

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6329456号
(P6329456)

(45) 発行日 平成30年5月23日(2018.5.23)

(24) 登録日 平成30年4月27日(2018.4.27)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 B 11/00 (2006.01)	GO 1 B 11/00 G
GO 1 D 5/38 (2006.01)	GO 1 D 5/38 A
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 O 3 Z

請求項の数 8 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2014-150300 (P2014-150300)	(73) 特許権者	390014281
(22) 出願日	平成26年7月24日 (2014.7.24)		ドクトル・ヨハネス・ハイデンハイン・ゲ
(65) 公開番号	特開2015-55625 (P2015-55625A)		ゼルシヤフト・ミット・ベシユレンクテル
(43) 公開日	平成27年3月23日 (2015.3.23)		・ハフツング
審査請求日	平成29年3月2日 (2017.3.2)		DR. JOHANNES HEIDEN
(31) 優先権主張番号	10 2013 014 914.2		HAIN GESELLSCHAFT M
(32) 優先日	平成25年9月11日 (2013.9.11)		IT BESCHRANKTER HAF
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		TUNG
(31) 優先権主張番号	10 2014 208 988.3		ドイツ連邦共和国、83301 トラウン
(32) 優先日	平成26年5月13日 (2014.5.13)	(74) 代理人	100069556
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		弁理士 江崎 光史
		(74) 代理人	100111486
			弁理士 鍛冶澤 實

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学式位置測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも一つの測定方向に沿って互いに相対的に移動できる一つの基準尺と少なくとも一つの走査ヘッドとの相対位置を検出する光学式位置測定装置であって、

この光学式走査形態は、走査の有効測定点が基準尺から走査ヘッドと逆の方向に所定の間隔を開けた所に有るように構成され、

基準尺の光学式走査のために、一つの光ビームが二つの部分光ビームに分割され、これらの二つの部分光ビームの中の各々は、一回だけ基準尺の反射格子に当たり、それによって、当該の反射格子に入射する部分光ビームとそれによって逆向きに反射される部分光ビームとの間の角二等分線が基準尺の走査ヘッドと逆側に有る、走査の有効測定点を表す点で光軸と交差するように回折され、

少なくとも当該の反射格子に当たる前に、当該の光ビームの二つの部分光ビームへの分割が行なわれ、

その反射格子で行なわれる回折時に、それぞれ部分光ビームの光軸から遠ざかる偏向が行なわれ、

少なくとも一つの偏向部品によって、光軸に戻る偏向が行なわれ、そこで、これらの部分光ビームが再び結合される、

光学式位置測定装置。

【請求項 2】

分割された部分光ビームが、当該の分割と再結合の間において、光軸に関して対称的に

進行する請求項 1 に記載の光学式位置測定装置。

【請求項 3】

当該の基準尺が、裏面格子として構成されており、板形状の透明な基板と、反射側が基板の方向及び走査ヘッドの方向を向いている反射格子とを有する請求項 1 または 2 に記載の光学式位置測定装置。

【請求項 4】

当該の基準尺が、表面格子として構成されており、反射側が走査ヘッドの方向を向いている反射格子を有する請求項 1 または 2 に記載の光学式位置測定装置。

【請求項 5】

当該の基準尺が、第一の走査ヘッドに対向して第一の測定方向に沿って相対的に移動できるように配置されており、

当該の基準尺が、第二の走査ヘッドに対向して第二の測定方向に沿って移動できるように配置されており、この第二の測定方向が第一の測定方向に対して直角の方向を向いている、

請求項 1 から 4 までのいずれか一つに記載の光学式位置測定装置。

【請求項 6】

当該の基準尺が、第三の走査ヘッドに対向して第一又は第二の測定方向に沿って移動できるように配置されている請求項 5 に記載の光学式位置測定装置。

【請求項 7】

当該の基準尺が交差格子として構成されている請求項 5 に記載の光学式位置測定装置。

【請求項 8】

当該の走査ヘッドが、一つの光源と、複数の検出器素子と、一方の側に分割格子と結合格子を備え、それと逆側に複数の別の格子を備えた一つの走査板とを有し、そのため、

光源から放射された光ビームが、前記の分割格子によって、二つの部分光ビームに分割され、

次に、これらの部分光ビームが、それぞれ走査板の逆側の一つの格子の方向に進行し、それによって、それぞれ光軸の方向に偏向され、

次に、基準尺の方向に更に進行して、そこで、走査ヘッドの方向への回折と反射が行なわれ、

これらの部分光ビームが、それぞれ別の格子によって、光軸の方向に偏向されて、走査板の逆側の結合格子の方向に進行し、そこで、重なり合って干渉し、

重なり合った部分光ビームが、結合格子から検出器素子の方向に進行し、それらの検出器素子によって、位相のずれた走査信号を検出することが可能である、

請求項 1 から 7 までのいずれか一つに記載の光学式位置測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、二つの互いに移動できる物体の相対位置の高精度な計測に適した光学式位置測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

多くの場合、平坦な物体、例えば、半導体製造装置のウェーハの位置決めのために、所謂XYテーブルが用いられている。その場合、平坦な物体は、直線自由度X、Yにおいて、部分的には、回転自由度Rzにおいても、即ち、所謂全ての面内自由度において移動可能なスライダ上に置かれている。ここで、XとYにより、移動平面内のスライダの互いに直角の方向を向いた移動方向が表され、Z軸は、それらに対して直角の方向を向いている。そのため、物体の回転自由度Rzは、Z軸の周りのスライダの起こり得る回転運動から生じるものである。

【0003】

多くの場合、スライダ位置の決定は、以下においてエンコーダとも呼ばれる、格子に基

10

20

30

40

50

づく光学式位置測定装置を用いて行なわれ、その装置では、一つ以上の走査ヘッドを用いて、一次元又は二次元の基準尺を光学的に走査している。そのような光学式位置測定装置では、高精度な位置信号を生成するために、有利には、一つの光源から放射された光ビームを少なくとも二つの部分光ビームに分割して、基準尺に一回以上当てた後、重ね合わせて干渉させる干渉走査方式が用いられている。

【 0 0 0 4 】

機械に X Y テーブルを採用している場合、移動物体は、通常固定位置の工具又はセンサに対して相対的に位置決めしなければならない。その場合、工具又はセンサによって、以下においてツール中心点 (T C P) と称する工具点が定義され、その位置は、物体に対して相対的に決定しなければならない。その場合、スライダの案内偏差が位置計測時の測定精度を損なわないようにするためには、使用している位置測定装置の測定点と機械の T C P の有効間隔を短くすることが重要な前提条件となる。この前提条件は、所謂アッペ条件として知られており、測定方向における位置測定の有効測定点が T C P と一直線に並ばなければならないことを規定している。測定方向に対して直角の方向における有効測定点と T C P の間の側方間隔は、アッペ間隔と呼ばれており、それは、理想的にはゼロである。

【 0 0 0 5 】

位置測定装置の有効測定点は、時として中立回転点とも呼ばれており、その理由は、この中立回転点の周りの位置測定装置の走査ヘッド又は基準尺の傾斜が直線近似で位置測定値のずれを、そのため位置計測時の誤差を引き起こさないからである。

【 0 0 0 6 】

位置測定のために、共通の測定方向に対して直角の方向に間隔を開けて走査ヘッドを配置した二つの位置測定装置又はエンコーダが同じ測定方向に関して使用されている場合、二つの位置測定値の重み付けした中間値演算によって、二つの測定点の接続線に沿って有効測定点をずらすことができる。それに応じて、二つがスライダの測定方向 Y を計測し、一つが X 方向を計測する三つの固定位置の走査ヘッドを用いて、これらの三つの位置測定値の線形演算によって、三つの有効測定点を通る X Y 平面内において、位置計測のための有効測定点を任意にずらすことが可能である。従って、以下において、この X Y 平面を三つの走査ヘッド又は位置測定装置の有効測定平面と称する。この場合の前提条件は、同じ測定方向における二つの走査ヘッドをその測定方向に対して直角の方向にずらすことと、三つの走査ヘッドの全ての有効測定点が共通の平面内において二つの測定方向に対して平行であることだけである。上述した線形演算の選択によって、有効測定平面内において有効測定点をずらして、それらの点が、二つの測定方向に関して、それぞれ最小アッペ間隔を有するようになる。それにより、有効測定点は、 T C P と同じ X 及び Y 位置に有る。これまでは、 Z 方向におけるアッペ間隔だけが解消できなかった。そのような三つの固定位置の走査ヘッドによる位置計測は、特に、二次元交差格子式基準尺と関連して既に知られている。しかし、それと同様に、走査ヘッドを移動可能なスライダと一緒に固定して、固定位置に配置された交差格子式基準尺を走査することも可能である。

【 0 0 0 7 】

特許文献 1 により、スライダと一緒に移動する、スライダの下に取り付けられた三つの固定位置の走査ヘッドによって光学的に走査される、交差格子として構成された基準尺をスライダの下側に有する X Y テーブルが周知である。それらの三つの固定位置の走査ヘッドの中の二つは、上述した通り、 Y 方向に沿って測定し、第三の走査ヘッドが X 方向に測定する。それにより、エンコーダの有効測定平面内における X Y テーブルの正確な面内測定が可能である。しかし、エンコーダの使用している走査光学系のために、有効測定点が、そのため、エンコーダの有効測定平面が、交差格子式基準尺の平面内に有る。それに対して、 T C P は、スライダ上に配置された、そのため、下に有る有効測定平面に対して Z 方向に大きなアッペ間隔を有する物体又はウェーハの上側に位置する。そのため、 T C P に対して相対的な物体位置の高精度な測定は不可能である。避けられない案内偏差による X Y テーブルの僅かな R x 又は R y 傾斜、即ち、 X 又は Y 軸の周りの傾斜が、それに応じて物体の位置誤差を引き起こすこととなる。

【0008】

特許文献2により周知の装置に関しても同様のことが言える。そこには、下方から透明なスライダ基板を通して三つの固定位置の走査ヘッドによって光学的に走査される交差格子を基準尺として上側に取り付けた透明なXYスライダが記載されている。そのため、その交差格子式基準尺は、所謂裏面格子として構成されている。透明なXYスライダの上側には、ウェーハの形の位置決めすべき物体が置かれる。そのため、特許文献2に提案されている装置でも、Z方向における走査ヘッドの有効測定点は、所望の通りにはTCPと一致しない。そこで提案されている走査形態を詳しく考察すると、透明なスライダ基板の厚さが30mm～100mmの範囲内に有る場合、Z方向におけるアッペ間隔が10mm～33mmのオーダーとなることが分かった。Rx及びRy傾斜に関して約25μ°の典型的な案内偏差の場合、位置計測時の測定誤差が250nm～825nmとなり、それは、そのような用途における典型的には高い位置決め要件の場合に許容されない。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】国際特許公開第2011/068254号明細書

【特許文献2】欧州特許公開第2068112号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

20

本発明の課題は、有効測定点の位置を出来る限り柔軟に設定することが可能であり、特に、遵守すべきアッペ条件に関して、位置測定装置の有効測定点とそれに対応する機械の工具のツール中心点の間の出来る限り短いアッペ間隔を保証する光学式位置測定装置を提示することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本課題は、本発明による請求項1の特徴を有する光学式位置測定装置によって解決される。

【0012】

本発明による光学式位置測定装置の有利な実施形態は、従属請求項に記載された措置から明らかとなる。

30

【0013】

本発明による少なくとも一つの測定方向に沿って互いに相対的に移動できる一つの基準尺と少なくとも一つの走査ヘッドの相対位置を計測する位置測定装置は、走査形態の有効測定点が走査ヘッドと逆向きの方向に基準尺から所定の間隔を開けて位置するように構成された光学走査形態を有する。

【0014】

この場合、基準尺の光学式走査のために、光ビームが二つの部分光ビームに分割されて、これらの二つの部分光ビームの各々が少なくとも一回基準尺の反射格子に当たり、それによって、この反射格子に入射する部分光ビームとそれにより逆向きに反射される部分光ビームの間の角二等分線が、基準尺の走査ヘッドと逆側に有る、走査の有効測定点を表す点で光軸と交差するように回折することが可能である。

40

【0015】

少なくとも反射格子に当たる前に、光ビームの二つの部分光ビームへの分割が行なわれ、
反射格子で行なわれる回折時に、それぞれ部分光ビームの光軸から離れる偏向が行なわれ、

少なくとも一つの偏向部品によって、光軸に戻る偏向が行なわれて、そこで、部分光ビームが再び結合される、
ものと規定できる。

50

【 0 0 1 6 】

この場合、分割された光ビームは、分割と再結合の間において、光軸に関して対称的に進行することができる。

【 0 0 1 7 】

更に、基準尺が、裏面格子として構成され、板形状の透明な基板と、反射側が基板の方向及び走査ヘッドの方向を向いた反射格子とを有することが可能である。

【 0 0 1 8 】

更に、基準尺が、表面格子として構成され、反射側が走査ヘッドの方向を向いた反射格子を有することが可能である。

【 0 0 1 9 】

基準尺が、第一の走査ヘッドに対向して第一の測定方向に沿って相対的に移動できるように配置されており、

基準尺が、第二の走査ヘッドに対向して第二の測定方向に沿って相対的に移動できるように配置されており、この第二の測定方向が第一の測定方向に対して直角の方向を向いている、

ものと規定できる。

【 0 0 2 0 】

この場合、基準尺は、更に第三の走査ヘッドに対向して第一又は第二の測定方向に沿って移動できるように配置することができる。

【 0 0 2 1 】

更に、基準尺を交差格子として構成することが可能である。

【 0 0 2 2 】

一つの考え得る実施構成では、走査ヘッドは、一つの光源、複数の検出器素子及び一方の側に分割格子と結合格子を備え、その逆側に複数の別の格子を備えた一つの走査板を有し、そのため、

光源から放射された光ビームが分割格子によって二つの部分光ビームに分割され、

次に、これらの部分光ビームが、それぞれ走査板の逆側の一つの格子の方向に進行し、それによって、それぞれ光軸の方向に偏向され、

次に、基準尺の方向に更に進行して、そこで、走査ヘッドの方向への回折及び逆向きの反射が起こり、

これらの部分光ビームが、それぞれ別の格子によって光軸の方向に偏向されて、走査板の逆側の結合格子の方向に進行し、そこで、重なり合って干渉し、

この結合格子によって重なり合った部分光ビームは、位相のずれた走査信号を検出することが可能な検出器素子の方向に進行する。

【 0 0 2 3 】

特に有利には、本発明による位置測定装置では、例えば、XYテーブルと関連して使用した場合に、更に本発明によりアッペ間隔をほぼゼロに低減できることが分かった。その結果、XYテーブルを用いて位置決めされる物体に関する位置計測時に非常に高い精度が得られる。

【 0 0 2 4 】

この場合、本発明による位置測定装置は、様々な基準尺を用いて柔軟に構成することができる。即ち、位置測定装置の相応の走査光学系を裏面格子又は表面格子として構成された基準尺に設置することが可能である。そのため、両方の場合に、それらに対応する位置測定装置の有効測定平面が基準尺の裏側以降に位置することが保証される。

【 0 0 2 5 】

それによって、位置決めすべき物体、例えば、ウェーハを有効測定平面内に配置することが可能となる。そのため、特に有利には、XYテーブルの場合、全てのアッペ間隔をほぼゼロに低減して、それにより、アッペ条件を遵守することができる。その結果得られる位置計測時の高い測定精度は、最早XYテーブルの案内偏差によって殆ど損なわれない。

【 0 0 2 6 】

10

20

30

40

50

案内偏差が最早位置計測を殆ど損なわないので、それに応じて大きな許容範囲の簡単な案内を採用することができる。これまでは、高精度な案内がXYテーブルの製造コストの大部分を発生させていたので、このようにして大幅にコストを削減することができる。

【0027】

以下における図面と関連した本発明による装置の実施例の記述に基づき、本発明の更に別の詳細及び利点を説明する。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】本発明による光学式位置測定装置と関連した理論的な考察を説明するための光路図

10

【図2】本発明による光学式位置測定装置と関連した理論的な考察を説明するための光路図

【図3a】本発明による光学式位置測定装置の第一の実施例の断面図

【図3b】本発明による光学式位置測定装置の第一の実施例の断面図

【図3c】本発明による光学式位置測定装置の第一の実施例の断面図

【図4】本発明による光学式位置測定装置の第二の実施例の断面図

【図5a】本発明による光学式位置測定装置の第三の実施例の断面図

【図5b】本発明による光学式位置測定装置の第三の実施例の断面図

【図5c】本発明による光学式位置測定装置の第三の実施例の断面図

【図6a】本発明による光学式位置測定装置の第四の実施例の断面図

20

【図6b】本発明による光学式位置測定装置の第四の実施例の断面図

【発明を実施するための形態】

【0029】

以下において、本発明による光学式位置測定装置の幾つかの実施例を詳しく説明する前に、先ずはそのための基礎となる理論的な考察を図1と2を用いて説明する。それらは、本発明による光学式位置測定装置の一つの実施例における走査光路の一部を図示している。

【0030】

干渉走査方式に基づく高精度な光学式位置測定装置では、通常光源から提供される一つの光ビームがコリメートされて、二つの部分光ビームに分割される。これらの部分光ビームは、基準尺で異なる回折次数により偏向されて、最終的に重なり合って干渉し、それから位置に依存する位相のずれた走査信号を発生させる。

30

【0031】

図1には、裏面格子として構成された基準尺Mを有する、一つの例の光学式位置測定装置の光路が部分的に図示されている。この裏面格子は、板形状の透明な基板Suと、反射側が基板Suの方向又は基準尺Mに対向して少なくとも測定方向Xに沿って移動できる走査ヘッドAKの方向を向いた反射格子Gとを備えている。

【0032】

先ずは、この図面に基づき、この位置測定装置の有効測定点NPの位置を説明する。

【0033】

この場合、二つの分割された部分光ビームの光路が光軸Zに対して対称的に延びており、そのため、以下において、基準尺Mで+1の回折次数により偏向される、図1で符号TS1により表示された部分光ビームだけを観察すれば十分である。ここで、基準尺Mは、Y軸の周りを角度 θ_1 で傾斜している。この観察している部分光ビームTS1は、光軸Zに対して角度 θ_1 で走査ヘッドAKから出射されて、裏面格子として構成された基準尺Mの透明な表側に到達し、そこで、空気と基板Suの境界面での屈折により、光軸Zに対して角度 θ_2 で偏向され、基板Suを通過して更に基準尺Mの裏側の反射格子Gにまで進行する。そこで、第一の回折次数により光軸Zに対して角度 θ_3 で反射されて曲がり、基準尺の表側で新たに基板Suと空気の境界面での屈折により光軸Zに対して角度 θ_4 で偏向される。次に、この部分光ビームTS1は、走査ヘッドAKまで進行し、そこで、例えば、偏

40

50

向格子や結合格子などの詳しくは図示されていない別の光学部品により、光軸 Z に沿った間隔 Z_1, Z_2, \dots, Z_{M-1} において偏向され、最終的に光軸 Z 上の位置 $Z = Z_M$ で光軸 Z に関して第一の部分光ビーム T S 1 に対して対称的に進行する、図 1 には図示されていない第二の部分光ビームと重なり合う。後置された検出器配列 D によって、それらのずれに応じた走査信号の検出が行なわれる。

【 0 0 3 4 】

この観察している部分光ビーム T S 1 の光の進行中に生じる位相のずれは、光軸 Z に沿った位置で最も簡単に計算することができる。それは、 $k_z \cdot z$ の形の幾つかの位相のずれの寄与分の合計として得られ、ここで、 k_z は光路の部分セグメントの k ベクトルの Z 成分を表し、 z は、それに対応する光軸 Z の位置における部分セグメントの Z 方向の拡がりを表す。そのため、結果として得られる部分光ビーム T S 1 の位相のずれ に関して、次の通りとなる。

【 0 0 3 5 】

【数 1】

$$\phi = \phi_1 + k_0 \cdot Z_A \cdot \cos(\beta_1) + k_0 \cdot n_S \cdot Z_S \cdot \cos(\beta_2) + k_0 \cdot n_S \cdot Z_S \cdot \cos(\beta_3) + k_0 \cdot Z_A \cdot \cos(\beta_4) + k_0 \cdot \sum_{m=5}^M n_m \cdot Z_m \cdot \cos(\beta_m) \quad (\text{式 1})$$

ここで、

：分割と別の部分光ビームとの重なり合いの間に生じる部分光ビーム T S 1 の位相のずれ

ϕ_1 : 走査ヘッドからの出射時の部分光ビーム T S 1 の位相のずれ

k_0 : $2\pi /$

：光源の波長

Z_A : 走査ヘッド A K と基準尺 M の表側の間の走査間隔

Z_S : 基準尺 M の基板 S u の厚さ

n_S : 基準尺 M の基板 S u の屈折率

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_M$: 部分光ビーム T S 1 の部分セグメントの光軸 Z に対する角度

n_5, n_6, \dots, n_M : 部分光ビーム T S 1 が通過する走査ヘッド A K 内の光学部品の屈折率

Z_5, Z_6, \dots, Z_M : 走査ヘッド A K 内の前記の対応する部品の間隔

僅かな角度 α での基準尺 M の傾斜によって、部分光ビーム T S 1 の部分セグメントの角度 $\beta_2, \beta_3, \dots, \beta_M$ が変化する。この場合、次の周知の関係式が成り立つ。

【 0 0 3 6 】

【数 2】

$$n_S \cdot \sin(\beta_2 - \alpha) = \sin(\beta_1 - \alpha) \quad (\text{式 2. 1})$$

$$n_S \cdot \sin(\beta_3 + \alpha) = n_S \cdot \sin(\beta_2 - \alpha) + \frac{\lambda}{d_S} \quad (\text{式 2. 2})$$

$$\sin(\beta_4 + \alpha) = n_S \cdot \sin(\beta_3 + \alpha) \quad (\text{式 2. 3})$$

$$n_{m+1} \cdot \sin(\beta_{m+1}) = n_m \cdot \sin(\beta_m) \quad (\text{式 2. 4})$$

ここで、

d_S : 基準尺 M の格子周期

基準尺 M の僅かな傾斜角 α では、部分光ビーム T S 1 の位相は、線形近似で

【 0 0 3 7 】

【数 3】

$$\frac{\partial \phi}{\partial \alpha} \cdot \alpha$$

だけずれる。位置測定装置の有効測定点 N P の周りの傾斜時において、この位相のずれは、基準尺 M の X 方向のずれから生じる逆方向の位相のずれ ϕ_X によって補償しなければならない。図 1 における有効測定点 N P が、基準尺 M から下に間隔 Z_{NP} の所に有るので、この有効測定点 N P の周りの僅かな傾斜 α 時に、基準尺 M は X 方向に $Z_{NP} \cdot \alpha$ だけずれる。従って、それに対応する部分光ビーム T S 1 の位相のずれ ϕ_X は、次の通りとなる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 8 】

【 数 4 】

$$\phi_X = \frac{2\pi}{d_S} \cdot \Delta Z_{NP} \cdot \alpha \quad (\text{式 3})$$

この位相のずれ ϕ_X による位相のずれ

【 0 0 3 9 】

【 数 5 】

$$\frac{\partial \phi}{\partial \alpha} \cdot \alpha$$

の補償から、次の条件が得られる。

10

【 0 0 4 0 】

【 数 6 】

$$0 = \frac{\partial \phi}{\partial \alpha} \cdot \alpha + \frac{2\pi}{d_S} \cdot \Delta Z_{NP} \cdot \alpha \quad (\text{式 4})$$

これから、位置測定装置の有効測定点 N P と基準尺 M の Z 方向に沿った間隔 Z_{NP} を計算することができる。式 1、2 . 1 ~ 2 . 4 及び 4 を用いて、次の式が得られる。

【 0 0 4 1 】

【 数 7 】

$$\Delta Z_{NP} = -Z_S + \frac{X_2 \cdot \cos(\beta_1) + X_4 \cdot \cos(\beta_4)}{\sin(\beta_4) - \sin(\beta_1)} \quad (\text{式 5})$$

20

そのため、式 5 は、本発明による光学式位置測定装置の有効測定点 N P の間隔と使用する走査光学系の様々なシステムパラメータとの間の関係を規定している。従って、これらのシステムパラメータ Z_S 、 X_2 、 X_4 、 β_1 及び β_2 を有する走査光学系の好適な選定によって、有効測定点 N P を各用途に関して望ましい位置に配置することができる。

【 0 0 4 2 】

式 5 による有効測定点 N P の位置は、以下における有効測定点 N P の位置の幾何学的な決定と同等であり、そのことを図 2 に基づき説明する。そのために、図 2 には、走査ヘッド A K から基準尺 M に、並びにその逆向きに進行する部分光ビーム T S 1 のセグメント S 1、S 2 だけを図示している。これらのセグメント S 1、S 2 は、それに応じて長くなっており、基準尺 M の基板 S u 内の点 P で交差している。そして、二つのセグメント S 1、S 2 の角二等分線 W は、正確に光軸 Z 上の有効測定点 N P を通る。

30

【 0 0 4 3 】

分割された部分光ビームが基準尺 M に複数回当たる位置測定装置では、上記の式 5 を同様に使用することができる。基準尺 M に当たる毎に、式 5 に基づき単一の有効測定点を決定することができる。そのような単一の有効測定点は、二つの部分光ビームの突き当たった場所毎に基準尺が独立して傾斜できる理論的な場合に相当する。その結果得られる位置測定装置の有効測定点は、幾つかの有効測定点の算術平均値演算から得られ、それは、幾何学的には幾つかの有効測定点の中心点演算に相当する。

【 0 0 4 4 】

上記の式 5 又はそれと同様の図 2 により説明する幾何学的な決定により、本装置の有効測定点は、裏面格子を備えた基準尺に関する冒頭で言及した特許文献 2 から容易に計算することができる。位置測定装置の有効測定点と基準尺の Z 方向に沿った間隔 Z_{NP} の最大値、そのため最も有利な値は、

40

【 0 0 4 5 】

【 数 8 】

$$\Delta Z_{NP} = -Z_S \cdot \frac{n_S - 1}{n_S}$$

の場合に得られ、その結果、 $n_S = 1.5$ の場合に、値 $Z_{NP} = -Z_S / 3$ となる。それにより、有効測定点は、常に基準尺の基板内深くに有り、そのため、Z 方向に沿って許容できない程 T C P から遠く離れる、即ち、その結果、それに応じて T C P に対するアッ

50

べ間隔が大きくなり、そのため、位置計測時の測定誤差が大きくなる。それは、基本的に、走査光学系の設計時に、基準尺が R x 又は R y 方向に傾斜している場合に、分割された部分光ビームが、透明な基板を通過するために、異なる位相のずれを受けることを考慮しなかったことに起因する。

【 0 0 4 6 】

従って、基準尺 M の反射格子 G 上において、さもなければ Z 方向に沿って、より一層走査ヘッド A K から離れた所に有る位置測定装置の有効測定点 N P に関して、次の条件を遵守しなければならない。

【 0 0 4 7 】

【数 9】

$$\Delta Z_{NP} \geq 0 \quad (\text{式 6})$$

これから、式 5 と 2 を用いて、次の式が得られる。

【 0 0 4 8 】

【数 1 0】

$$X_2 \cdot \cos(\beta_1) + X_4 \cdot \cos(\beta_4) \geq \frac{\lambda}{d_s} Z_s \quad (\text{式 7})$$

角度 β_1 と β_4 が 25° よりも小さい場合、式 7 は、次の通り近似することができる。

【 0 0 4 9 】

【数 1 1】

$$X_2 + X_4 \geq \frac{\lambda}{d_s} Z_s \quad (\text{式 8})$$

この近似は、一つの部分光ビームの基準尺 M の表側における二つの入射点の中心点 ($X_2 + X_4$) / 2 が、値 $2 \cdot \lambda / d_s \cdot Z_s$ よりも更に遠く光軸 Z から離れなければならないことを意味する。

【 0 0 5 0 】

表面格子として構成された基準尺では、反射格子の前の透明な基板を考慮する必要がないので、 $Z_s = 0$ である。しかし、その場合、裏側の基準尺の基板の厚さ Z_B を考えなければならない。有効測定点を裏側の基準尺の基板外に配置して、そこに移動できる物体を取り付けなければならない。 Z_{NP} が又もや有効測定点と基準尺の格子の間隔を表す場合、式 6 ~ 8 の代わりに、次の修正した条件が成立しなければならない。

【 0 0 5 1 】

【数 1 2】

$$\Delta Z_{NP} \geq Z_B \quad (\text{式 6' })$$

表面格子として構成された基準尺の場合、 $X_4 = X_2$ が成り立ち、そのため、式 5 と式 2 を用いて次の通りとなる。

【 0 0 5 2 】

【数 1 3】

$$X_2 \cdot (\cos(\beta_1) + \cos(\beta_4)) \geq \frac{\lambda}{d_s} Z_B \quad (\text{式 7' })$$

角度 β_1 と β_4 が又もや 25° より小さい場合、式 7' は、次の通り近似することができる。

【 0 0 5 3 】

【数 1 4】

$$2 \cdot X_2 \geq \frac{\lambda}{d_s} Z_B \quad (\text{式 8' })$$

式 6' ~ 8' は、式 6 ~ 8 から、 $Z_s = Z_B$, $X_4 = X_2$ の簡単な置き換えによって得られる。

【 0 0 5 4 】

そこで、本発明による位置測定装置の走査光学系のそれに対応した設計によって、その Z 方向に沿った有効測定点の位置を定義して設定できる、特に、各用途での TCP の位置

10

20

30

40

50

に一致させることができる。本発明による位置測定装置のそれに対応して設計された走査光学系の特徴は、二つの部分光ビームは、それらが基準尺に当たる前に事前に分割されることと、それらが、裏面格子又は表面格子として構成された基準尺での回折時に、そのようなシステムにおいて従来は光軸Zの方に偏向されていた代わりに、それぞれ光軸Zから一層離れるように偏向されることとである。分割格子と結合格子の外に、別の光学部品として、光路において基準尺の前又は後に取り付けられた少なくとも一つの追加の偏向部品が必要である。その部品は、部分光ビームを光軸Zの方に戻すように偏向させ、それにより、光軸Zから離れる方向の基準尺による偏向を少なくとも部分的に相殺する。分割格子、偏向部品及び基準尺の組合せは、部分光ビームが結合格子の所で再び光軸に到達し、そこで、それらが干渉できるようなサイズとする。二つの部分光ビームが基準尺で複数回反射される場合、少なくとも反射の中の一つに関して、上記の特徴を満たさなければならない。

10

【実施例1】**【0055】**

図3a~3cには、本発明による位置測定装置の第一の実施例が異なる断面図により図示されている。この場合、図3aは、XZ図面における光源21からリフレクタ26.1, 26.2までの走査光進路を図示し、図3bは、リフレクタ26.1, 26.2から検出器素子29.1~29.3までの走査光進路を図示している。図3cには、YZ図面における走査光進路全体が図示されている。

【0056】

20

本発明による位置測定装置は、一つの基準尺10と少なくとも一つの走査ヘッド20を有し、基準尺10と走査ヘッド20は、少なくともX軸に沿って、即ち、少なくとも一つの測定方向に沿って、互いに相対的に移動できるように配置されており、例えば、相対的に位置決めしなければならない機械の可動コンポーネントと連結されている。

【0057】

それは、例えば、互いに直角の方向を向いたXとY方向に沿って、即ち、二つの測定方向に沿って移動できるように配置され、この場合、二次元交差格子として構成された、半導体製造装置のXYテーブルとすることができる。そして、この場合、半導体製造装置のそれに対向する静止したコンポーネントには、基準尺を光学的に走査して、後置された機械制御部用の位置信号を発生させる少なくとも二つの走査ヘッドが配置されている。

30

【0058】

図3a~3cの例では、見易くするために、単一の測定方向Xに沿った走査ヘッド20と基準尺10の相対運動だけを検出する場合を図示され、そのために、一次元の基準尺10と単一の走査ヘッド20が配備されている。

【0059】

図示された実施例では、基準尺10は、裏面格子として構成され、板形状の透明な基板11と反射格子12を有する。この場合、反射格子12は、その反射側を基板11の方向に向けており、基板11の方向から走査される、即ち、走査ヘッド20の方からの光が、基板11の方向から反射格子12に入射する。この反射格子12は、測定方向Xに沿って周期的に配置された、異なる高さのステップ又は反射率の部分領域から構成される。

40

【0060】

少なくとも二つの測定方向に沿った相対運動を所望の通り検出する場合、基準尺は、周知の手法で二次元交差格子として構成され、少なくとも二つの走査ヘッドが配備され、これらの複数の走査ヘッドは、基本的に同様に構成されるが、異なる方向に向けて配置される。

【0061】

本発明による光学式位置測定装置の図示された第一の実施例の走査ヘッド20内には、一つの光源21、一つのコリメータレンズ22、異なる格子24, 25.1~25.4, 27及びリフレクタ26.1, 26.2を備えた一つの走査板23、光学系28.1~28.3、並びに検出器素子29.1~29.3が配置されている。

50

【 0 0 6 2 】

以下において、本発明による光学式位置測定装置の第一の実施例の走査光路を説明する。

【 0 0 6 3 】

光源 2 1 の光ビーム S は、コリメータレンズ 2 2 によりコリメートされて、分割格子 2 4 に到達する。そこで、二つの部分光ビーム $TS 1$, $TS 2$ に分割され、それらの更なる光進路は、 YZ 平面に対して対称的である。 $+X$ 方向に偏向された部分光ビーム $TS 1$ は、基準尺 1 0 の透明な表側に到達して、そこで、屈折し、基板 1 1 を通って、基準尺 1 0 の裏側に配置された反射格子 1 2 にまで進行する。この場合、同様に、それは、 $+X$ 方向に $+1$ 回折次数で反射、回折された後、再び基準尺 1 0 の透明な表側に当たり、そこで、新たに屈折する。そして、この部分光ビーム $TS 1$ は、この実施例で上述した通り偏向部品としての役割を果たす走査ヘッド 2 0 内の格子 2 5 . 1 に進行する。この格子 2 5 . 1 は、重なり合った回折構造としての複数の光学機能を有する。それは、一つには、部分光ビーム $TS 1$ を X 方向に関して光軸 Z に対して平行に偏向させる一方、部分光ビーム $TS 1$ を Y 方向に関してリフレクタ 2 6 . 1 に偏向、集束させる。この部分光ビームは、リフレクタ 2 6 . 1 で反射された後、部分光ビームを Y 方向に再びコリメートして、 X 方向に関して光軸 Z に対して平行な方向に向けて偏向させる別の偏向部品として作用する格子 2 5 . 3 に到達する。そして、この部分光ビーム $TS 1$ は、二回目として基準尺 1 0 に進行し、その表側で屈折して、反射格子 1 2 で新たに $+1$ 回折次数で回折する。この部分光ビームは、基準尺 1 0 の表側での四回目の屈折後に、結合格子 2 7 に到達し、そこには、分割以降 YZ 平面に対して平行に進行してきた第二の部分光ビーム $TS 2$ が入射する。結合格子 2 7 は、二つの部分光ビームを干渉させて、その結果得られる -1 、 0 及び $+1$ 回折次数の重なり合う三つの部分光ビームを形成し、それらの部分光ビームが、好適な光学系 2 8 . 1 ~ 2 8 . 3 を介して検出器素子 2 9 . 1 ~ 2 9 . 3 上に結像され、それらの検出器素子が、それに応じて走査信号を発生させる。この結合格子 2 7 の格子幅と格子高さの好適な選定によって、発生する走査信号の間の位相のずれを周知の手法で定義、設定することができる。理想的には、この位相のずれは、それぞれ 120° である。走査信号の更なる処理は、図 3 a ~ 3 c に図示されていないが、周知の手法で行なわれ、その結果それに対応した位置の値が出力側に得られる。

【 0 0 6 4 】

図 3 a と 3 b の図面では、 XZ 図面内における分割からリフレクタ 2 6 . 1 , 2 6 . 2 までとそこから光結合までの二つの部分光ビーム $TS 1$, $TS 2$ の光路が同じである。二つの光路は、それぞれ有効測定点 $NP 1$ 又は $NP 2$ に対応付けることができる。それらが同じ Z 位置を有するので、それらを結んだ光路も、その結果得られる有効測定点 NP を同じ Z 間隔に有する。しかし、 Y 方向において、その結果得られる有効測定点 NP は、反射格子 1 2 上の一回目と二回目の反射の二つの Y 方向光位置の間の中心点に位置する。

【 0 0 6 5 】

上述した本発明による式 7 に基づく走査光学系の設計によって、その結果得られる図示された実施例の有効測定点 NP は、基準尺 1 0 から走査ヘッド 2 0 と逆側に比較的大きな間隔 Z_{NP} の所に有る。この場合、有効測定点 NP は、光軸 Z 上における部分光ビーム $TS 1$, $TS 2$ の光路の二つの角二等分線 W と W' の交点の所に有る。大きな間隔 Z_{NP} によって、その間隔の所に、例えば、処理すべきウェーハの表側又は別の処理すべき、或いは計測すべき物体を配置して、特に、正確に位置決めすることが可能となる。ここで、複数の測定方向を検出する場合、裏面格子として構成された基準尺 1 0 の反射格子を交差格子として構成することが有利であることが分かっている。そして、少なくとも三つの走査ヘッドを用いて（この場合、各測定方向に少なくとも一つの走査ヘッドを配備する）、各表側の各点をほぼゼロのアップ間隔により測定することができる。

【実施例 2】

【 0 0 6 6 】

本発明による光学式位置測定装置の第二の実施例が、図 4 に断面図で図示されており、

以下において、前述した第一の実施例との主要な違いだけを説明する。

【0067】

第一の実施例の二つの部分光ビームは、光進路において複数の格子を通過しなければならないので、その結果部分光ビームの強度の低下とそれに伴う信号強度の低減が生じる。そのため、通過する格子の数を減少させるのが有利である。第二の実施例は、そのための手法を示している。図4では、その中の光源121からリフレクタ126.1, 126.2までの光路だけが図示されている。更なる光路は、第一の実施例の図3bの光路と同じであり、同様に、この実施例では、図3cの走査光路の横断面と同じである。

【0068】

本発明による光学式位置測定装置の第二の実施例では、走査ヘッド内において、そこで光ビームを二つの部分光ビームに分割するための前記の配備されていた分割格子が省かれている。それに代わって、ここでは、光ビームSの二つの部分光ビームTS1, TS2への分割が、又もや裏面格子として構成された基準尺110の反射格子112によって行なわれている。そのため、この変化形態では、分割された部分光ビームTS1, TS2が、それぞれ分割された光路において、一回だけ基準尺110に当たる。更なる光路は、第一の実施例の光路とほぼ同じであり、そのため、ここでは、その詳しい説明を省略する。

10

【0069】

基準尺110での一回目の反射に対応付けられる有効測定点NP1は、基準尺110の透明な基板111内に有る。間隔 Z_{NP} に関して、式5と式2により、次の式が得られる。

20

【0070】

【数15】

$$\Delta Z_{NP1} = Z_S \cdot \left(\sqrt{\frac{1 - \left(\frac{\lambda}{d_S}\right)^2}{n_S^2 - \left(\frac{\lambda}{d_S}\right)^2} - 1} \right) \approx -Z_S \cdot \frac{n_S - 1}{n_S} \quad (\text{式9})$$

この間隔 Z_{NP1} の負の値は、それに対応する絶対値がより大きな間隔 Z_{NP2} の設定値によって過剰に補償され、そのため、全体として、本発明による光学式位置測定装置のこの実施例の結果として得られる有効測定点に関する正の値 Z_{NP} が生じ、その結果得られる図示された有効測定点が、次の通り、基準尺110の走査ヘッド120と逆側の所に生じる。

30

【0071】

【数16】

$$\Delta Z_{NP} = \frac{1}{2}(\Delta Z_{NP1} + \Delta Z_{NP2}) > 0 \quad (\text{式10})$$

そのため、この例でも、光路全体の有効測定点NPは、所望の通り、又もや基準尺110の走査ヘッド120と逆側の所に有る。実際には、部分光ビームTS1, TS2が全体として通過しなければならない格子の数が少なくなることによって、信号強度の明らかな向上とそれによる位置の乱れの明らかな低下が得られる。

40

【実施例3】

【0072】

本発明による光学式位置測定装置の第三の実施例が、図5a~5cに複数の断面図で図示されており、この場合、異なる図面の光路図は、第一の実施例の光路図に対応する、即ち、図5aがXZ図面における光源221から基準尺210の反射格子212までの光路を図示し、図5bが検出器素子229.1~229.3までの更なる光進路を図示し、図5cがYZ図面における光路の断面を図示している。以下において、基本的には、又もや第一の実施例との主要な違いだけを説明する。

【0073】

この本発明による光学式位置測定装置の第三の実施例では、二つの部分光ビームTS1, TS2が基準尺210で一回だけ反射される。光源221から放射された光ビームは、

50

コリメータレンズ 2 2 2 によりコリメートされて、走査板 2 2 3 の表側の分割格子 2 2 4 によって二つの部分光ビーム T S 1 , T S 2 に分割される。走査板 2 2 3 の下側の偏向部品として機能する二つの別の格子 2 2 5 . 1 , 2 2 5 . 2 は、二つの部分光ビーム T S 1 , T S 2 をそれぞれ内側に向かって所望の有効測定点 N P の方向又は光軸 Z の方向に偏向させる。これらの部分光ビーム T S 1 , T S 2 は、基準尺 2 1 0 の基板 2 1 1 の透明な表側に到達し、そこで屈折する。基準尺 2 1 0 の反射格子 2 1 2 において、+ 1 又は - 1 回折次数での部分光ビーム T S 1 , T S 2 の回折が起こり、そのため、二つの部分光ビーム T S 1 , T S 2 は、X Z 図面において逆方向に走査ヘッド 2 2 0 の方向に戻るよう進む。これらの部分光ビームは、基準尺 2 1 0 の基板 2 1 1 の透明な表側での新たな屈折後、
 10 又もや偏向部品としての役割を果たす二つの別の格子 2 2 5 . 3 , 2 2 5 . 4 によって、走査板 2 2 3 の下側で光軸 Z の方向に偏向され、そのため、二つの部分光ビーム T S 1 , T S 2 は、最終的に走査板 2 2 3 の表側において光軸 Z 上で重なり合う。これらの部分光ビームは、結合格子 2 2 7 での回折によって干渉する。これらの重なり合った部分光ビーム T S 1 , T S 2 は、最終的に第一及び第二の実施例と同様に、その結果得られる - 1 , 0 及び + 1 回折次数で発生し、光学系 2 2 8 . 1 ~ 2 2 8 . 3 を介して、それぞれ対応する検出器素子 2 2 9 . 1 ~ 2 2 9 . 3 上に結像され、それらの検出器素子が、それに対応する位置に応じた位相のずれた走査信号を提供する。

【 0 0 7 4 】

この実施例では、以下の関係式が成り立つ。

【 0 0 7 5 】

【 数 1 7 】

$$-\beta_1 = \beta_4 \quad (\text{式 1 1. 1})$$

$$X_2 = X_4 \quad (\text{式 1 1. 2})$$

$$\Delta Z_{NP} = -Z_S + \frac{X_2}{\tan(\beta_4)} \quad (\text{式 1 1. 3})$$

本発明による光学式位置測定装置のこの実施例の特別な利点は、そこでは有効測定点 N P が常に走査ヘッド 2 2 0 に対して固定の Z 方向間隔の所に位置することである。この位置は、特に、基準尺 2 1 0 の Z 方向位置に依存しない。基準尺 2 1 0 の基板 2 1 1 の厚さ Z_S も、有効測定点 N P の位置に影響しない。そのため、本発明による光学式位置測定装置のこの変化形態は、従来の表面格子又は反射格子と関連して、例えば、X Y テーブルの下側に取り付けられた基準尺として使用することもできる。走査ヘッド 2 2 0 に対する有効測定点の間隔が固定していることにより、用途に応じて、走査ヘッド 2 2 0 を好適に Z 方向にずらすことによって、有効測定点 N P の位置を定義、設定することができる。この場合、このようにして、走査光学系を変更すること無く、例えば、X Y テーブルの厚さ、
 30 そのため位置決めすべき物体、例えば、ウェーハの厚さに有効測定点の位置を適合させることができる。

【 実施例 4 】

【 0 0 7 6 】

本発明による位置測定装置の第四の実施例が、図 6 a に X Z 図面で図示され、図 6 b に Y Z 図面で図示されている。それは、第三の実施例と類似しており、以下において、それとの主要な違いだけに言及する。

【 0 0 7 7 】

この変化形態では、部分光ビーム T S 1 は、基準尺 3 1 0 で一回だけ反射される。光源 3 2 1 の光ビーム \underline{S} は、又もやコリメータレンズ 3 2 2 によりコリメートされて、分割格子 3 2 4 によって二つの部分光ビーム T S 1 , T S 2 に分割される。これらの部分光ビーム T S 1 , T S 2 は、又もや偏向部品として機能する格子 3 2 5 . 1 , 3 2 5 . 2 によって、内側に向かって光軸 Z の方向に偏向された後、又もや裏面格子として構成された基準尺 3 1 0 に当たる。部分光ビームは、そこで、+ 1 又は - 1 回折次数で外側に向かって光軸 Z から離れる形で反射、回折されて、走査板 3 2 3 の下側の光軸 Z の位置で結合格子 3 2 6 に当たる。その結果得られる - 1 , 0 及び + 1 回折次数で生じた重なり合う三つの光ビームが、又もや三つの対応する検出器素子 (図 6 b では、これらの中の単一の検出器素
 40 50

子 3 2 9 . 1 だけが識別できる)によって、それに対応する走査信号に変換される。

【 0 0 7 8 】

この実施例の特徴は、部分光ビーム T S 1 , T S 2 毎に(ここでは、格子 3 2 5 . 1 , 3 2 5 . 2 の形の)一つの偏向部品だけを必要とし、それは、偏向部品の最小限可能な数に相当する。分割格子 3 2 4、基準尺 3 1 0 の反射格子 3 1 2 及び結合格子 3 2 6 での回折と関連して、部分光ビーム T S 1 , T S 2 毎に四回の回折だけが必要である。それによって、信号強度が明らかに増大される。大きな信号強度は、入射光パワーの僅かな部分だけを所望の回折次数に反射させる交差格子が基準尺として用いられている場合に、特に重要である。

【 0 0 7 9 】

当然のことながら、本発明の範囲内には、ここで具体的に述べた実施例の外に、更に別の実施可能な形態が存在する。それらを個々に短く取り上げる前に、当然のことながら、ここで説明した異なる実施例の措置を互いに好適に組み合わせることが可能であることを指摘しておきたい。

【 0 0 8 0 】

更に、本発明は、多くの異なる実施構成で実現することができる。即ち、例えば、分割格子から結合格子までの光路を逆の順番で進行させることも可能である。第二と第四の実施例では、そのことは別の重要な解法を生み出す。

【 0 0 8 1 】

分割格子と結合格子の代わりに、例えば、ビームスプリッタ立方体又は半透明ミラーなどの、それに代わる光学部品を用いることもできる。特に、それに代わる偏向部品として、ミラーやプリズムも考えられる。偏向部品として、所望の回折次数で高い回折係数を有するブレイズ化した格子を使用するのが特に有利である。

【 0 0 8 2 】

当然のことながら、ミラーを用いて、二つの部分光ビームを同様に偏向させ、それにより光路を曲げることも可能である。それは、特に小さい構造形態に有利である。

【 0 0 8 3 】

更に、当然のことながら、位相のずれた走査信号を発生させる別の周知の手法を使用することもできる。特に、二つの部分光ビームの光路内に偏光部品を挿入して、それらの部分光ビームを互いに直交する形で偏光させる、有利には、直線偏光又は円偏光させる。偏光子、位相差板、偏光ビームスプリッタなどの偏光光学部品によって、周知の手法で二つの直交偏光された部分光ビームを重ね合わせて、位相のずれた走査信号を得ることができ。それ以外に、部分光ビームの位相が相対的に変化した場合にずれる縞模様を発生させて、縞形状に構成された検出器によって、位相のずれた走査信号に変換することも可能である。

【 0 0 8 4 】

本発明による位置測定装置では、有利な光源として、半導体レーザと L E D を使用することが可能である。これらの光源は、基本的にコリメータレンズを後置しなくとも使用することができる。この場合、上記の本発明による条件を相応に適用できるためには、拡散又は収斂する光ビームの主要な光を用いなければならない。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 5 】

1 0 , 1 1 0 , 2 1 0 , 3 1 0	基準尺
1 1 , 1 1 1 , 2 1 1 , 3 1 1	基板
1 2 , 1 1 2 , 2 1 2 , 3 1 2	反射格子
2 0 , 1 2 0 , 2 2 0 , 3 2 0	走査ヘッド
2 1 , 1 2 1 , 2 2 1 , 3 2 1	光源
2 2 , 1 2 2 , 2 2 2 , 3 2 2	コリメータレンズ
2 3 , 1 2 3 , 2 2 3 , 3 2 3	走査板
2 4 , 2 2 4 , 3 2 4	格子

10

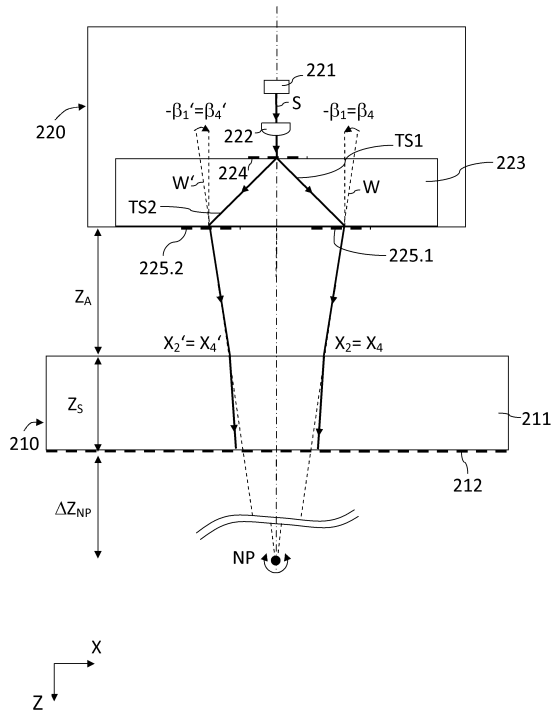
20

30

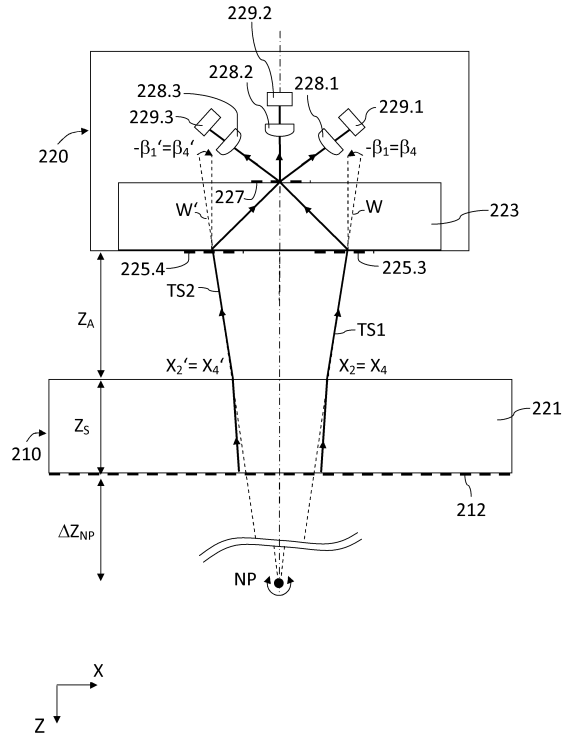
40

50

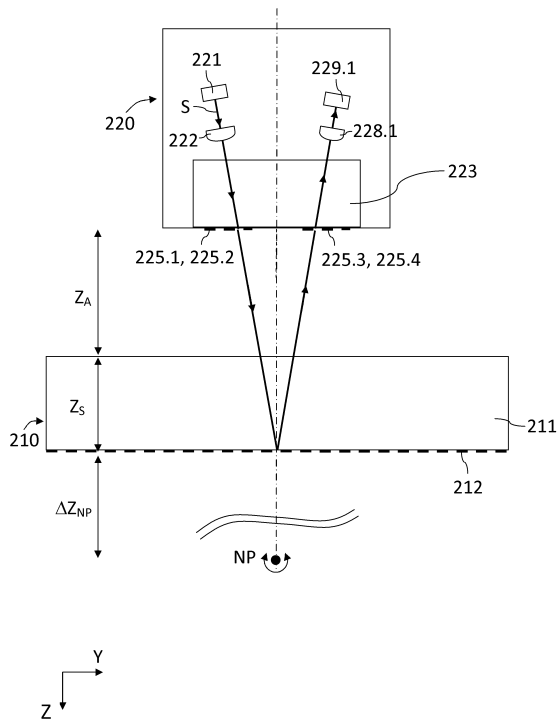
【図 5 a】



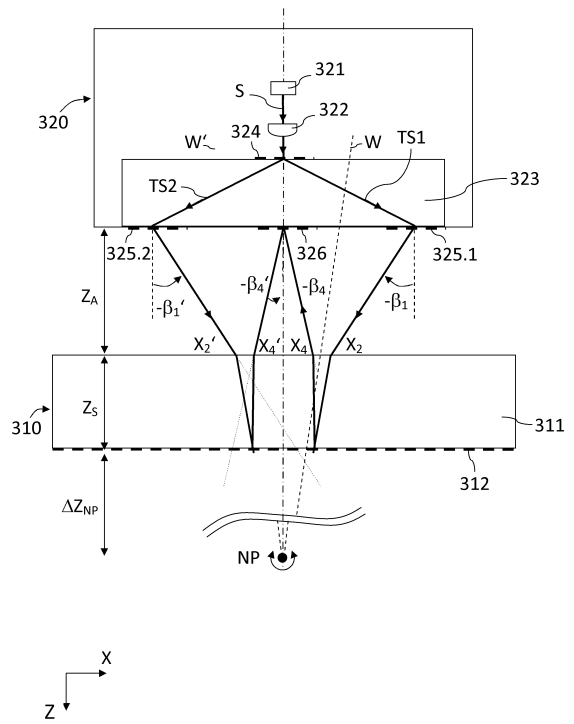
【図 5 b】



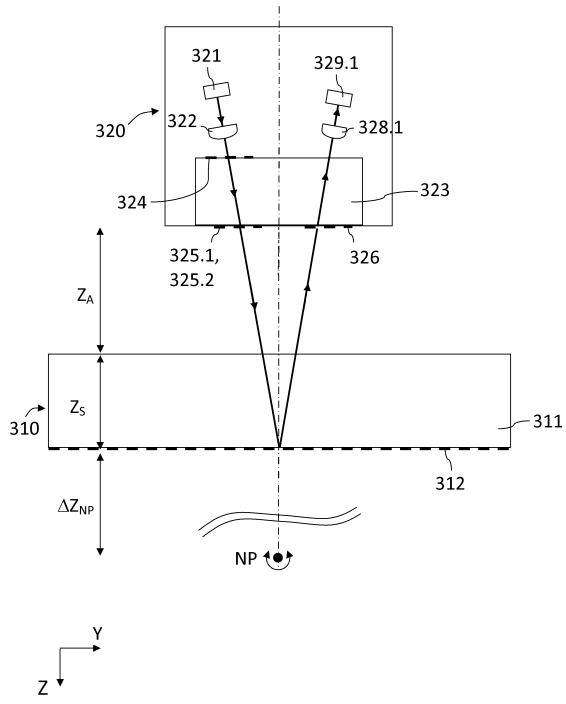
【図 5 c】



【図 6 a】



【 図 6 b 】



フロントページの続き

(74)代理人 100153419

弁理士 清田 栄章

(72)発明者 ヴォルフガング・ホルツアプフェル

ドイツ連邦共和国、83119 オーピング、グロッテンヴェーク、2

審査官 八木 智規

(56)参考文献 特開2008-70363(JP,A)

特表2010-527014(JP,A)

特表2010-527013(JP,A)

特開平2-73118(JP,A)

米国特許出願公開第2011/235051(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 11/00 - 11/30

G01D 5/26 - 5/38

H01L 21/027

H01L 21/30

H01L 21/46