ高加速度でのマスク及び物体の少なくとも一方の移動が可能であり、これにより、高精度な露光を高スループットで行うことが可能となる。

[0026] 本発明は第10の観点からすると、物体を露光して該物体上に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移動面に沿って移動する移動体の前記移動面に交差する所定面に光を照射し、該所定面と前記所定面に対して所定の位置関係とされた移動格子とを介した光を用いて前記移動体の位置を計測し、前記計測結果に基づいて、前記移動体を移動しつつ前記物体を露光する第1の露光方法である。

[0027] これによれば、物体を保持して移動する移動体の、移動面に交差する所定面及び該所定面に対して所定の位置関係とされた移動格子を介して移動体の位置を計測することから、従来の干渉計に比べて周辺雰囲気の影響が小さい。また、移動体に別途計測用の部材を設ける必要が無く、移動体全体の大型化が抑制される。これにより、移動体の高精度な位置決め及び高加速度化が可能となり、高スループットかつ高精度な露光を実現することが可能となる。

[0028] 本発明は、第11の観点からすると、露光光で物体を露光する露光方法であって、前記物体を、所定の平面内の互いに直交する第1及び第2方向に移動するとともに、

前記平面と鋭角で交差しかつ回折格子が形成される反射面を有する移動体で保持し、前記第1方向に沿って前記反射面に光ビームを照射するとともに、前記反射面から発生して、前記平面とほぼ平行に前記第1方向に延設される固定光学素子及び前記反射面で反射される回折ビームを干渉させて検出して、前記移動体の位置情報を計測し、前記位置情報に基づいて前記移動体を移動する第2の露光方法である。

[0029] これによれば、移動体の高精度な位置決め及び高加速度化が可能となり、高スループットかつ高精度な露光を実現することが可能となる。

[0030] 本発明は、第12の観点からすると、露光光で物体を露光する露光方法であって、前記物体を、所定の平面内の互いに直交する第1及び第2方向に移動する移動体で保持し、前記移動体の反射面を介して、前記平面とほぼ平行に前記第1方向に延設されるかつ回折格子を有する固定スケールに光ビームを照射するとともに、前記固定スケールから発生する複数の回折ビームを検出して、前記移動体の位置情報を計測し、前記位置情報に基づいて前記移動体を移動する第3の露光方法である。

[0031] これによれば、移動体の高精度な位置決め及び高加速度化が可能となり、高スループットかつ高精度な露光を実現することが可能となる。

[0032] また、リソグラフィ工程において、本発明の第1～第3の露光方法のいずれかを用いて物体を露光し、該物体上にパターンを形成し、そのパターンが形成された物体に処理(例えば現像、エッチング等)を施すことにより、高集積度のマイクロデバイスの生産性を向上することが可能である。従って、本発明は、更に別の観点からすると、本発明の第1～第3の露光方法のいずれかを用いるデバイス製造方法であるとも言える。

図面の簡単な説明

[0033] [図1]第1の実施形態に係る露光装置の概略構成を示す図である。

[図2]ウエハステージ及びエンコーダを示す斜視図である。

[図3]図2のエンコーダ20Xを示す平面図である。

[図4]図4(A)は、第2の実施形態に係るエンコーダを説明するための斜視図であり、図4(B)は、図4(A)の反射面134近傍を+X方向から見た状態を示す図である。

[図5]図5(A)は、第3の実施形態のエンコーダを説明するための斜視図であり、図5(B)

B)は、図5(A)のエンコーダの原理を説明するための図であり、図5(C)及び図5(D)は、図5(A)の固定スケールの変形例を示す図である。

[図6]図6(A)は、第3の実施形態の変形例(その1)を示す斜視図であり、図6(B)は、第3の実施形態の変形例(その2)を示す斜視図である。

[図7]図7(A)～図7(C)は、第4の実施形態における、ウエハステージのZ軸方向に関する位置計測の原理を説明するための図である。

[図8]図8(A)～図8(C)は、第4の実施形態における、ウエハステージのY軸方向に関する位置計測の原理を説明するための図である。

[図9]図9(A)、図9(B)は、反射面134の変形例を示す図である。

[図10]6自由度計測を行うためのエンコーダの配置の一例を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

[0034] 《第1の実施形態》

以下、本発明の第1の実施形態を図1～図3に基づいて説明する。

[0035] 図1には、第1の実施形態に係る露光装置10の概略的な構成が示されている。露光装置10は、ステップ等の一括露光型の投影露光装置である。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図1におけるし面内左右方向をY軸方向、Z軸及びY軸に直交する方向(図1における紙面直交方向)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。

[0036] 露光装置10は、照明ユニットIOP、レチクルRを保持するレチクルホルダRH、投影光学系PL、ウエハWを保持して所定の平面(本実施形態では、互いに直交するX軸及びY軸を含むXY平面)に沿って二次元移動するウエハステージWSTを含むステージ装置50、及びこれらの制御系等を含んでいる。

[0037] 照明ユニットIOPは、光源及び照明光学系を含み、その内部に配置された視野絞り(マスクキングブレード又はレチクルブラインドとも呼ばれる)で規定される矩形(例えば、正方形)の照明領域に照明光ILを照射し、回路パターンが形成されたレチクルRを均一な照度で照明する。照明光ILとしては、例えば超高圧水銀ランプからの紫外

域の輝線(波長436nmのg線、波長365nmのi線等)が用いられるものとする。ただし、それらに代えて、KrFエキシマレーザ光(波長248nm)、又はArFエキシマレーザ光(波長193nm)あるいはF₂レーザ光(波長157nm)などの真空紫外光を用いることとしても良い。

[0038] レチクルホルダRHは、照明ユニットIOPの下方に配置されている。レチクルホルダRHは、実際には、投影光学系PLの上面に載置されている(ただし、図1では図示の便宜上、レチクルホルダRHと投影光学系PLとが離間して示されている)。具体的には、レチクルホルダRHは、投影光学系PLの上面に固定されたベース上で、レチクルRを保持して不図示の制御装置によりX軸方向、Y軸方向、 θ_z 方向に微小駆動可能とされている。なお、レチクルホルダRHは、単にレチクルRを保持するだけの機能を有するように構成し、レチクルRの駆動は行わないようにしても良い。また、レチクルホルダRHと投影光学系PLとを分離して配置してもよい。

[0039] レチクルRの一部には、一対のアライメントマーク(不図示)が設けられている。本第1の実施形態では、不図示の制御装置が、露光前に、この一対のアライメントマークとこれに対応するウエハステージWST上の基準マークとをレチクルアライメント系を用いて計測し、該計測結果を用いて、例えばレチクルホルダRHを微小駆動してレチクルRの位置決め(レチクルアライメント)を行う。

[0040] 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)から成る屈折光学系が用いられている。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あるいは1/5)を有する。このため、照明ユニットIOPからの照明光ILによって照明領域が照明されると、投影光学系PLの第1面(物体面)とパターン面がほぼ一致して配置されるレチクルRを通過した照明光ILにより、投影光学系PLを介してその照明領域内のレチクルの回路パターンの縮小像が、その第2面(像面)側に配置され、表面にレジスト(感光剤)が塗布されたウエハW上の前記照明領域に共役な領域(露光領域)に形成される。

[0041] 投影光学系PLの近傍には、ウエハW上のアライメントマーク又はウエハステージWST上の基準マークを検出するためのアライメント系ALGが設けられている。このアラ

イメント系ALGとしては、例えば画像処理方式のセンサを用いることができ、画像処理方式のセンサは、例えば特開平4-65603号公報及びこれに対応する米国特許第5,493,403号明細書などに開示されている。アライメント系ALGによる検出結果は、不図示の制御装置に送られる。

[0042] ステージ装置50は、不図示のウエハホルダを介してウエハWを保持するウエハステージWST、及びウエハステージWSTを駆動するウエハステージ駆動系124等を備えている。ウエハステージWSTは、投影光学系PLの図1における下方に配置され、その底面に設けられた気体静圧軸受、例えばエアベアリングによって、不図示のベースの上面の上方に非接触で支持されている。ウエハステージWSTは、例えばリニアモータ及びボイスコイルモータなどを含むウエハステージ駆動系124によって、XY平面(移動面)内のX軸方向及びY軸方向に所定ストロークで駆動されるとともに、XY平面に直交するZ軸方向及び回転方向(θ_x 方向、 θ_y 方向及び θ_z 方向)に微小駆動される。

[0043] 上記のように、本第1の実施形態では、ウエハステージWSTが6自由度で駆動可能な単一のステージであるものとしたが、これに限らず、XY平面内で自在に移動可能なXYステージと、該XYステージ上で少なくともZ、 θ_x 、 θ_y 方向の3自由度方向で駆動されるテーブルとによってウエハステージWSTを構成しても勿論良い。

[0044] ウエハステージWSTの位置情報は、図1に示されるリニアエンコーダシステム20によって、常時検出され、不図示の制御装置に送られる。

[0045] これを更に詳述すると、リニアエンコーダシステム20は、図2に示されるような、いわゆる3格子干渉エンコーダから成るXエンコーダ20X、及びYZエンコーダ20YZを含んでいる。

[0046] Xエンコーダ20Xは、図2及びエンコーダ20Xの平面図である図3に示されるように、ウエハステージWSTの-Y側の面に設けられた移動格子30Xに対して、光を照射する光源22と、光源22との間の位置関係が固定で、移動格子30Xで発生する回折光を集光させる固定スケール24A、24Bと、固定スケール24A、24Bにて集光された回折光を干渉させるインデックススケール26と、インデックススケール26にて干渉した光を検出する検出器28とを含んでいる。

- [0047] 光源22は、例えばコヒーレントな光、例えば波長 λ (=850nm)のレーザ光を図1における-Y方向から+Y方向に向けて射出する。この場合、光源22から射出されるレーザ光の光軸が投影光学系PLの投影中心(本実施形態では光軸AXと一致)を通るように光源22の位置が設定されている。
- [0048] 移動格子30Xは、X軸方向を周期方向とする回折格子である。この移動格子30Xでは、入射した光に基づいて、次数が異なる複数の回折光を発生させる。図2では、それらの回折光のうち、移動格子30Xで発生した ± 1 次回折光が示されている。
- [0049] 固定スケール24A, 24Bは、X軸方向を周期方向とする回折格子が形成されたプレートから成る透過型の位相格子であり、光源22よりも-Y側に配置されている。また、インデックススケール26は、X軸方向を周期方向とする回折格子が形成されたプレートから成る透過型の位相格子であり、固定スケール24A, 24Bよりも-Y側に配置されている。
- [0050] 固定スケール24Aは、移動格子30Xで発生した-1次回折光を回折して+1次回折光を生成し、この+1次回折光はインデックススケール26に向かう。また、固定スケール24Bは、移動格子30Xで発生した+1次回折光を回折して-1次回折光を生成し、この-1次回折光はインデックススケール26に向かう。
- [0051] ここで、固定スケール24A, 24Bで生成された ± 1 次回折光は、インデックススケール26上の同一位置で互いに重なり合う。すなわち、 ± 1 次回折光がインデックススケール26上で干渉する。
- [0052] 本実施形態では、光源22から射出されるレーザ光の波長と移動格子30Xのピッチとに基づいて、移動格子30Xで発生する各回折光の回折角度が決まる。また、レーザ光の波長と固定スケール24A, 24Bのピッチとに応じて、固定スケール24A, 24Bで発生した ± 1 次回折光の回折角度(すなわち、移動格子30Xで発生した ± 1 次回折光の見かけ上の折り曲げ角度)が決まることから、レーザ光の波長、移動格子30Xのピッチ及び固定スケール24A, 24Bのピッチを適切に設定する必要がある。例えば、上述したように移動格子30Xにおいて発生する ± 1 次回折光を計測に用いる場合、インデックススケール26上の干渉縞の明暗周期は移動格子30Xの配列周期の2倍になるが、その干渉縞の明暗周期とわずかにピッチの異なるインデックススケール

26を用いた場合には、検出器28上に正弦波状の光量分布を作り出すことができる。

[0053] この光量分布は、移動格子30XのX軸方向の移動に伴って変化するので、この変化を検出器28を用いて検出することにより、ウエハステージWSTのX軸方向に関する位置情報を計測することが可能である。

[0054] なお、上記に代えて、インデックススケール26をY軸を中心として微量回転させてモアレ縞を発生させ、該モアレ縞を用いてウエハステージWSTの位置計測を行うことも可能である。

[0055] なお、本実施形態においては、移動格子30Xのピッチを荒くすることにより回折角度を小さくすることができる。これにより、移動格子30Xを、光源22及び固定スケール24A、24Bから、比較的離れた位置に配置することが可能である。また、移動格子30Xから発生する±1次回折光を近接させた状態で固定スケール24A、24Bに導くことが可能となる。

[0056] また、光源22から射出されるレーザ光の光束の太さ及び／又は固定スケール24A、24B、インデックススケール26の面積を適切に設定することにより、移動格子30Xまでの距離が変化した場合でも、高精度な計測を行うことが可能である。すなわち、本実施形態のような干渉型のエンコーダを採用することにより、エンコーダ20Xから移動格子30Xまでの距離(通常「スタンドオフ」と呼ぶ)の変化許容量を大きくすることが可能である。

[0057] YZエンコーダ20YZは、図2に示されるように、ウエハステージWSTの+X側の面に設けられた移動格子30YZに対して、光を照射する光源42と、光源42との間の位置関係が固定で、移動格子30YZで発生する回折光を集光させる固定スケール44A、44B及び44C、44Dと、固定スケール44A、44B及び固定スケール44C、44Dのそれぞれにて集光された回折光を干渉させるインデックススケール46と、インデックススケール46にて干渉した光を検出する検出器48とを含んでいる。移動格子30YZは、Y軸方向を周期方向とする回折格子とZ軸方向を周期方向とする回折格子とが組み合わされた二次元格子である。また、光源42から射出されるレーザ光の光軸が投影光学系PLの投影中心(本実施形態では光軸AXと一致)を通るように、光源42の位置(及び姿勢)が設定されている。

- [0058] 固定スケール44A、44Bは、前述した固定スケール24A、24Bと同様に、Y軸方向を周期方向とする回折格子が形成されたプレートから成る透過型の位相格子である。一方、固定スケール44C、44Dは、Z軸方向を周期方向とする回折格子が形成されたプレートから成る透過型の位相格子である。インデックススケール46は、Y軸方向を周期方向とする回折格子及びZ軸方向を周期方向とする回折格子が形成された透過型の二次元格子である。また、検出器48は、例えば4分割検出器又はCCDを含んでいる。
- [0059] 固定スケール44Aは、移動格子30YZのY軸方向を周期方向とする回折格子で発生した -1 次回折光を回折して $+1$ 次回折光を生成し、この $+1$ 次回折光はインデックススケール46に向かう。また、固定スケール44Bは、移動格子30YZのY軸方向を周期方向とする回折格子で発生した $+1$ 次回折光を回折して -1 次回折光を生成し、この -1 次回折光はインデックススケール46に向かう。
- [0060] ここで、固定スケール44A、44Bで生成された ± 1 次回折光は、インデックススケール46上の同一位置で互いに重なり合う。すなわち、 ± 1 次回折光がインデックススケール46上で干渉する。
- [0061] 一方、固定スケール44Cは、移動格子30YZのZ軸方向を周期方向とする回折格子で発生した -1 次回折光を回折して $+1$ 次回折光を生成し、この $+1$ 次回折光はインデックススケール46に向かう。また、固定スケール44Dは、移動格子30YZのZ軸方向を周期方向とする回折格子で発生した $+1$ 次回折光を回折して -1 次回折光を生成し、この -1 次回折光はインデックススケール46に向かう。
- [0062] ここで、固定スケール44C、44Dで生成された ± 1 次回折光は、インデックススケール46上の同一位置で互いに重なり合う。すなわち、 ± 1 次回折光がインデックススケール46上で干渉する。
- [0063] この場合においても、前述したXエンコーダ20Xと同様、光源42から射出されるレーザー光の波長と移動格子30YZのピッチとに基づいて、移動格子30YZの各格子で発生する回折光の回折角度が決まり、また、レーザー光の波長と固定スケール44A～44Dのピッチを適切に決定することにより移動格子30YZで発生した ± 1 次回折光の見かけ上の折り曲げ角度が決まる。

- [0064] ここで、YZエンコーダ20YZにおいては、検出器48上に二次元的な模様(市松模様)が現れる。この二次元的な模様は、ウエハステージWSTのY軸方向位置及びZ軸方向位置に応じて変化するので、この変化を、検出器48の少なくとも一部を構成する4分割素子又はCCDなどにより測定することによって、ウエハステージWSTのY軸方向及びZ軸方向の位置を計測することができる。
- [0065] なお、YZエンコーダ20YZにおいても、インデックススケール46をX軸を中心として微量回転させてモアレ縞を発生させ、該モアレ縞をウエハステージWSTの計測に用いることとしても良い。
- [0066] 上記のように構成される本第1の実施形態の露光装置では、通常のステップと同様に、不図示の制御装置の指示の下、レチクルアライメント及びウエハアライメント系ALGのベースライン計測、並びに例えば特開昭61-44429号公報(対応する米国特許第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)等のウエハアライメントが行われ、その後、ウエハアライメント結果に基づいて、ウエハ上のショット領域を投影光学系PLのパターンの投影領域(露光領域)に位置決めし露光することを繰り返す、いわゆるステップ・アンド・リピート方式の露光が行われ、レチクルRのパターンがウエハW上の複数のショット領域に順次転写される。これらの動作を行う間、不図示の制御装置は、前述したエンコーダ20X, 20YZの計測結果に基づいて、ウエハステージ駆動系124を介してウエハステージWSTを駆動する。
- [0067] 以上説明したように、本実施形態によると、ウエハステージWSTの側面に移動格子30X(30YZ)が設けられ、該移動格子30X(30YZ)に対して、光源22(42)から光を照射し、光源22(42)との間の位置関係が固定の固定スケール24A, 24B(44A~44D)及びインデックススケール26(46)により移動格子30X(30YZ)で発生する回折光が干渉され、検出器28(48)により該干渉された光が検出される。この場合、移動格子30X(30YZ)がウエハステージWSTの側面に設けられていることにより、従来の干渉計と同様、ウエハステージWSTの側面を用いた計測を行うことができるので、光源22から照射される光の光軸が投影光学系PLの光軸上を通るように設定することができ、これにより、アッペ誤差なくウエハステージWSTの位置計測を行うことができ

る。また、本実施形態のようなエンコーダでは、干渉は±1次回折光という非常に近接した光路を通る光の間で生じるので、移動鏡と固定鏡とに分かれた全く違った光路を通る光の干渉を用いる干渉計に比べて周辺雰囲気温度揺らぎ(屈折率の変動)による影響、例えばビーム光路上の雰囲気温度揺らぎに起因する計測値の短期的な変動による影響などを低減させることができる。また、本実施形態では、ウエハステージWSTの周辺に移動格子を別途設ける必要が無いので、ウエハステージWST全体の大型化を抑制することができ、これによりウエハステージWSTの高精度な位置決め及び高加速度化を図ることが可能となる。したがって、高精度なウエハステージWSTの位置計測、及びウエハステージWSTの高精度な位置決め及び高加速度化、ひいては高スループットかつ高精度な露光を実現することが可能となる。

[0068] なお、上記実施形態では、ウエハステージWSTのX軸方向、Y軸方向及びZ軸方向の位置をエンコーダを用いて計測することとしたが、これに限らず、少なくとも一軸方向のみをエンコーダを用いて計測することとしても良い。この場合、その他の方向をレーザ干渉計等の別の計測装置を用いて計測することとすることができる。例えば、ウエハステージWSTのZ軸方向の位置を、ウエハ表面のZ位置を検出する多点焦点位置検出系を用いて計測することとしても良い。

[0069] また、上記実施形態では、ウエハステージWSTが6自由度方向に移動可能とされているので、エンコーダ20X及び20YZを複数設けることにより、6自由度方向の計測を行うこととしても良い。また、エンコーダ20Xについても、2軸方向の計測が可能のように、エンコーダ20YZと同様の構成を採用することとしても良い。

[0070] 《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4(A)、図4(B)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にし、若しくは省略するものとする。

[0071] 図4(A)には、第1の実施形態の図2に対応する斜視図が示されている。この図4(A)に示されるように、本第2の実施形態では、ウエハステージWSTの-Y側端部に、反射面134が設けられており、また、エンコーダ本体20Y'の構成が第1の実施形態のエンコーダ20Xとは異なるものとされている。反射面134は、ウエハステージWS

Tの-Y端部に形成されたXY平面に対して45°傾いた面に、例えばアルミニウム等を蒸着して形成されている。すなわち、反射面134はYZ平面内でXY平面と鋭角で交差する。また、ウエハステージWSTの上方には、XY平面とほぼ平行にY軸方向を長手方向とする板状の第1の固定スケール135が設けられている。この第1の固定スケール135は、Y軸方向を周期方向とするパターン(例えば、回折格子)が形成された反射型のスケールであり、例えば、投影光学系PLを支持する不図示の支持定盤の下面に固定されている。第1の固定スケール135は、その下面側(-Z側)に回折格子を有することから、固定格子、あるいは格子部材などとも呼ぶことができる。また、本実施形態では、Y軸方向に沿って反射面134に入射するレーザー光はその光軸が投影光学系PLの投影中心を通るようにX軸方向の位置が設定され、第1の固定スケール135はX軸方向に関してその中心が反射面134に入射するレーザー光の光軸とほぼ同一の位置に設定されている。なお、投影光学系PLが搭載される支持定盤は、それぞれ防振機構が設けられる3本の支柱で支持されるが、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、投影光学系PLの上方に配置される不図示のメインフレーム部材などに対してその支持定盤を吊り下げ支持しても良い。また、第1の固定スケール135はその支持定盤ではなく他のフレーム部材、例えばメインフレーム部材に吊り下げ支持される計測フレームなどに設けても良い。この場合、支持定盤(すなわち投影光学系PL)はメインフレーム部材に吊り下げ支持されていなくても良い。

[0072] エンコーダ本体20Y'は、全体的には、前述した第1の実施形態のエンコーダ20Xとほぼ同様に構成されているが、第2の固定スケール124A, 124Bが光源22から-Y方向かつ+Z方向又は-Z方向に離れた位置に配置されている点、第2の固定スケール124A, 124Bのパターン(例えば、透過型の位相格子)がZ軸方向を周期方向とする点、及びインデックススケール126のパターン(例えば、透過型の位相格子)がZ軸方向を周期方向とする点が異なっている。

[0073] このエンコーダ本体20Y'では、反射面134に対して、光源22からの光がY軸方向に沿って照射され、図4(B)に示されるように、反射面134において+Z方向に向けて反射され、第1の固定スケール135に入射する。この固定スケール135は、入射し

た光に基づいて、次数の異なる複数の回折光を発生させる。図4(A), 図4(B)では、それらの回折光のうち、第1の固定スケール135で発生した±1次回折光が示されている。

[0074] これら±1次回折光は、反射面134に入射し、図4(B)に示されるように、反射面134にて反射(入射角と同一の反射角で反射)された後、第1の実施形態と同様、第2の固定スケール124A, 124B及びインデックススケール126を介して、検出器28に入射する。

[0075] この場合、ウエハステージWSTのY軸方向の移動に伴って、第1の固定スケール135に対する光源22からの光の入射位置が変化するため、検出器28で検出される光量分布が変化する。したがって、この光量分布の変化を検出器28にて検出することにより、ウエハステージWSTのY軸方向に関する位置情報を計測することが可能である。本実施形態では、エンコーダ本体20Y'と第1の固定スケール135とを少なくともも含んでエンコーダが構成されている。

[0076] なお、図4(A)では、ウエハステージWSTのY軸方向の位置計測を行うエンコーダ本体20Y'のみを図示したが、これに限らず、ウエハステージWSTの+X側端部(又は-X側端部)に反射面134と同様の反射面を設けるとともに、X軸方向計測用の第1の固定スケールを設け、これらに対応してエンコーダ本体20Y'と同様のX軸方向計測用のエンコーダ本体を設けることにより、ウエハステージWSTのX軸方向の位置計測を行うこととしても良い。この場合、ウエハステージWSTのX側端部に設けられる反射面はZX平面内でXY平面と鋭角(例えば45°)で交差し、X軸方向計測用の第1の固定スケールはX軸方向を周期方向とするパターンを有し、XY平面とほぼ平行にX軸方向を長手方向として設けられる。また、2つの反射面にそれぞれ入射するレーザー光の光軸が、例えば投影光学系PLの投影中心で直交するように配置してもよい。また、X軸方向の位置計測に用いる計測装置としてエンコーダを採用するのに代えて、例えば干渉計等の他の計測装置を採用することとしても良い。また、X軸方向の位置計測を本実施形態のエンコーダ本体を用いて行い、Y軸方向の位置計測をエンコーダ以外の計測装置で計測しても良い。

[0077] 以上説明したように、本第2の実施形態によると、ウエハステージWSTに設けられ

た反射面134を介してウエハステージWSTとは別に設けられた第1の固定スケール135を用いてウエハステージWSTの位置計測を行うので、ウエハステージWSTにスケールを設ける必要が無く、ウエハステージWSTの大型化を抑制することができる。また、第1の固定スケール135から発生する±1次回折光を近接させて第2の固定スケール124A、124Bに導くことが可能なので、高精度の位置計測を実現できる。

[0078] なお、上記実施形態では、ウエハステージWSTの反射面134を用いて、ウエハステージWSTのY軸方向位置を計測するエンコーダ本体20Y'を一つのみ設けることとしたが、これに限らず、Y軸方向位置を計測するエンコーダ本体をX軸方向に所定距離隔てて2つ設けることとしても良い。この場合、2つのエンコーダ本体から照射される光の光軸が、X軸方向に関して投影光学系PLの光軸から等距離の位置を通るようにすることで、各エンコーダ本体の計測結果を平均化することにより、ウエハステージWSTのY軸方向位置をアッペ誤差なく計測することができ、また、各エンコーダ本体の計測結果の差分をとることにより、ウエハステージWSTのZ軸回りの回転を計測することが可能である。また、ウエハステージWSTの+Y側端部に反射面を設け、かつY軸方向計測用のエンコーダ本体をY軸方向に関して投影光学系PLの両側に配置してもよい。同様に、X軸方向計測用のエンコーダ本体を投影光学系PLの両側に配置してもよい。さらに、第1の固定スケール135を反射型ではなく透過型としてもよい。

[0079] 《第3の実施形態》

次に、本発明の第3の実施形態について、図5(A)、図5(B)に基づいて説明する。ここで、前述した第2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にし、若しくは省略するものとする。

[0080] 図5(A)に示されるように、本第3の実施形態では、ウエハステージWSTの反射面134にX軸方向を周期方向とするパターン(例えば、回折格子)が形成され、ウエハステージWSTの上方には、X軸方向を周期方向とするパターン(例えば、回折格子)が形成され、XY平面とほぼ平行にY軸方向を長手方向とする固定スケール135'が設けられ、更にエンコーダ本体20X'の構成が上記第1、第2の実施形態と異なっている。

- [0081] 固定スケール135'は、反射型のスケールであり、第2の実施形態と同様に、投影光学系PLを支持する不図示の支持定盤の下面に固定されている。一方、エンコーダ本体20X'は、光源22と、該光源22の+Y側に設けられたビームスプリッタ29と、該ビームスプリッタ29の下方(-Z側)に設けられた検出器28とを含んでいる。
- [0082] 図5(B)には、本第3の実施形態のエンコーダの原理図が示されている。ここで、図5(A)のエンコーダでは、反射面134にパターンが形成された構成を採用しているが、図5(B)においては、説明の便宜上、図5(A)の反射面134が、これと実質的に等価な透過型のスケール134'に置き換えられている。
- [0083] この図5(B)に示されるように、本第3の実施形態のエンコーダ本体20X'では、光源22から射出されるレーザ光は、ビームスプリッタ29を透過して、透過型のスケール134'(反射面134)に入射する。そして、スケール134'(反射面134)上に形成されたパターン(回折格子)にて複数次数の回折光が生成される(なお、図5(A)、図5(B)では、そのうちの±1次回折光のみが示されている)。そして、固定スケール135'では、スケール134'(反射面134)上に形成されたパターンで発生した-1次回折光を更に回折して+1次回折光を生成し、また、スケール134'(反射面134)上に形成されたパターンで発生した+1次回折光を更に回折して-1次回折光を生成する。固定スケール135'で生成された±1次回折光は再度スケール134'(反射面134)に向かい、スケール134'(反射面134)上の同一位置で互いに重なり合い、干渉する。なお、回折格子を有する固定スケール135'に代えて、図5(C)に示されるような反射ミラー135a、135b、あるいは、図5(D)に示されるようなプリズム135cなどの固定光学素子を用いることとしても良い。固定光学素子として反射ミラー135a、135bあるいはプリズム135cを用いる場合、固定スケール135'と同様に、反射ミラーあるいはプリズムはY軸方向に延設される。
- [0084] そして、スケール134'(反射面134)で干渉した干渉光は、ビームスプリッタ29で検出器28に向けて折り曲げられ、検出器28にて受光される。
- [0085] 検出器28では、干渉光の光量分布を検出することにより、ウェハステージWSTのX軸方向の位置情報を計測することが可能である。これまでの説明から分かるように、本第3の実施形態では、固定スケール135'とエンコーダ本体20X'を少なくとも含ん

でエンコーダが構成されている。

- [0086] なお、本第3の実施形態においても、固定スケール135'のパターンと反射面134上のパターンとを微小角度回転させることにより、モアレ縞を発生させ、該モアレ縞による光量分布を検出することにより、ウエハステージWSTのX軸方向の位置情報を計測するようにしても良い。
- [0087] 本第3の実施形態のエンコーダでは、第1、第2の実施形態のエンコーダと比較して、光源22及び検出器28からウエハステージWSTが離間しても、その間の空気揺らぎなどの影響を更に受けにくい構成となっている。これは、上記干渉が反射面135と固定スケール135'との間で生じ、光源22及び検出器28と反射面134との間の光路は基本的に干渉状態に影響を与えないからである。
- [0088] 以上説明したように、本第3の実施形態によると、ウエハステージWSTに設けられた反射面134上のパターン、及びウエハステージWSTとは別に設けられた固定スケール135'を用いてウエハステージWSTの位置計測を行うので、ウエハステージWSTに外付けでスケールを設ける必要が無く、ウエハステージWSTの大型化を抑制することが可能である。また、本実施形態においても、従来の干渉計に比べて空気揺らぎなどの影響を受けにくいので、ウエハステージWSTの位置計測を行うことができる。したがって、本実施形態においても高スループットで高精度な露光を実現することが可能である。
- [0089] なお、上記第3の実施形態では、X軸方向の位置情報のみを計測することとしたが、これに限らず、図6(A)に示されるような構成を採用することも可能である。すなわち、本例では、図6(A)に示されるように、固定スケール135に代えて、第1の固定スケール235を設け、エンコーダ本体20XYを採用することとする。第1の固定スケール235には、X軸方向を周期方向とするパターン(以下、「Xパターン」と呼ぶ)92a, 92bと、該Xパターン92a, 92bに挟まれた状態の、Y軸方向を周期方向とするパターン(以下「Yパターン」と呼ぶ)94とが設けられている。
- [0090] この場合、Yパターン94は、反射面134上のパターンにより生成される複数の回折光のうちの0次光(0次回折光、この場合正反射光)が入射する位置に配置され、Xパターン92a, 92bは、+1次回折光及び-1次回折光のそれぞれが入射可能な位置

に配置されている。

- [0091] 一方、エンコーダ本体20XYは、図5(A)のエンコーダ本体20X'と、第2の実施形態のエンコーダ本体20Y' (図4(A)参照)とを組み合わせたような構成を有しており、具体的には、光源22と、ビームスプリッタ29と、検出器28と、第2の固定スケール224A, 224Bと、インデックススケール226と、検出器228とを備えている。
- [0092] このようにして構成されたエンコーダ本体20XYでは、X軸方向の位置に関しては、上記第3の実施形態のエンコーダ本体(図5(A)のエンコーダ本体)20X'による計測と同様にして計測することができる。また、Y軸方向の位置に関しては、反射面134で発生する0次光を用いることとしている(図6(A)ではY軸方向の計測に用いる光が一点鎖線にて示されている)ので、上記第2の実施形態のエンコーダ本体(図4(A)のエンコーダ本体)20Y'と同様にして計測を行うことができる。
- [0093] このような図6(A)に示されるエンコーダを用いることにより、ウエハステージWSTのX軸方向の位置及びY軸方向の位置を計測することができ、かつ、上記第3の実施形態と同様、ウエハステージWSTに外付けで移動スケールを設けなくて良いので、ウエハステージWST全体の大型化を抑制することができる。また、干渉計に比べて空気揺らぎなどの影響が受けにくく、高精度な位置計測が可能となる。
- [0094] 更に、上記第3の実施形態では、図6(B)に示されるような構成(固定スケール335と、エンコーダ本体20XY'とを少なくとも含むエンコーダ)を採用することも可能である。
- [0095] この図6(B)では、図6(A)と異なり、反射面134に二次元格子状のパターンを設けるとともに、固定スケール235に代えて、固定スケール335を設けることとしている。この固定スケール335には格子状の二次元パターンが設けられており、これら二次元パターンを用いることにより、XY二次元方向の位置を計測することができる。この場合、検出器28としては、第1の実施形態の検出器48(図2参照)と同様に、例えば四分割素子又はCCDなどを用いることで、検出器28上に現れる二次元的な模様を検出する。この二次元的な模様の変化を検出することにより、ウエハステージWSTのXY平面内の位置を計測することが可能である。
- [0096] なお、図5(A)では、ウエハステージWSTの-Y側端部のX軸方向を周期方向とす

るパターンを有する反射面134と、固定スケール135'と、エンコーダ本体20X'とを用いて、ウエハステージWSTのX軸方向の位置計測を行うものとしたが、これに限らず、ウエハステージWSTの+X側端部(又は-X側端部)にY軸方向を周期方向とするパターンを有する反射面134と同様の反射面を設けるとともに、Y軸方向計測用の固定スケールを設け、これらに対応してエンコーダ本体20X'と同様のY軸方向計測用のエンコーダ本体を設けることにより、ウエハステージWSTのY軸方向の位置計測を行うこととしても良い。

[0097] 同様に、図6(A)の例において、ウエハステージWSTの+X側端部(又は-X側端部)にY軸方向を周期方向とするパターンを有する反射面134と同様の反射面を設けるとともに、固定スケール235と同様の固定スケールをX軸方向を長手方向として配置し、エンコーダ本体20XYと同様のエンコーダ本体をウエハステージWSTの+X側端部(又は-X側端部)の反射面に対向して配置しても良い。同様に、図6(B)の例において、ウエハステージWSTの+X側端部(又は-X側端部)に2次元格子状のパターンが形成された反射面134と同様の反射面を設けるとともに、固定スケール335と同様の固定スケールをX軸方向を長手方向として配置し、エンコーダ本体20XY'をウエハステージWSTの+X側端部(又は-X側端部)の反射面に対向して配置しても良い。

[0098] この他、図5(A)、図6(A)及び図6(B)でそれぞれ示される構成の3つのエンコーダのうち、任意の2つを組み合わせ、その一方をウエハステージWSTのX側に、他方をY側に配置しても良い。

[0099] 《第4の実施形態》

次に、本発明の第4の実施形態について図7(A)～図8(C)に基づいて説明する。

[0100] 本第4の実施形態では、上述した図6(A)のエンコーダ本体20XY及び前述の第2の実施形態の第1の固定スケール135を用いて、ウエハステージWSTのZ軸方向の位置情報をも計測するものである。なお、第1の固定スケール135には、前述の第1の固定スケール235に形成されたパターン94と同様のY軸方向を周期方向とするパターン(以下、便宜上パターン94と記述する)が形成されているので、エンコーダ本体20XY及び第1の固定スケール235(パターン94部分)を用いていると考えることも

できる。

[0101] 本第4の実施形態では、光源22から角度の異なる2つのレーザ光L1, L2(図7(B)参照)を反射面134に照射し、これら2つのレーザ光L1, L2による計測結果を用いてZ軸方向及びY軸方向の位置情報を計測する。

[0102] 図7(A)～図7(C)には、第1の固定スケール135とウエハステージWSTの-Y端部(反射面134)近傍が簡略化して示されている。これらの図においては、図7(A)、図7(B)、図7(C)の順にウエハステージWSTのZ位置が-側から+側に変化している状態が示されている。なお、図7(A)と図7(C)では、図7(B)の状態が点線にて示されている。

[0103] これらのうちの図7(B)に示されるように、光源からの角度の異なる2つのレーザ光(L1とL2)が反射面134に照射されると、レーザ光L1, L2はそれぞれ、反射面134にて入射角と同一の反射角で反射し、第1固定スケール135のパターン94に入射する。このとき、各レーザ光が第1の固定スケール135のパターン94に入射した位置がそれぞれ点A, 点Bとして示されている。不図示ではあるが、入射したレーザ光はそれぞれ点A, 点BでY軸方向に回折され、図6(A)の一点鎖線と同様の光路を通過して、個別に用意された検出器(便宜上、検出器228A, 228Bと記述する)にそれぞれ入射する。なお、第2の固定スケール224A, 224Bと、インデックススケール226は、レーザ光L1, L2で共用しても良い。

[0104] ここで、検出器228A, 228Bでは、点A, 点Bの位置に応じた計測結果を得ることができる。この場合、図7(A)～図7(C)を比較するとわかるように、図7(B)の点AB間と図7(A)の点A'B'間とでは、点A'B'間の方が広くなり、図7(B)の点AB間と図7(C)の点A''B''間とでは、点A''B''間の方が狭くなる。したがって、各点間の距離がウエハステージWSTのZ軸方向の位置に関係していることから、レーザ光L1による計測結果をMa、レーザ光L2による計測結果をMbとすると、ウエハステージWSTのZ軸方向に関する位置Pzは、kを係数(該係数kは、レーザ光L1, L2の角度などで決まる)として次式(1)のように表すことができる。

[0105]
$$Pz = k(Ma - Mb) \quad \dots (1)$$

本実施形態では、上式(1)を用いることにより、ウエハステージWSTのZ軸方向の

位置を算出し、ウエハステージWSTの位置制御を行うこととしている。

[0106] 一方、図8(A)～図8(C)には、ウエハステージWSTのY軸方向に関する位置がそれぞれ異なった状態が示されている。図8(B)には、前述した図7(B)と同一の状態が示され、図8(A)には、図8(B)のY位置を基準として(図8(B)の状態が点線にて示されている)、-Y側にずれた状態が示され、図8(C)には、図8(B)のY位置を基準として(図8(B)の状態が点線にて示されている)、+Y側にずれた状態が示されている。

[0107] ここで、検出器228A, 228Bでは、点A, B(点A', A''又はB', B'')の位置に応じた計測結果を得ることができる。この場合、図8(A)～図8(C)を比較するとわかるように、図8(A)の点A', B'は、点A, 点BからウエハステージWSTの移動距離と同一距離だけ-Y側に移動しており、図8(C)の点A'', B''は、点A, 点BからウエハステージWSTの移動距離と同一距離だけ+Y側に移動している。したがって、レーザ光L1による計測結果をMa、レーザ光L2による計測結果をMbとすると、ウエハステージWSTのY軸方向に関する位置Pyは、次式(2)のように表すことができる。

$$[0108] \quad P_y = (M_a + M_b) / 2 \quad \dots (2)$$

本実施形態では、上式(2)を用いることにより、ウエハステージWSTのY軸方向の位置を算出し、ウエハステージWSTの位置制御を行うこととしている。

[0109] 以上説明したように、本実施形態によると、図6(A)のエンコーダと同様の構成のエンコーダを採用し、2つのレーザ光L1, L2を用いて計測し、該計測結果と、上記式(1)、式(2)を用いることにより、Y軸及びZ軸方向の位置を計測することができる。これにより、ウエハステージWST周辺に設ける固定スケールの数を増やすことなく計測を行うことが可能である。なお、2つの光を用いる代わりに、角度の異なる反射面を用意して同様にY, Z軸方向の位置情報を計測することとしても良い。

[0110] なお、上記第4の実施形態では、図6(A)のエンコーダと同様の構成を用いて、ウエハステージWSTのY軸方向及びZ軸方向に関する位置を計測することとしたが、これに限らず、その他の実施形態の構成(例えば、図4(A)又は図6(B)の構成)を用いて、上記第4の実施形態と同様の方法により、Y軸方向及びZ軸方向に関する位置計測を行っても良い。

- [0111] なお、上記第4の実施形態で説明した角度の異なる2つのレーザ光L1, L2を用いるエンコーダを2つ、Y軸方向に関して投影光学系の一侧と他側にそれぞれ配置し、その2つのエンコーダで計測されるウエハステージWSTのZ軸方向の位置情報から、ウエハステージWSTのチルト情報(θ_x 方向の回転情報)を計測しても良い。同様に、上記第4の実施形態で説明した角度の異なる2つのレーザ光L1, L2を用いるエンコーダを2つ、X軸方向に関して投影光学系の一侧と他側にそれぞれ配置し、その2つのエンコーダで計測されるウエハステージWSTのZ軸方向の位置情報から、ウエハステージWSTのチルト情報(θ_y 方向の回転情報)を計測しても良い。あるいは、投影光学系の+X側、-X側、+Y側及び-Y側の少なくとも1つの方向に、上記第4の実施形態で説明した角度の異なる2つのレーザ光L1, L2を用いるエンコーダを2つ配置しても良い。勿論、上記各場合において、角度の異なる2つのレーザ光L1, L2を用いるエンコーダを用いる代わりに、角度の異なる反射面をそれぞれ用意しても良い。
- [0112] なお、上記第2～第4の実施形態及び変形例では、ウエハステージWSTの端部にXY平面に対して45° 傾斜した反射面を設ける場合について説明したが、これに限らず、図9に示されるような構成を採用することも可能である。すなわち、図9(A)に示されるように、ウエハステージWSTに2組の反射面25a, 25bを設けることにより、45° 傾斜した反射面と同等の機能を持たせることも可能である。このようにすることで、それぞれの反射面にX軸方向を周期方向とするパターン、Y軸方向を周期方向とするパターンを別々に設けることができる。これにより、パターンの生産・設計上の自由度が増すこととなる。
- [0113] なお、反射面25a, 25bに代えて、図9(B)に示されるように、ウエハステージWSTにプリズム25を設けることとしても良い。この場合、反射面のみならず、透過面25c, 25dの少なくとも一方にパターンを設けることもできる。このようなプリズム25を採用することにより、入射光とプリズムの回転不感性を利用して、純粹にウエハステージWSTの平行移動を計測できるという利点もある。
- [0114] なお、上記各実施形態及び変形例に係るエンコーダは、適宜組み合わせることも可能である。したがって、例えば、図10に示されるように、2つの図6(B)のエン

コーダ本体20XY'と、第4の実施形態で説明した2軸方向の計測が可能なエンコーダ(図7(A)～図8(C)参照)とを用いることにより、X、Y、Z、 θ_x 、 θ_y 、 θ_z 方向を同時に計測することが可能となる。この場合、2つのエンコーダ本体20XY'から照射される光の光軸が、投影光学系PLの光軸から等距離の位置を通るようにすることで、アッペ誤差なく高精度に計測することが可能となる。

- [0115] なお、上記各実施形態では、 ± 1 次回折光を用いて計測を行うこととしたが、これに限らず、 ± 2 次、3次…、 n 次回折光を用いて計測を行うこととしても良い。
- [0116] また、上記各実施形態及び変形例では、ウエハステージWSTの側面に対向して光源(22、42)を配置するものとしたが、例えば光源をウエハステージWSTから離して配置し、光源から射出されるレーザ光を光学部材(例えば、光ファイバー、及び/又はミラーなど)を用いて伝送することとしてもよい。さらに、複数のエンコーダ本体が設けられる場合、1つの光源からのレーザ光を複数に分岐して各エンコーダ本体に導くようにしても良い。
- [0117] なお、上記各実施形態及び変形例では、前述のエンコーダ本体の少なくとも一部(例えば、光源を除く)を、例えば投影光学系PLが載置される支持定盤、あるいは前述の計測フレームなどに設けても良い。また、上記各実施形態及び変形例では、ウエハステージWSTの反射面に直接、1次元及び/又は2次元の周期的なパターン(回折格子など)を形成してもよいし、例えば低熱膨張率の材料(セラミックスなど)から構成される板状部材に周期的なパターンを形成し、この板状部材をウエハステージに固定することとしてもよい。
- [0118] なお、上記各実施形態では、ウエハステージWSTの計測にエンコーダを用いた場合について説明したが、これに限らず、レチクルホルダRHの計測に用いることも可能である。
- [0119] なお、上記各実施形態において、照明光ILとして、例えば国際公開第1999/46835号パンフレット(対応する米国特許7,023,610号明細書)に開示されているように、DFB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)がドープ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光に波長変

換した高調波を用いても良い。

[0120] また、投影光学系は縮小系のみならず等倍および拡大系のいずれでも良い。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。さらに、投影光学系PLを介して照明光ILが照射される露光領域は、投影光学系PLの視野内で光軸AXを含むオンアクシス領域であるが、例えば国際公開第2004/107011号パンフレットに開示されるように、複数の反射面を有しかつ中間像を少なくとも1回形成する光学系(反射系または反屈系)がその一部に設けられ、かつ単一の光軸を有する、いわゆるインライン型の反射屈折系と同様に、その露光領域は光軸AXを含まないオフアクシス領域でも良い。この場合、露光領域の中心、すなわち投影光学系PLの投影中心は光軸AXと異なる。

[0121] なお、上記各実施形態では、本発明がステップ・アンド・リピート方式の露光装置(いわゆるステッパ)に適用された場合について説明したが、これに限らず、本発明は、ステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置に適用することも可能である。この場合、レチクルを保持して少なくとも1軸方向に移動可能なレチクルステージの位置を計測するのに、上記各実施形態のエンコーダを用いることも可能である。このエンコーダが図5(A)などに示した固定スケール(135、135'、235、335)を備える場合、その固定スケールをレチクルステージに対してその上方及び下方のいずれに配置してもよい。更に、本発明は、ステップ・アンド・スティッチ方式の露光装置、プロキシミティー方式の露光装置、ミラープロジェクション・アライナーなどにも好適に適用することができる。

[0122] この他、例えば国際公開第2004/053955号パンフレットなどに開示される、投影光学系とウエハとの間に液体が満たされる液浸型露光装置などにも本発明を適用しても良い。この液浸型露光装置では、ウエハステージの反射面(134など)を例えば撥液性のカバー部材(例えば、ガラスプレート、あるいは薄膜など)で覆っても良いし、液体が反射面に到達するのを阻止する部材(例えば溝部など)をウエハステージの上面に設けても良い。また、遠紫外域又は真空紫外域などの露光用照明光を用いる露光装置だけでなく、例えばEUV光又はX線、あるいは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などであっても、本発明を適用することは可能である。

[0123] なお、上記各実施形態の露光装置は、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)、及び国際公開第98/40791号パンフレットなどに開示されているように、2つのウエハステージを用いて露光動作と計測動作(例えば、アライメント系によるマーク検出など)とをほぼ並行して実行可能なツイン・ウエハステージタイプでも良い。さらに、上記実施形態の露光装置は、例えば国際公開第2005/074014号パンフレットなどに開示されているように、ウエハステージとは別に、計測部材(例えば、基準マーク、及び/又はセンサなど)を含む計測ステージを備えるものでも良い。

[0124] なお、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号明細書に開示されているように、露光すべきパターンの電子データに基づいて、透過パターン又は反射パターン、あるいは発光パターンを形成する電子マスク(又は可変成形マスク、例えば非発光型画像表示素子(空間光変調器とも呼ばれる)の一種であるDMD(Digital Micro-mirror Device)などを含む)を用いても良い。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、干渉縞をウエハ上に形成することによって、ウエハ上にデバイ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。

[0125] 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。

[0126] 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。

[0127] また、本発明は、半導体デバイス製造用の露光装置への適用に限定されることなく

、例えば、角型のガラスプレートに形成される液晶表示素子、若しくはプラズマディスプレイ等のディスプレイ装置用の露光装置、撮像素子(CCD等)、マイクロマシーン、有機EL、薄膜磁気ヘッド、及びDNAチップ等の各種デバイスを製造するための露光装置にも広く適用できる。更に、本発明は、各種デバイスのマスクパターンが形成されたマスク(フォトマスク、レチクル等)をリソグフィ工程を用いて製造する露光装置にも適用することができる。以上のように、上記各実施形態で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、フィルム部材、あるいはマスクブランクスなど他の物体でも良い。

[0128] また、上記各実施形態の露光装置(パターン形成装置)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。

[0129] なお、本国際出願の指定国(又は選択国)の国内法令が許す限りにおいて、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、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。

[0130] 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、このステップに基づいてレチクルを製造するステップ、シリコン材料からウエハを形成するステップ、上記各実施形態の露光装置によりレチクルのパターンをウエハに転写するステップ、そのパターンが転写された(形成された)ウエハを現像するステップ、現像後のウエハにエッチングを施してレジストが残存している部分以外の部分の露出部材を取り去ること

で回路パターンを形成するステップ、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除くステップ、デバイス組み立てステップ(ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む)、及び検査ステップ等を経て製造される。

産業上の利用可能性

- [0131] 以上説明したように、本発明の移動体装置は、移動面内の少なくとも一軸方向に、移動体を駆動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、物体を露光して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。

請求の範囲

- [1] 移動面内の少なくとも一軸方向に移動する移動体と;
前記移動体の前記移動面に交差する所定面上の移動格子に光を照射する光源と、前記光源との間の位置関係が固定で、前記移動格子で発生する複数の回折光を干渉させる光学系と、前記干渉した光を検出する検出器と、を有する計測装置と;を備える移動体装置。
- [2] 請求項1に記載の移動体装置において、
前記移動格子は、前記所定面内の第1軸方向を周期方向とする一次元格子である移動体装置。
- [3] 請求項1に記載の移動体装置において、
前記移動格子は、前記所定面内の第1軸方向とこれに交差する第2軸方向を周期方向とする二次元格子である移動体装置。
- [4] 請求項3に記載の移動体装置において、
前記所定面は、前記移動面にほぼ垂直な面である移動体装置。
- [5] 請求項1～4のいずれか一項に記載の移動体装置において、
前記光学系は、
前記回折光が経由する光学部材と、
前記光学部材を經由した前記回折光が入射する位置に設けられ、前記回折光を干渉させる固定格子と、を有する移動体装置。
- [6] 移動面内の少なくとも一軸方向に移動し、その一部に、前記移動面に交差する反射面を有する移動体と;
前記反射面に光を照射する光源と、前記光源との間の位置関係が固定で、前記一軸方向を周期方向とする一次元格子を有し、前記反射面において反射した光が入射する固定スケールと、前記一次元格子で発生する複数の回折光を干渉させる光学系と、前記干渉した光を検出する検出器と、を有する計測装置と;を備える移動体装置。
- [7] 請求項6に記載の移動体装置において、
前記計測装置は、前記移動体の一軸方向に関する位置情報を計測する移動体装

置。

- [8] 請求項6又は7に記載の移動体装置において、
前記一次元格子は、前記光を反射して複数の回折光を発生し、
前記反射面は、前記回折光を前記光学系に入射させる移動体装置。
- [9] 移動面内の少なくとも一軸方向に移動する移動体と；
前記移動体の前記移動面に交差する面に沿って配列された移動格子に光を照射するとともに、前記移動格子を介した光を検出することにより、前記移動体の位置を計測する計測装置と；を備える移動体装置。
- [10] 請求項9に記載の移動体装置において、
前記計測装置は、
前記移動格子を介した光が入射する光学系と、該光学系を介した光を検出する検出器とを有する移動体装置。
- [11] 移動面内の少なくとも一軸に平行な方向に移動する移動体と；
前記移動体の前記移動面に交差する所定面上の移動格子に光を照射する光源と、前記光源との間の位置関係が固定で、前記移動格子にて回折された光を回折又は反射し、前記移動格子に戻す固定光学素子と、前記移動格子を再度介して干渉された光を検出する検出器と、を有する計測装置と；を備える移動体装置。
- [12] 請求項11に記載の移動体装置において、
前記固定光学素子は、前記一軸に平行な方向を周期方向とする一次元格子を含み、
前記光源は、前記移動格子に対して、前記一軸に平行な光を照射する移動体装置。
- [13] 請求項11に記載の移動体装置において、
前記固定光学素子は、前記一軸方向を周期方向とする一次元格子を含み、
前記光源は、前記移動格子に対して、前記一軸を含む前記移動面に垂直な面内で前記一軸に対してそれぞれ異なる角度だけ傾斜した複数の光を照射し、
前記計測装置は、前記複数の光から生じる各干渉光の前記検出器による検出結果を用いて、前記移動体の前記移動面に垂直な方向の位置を算出する移動体装置

- 。
- [14] 請求項11～13のいずれか一項に記載の移動体装置において、
前記計測装置は、前記移動格子において発生する0次光を用いて、前記移動体の前記移動面内の前記一軸と平行な方向に関する位置情報を計測し、前記0次光以外の回折光を用いて、前記移動体の前記移動面内の前記一軸と直交する方向に関する位置情報を計測する移動体装置。
- [15] 請求項14に記載の移動体装置において、
前記固定光学素子は、前記移動格子において発生する0次光が入射する位置に配置された、前記一軸に平行な方向を周期方向とする第1の一次元格子と、前記0次光以外の回折光が入射する位置に配置された、前記一軸と直交する方向を周期方向とする第2の一次元格子と、を含む移動体装置。
- [16] 所定の平面内の互いに直交する第1及び第2方向に移動し、前記平面と鋭角で交差しかつ回折格子が形成される反射面を有する移動体と；
前記平面とほぼ平行に前記第1方向に延設され、かつ前記反射面がその一部と対向する固定光学素子を含み、前記第1方向に沿って前記反射面に光ビームを照射するとともに、前記反射面から発生して前記固定光学素子及び前記反射面で反射される回折ビームを干渉させて検出し、前記移動体の位置情報を計測する計測装置と；を備える移動体装置。
- [17] 請求項16に記載の移動体装置において、
前記移動体は、前記反射面が前記第2方向に沿って延設される移動体装置。
- [18] 請求項16又は17に記載の移動体装置において、
前記回折格子は、少なくとも前記第2方向に周期的である移動体装置。
- [19] 請求項16～18のいずれか一項に記載の移動体装置において、
前記固定光学素子は、前記第1方向に周期的な格子を含み、前記移動体の前記第1方向の位置情報が計測される移動体装置。
- [20] 請求項16～19のいずれか一項に記載の移動体装置において、
前記固定光学素子は、前記第2方向に周期的な格子を含み、前記移動体の前記第2方向の位置情報が計測される移動体装置。

- [21] 所定の平面内の互いに直交する第1及び第2方向に移動する移動体と;
前記平面とほぼ平行に前記第1方向に延設されかつ回折格子を有する固定スケールを含み、前記移動体の反射面を介して前記固定スケールに光ビームを照射するとともに、前記固定スケールから発生する複数の回折ビームを干渉させて検出し、前記移動体の位置情報を計測する計測装置と;を備える移動体装置。
- [22] 請求項21に記載の移動体装置において、
前記計測装置は、前記反射面を介して前記複数の回折ビームを検出する移動体装置。
- [23] 請求項21又は22に記載の移動体装置において、
前記計測装置は、前記第1方向に沿って前記光ビームを前記反射面に照射し、前記固定スケールは、前記第2方向に関して位置が前記光ビームと実質的に同一である移動体装置。
- [24] 請求項21～23のいずれか一項に記載の移動体装置において、
前記反射面は、前記第1方向と平行かつ前記平面と直交する面内で前記平面と鋭角で交差する第1面を含む移動体装置。
- [25] 請求項21～24のいずれか一項に記載の移動体装置において、
前記移動体は、前記反射面が前記第2方向に沿って延設される移動体装置。
- [26] 請求項21～25のいずれか一項に記載の移動体装置において、
前記回折格子は、少なくとも前記第1方向に周期的であり、前記移動体の前記第1方向の位置情報が計測される移動体装置。
- [27] 請求項21～26のいずれか一項に記載の移動体装置において、
前記回折格子は、少なくとも前記第2方向に周期的であり、前記移動体の前記第2方向の位置情報が計測される移動体装置。
- [28] 請求項21～27のいずれか一項に記載の移動体装置において、
前記回折格子は、前記第1方向を周期方向とする1次元の第1格子と、前記第2方向を周期方向とする1次元の第2格子とを含み、前記移動体の前記第1及び第2方向の位置情報が計測される移動体装置。
- [29] 請求項28に記載の移動体装置において、

前記固定スケールは、前記第2方向に関して前記第1格子の両側に前記第2格子が配置され、前記計測装置は、前記2つの第2格子からそれぞれ発生する回折ビームを干渉させて検出し、前記移動体の前記第2方向の位置情報を計測する移動体装置。

- [30] 請求項21～27のいずれか一項に記載の移動体装置において、
前記回折格子は、前記第1及び第2方向に周期的な2次元格子を含み、前記移動体の前記第1及び第2方向の位置情報が計測される移動体装置。
- [31] 請求項21～30のいずれか一項に記載の移動体装置において、
前記計測装置は、前記光ビームの照射によって前記固定スケールから異なる方向に発生する回折ビームを干渉させて検出する移動体装置。
- [32] 請求項21～31のいずれか一項に記載の移動体装置において、
前記計測装置は、前記回折格子の周期方向に関して位置を異ならせて複数の光ビームを前記固定スケールに照射する移動体装置。
- [33] 請求項32に記載の移動体装置において、
前記計測装置は、前記複数の光ビームのうち対をなす2つの光ビームの照射によって前記固定スケールから発生する回折ビームを干渉させて検出する移動体装置。
- [34] 請求項32又は33に記載の移動体装置において、
前記移動体は、前記反射面に回折格子が形成され、前記複数の光ビームは、前記反射面の回折格子から異なる方向に発生するビームを含む移動体装置。
- [35] 請求項34に記載の移動体装置において、
前記反射面の回折格子はその周期方向が前記固定スケールの回折格子と実質的に同一である移動体装置。
- [36] 請求項34又は35に記載の移動体装置において、
前記反射面の回折格子は、少なくとも前記第2方向に周期的である移動体装置。
- [37] 請求項34～36のいずれか一項に記載の移動体装置において、
前記反射面の回折格子は、前記第1及び第2方向に周期的な2次元格子を含む移動体装置。
- [38] 請求項32に記載の移動体装置において、

前記計測装置は、前記複数の光ビームを異なる方向から前記反射面に照射して、前記固定スケールでの位置を異ならせる移動体装置。

- [39] 請求項21～38のいずれか一項に記載の移動体装置において、
前記反射面は、前記第1方向に沿って延設され、前記第2方向と平行かつ前記平面と直交する面内で前記平面と鋭角で交差する第2面を含み、
前記計測装置は、前記平面とほぼ平行に前記第2方向に延設されかつ回折格子を有する、前記固定スケールとは別の固定スケールを含み、前記第2面を介して前記別の固定スケールに光ビームを照射するとともに、前記別の固定スケールから発生して前記第2面で反射される複数の回折ビームを干渉させて検出する移動体装置。
- [40] 請求項39に記載の移動体装置において、
前記計測装置は、前記第2方向に沿って光ビームを前記第2面に照射し、前記別の固定スケールは、前記第1方向に関して位置が光ビームと実質的に同一である移動体装置。
- [41] 請求項39又は40に記載の移動体装置において、
前記別の固定スケールは、前記第1及び第2方向の少なくとも一方に関して周期的な回折格子を含む移動体装置。
- [42] 請求項39～41のいずれか一項に記載の移動体装置において、
前記計測装置は、前記回折格子の周期方向に関して位置を異ならせて複数の光ビームを前記別の固定スケールに照射する移動体装置。
- [43] 請求項42に記載の移動体装置において、
前記移動体は、前記第2面に回折格子が形成され、前記複数の光ビームは、前記第2面の回折格子から異なる方向に発生するビームを含む移動体装置。
- [44] 請求項42に記載の移動体装置において、
前記計測装置は、前記複数の光ビームを異なる方向から前記第2面に照射して、前記別の固定スケールでの位置を異ならせる移動体装置。
- [45] 所定の平面内の互いに直交する第1及び第2方向に移動し、前記第2方向に沿って延設され、前記第1方向と平行かつ前記平面と直交する面内で前記平面と鋭角で

交差する第1反射面と、前記第1方向に沿って延設され、前記第2方向と平行かつ前記平面と直交する面内で前記平面と鋭角で交差する第2反射面とを有する移動体と；

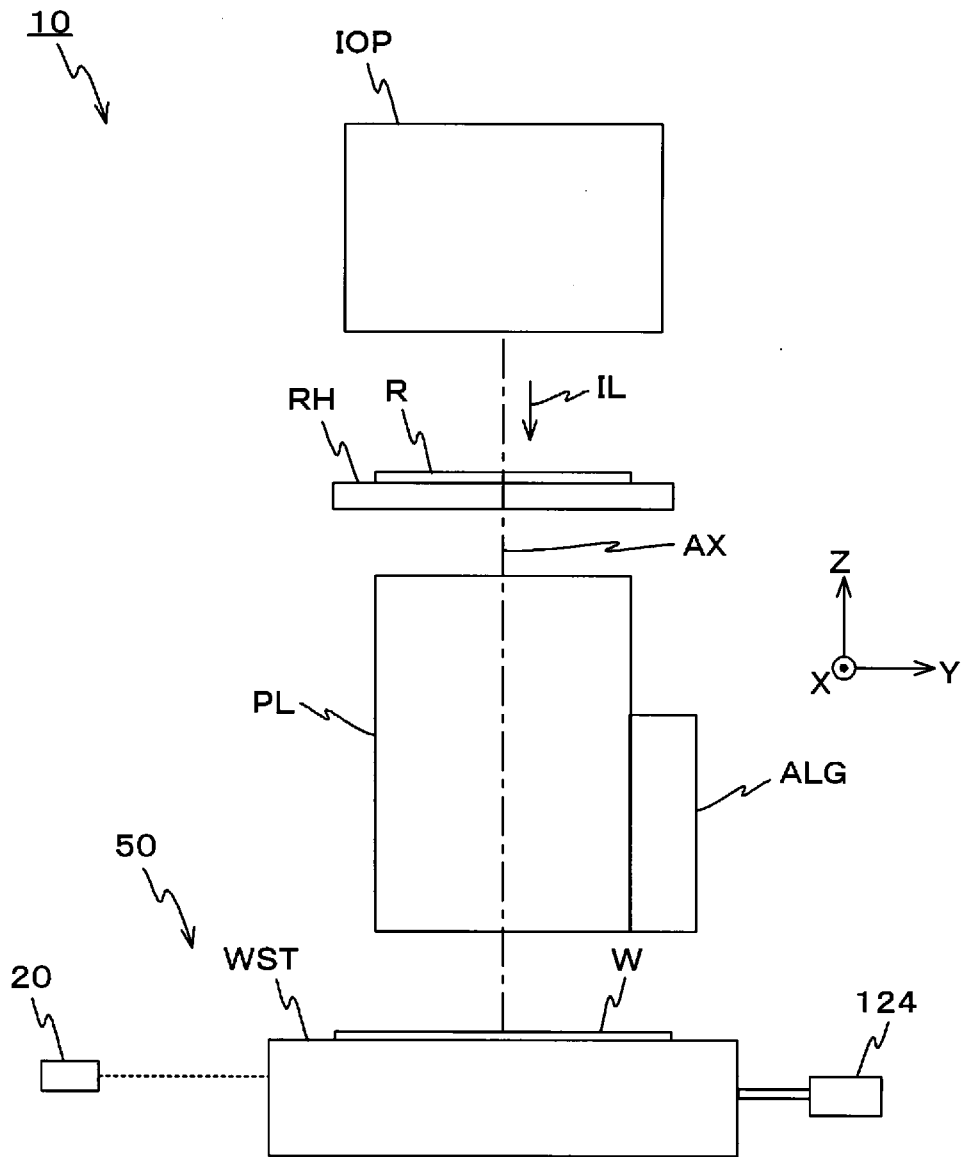
前記平面とほぼ平行かつ前記第1及び第2方向にそれぞれ延設される第1及び第2反射部材を含み、前記第1反射面に第1光ビームを照射するとともに、前記第1反射部材及び前記第1反射面で反射する複数の第1回折ビームを干渉させて検出し、前記第2反射面に第2光ビームを照射するとともに、前記第2反射部材及び前記第2反射面で反射する複数の第2回折ビームを干渉させて検出し、前記移動体の前記第1及び第2方向の位置情報を計測する計測装置と；を備え、

前記第1反射面及び前記第1反射部材の少なくとも一方、及び前記第2反射面及び前記第2反射部材の少なくとも一方に回折格子が設けられる移動体装置。

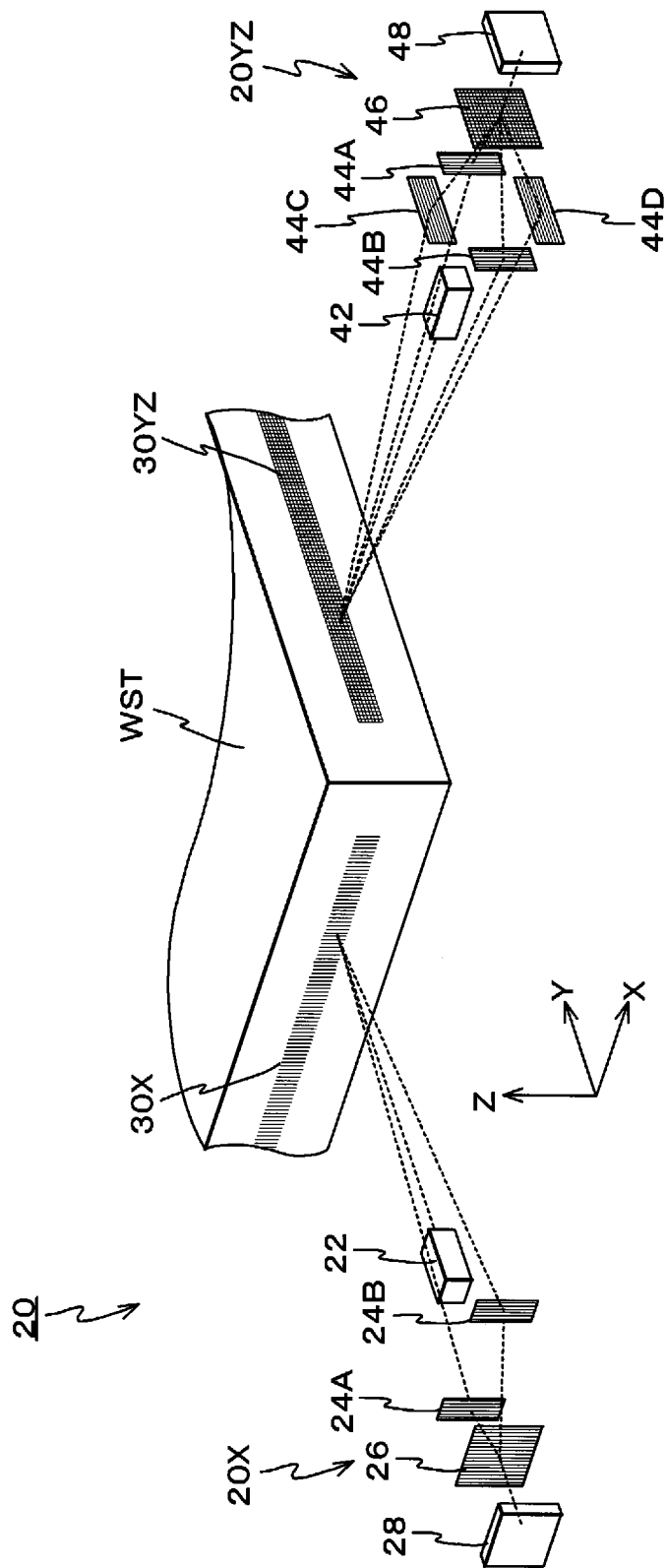
- [46] 請求項1～45のいずれか一項に記載の移動体装置において、
前記計測装置による計測結果を用いて、前記移動体の位置を制御する制御装置を更に備える移動体装置。
- [47] 物体を露光してパターンを形成する露光装置であって、
前記物体を保持して移動する移動体を含む請求項1～46のいずれか一項に記載の移動体装置を具備する露光装置。
- [48] マスクに形成されたパターンを物体上に転写する露光装置であって、
前記マスク及び前記物体の少なくとも一方を保持して移動する移動体を含む請求項1～46のいずれか一項に記載の移動体装置を具備する露光装置。
- [49] 物体を露光して該物体上にパターンを形成する露光方法であって、
前記物体を保持して移動面に沿って移動する移動体の前記移動面に交差する所定面に光を照射し、該所定面と前記所定面に対して所定の位置関係とされた移動格子とを介した光を用いて前記移動体の位置を計測し、
前記計測結果に基づいて、前記移動体を移動しつつ前記物体を露光する露光方法。
- [50] 請求項49に記載の露光方法において、
前記移動格子は、前記所定面に設けられている露光方法。

- [51] 請求項49又は50に記載の露光方法において、
前記所定面は反射面であり、
該反射面を介して前記移動体の位置を計測する露光方法。
- [52] 露光光で物体を露光する露光方法であって、
前記物体を、所定の平面内の互いに直交する第1及び第2方向に移動するとともに、
前記平面と鋭角で交差しかつ回折格子が形成される反射面を有する移動体で保持し、
前記第1方向に沿って前記反射面に光ビームを照射するとともに、前記反射面から発生して、前記平面とほぼ平行に前記第1方向に延設される固定光学素子及び前記反射面で反射される回折ビームを干渉させて検出して、前記移動体の位置情報を計測し、
前記位置情報に基づいて前記移動体を移動する露光方法。
- [53] 露光光で物体を露光する露光方法であって、
前記物体を、所定の平面内の互いに直交する第1及び第2方向に移動する移動体で保持し、
前記移動体の反射面を介して、前記平面とほぼ平行に前記第1方向に延設されるかつ回折格子を有する固定スケールに光ビームを照射するとともに、前記固定スケールから発生する複数の回折ビームを検出して、前記移動体の位置情報を計測し、
前記位置情報に基づいて前記移動体を移動する露光方法。
- [54] 請求項49～53のいずれか一項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リソグラフィ工程と；
前記パターンが形成された物体に処理を施す工程と；
を含むデバイス製造方法。

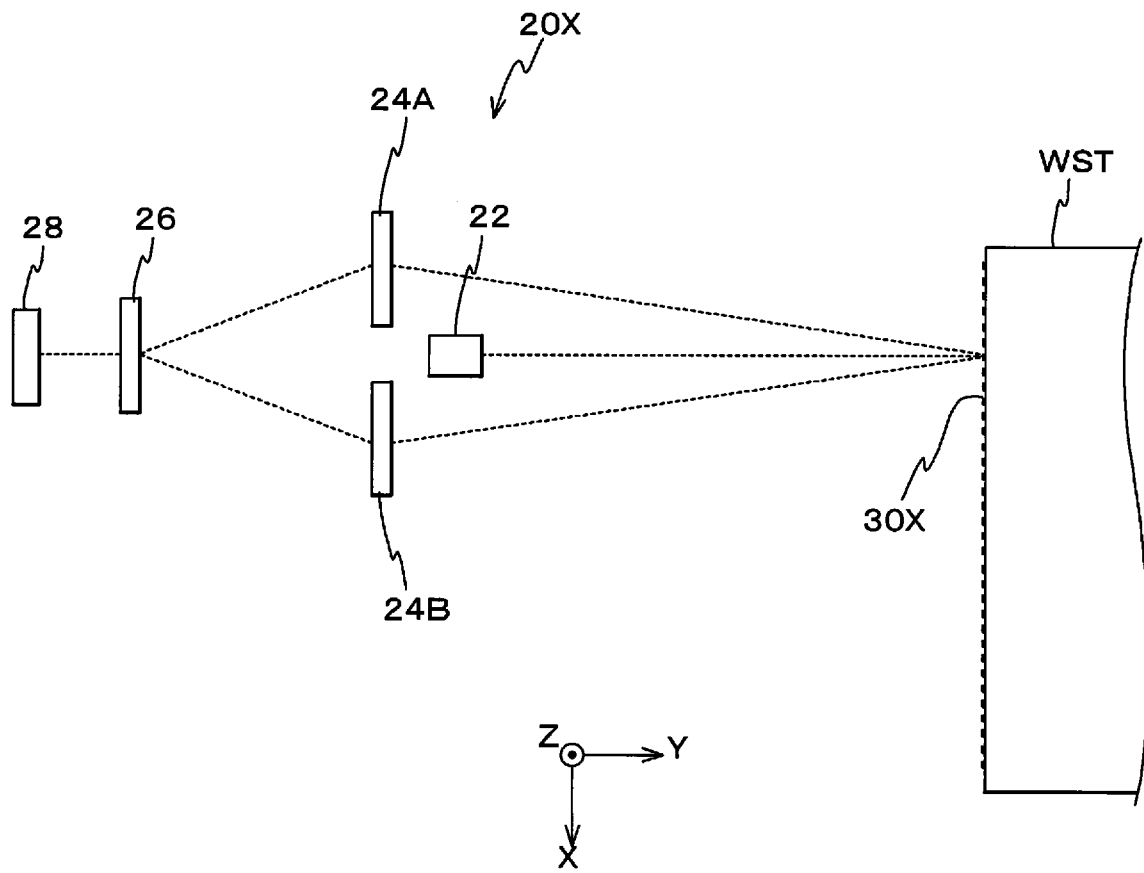
[図1]



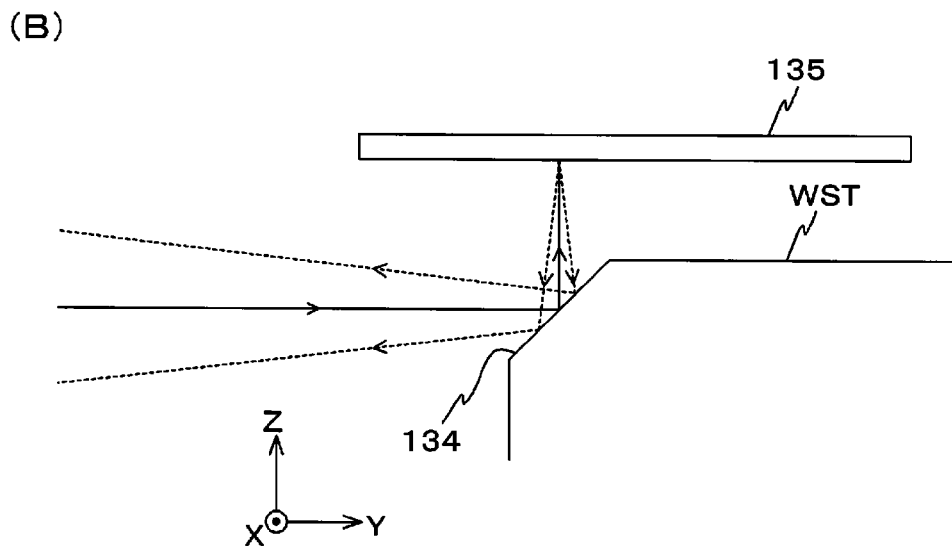
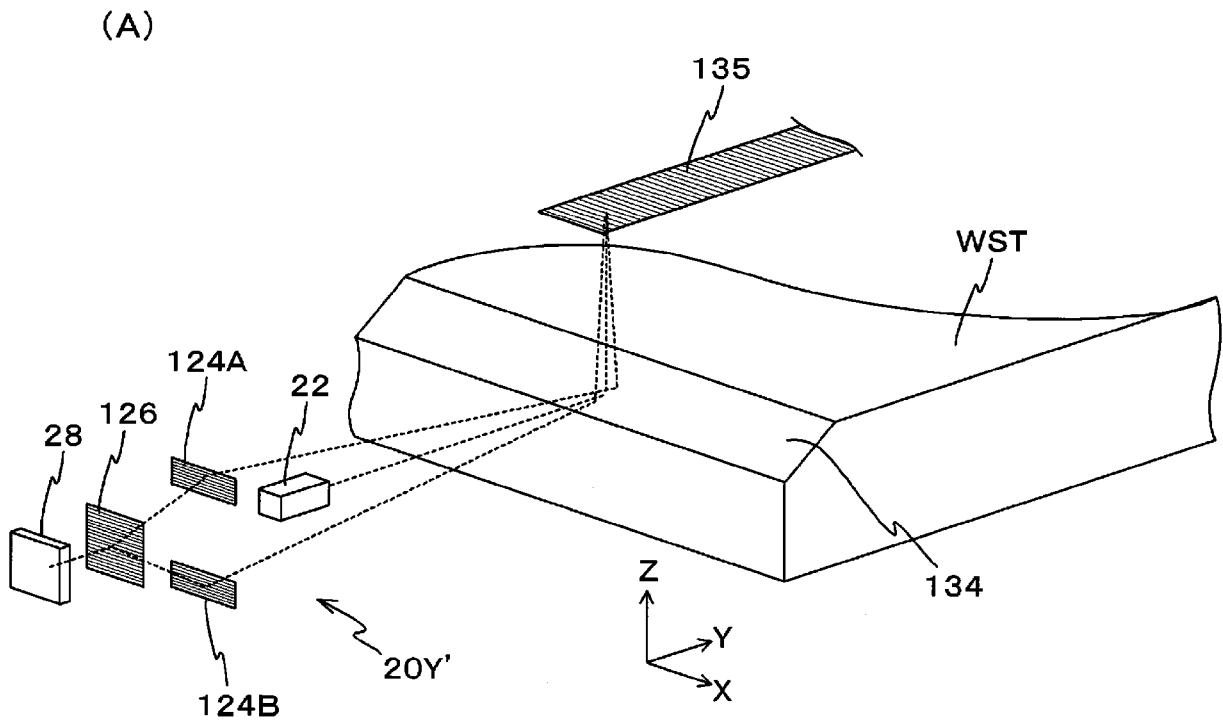
[図2]



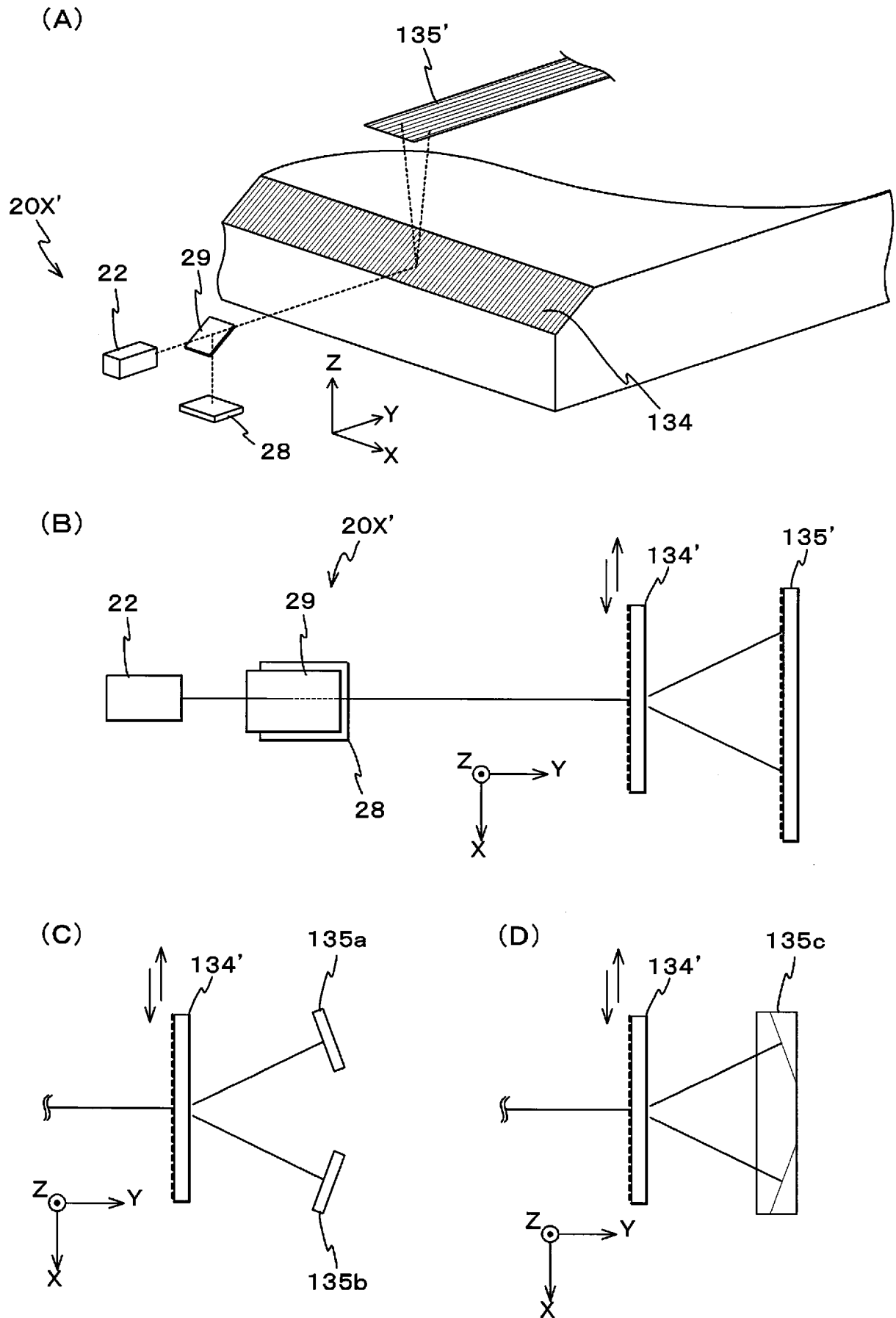
[図3]



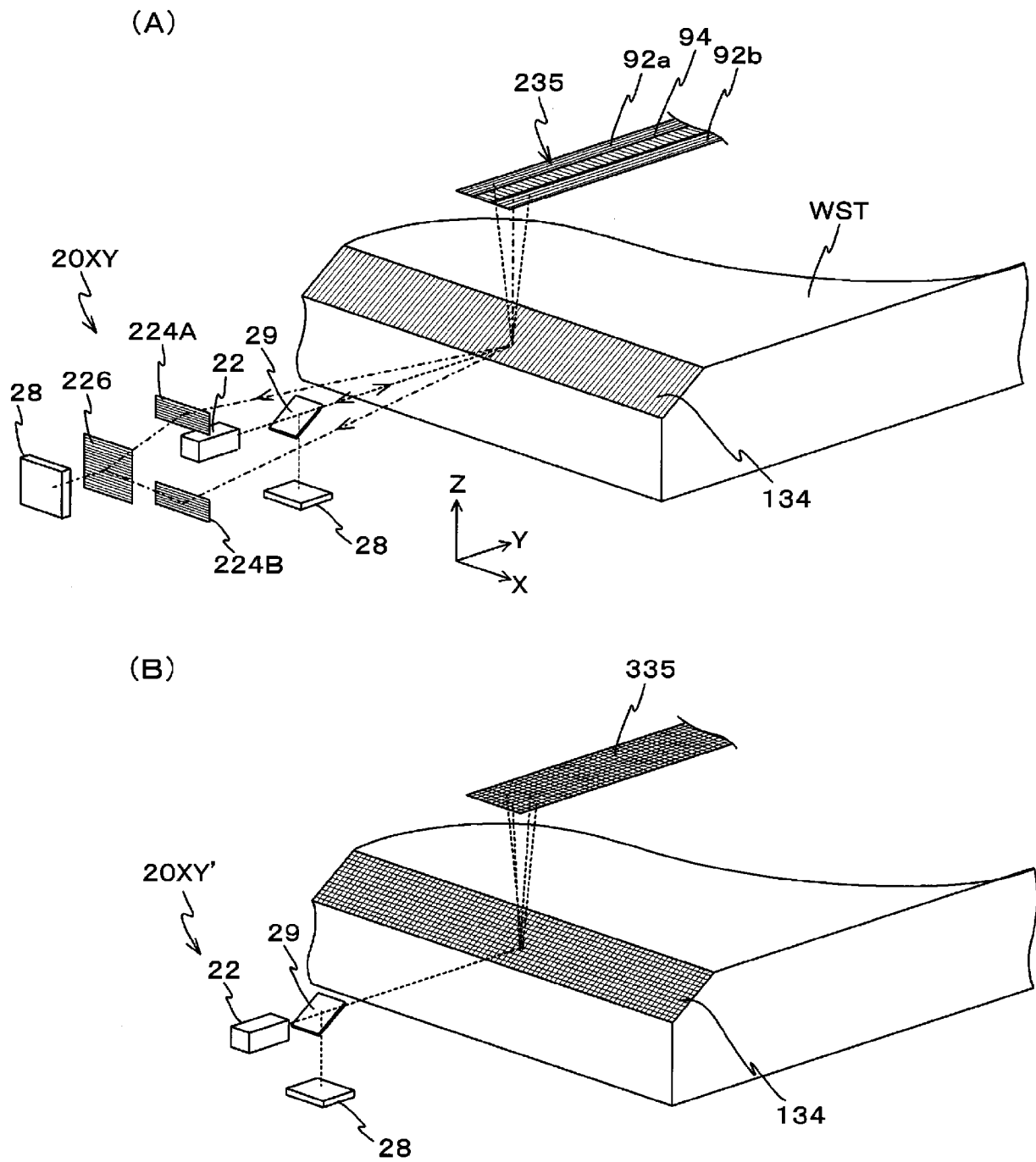
[図4]



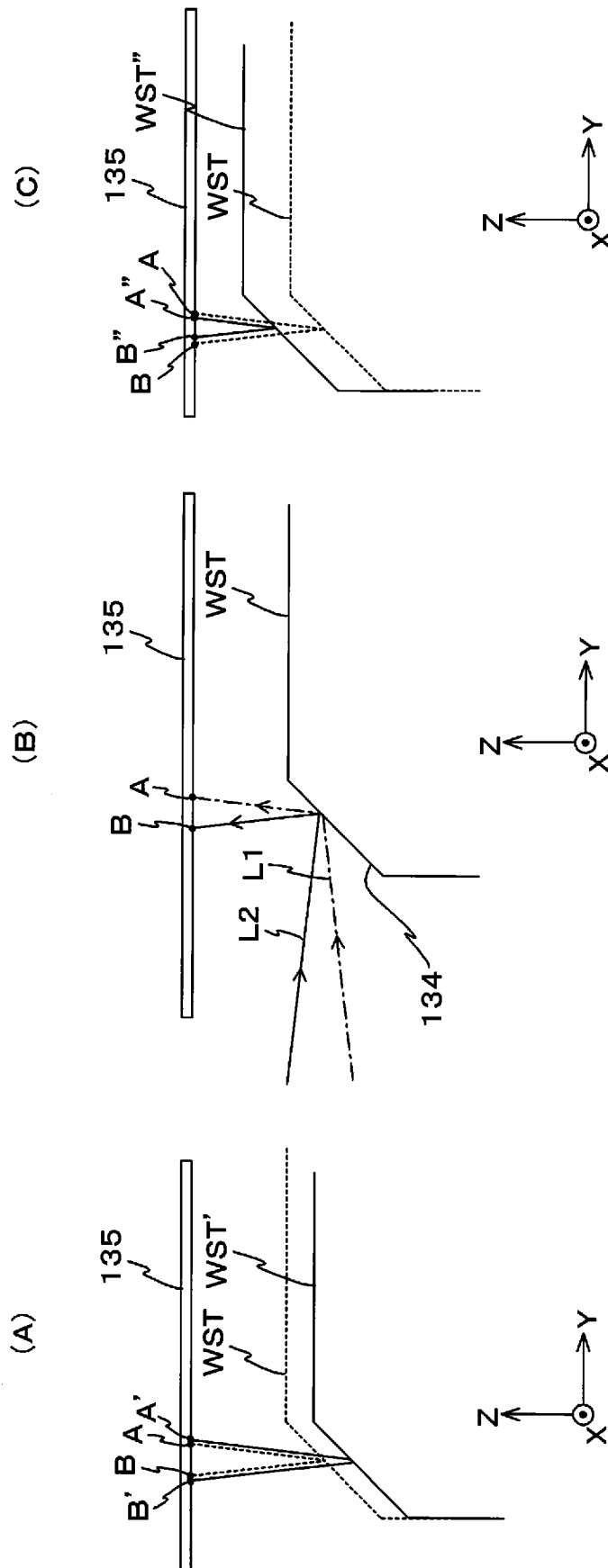
[図5]



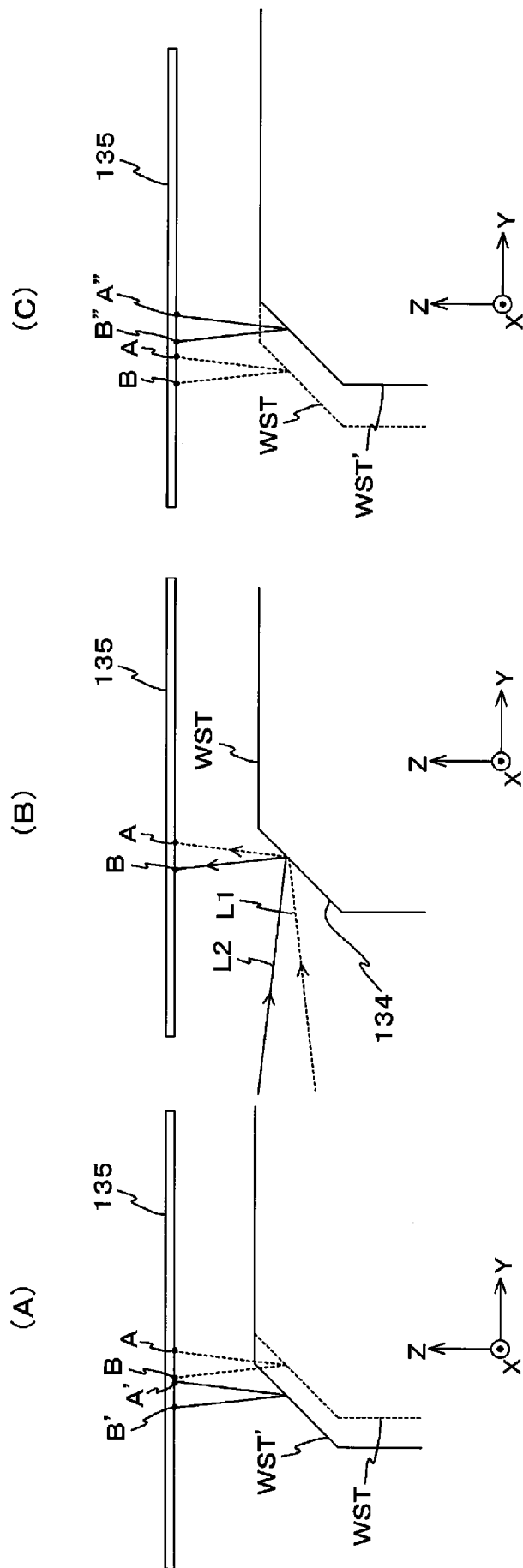
[図6]



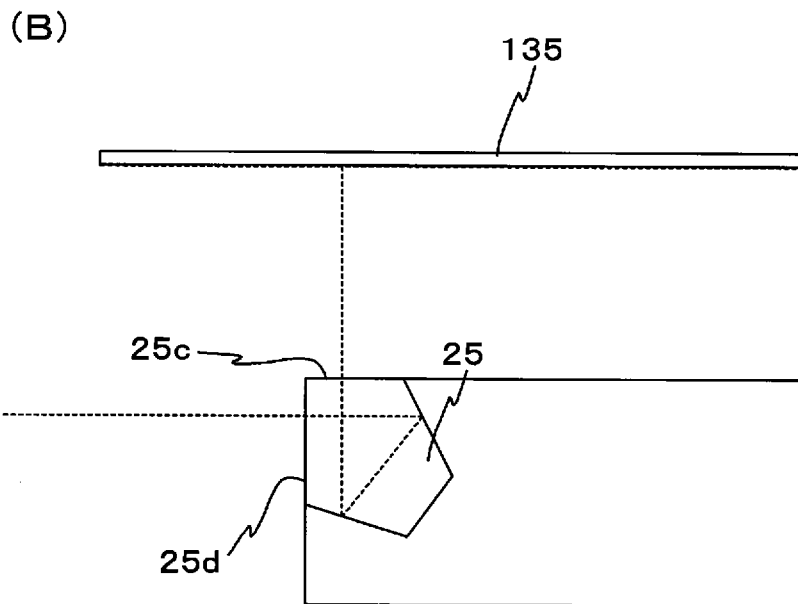
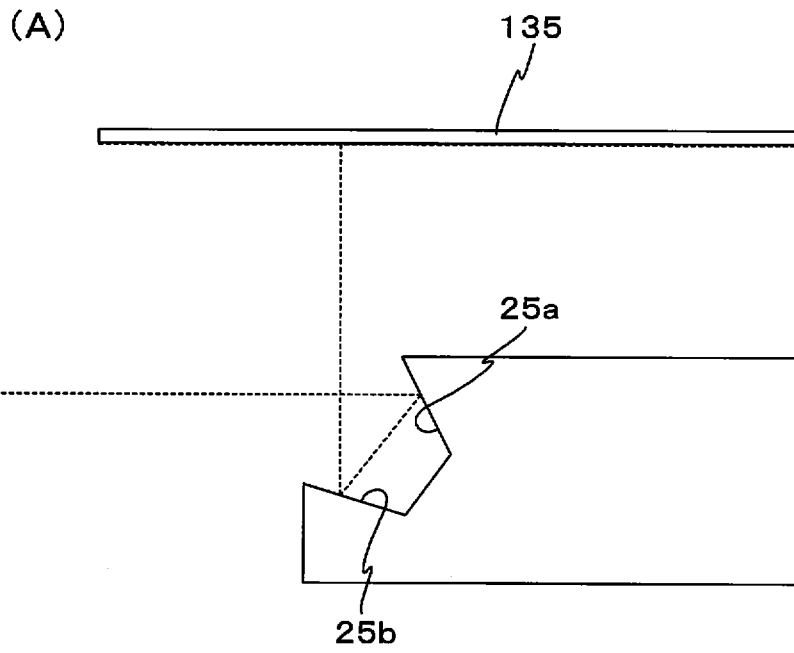
[図7]



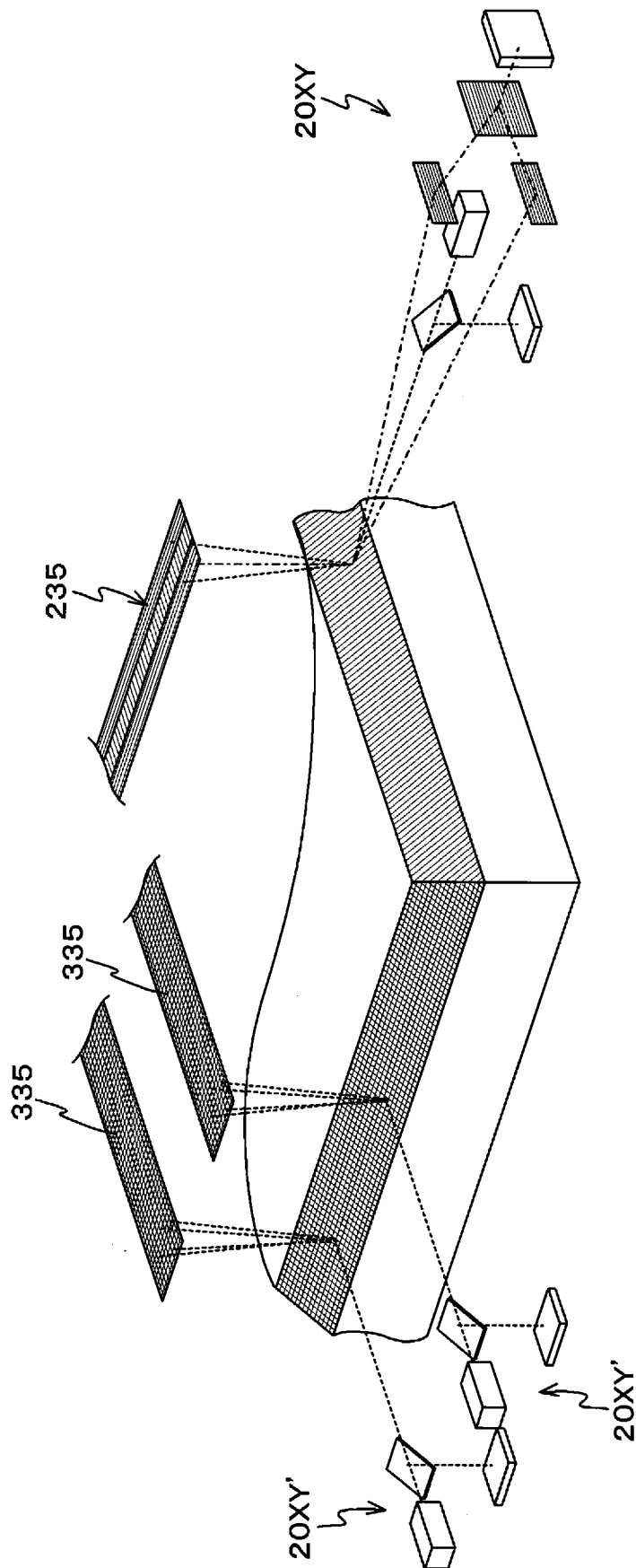
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/061714

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/027(2006.01) i, G01B11/00(2006.01) i, G01D5/38(2006.01) i, G03F7/20(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, G01B11/00-11/30, G01D5/26-5/38, G03F7/20

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	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

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 10-038517 A (Canon Inc.), 13 February, 1998 (13.02.98),	1-2, 5, 9-10, 46-50, 54
Y	Full text; all drawings	3-5
A	(Family: none)	13, 38, 44
X	JP 63-231217 A (Omron Tateisi Electronics Co.),	1-2, 5, 9-11, 46-50, 54
Y	27 September, 1988 (27.09.88),	3-5
A	Full text; Fig. 4 (Family: none)	13, 38, 44

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "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)
 "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

"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
 "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
 "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
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
20 August, 2007 (20.08.07)

Date of mailing of the international search report
04 September, 2007 (04.09.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/061714

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2005-229091 A (ASML Netherlands B.V.), 25 August, 2005 (25.08.05), Par. Nos. [0072] to [0098]; Figs. 1 to 5 & EP 1526408 A1 & US 2005/128461 A1 & SG 111234 A1 & CN 1609713 A & KR 2005039649 A	1-2, 5-11, 16-17, 21-27, 39-41, 45-54 3-5, 12, 14-15, 18-20, 28-37, 42-43 13, 38, 44
Y	JP 7-004993 A (Ricoh Co., Ltd.), 10 January, 1995 (10.01.95), Par. Nos. [0046] to [0069]; Figs. 12 to 13 & US 5579111 A	3-5, 12, 14-15, 18-20, 28-37, 42-43

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/061714

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The results of the international search revealed that a measuring apparatus using a reflecting moving lattice or a reflecting surface and a fixed lattice is not novel, since it is disclosed in document JP 10-038517 A (Canon Inc), 13 February, 1998 (13.02.98), document JP 63-231217 A (Omron Tateisi Electronics Co.), 27 September, 1988 (27.09.88), and document JP 2005-229091 A (ASML Netherlands B.V.), 25 August, 2005 (25.08.05). Since it is clear that there exists a mobile body side surface parallel to a moving direction of the mobile body in plane view, arrangement of the reflecting moving lattice or the reflecting surface on a surface intersecting with the moving surface is merely a design change. (Continued to extra sheet.)

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest
the

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, payment of a protest fee..
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/061714

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

As a result, the invention in independent claims 1, 6, 9, 11, 16, 21, 45, 49, 52 and 53 does not make contribution over the prior art.

Therefore, there is no special technical feature common to all the inventions in claims 1-54.

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, G01D5/38(2006.01)i, G03F7/20(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, G01B11/00-11/30, G01D5/26-5/38, G03F7/20		
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 1971-2007年 日本国実用新案登録公報 1996-2007年 日本国登録実用新案公報 1994-2007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 Y A	JP 10-038517 A (キヤノン株式会社) 1998.02.13, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-2, 5, 9-10, 46-50, 54 3-5 13, 38, 44
X Y A	JP 63-231217 A (立石電機株式会社) 1988.09.27, 全文, 第4図 (ファミリーなし)	1-2, 5, 9-11, 46-50, 54 3-5 13, 38, 44
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 「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 「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 「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) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「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 「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 「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 「&」同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 20.08.2007	国際調査報告の発送日 04.09.2007	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 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) 渡戸 正義 電話番号 03-3581-1101 内線 3274	2M 9023

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 2005-229091 A (エイエスエムエル ネザランドズ ベスローテ ン フェンノートシャップ) 2005. 08. 25, 段落[0072]-[0098], 図 1-5	1-2, 5-11, 16-17, 21-27, 39-41, 45-54
Y	& EP 1526408 A1 & US 2005/128461 A1 & SG 111234 A1 & CN 1609713 A & KR 2005039649 A	3-5, 12, 14-15, 18-20, 28-37, 42-43
A		13, 38, 44
Y	JP 7-004993 A (株式会社リコー) 1995. 01. 10, 段落[0046]-[0069], 図 12-13 & US 5579111 A	3-5, 12, 14-15, 18-20, 28-37, 42-43

第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、

2. 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

3. 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

調査の結果、反射移動格子又は反射面と固定格子とを用いた計測装置は、文献JP 10-038517 A（キヤノン株式会社）1998.02.13、文献JP 63-231217 A（立石電機株式会社）1988.09.27、文献JP 2005-229091 A（エイエスエムエル ネザランドズ ベスローテン フェンノートシャップ）2005.08.25に開示されているから、新規でないことが明らかとなった。移動体の平面の移動方向と平行な移動体の側面が存在することは明らかであるから、移動面に交差する面に反射移動格子又は反射面を設けることは、設計変更に過ぎない。

結果として、独立請求の範囲1, 6, 9, 11, 16, 21, 45, 49, 52, 53に係る発明は、先行技術の域を出ない。

それ故、請求の範囲1-54に係る発明全てに共通の特別な技術的特徴はない。

1. 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付を伴う異議申立てがなかった。