

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6485992号
(P6485992)

(45) 発行日 平成31年3月20日(2019.3.20)

(24) 登録日 平成31年3月1日(2019.3.1)

(51) Int.Cl. F 1
G 0 1 B 11/00 (2006.01) G 0 1 B 11/00 G

請求項の数 1 (全 16 頁)

| | | | |
|--------------|-------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2013-13182 (P2013-13182) | (73) 特許権者 | 390014281 |
| (22) 出願日 | 平成25年1月28日 (2013.1.28) | | ドクトル・ヨハネス・ハイデンハイン・ゲ |
| (65) 公開番号 | 特開2013-160760 (P2013-160760A) | | ゼルシヤフト・ミット・ベシユレンクテル |
| (43) 公開日 | 平成25年8月19日 (2013.8.19) | | ・ハフツング |
| 審査請求日 | 平成27年9月10日 (2015.9.10) | | DR. JOHANNES HEIDEN |
| 審査番号 | 不服2017-18574 (P2017-18574/J1) | | HAIN GESELLSCHAFT M |
| 審査請求日 | 平成29年12月14日 (2017.12.14) | | IT BESCHRANKTER HAF |
| (31) 優先権主張番号 | 10 2012 201 393.8 | | TUNG |
| (32) 優先日 | 平成24年2月1日 (2012.2.1) | (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】 複数の位置測定装置を備えた装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

- 2つの直交する第1及び第2のメイン移動軸 (y, x) 並びにこれに対して垂直な第3の軸 (z) に沿って可変に配置された対象物 (1) と、

- 6つ全ての空間的な自由度において前記対象物 (1) の位置を検出するための複数の位置測定装置と

を備えて成り、複数の光学的な前記位置測定装置が唯一の走査方向から前記対象物 (1) を走査するとともに、この走査方向が両メイン移動軸 (y, x) のうちいずれかに一致し、前記6つの空間的な自由度が、前記第1及び第2のメイン移動軸 (y, x) に沿った、並びにこれら第1及び第2のメイン移動軸に対して垂直な前記第3の軸 (z) に沿った3つの並進運動自由度と、前記第1及び第2のメイン移動軸 (y, x) 周りの、並びにこれら第1及び第2のメイン移動軸に対して垂直な前記第3の軸 (z) 周りの3つの回転運動自由度とを含んでおり、

前記対象物 (1) において必要な、様々な前記位置測定装置の全ての標準器 (23.2, 23.3) 及び測定反射器 (23.1) が前記対象物 (1) の共通の側に配置されていることを特徴とする装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の位置測定装置を備えた装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体の加工及び検査において使用される機械では、対象物を精緻に位置決めする必要がよくある。そのため、例えば、ウエハを感光ユニット又は検査ユニットの工具の下方において精密に位置決めする必要がある。ここで、このウエハは、6自由度に可動なテーブル上に載置されており、このテーブルは、適当な駆動部によって移動される。その位置が精密に検出される対象物としては、ここでは、テーブルであり、このテーブルを駆動部及びこれに属する制御ユニットによって位置決めするために、テーブルの空間的な位置に対する位置信号を高精度の位置測定装置によって生成する必要がある。

【0003】

このような機械における高精度の位置測定装置としては、通常、干渉計又は格子式の光学位置測定装置が使用される。これらいずれの種類の位置測定装置においても、あらかじめ定められた移動軸に沿ったテーブルの移動ストロークがこの移動軸においてテーブルの大きさあるいは長さよりも大きくなるような場合には問題が生じる。

【0004】

干渉計を用いる場合には、移動方向あるいは移動軸におけるテーブルの位置は、通常、測定ビームを伴うミラー状の測定反射器の走査によって検出される。このとき、測定ビームは、検出された移動軸に対して平行に延在しているとともに、機械と共に位置決めされて固定されている。テーブルが更に第2の移動方向へ移動する場合には、テーブルの各位置において測定ビームがミラーに投射されることが保証される必要がある。第2の移動方向がテーブルの側方長さよりも大きく、したがってテーブルに取り付けられたミラーよりも大きい場合には、所定の位置において測定ビームがミラーに投射されず、干渉計は正確な位置信号を生成することができない。すなわち、干渉計は、検出した位置を失うことになる。このような位置の喪失を防止するために、ミラーは、追加的な第2の干渉計軸の測定ビームによって操作される必要がある。この測定ビームは、第2の移動方向において、各テーブル位置において両測定ビームのうち少なくとも1つがミラーに入射するように、第1の測定ビームに対してずらされている。また、通常、干渉計は絶対的ではなくインクリメント式に位置を検出するため、測定ビームのうちの1つがもはやミラーに投射される前に両干渉軸の間の絶対位置が明らかに成る必要がある。ここで、これは、位置開示と呼ばれる。テーブル位置が外部から、すなわち固定された枠組みから検出する干渉計を用いて、他の補助軸及び位置開示を用いることなく1つの最大の移動ストロークのみを測定可能である。この最大の移動ストロークは、各移動軸に沿ったテーブルの長さに相当する。

【0005】

これに代えて、適当な干渉計構成要素を可動のテーブルに連行させるとともに固定された枠組みの方向へ外方へ干渉計によって測定すれば、光の供給及び干渉計信号に関して問題が生じる。さらに、テーブル上の追加的な干渉計構成要素により可動のテーブルの重量が増加し、その動的特性が悪化してしまう。

【0006】

他の欠点として、更に全体的に大きな測定コンパスが生じる。すなわち、干渉計は、テーブルの位置を、各工具に対して直接ではなく、通常は干渉計の光学ユニットの取付位置つまり干渉計ヘッドである離れた基準に対して検出するものとなっている。これにより、光学ユニットと工具の間の位置のずれが直接測定位置のずれに結びつくことがあり得る。光学ユニットと工具の間の空間的な距離は、典型的には、1～2mの間にあり、このような適用に対する必要な測定精度は、ナノメートルの範囲にある。

【0007】

2つの互いに直交する移動軸に沿ったテーブルの移動を干渉計で検出するために、更に可動のテーブルの2つの側面が光学的に検出可能である必要がある。これにより、各機械のデザインにおける所定の制限が生じてしまう。

【0008】

標準器及び1つ又は複数の走査ユニットから成る格子式の位置測定装置を用いる場合に

10

20

30

40

50

は、使用できる測定長さは、各標準器の各長さによって制限されている。本発明のように、高動的な適用に対しては、このような位置測定装置の走査ユニットを固定された枠組みに配置するとともに標準器を可動のテーブルに配置することが基本的には有利である。他方、テーブルをできる限りコンパクトにしたい場合には、標準器の可能な長さがここでも強く制限されてしまう。特に、標準器に対して、移動軸に沿った可動のテーブルの長さよりも長い長さを選択することは好ましくないことが分かっている。また、従来の格子式の位置測定装置のこのような構造により、必要な移動ストロークが移動軸に沿った可動のテーブルの長さよりも大きい場合には、特に冒頭に記載したような適用における移動ストロークの実現には問題があることが分かっている。

【0009】

10

これに対して、逆に、格子式の位置測定装置の走査ユニットを可動のテーブル上に取り付けると、ここでも質量が増大して動的特性が悪化してしまう。同様に、走査ユニットを固定された枠組みに結合させるのに必要なケーブルも不都合であることが分かっている。

【0010】

上述の先行技術に関連して、例えば特許文献1～3及び非特許文献1が挙げられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】欧州特許出願公開第1469351号明細書

【特許文献2】米国特許第7907287号明細書

20

【特許文献3】米国特許第7751060号明細書

【特許文献4】米国特許第6542247号明細書

【非特許文献】

【0012】

【非特許文献1】Gerd Jaeger、3. ITG/GMA - Fachtagung、「Sensoren und Messsysteme」(9.-11.3.1998、Bad Neuheim)、表題「Lasersinterferometrische Messverfahren - Möglichkeiten, Grenzen und Anwendungen」

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

本発明の目的とするところは、対象物の少なくとも1つの移動軸に沿って対象物の大きさに依存することのない移動ストロークを実現可能な、可動の対象物の高精度の位置検出に対する解決策を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0014】

さらに、上記課題は、請求項1の特徴を備えた装置によって達成される。

【0015】

本発明によれば、第1の解決手段は、2つの直交する対象物の第1及び第2のメイン移動軸に対して垂直な第3の軸に沿った対象物の位置を検出するための位置検出装置であって、

40

- 前記第1のメイン移動軸に沿って前記対象物の方向へビームを照射する光源と、
- 前記第3の軸に沿って周期的に配置された分割マーカで構成され、前記対象物に配置された標準器と、
- 前記対象物から離間しつつ少なくとも前記第3の軸に沿って配置された反射器と、
- 再帰反射器と、
- 検出装置と

を備えて成り、前記ビームにより生成される測定ビーム及び基準ビームの重ね合わせにより、前記対象物の前記第3の軸に沿った移動についての位置信号を生成可能であることを

50

特徴としている。

【0016】

1つの考えられる実施形態においては、前記再帰反射器を、ビームスプリッタ要素、基準反射要素及び再帰反射要素を含んで構成することが可能である。

【0017】

また、前記反射器を、

- 前記第1のメイン移動軸に沿って周期的に配置された分割マーカを含んで構成された回折格子として形成するか、又は
- 入射する測定ビームに対して垂直に配置された平面鏡として形成した。

【0018】

有利には、前記対象物に配置された標準器を、回折格子として、これに入射するビームが±1の等級のみの回折を受けるとともに、回折した分割ビームが±1の等級の少なくとも反射器の方向への反射を受けるように形成するのが好ましい。

【0019】

本発明による第1の位置測定装置の一実施形態においては、

- 前記光源から照射されるビームが前記再帰反射器において1つの測定ビームと1つの基準ビームに分光され、
- 前記測定ビームが前記標準器方向へ拡がるとともに、該標準器により前記反射器方向へ第1の反射及び回折がなされ、
- 前記反射器からの測定ビームが前記標準器の方向への第1の反射を受け、
- 前記測定ビームが前記標準器から前記再帰反射器方向への第1の反射を受け、ここで、前記測定ビームが前記標準器の方向への再帰反射及び反射を受け、
- 前記測定ビームが前記標準器において前記反射器の方向への第2の反射及び回折を受け、
- 前記測定ビームが前記反射器において前記標準器の方向への第2の反射を受け、
- 前記測定ビームが前記標準器において前記再帰反射器方向への第2の反射を受け、
- 前記基準ビームが前記再帰反射器を通過し、そして、
- 前記標準器における第2の反射の後に入射する前記測定ビームの重ね合わせがなされ、前記測定ビームと前記基準ビームから成る重ね合わされた対が前記検出装置の方向へ拡がることを特徴としている。

【0020】

第2の解決手段として、本発明によれば、第2のメイン移動軸に沿った対象物の位置を検出するための位置測定装置であって、前記対象物が2つの直交した第1及び第2のメイン移動軸に沿って可動に配置されており、

- 前記第1のメイン移動軸に沿って前記対象物の方向へビームを照射する光源と、
- 前記第2のメイン移動軸に沿って周期的に配置された分割マーカで構成され、前記対象物に配置された標準器と、
- 前記対象物から離間しつつ少なくとも第3の軸に沿って配置された反射器と、
- 再帰反射器と、
- 検出装置と

を備えて成り、前記第3の軸が前記第1及び第2のメイン移動軸に対して垂直に配向されており、前記ビームにより生成される測定ビーム及び基準ビームの重ね合わせにより、前記対象物の前記第2のメイン移動軸(x)に沿った移動についての位置信号を生成可能であることを特徴としている。

【0021】

また、前記反射器は、

- 前記第2のメイン移動軸の方向に離間した2つの回折格子を含み、この回折格子が周期的に配置された分割マーカを備えているか、又は
- 前記第2のメイン移動軸の方向に離間した2つの平面鏡を含み、各平面鏡がこれに入射する測定ビームに対して垂直に配置されている

10

20

30

40

50

ことを特徴としている。

【0022】

有利には、前記対象物に配置された標準器を、回折格子として、これに入射するビームが±1の等級のみの回折を受けるとともに、測定ビーム及び基準ビームとしての回折した分割ビームが±1の等級の少なくとも1つの前記反射器の方向への反射を受けるように形成するのが好ましい。

【0023】

前記対象物に配置された前記標準器が、

- 1次元の標準器として形成され、該標準器が前記第3の軸(z)に対して0°ではない角度で前記対象物に配置されているか、又は

- 2次元の標準器として形成され、該標準器が前記第3の軸に対して平行に前記対象物に配置されているとともに、前記第3の軸に沿って周期的に配置された分割マーカを含んで構成されている

ように構成することが考えられる。

【0024】

本発明による第2の位置測定装置の一実施形態においては、

- 前記光源(12.5)から照射されるビームが前記標準器(13)の方向へ拡がり、そこで2つの分割ビームへ分光され、これら分割ビームが、位置信号の干渉された生成のための測定ビーム及び基準ビームとして使用可能であるとともに、これら2つの分割ビームが前記標準器(13)における反射の後に前記反射器(14.1, 14.2)へ異なる方向へ拡がり、

- 両分割ビームが前記反射器(14.1, 14.2)においてそれぞれ前記標準器(13)の方向へ第1の反射を受け、

- 両分割ビームが前記標準器(13)において前記再帰反射器(12.6)の方向へ第1の反射を受け、ここで、両分割ビームが前記標準器(13)方向への再帰反射及び反射を受け、

- 両分割ビームが前記標準器(13)において前記反射器(14.1, 14.2)の方向への第2の反射及び回折を受け、

- 両分割ビームが前記反射器(14.1, 14.2)が前記標準器(13)の方向への第2の反射を受け、

- 前記分割ビームが前記標準器(13)において再度統合され、重ね合わされたビームが前記標準器(13)から前記検出装置(12.5)の方向へ拡がる

ことを特徴としている。

【0025】

また、本発明による装置は、

- 2つの直交する第1及び第2のメイン移動軸並びにこれに対して垂直な第2の軸に沿って可変に配置された対象物と、

- 複数の空間的な自由度において前記対象物の位置を検出するための複数の位置測定装置と

を備えて成り、複数の光学的な前記位置測定装置が唯一の走査方向から前記対象物を走査するとともに、この走査方向が両メイン移動軸に一致することを特徴としている。

【0026】

好ましい一実施形態においては、前記対象物において必要な全ての標準器及び/又は様々な前記位置測定装置における測定反射器が前記対象物の共通の側に配置されている。

【0027】

また、前記第1のメイン移動軸に沿った前記対象物の移動を検出するため、並びに前記第2のメイン移動軸及び前記第3の軸周りの前記対象物の回転運動を検出するための位置測定装置が3軸干渉計として形成されているとともに3つの測定ビームを有しており、これら測定ビームは前記対象物において測定反射器を投射し、第1及び第2の測定ビームが前記第2のメイン移動軸から離間しつつ前記第3の軸と同じ高さで延在するとともに、第

10

20

30

40

50

3の測定ビームが前記第3の軸の方向へ前記第1及び第2の測定ビームの下方で延在しているよう構成することも可能である。

【0028】

また、前記第3の軸に沿った前記対象物の移動を検出するため、及び前記第1のメイン移動軸周りの前記対象物の回転運動を検出するために請求項6に基づく2つの位置測定装置が形成されているとともに、前記対象物における標準器に投射される2つの測定ビームを有しており、これら両測定ビームが、前記第3の軸に沿って同じ高さで、かつ、前記第2のメイン移動軸において離間しつつ延在している。

【0029】

さらに、前記第2のメイン移動軸に沿った前記対象物の移動を検出するために、請求項1に基づく位置測定装置が形成されているとともに、前記対象物における標準器に投射される測定ビームを有している。

10

【0030】

したがって、本発明による手段により、移動軸に沿った対象物の必要な移動ストロークが得られるとともに、これと同時に、対象物の高精度な位置検出が保証される。

【0031】

本発明による解決手段は、位置測定装置の追加的な構成要素に基づく可動の物体の質量の増加を必要としない。同様に、固定された枠組みとの可動の物体のケーブル接続が不要となる。すなわち、可動の対象物には、位置測定装置のパッシブな構成要素のみが配置される。

20

【0032】

本発明による装置の一実施形態においては、適当に可動に支持された対象物の6つ全ての自由度の検出が可能である。

【0033】

ここで、基本的には、本発明による第1及び第2の位置測定装置は、対応する測定課題が生じる場合には、それぞれ全体の配置にかかわらず使用することが可能である。

【0034】

本発明による装置について特に好ましくは、対応する対象物の6つ全ての自由度の測定のため、この対象物は、単に唯一の走査方向から光学的に検査あるいは走査される必要がある。好ましくは、比較的長いメイン移動軸に対応する方向からこのようなことが行われる。これにより、対応する対象物が例えば可動のテーブルとして機械に形成されている場合には、構造的なバリエーションが広がることになる。

30

【0035】

本発明の他の詳細及び利点は、以下の図面に基づく実施例の説明に関連して図面と共に説明する。

【発明の効果】

【0036】

本発明によれば、対象物の少なくとも1つの移動軸に沿って対象物の大きさに依存することのない移動ストロークを実現可能な、可動の対象物の高精度の位置検出に対する解決策を提供することが可能である。

40

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】対象物が移動する異なる軸の定義を示す概要図である。

【図2a】本発明による第1の位置測定装置の第1の視点(z-y平面)における走査光路を非常に簡略化して示す図である。

【図2b】本発明による第1の位置測定装置の第2の視点(x-y平面)における走査光路を非常に簡略化して示す図である。

【図2c】本発明による第1の位置測定装置の標準器の平面図である。

【図2d】本発明による第1の位置測定装置の反射器の平面図である。

【図3a】本発明による第2の位置測定装置の第1の視点(z-y平面)における走査光路

50

を非常に簡略化して示す図である。

【図3 b】本発明による第2の位置測定装置の第2の視点(x y 平面)における走査光路を非常に簡略化して示す図である。

【図3 c】本発明による第2の位置測定装置の反射器の平面図である。

【図3 d】本発明による第2の位置測定装置(z y 平面)の光路の一部を拡大して示す図である。

【図4 a】本発明による装置を第1の視点(z y 平面)において非常に簡略化して示す図である。

【図4 b】本発明による装置を第2の視点(x y 平面)において非常に簡略化して示す図である。

【図4 c】本発明による装置の測定反射器及び標準器の平面図である。

【図4 d】本発明による装置の反射器の平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0038】

以下に本発明の実施の形態を添付図面に基づいて説明する。

【0039】

図1には原理図が示されており、この原理図に基づき以下では異なる軸x, y, zが定義されている。そして、この軸に沿って、対象物1が移動するとともに、異なる軸x, y, zに沿ったこの移動が検出される。概略的にのみ示された対象物1は、例えば半導体製造又は半導体検査のために使用される機械の台である。この台上には、例えばウエハが配置され、このウエハは、処理又は検査のために、他の機械構成要素に対して高い精度で位置決めされる必要がある。ここで、上記台は、対象物1に対して相対的に長いプロセス軸あるいは第1のメイン移動軸yと、これに垂直な短い第2のメイン移動軸xとに沿って移動するものであり、さらに、対象物1の移動は第3の軸zに沿って可能であり、この第3の軸zは、第1及び第2のメイン移動軸y, xに対して垂直に配向されている。その結果、対象物1に対する第1のメイン移動軸yに沿った移動路は、これに対して垂直な第2のメイン移動軸xに沿った移動路よりも長くなっている。加えて、本実施の形態においては、第1のメイン移動軸yに沿った移動路は、この第1のメイン移動軸yに沿った対象物1の大きさよりも長くなっている。

【0040】

2つのメイン移動軸x, y及び第3の軸zに沿ったりニアな対象物の移動の検出の他に、対象物1の高精度の位置決めに対して、空間における更に対象物1の3つの異なる軸x, y, z周りの回転移動の計測技術的な検出が必要である。対象物1のこれら軸x, y, z周りの回転運動は、以下においてRx運動, Ry運動及びRz運動と表記する。

【0041】

移動可能な対象物1の6つ全ての自由度を検出するために、複数の位置測定装置が用いられ、これら位置測定装置は、装置あるいはシステム全体に対して適切に組み合わせられることが可能である。6つの自由度の検出のためのシステム全体に依存せずに使用することができるこれら位置測定装置のうち2つを、以下では、第1及び第2の解決手段としてそれぞれ独立して表記する。そして、6つの自由度全てを検出するためのシステム全体が複数の位置測定装置から成る装置として説明される。

【0042】

以下では、まず、非常に簡略化された図2 a ~ 図2 dにおける図示に基づき、本発明による第1の位置測定装置について説明する。この第1の位置測定装置は更に第3の軸zに沿った対象物の移動を検出するために用いられ、この第3の軸zは、両メイン移動軸x, yに対して垂直に配向されている。この解決手段を、上述したとおり、基本的に、以下に更に説明する(装置)全体にも依存せずに適当な用途に使用することが可能である。

【0043】

干渉計及び格子式の位置測定装置から成る組合せである本発明による第1の位置測定装置は、本実施例においては、光源2.1、対象物1に配置された標準器3、第3の軸zに

10

20

30

40

50

沿って前記対象物から離間して配置された反射器 4、再帰反射器 2.6 及び検出装置 2.5 を含んで構成されている。ここで、光源 2.1、再帰反射器 2.6 及び検出装置 2.5 は光学ユニット 2 に配置されており、この光学ユニット 2 は、長い第 1 のメイン移動軸 y において対象物 1 から離間して配置されている。

【0044】

以下では、本発明による第 1 の位置測定装置において第 3 の軸 z に沿った移動についての位置信号を生成することができる光路について説明する。

【0045】

例えば前置されたコリメータレンズを備える適当なレーザ光源である光源 2.1 は、y 方向に沿った、すなわち対象物 1 の方向、第 1 のメイン移動軸 y 方向に沿った、コリメータされたビームを検出する。光学ユニット 2 の再帰反射器 2.6 はビームをビームスプリッタ要素 2.2 に照射し、このビームスプリッタ要素 2.2 は、ここではビームスプリッタキューブとして形成されている。このビームスプリッタ要素 2.2 あるいはそのビームスプリッタ面により、これに入射されるビームが測定ビーム及び基準ビームへ分光される。図 2 b には、測定ビームは実線で示されており、基準ビームは破線で示されている。

【0046】

測定ビームは、分光後第 1 のメイン移動軸 y に沿って対象物 1 あるいは対象物 1 に配置された標準器 3 の方向に沿って拡がる。標準器 3 は、図 2 c の平面図に示すように、第 3 の軸 z に沿って周期的に配置されつつ異なる光学的な反射特性を有する分割マーカで構成されている。すなわち、回折格子が標準器 3 として機能する。ここで、この回折格子は、これに入射するビームが単に ± 1 の等級における回折となり、0 の等級が抑制されるように形成されている。図示する例においては、入射する測定ビームの第 1 の反射及び回折が反射器 4 の方向となるようになっている。このような形態においては、信号生成のために、両分光のうち 1 つのみ、すなわち $+1$ の等級のものが使用される。

【0047】

このように形成された標準器 3 は、本実施例においては、第 2 のメイン移動軸 x に沿って、対象物 1 の長さ全体にわたって延在している。

【0048】

反射器 4 は、対象物 1 から離間しつつ第 3 の軸 z に沿って配置されているとともに、可動の対象物 1 に対して不動の機械部分 5 に連結されている。本実施例においては、反射器 4 が回折格子として形成されており、この回折格子により、測定ビームの再帰反射が対象物 1 における標準器 3 の方向になされる（リトロ配置）。反射器 4 の平面図を示す図 2 d によれば、この反射器 4 は、第 1 のメイン移動軸 y に沿って周期的に配置されつつ異なる反射率を有する分割マーカで構成されている。

【0049】

さらに、標準器 3 により、再帰反射器 2.6 方向への測定ビームの第 1 の再帰反射がなされる。この場所において、ビームスプリッタ 2.2 内で再帰反射要素 2.3 方向に屈折がなされるとともに、対象物 1 における標準器 3 方向への再帰反射及び新たな反射がなされる。標準器 3 においては、反射器 4 における測定ビームの標準器 3 方向への第 2 の反射及び回折がなされる前に、反射器 4 方向への第 2 の反射及び回折がなされる。最後に、測定ビームは、2 回ほど再帰反射器 2.6 へ反射される。

【0050】

ビームスプリッタ要素 2.2 において生じる基準ビームは、分光後、以下のように再帰反射器 2.6 を貫通する。すなわち、基準ビームは、まず、例えば平面鏡として形成された基準反射要素 2.4 の方向へ拡がり、そこから反射されて、例えば再帰反射するプリズムとして形成され得る再帰反射要素 2.3 へ至る。これにより生じた屈折の後、基準ビームは、再帰反射器 2.4 方向へ再度拡がり、そこから再度反射される。ビームスプリッタ要素 2.2 のビームスプリッタ面において、基準ビームは、対象物 1 から入射される測定ビームと共に干渉的な重ね合わせへと至る。測定ビームと基準ビームの重ねあわされた対は、次に、概略的にのみ示した検出装置 2.5 の方向へ拡がる。ここで、この検出装置 2

10

20

30

40

50

. 5 を公知の干渉計 - 検出装置として形成することができ、この検出装置は、位相のずれた干渉信号を検出することができるものである。したがって、標準器 3 と共に対象物 1 が第 3 の軸 z に沿って移動する際には、検出装置 2 . 5 において、位相がずれつつ $P / 4$ の信号周期を有する複数の位置信号が生じる。ここで、 P は、標準器 3 の z 方向の分割周期である。

【 0 0 5 1 】

対象物 1 の y 方向の他の移動構成要素においては、検出装置 2 . 5 によって生成される位置信号は、追加的な構成要素を含んでいる。対象物の移動がこの第 1 のメイン移動軸 y において通常は独立した位置測定装置によって検出されるため、この構成要素は知られており、その結果、このような情報に関連して必要な位置情報あるいは対象物自由度を z 方向に沿って決定することが可能である。

10

【 0 0 5 2 】

再帰反射器 2 . 6 を使用することは、このような位置測定装置において、可動の対象物 1 の名目上の位置に対する起こり得る傾斜に基づくビーム断絶を相殺することに寄与するものである。ここで、本発明による再帰反射器 2 . 6 及び特に測定ビームへのその再帰反射する効果は、図示の実施形態と置換することが可能である。例えば、あのプリズムの組合せ及び / 又はミラーの組合せを用いることも考えられる。

【 0 0 5 3 】

第 3 の軸 z に沿った対象物の移動に関する位置信号の生成は、上述の第 1 の位置測定装置すなわち対象物 1 あるいはこれに配置された標準器 3 の唯一の走査方向への光学的な走査によってなされる。この唯一の走査方向は、より長い移動ストロークを有する第 1 のメイン移動軸 y に一致している。

20

【 0 0 5 4 】

図示の本発明による第 1 の位置測定装置の他にも、代替的は実施形態が存在する。すなわち、例えば、反射器 4 を対象物 1 の上方に平面鏡として形成するとともに、この平面鏡を、これに入射する測定ビームに対して垂直に配置する。さらに、生じた ± 1 の両回折等級のうちいずれかのみを標準器 3 において使用するだけでなく、両回折等級を使用することも可能である。このために、上述の例による反射器 4 と同様に形成された第 2 の反射器を対象物 1 の下方に設ける必要がある。さらに、適当な装置においては、上述の第 1 の位置測定装置を与えられた測定要求に応じて複数の実施形態において使用することが可能である。

30

【 0 0 5 5 】

本発明による第 2 の位置測定装置については、以下において、図 3 a ~ 図 3 d に基づいて説明する。第 2 の位置測定装置は、第 2 のメイン移動軸 x すなわち図 1 における両メイン移動軸 x , y のうちより短いものに沿った対象物 1 の位置の検出に寄与するものである。第 2 の位置測定装置も、本発明による第 1 の位置測定装置と同様に、基本的に独立、すなわち以下に説明する装置 (全体) に依存せずに、位置決めに使用することができる。

【 0 0 5 6 】

本発明による第 2 の位置測定装置は、本実施例においては、光源 1 2 . 1 と、対象物 1 に配置された標準器 1 3 と、第 3 の軸 z に沿って対象物 1 から離間して配置された反射器 1 4 . 1 , 1 4 . 2 と、再帰反射器 1 2 . 6 と、検出装置 1 2 . 5 とを含んで構成されている。ここで、反射器は、図示の実施例において、二部分で構成されている。また、光源 1 2 . 1、再帰反射器 1 2 . 6 及び検出装置 1 2 . 6 は光学ユニット 1 2 内に配置されており、この光学ユニット 1 2 は、長い第 1 のメイン移動軸 y において対象物 1 から離間して配置されている。さらに、第 2 のメイン移動軸 x における対象物自由度の検出も、対象物 1 あるいはこれに配置された位置測定装置の構成部材の走査方向からの光学的な走査によってなされる。なお、この走査方向は、対象物 1 の第 1 のメイン移動軸 y に一致する。

40

【 0 0 5 7 】

以下において、各図に基づいて光路について説明する。この光路により、本発明による第 2 の位置測定装置において短い第 2 のメイン移動軸 x に沿った移動に関する位置信号が

50

生成される。

【0058】

例えばここでも前置されたコリメータレンズを備えたレーザ光源として形成された光源12.1は、コリメートされたビームをy方向すなわち第1のメイン移動軸yに沿って対象物1の方向へ照射するものである。光学ユニット12の再帰反射器12.6においては、照射されたビームは、ビームスプリッタキューブとして形成されたビームスプリッタ要素12.2へ投射される。ビームは、ビームスプリッタ要素12.2において屈折面12.7を通過し、対象物1あるいはこれに配置された標準器13の方向へ第1のメイン移動軸yに沿って拡がる。

【0059】

本発明による第2の位置測定装置の図示の実施例においては、対象物1における標準器13は、もはや入射するビームに関して垂直あるいは第3の軸zに対して平行ではなく、図3dに示すように、z軸に対して90°とは異なる角度だけ、あるいはz軸に対して非平行となっている。

【0060】

対象物1の全体の長さわたり第2のメイン移動軸xに沿って延在する標準器13は、図3bに示すように、第2のメイン移動軸xに沿って周期的に配置されつつ異なる光学的な反射特性を有する分割マーカで構成されている。したがって、回折格子が標準器13として機能する。ここで、この回折格子は、第1の投射箇所P1においてこれに入射するビームが単に±1の等級の回折を受けるとともに、0の等級の回折が抑制されるよう形成されている。本発明による第2の位置測定装置の図示の実施例においては、入射するビームの第1の屈折及び回折あるいは分光が2つの部分ビームとなる。これら部分ビームは、図3bに示すように、二部分から成る反射器14.1, 14.2の方向へ拡がる。反射器14.1, 14.2は、第3の軸zに沿いつつ対象物1から離間して配置されているとともに、対象物1に対して不動の機械部分5に機械的に結合されている。

【0061】

したがって、本発明による第2の位置測定装置においては、標準器13において分光される两部分ビームが測定ビーム及び基準ビームの役割を果たす。これら測定ビーム及び基準ビームは、第2のメイン移動軸xに沿った対象物の移動に関する位置信号の干渉的な生成に使用される。ここで、厳密に言えば、本発明による第1の位置測定装置に対する差異において、位置測定装置は、実際には、2つの測定ビームである。これは、これら両測定ビームが可動の対象物1に照射される一方、基準ビームが第1の位置測定装置において対象物1に到達しないためである。しかしながら、以下では、統一的な専門用語の観点から、第2の位置測定装置においても測定ビーム及び基準ビームが問題となる。なお、これら測定ビームと基準ビームの重なりにより、興味深い位置信号が生成される。

【0062】

本発明による第2の位置測定装置の図示の時指令においては、反射器14.1, 14.2は、第2のメイン移動軸x方向に離間した2つの回折格子を含んで構成されており、これら回折格子は、異なる反射率を有しつつ周期的に配置された分割マーカで構成されている。図3cにおける反射器14.1, 14.2の両回折格子の図示によれば、分割マーカは、第2のメイン移動軸xに対して傾斜して延在している。このように選択された回折格子あるいは反射器14.1, 14.2の形成に基づき、両分割ビームは、対象物1に配置された標準器13の方向へ反射する(リトロ配置)。

【0063】

標準器13を介して、再帰反射器12.6方向への両分割ビームの第1の反射がなされる。この箇所では、屈折面12.7におけるビームスプリッタ要素12.2において、入射する両分割ビームが再帰反射要素12.3の方向へ屈折し、つづいて、屈折面12.7において分割ビームの再帰反射及び対象物1における標準器13の方向への新たな反射がなされる。標準器13上においては、両分割ビームが第2の投射箇所P2へ投射され、この第2の投射箇所P2は、ビームの第1の投射箇所P1に対して離間している。最後に、標

10

20

30

40

50

標準器 13 により、分割ビームの反射器 14 . 1 , 14 . 2 の方向への第 2 の反射がなされる。反射器 14 . 1 , 14 . 2 においては、両分割ビームの標準器 13 の方向への第 2 の反射がなされる。標準器 13 では、測定ビーム及び基準ビームに対応する部分ビームは、再度統合され、重ね合わされたビームとして、ここでも単に概略的に示唆された検出装置 12 . 5 の方向へ拡がる。標準器 13 を含む対象物 1 の第 2 のメイン移動軸 x に沿った移動時には、検出装置 12 . 5 により位相のずれた複数の位置信号が生成される。なお、この位置信号は、例えば対象物 1 の移動制御に使用することが可能である。

【 0 0 6 4 】

標準器 3 への二度の投射及びこれら二度の間に設定された再帰反射器 2 . 6 の通過を伴う選択された光路により、生成された位置信号の侵入は、可動の対象物 1 の傾斜に基づき相殺される。このような傾斜時には、ビームシアリング及びモアレ効果が生じ得るとともに、位置信号の強さにおいて上述の侵入が生じ得る。図示の本発明の第 2 の位置測定装置の実施例の他にも、当然、代替的な実施形態が存在する。

10

【 0 0 6 5 】

例えば、反射器 14 . 1 , 14 . 2 を、それぞれ入射する部分ビームに対して垂直に配置された 2 つの平面鏡によって対象物 1 の上方に形成することが考えられる。さらに、対象物 1 において第 3 の軸 z に対して角度 θ をもって配置された一次元の標準器 13 を二次元の標準器で置換することができる。ここで、この二次元の標準器は、対象物 1 において第 3 の軸 z に対して平行に配置されている。また、この標準器は、第 2 のメイン移動軸 x に沿った周期的な分割マーカの他に、第 3 の軸 z に沿って周期的に配置された分割マーカも含んでいる。

20

【 0 0 6 6 】

さらに、 $+1$ 及び -1 の干渉等級の代わりに、測定光路及び基準光路に対する他の異なる 2 つの干渉等級を使用するとともに、干渉された重ね合わせをもたらすことも可能である。

【 0 0 6 7 】

図 4 a ~ 図 4 d に基づき、複数の位置測定装置による 6 自由度での対象物 1 の位置測定に適した装置について説明する。ここでも例えば半導体の加工又は検査のための機械におけるテーブルである対象物 1 は、図 1 に示すように、第 1 及び第 2 のメイン移動軸 y 、 x 並びにこれらに対して垂直な第 3 の軸 z に沿って移動可能となっている。第 1 のメイン移動軸 y は、ここでも両移動軸 x 、 y のうち長い方のものとなっている。この対象物 1 は、第 1 のこの第 1 のメイン移動軸 y に沿って所定の値だけ摺動可能となっており、この所定の値は、この方向において対象物 1 の大きさよりもはるかに大きなものとなっている。

30

【 0 0 6 8 】

ここで、図 4 a 及び図 4 b には非常に簡略化された標準的な複数の測定光路が示唆されており、これら測定光路は、対象物 1 の 6 自由度における位置検出あるいは位置決定に使用される。各位置測定装置の詳細な光路の記述については、見やすさの観点から、これを省略している。特に様々な測定ビームが対象物 1 の方向へ 2 回拡がることについては示されていない。

【 0 0 6 9 】

対象物 1 の第 1 のメイン移動軸 y に沿った移動の検出並びに対象物 1 の第 2 のメイン移動軸 x 及び第 3 の軸 z 周りの回転運動 R_x 、 R_z の検出のために、公知の位置測定装置が設けられている。この位置測定装置はいわゆる 3 軸干渉計として形成されており、この 3 軸干渉計は、例えば特許文献 4 に開示されている。

40

【 0 0 7 0 】

本発明による装置に設けられた 3 軸干渉計は 3 つの測定ビーム M_{y_1} 、 M_{y_2} 、 M_{y_3} を使用しており、これら測定ビーム M_{y_1} 、 M_{y_2} 、 M_{y_3} は、それぞれ第 1 のメイン移動軸 y の方向から対象物 1 を走査するものとなっている。このため、対象物 1 には測定反射器 23 . 1 が配置されており、この測定反射器 23 . 1 には、図 4 a 及び図 4 b に示すように、3 つの測定ビーム M_{y_1} 、 M_{y_2} 、 M_{y_3} が入射するとともに、この箇所から再

50

度光学ユニット12方向へ反射される。この測定反射器23.1は対象物1における当該測定反射器23.1側に配置されており、この側は、第1のメイン移動軸yにおいて光学ユニット12に対向する側である。また、図4cには測定反射器23.1が走査方向から見てとることができ、さらに、投射箇所 $PM y_1$ 、 $PM y_2$ 、 $PM y_3$ に入射する3つの測定ビーム My_1 、 My_2 、 My_3 も見てとることができる。光学ユニット12においては、3軸干渉計の他の光学要素及び本発明による装置における他の位置測定装置が格納されている。3軸干渉計においては、特に例えば適当な光源が1つ又は複数のビームスプリッタ要素、基準反射器及び検出装置となっている。

【0071】

図4a~図4cに示すように、この位置測定装置あるいは3軸干渉計の第1及び第2の測定ビーム My_1 、 My_2 は、z方向に同じ高さで延びるとともに、互いにx方向へ離間しつつ測定反射器23.1における投射箇所 $PM z_1$ 、 $PM z_2$ へ投射される。これら第1及び第2の測定ビーム My_1 、 My_2 の下方におけるz方向においては、図示の実施例では、3軸干渉計の第3の測定ビーム My_3 が延在している。なお、この第3の測定ビーム My_3 は、投射箇所 $PM y_3$ において測定反射器23.1に投射される。

10

【0072】

したがって、このような3つの測定ビーム My_1 、 My_2 、 My_3 から得られる離間信号に基づき、対象物の移動についての3つの自由度が検出される。ここで、対応する離間信号は、それぞれ、不図示の基準ビームと、適当な検出装置により得られる対応する信号の検出とを伴う測定ビーム My_1 、 My_2 、 My_3 の干渉した重ね合わせに基づき得られる。冒頭で述べたように、対象物1の第1のメイン移動軸yに沿った移動並びに対象物1の第2のメイン移動軸x及び第3の軸z周りの回転運動 R_x 、 R_z が問題である。

20

【0073】

他の2つの自由度における対象物1の移動を検出するため、すなわち対象物1の第3の軸zに沿った移動を検出するため、及び対象物1の第1のメイン移動軸y周りの回転運動 R_y を検出するために、他の2つの位置測定装置が利用される。これら位置測定装置は、それぞれ上述の第1の位置測定装置において詳細に説明したように、1つの構造あるいは光路を有している。これらの位置測定装置のこれら2つの利用される測定ビームは、図4a及び図4bにおいて符号 Mz_1 、 Mz_2 で示されているとともに、z方向には同じ高さ、x方向には互いに離間して延在している。これら位置測定装置の2つの測定ビーム Mz_1 、 Mz_2 は、対象物1において上述のように投射箇所 $PM z_1$ 、 $PM z_2$ において標準器23.2へ投射されている。また、この標準器23.2により、反射器24への屈折がなされる。両位置測定装置の対応する測定ビーム Mz_1 、 Mz_2 は、この反射器24から再び標準器23.2を介して光学ユニット12の方向へ反射される。なお、この光学ユニット12においては、これら両位置測定装置の必要な他の様々な光学構成部材も配置されている。

30

【0074】

これら両位置測定装置のために必要な標準器23.2は3軸干渉計の測定反射器23.1のように対象物1における当該標準器側に配置されており、この側は、第2のメイン移動軸yにおける光学ユニット12へ割り当てて配置されている。図4cには、この側の走査方向からの平面図が示されている。

40

【0075】

最後に、可動の対象物1の6番目の自由度を検出するため、すなわち対象物1の第2のメイン移動軸xに沿った移動を検出するために、装置には、上述の第2の位置測定装置に対応する位置測定装置が設けられている。これに対応する測定ビームは、図4a、図4bにおいて符号 Mx で示されているとともに、投射箇所 $PM x$ において対象物1に配置された標準器23.3へ投射される。この標準器23.3も、他の標準器23.2や、3軸干渉計の測定反射器23.1と同様に対象物1における当該標準器側に配置されており、この側は、第2のメイン移動軸yにおける光学ユニット12へ割り当てて配置されている。測定ビーム Mx あるいは対応する分割ビームの反射器24方向への分光及び屈折は、標準

50

器 2 3 . 3 からなされ、後続の光路は、本発明の対 2 の位置測定装置に関連して上述したものに对应する。この位置測定装置の他の光学構成部も光学ユニット 1 2 内に配置されている。

【 0 0 7 6 】

図 4 d には反射器 2 4 の側が示されており、この側には、標準器 2 3 . 2 , 2 3 . 3 から回折した測定ビーム Mz_1 , Mz_2 及び Mx が投射されるとともに、リトロ配置においては再度反射される。中央に配置された測定ビーム Mx のための両反射器 2 4 . 1 , 2 4 . 2 の他に、測定ビーム Mz_1 , Mz_2 のために外側に配置された反射器 2 4 . 3 , 2 4 . 4 も検出可能である。なお、上述のように、様々な反射器は、それぞれ回折格子として形成されている。

10

【 0 0 7 7 】

このような装置により、6つの全ての自由度において可動の対象物 1 の位置を検出できる。提案された装置について決定的なことは、使用される全ての位置測定装置の光学的な走査が1つの走査装置によりなされる点である。このことは、図示した実施例において、第1のメイン移動軸 y であり、この第1のメイン移動軸 y に沿って、第2のメイン移動軸 x に対して明らかに長い対象物 1 に対する移動ストロークが可能である。この方向に沿って、使用される様々な位置測定装置の全ての測定ビーム My_1 , My_2 , My_3 , Mz_1 , Mz_2 及び Mx が延在している。

【 0 0 7 8 】

本発明による位置測定装置あるいは本発明による装置の上述の実施例の他にも、本発明の範囲を逸脱しない限り、更なる実施形態が存在する。このことは、例えば各位置測定装置、場合によっては必要となる基準光路の実現のための他の形態、必要な再帰反射のための代替的な形態などに対応している。

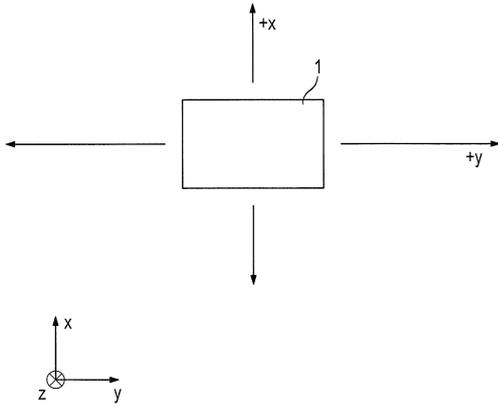
20

【 符号の説明 】

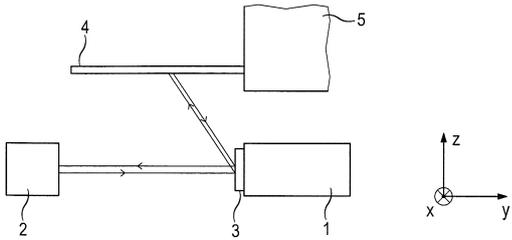
【 0 0 7 9 】

| | | |
|---|------------|----|
| 1 | 対象物 | |
| 2 , 1 2 | 光学ユニット | |
| 2 . 1 , 1 2 . 1 | 光源 | |
| 2 . 2 , 1 2 . 2 | ビームスプリッタ要素 | |
| 2 . 3 , 1 2 . 3 | 再帰反射要素 | 30 |
| 2 . 4 | 基準反射要素 | |
| 2 . 5 , 1 2 . 5 | 検出装置 | |
| 2 . 6 , 1 2 . 6 | 再帰反射器 | |
| 3 , 1 3 , 2 3 . 2 , 2 3 . 3 | 標準器 | |
| 4 , 1 4 . 1 , 1 4 . 2 , 2 4 , 2 4 . 1 , 2 4 . 2 | 反射器 | |
| 5 | 機械部分 | |
| 1 2 . 7 | 屈折面 | |
| 2 3 . 1 | 測定反射器 | |
| My_1 , My_2 , My_3 | 測定ビーム | |
| P 1 | 第 1 の投射箇所 | 40 |
| P 2 | 第 2 の投射箇所 | |
| PM_y_1 , PM_y_2 , PM_y_3 | 投射箇所 | |
| Mz_1 , Mz_2 , Mz_3 | 測定ビーム | |
| PMz_1 , PMz_2 , PMz_3 | 投射箇所 | |
| Mx | 測定ビーム | |

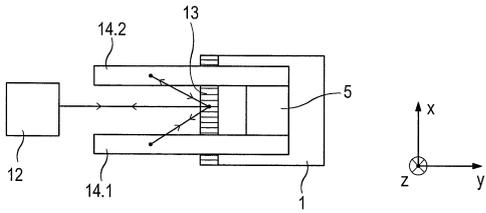
【図 1】



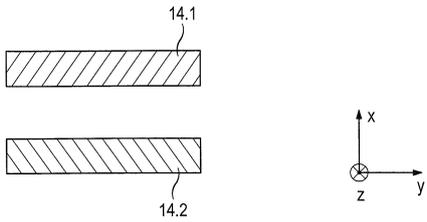
【図 2 a】



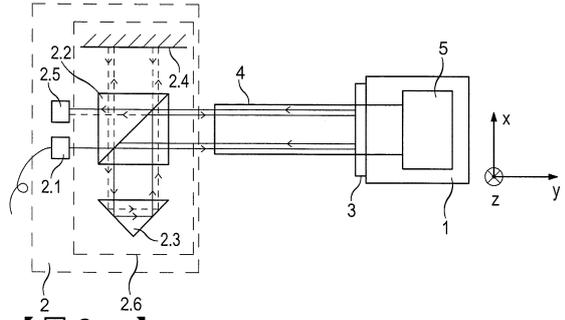
【図 3 b】



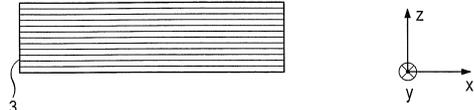
【図 3 c】



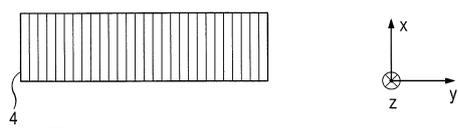
【図 2 b】



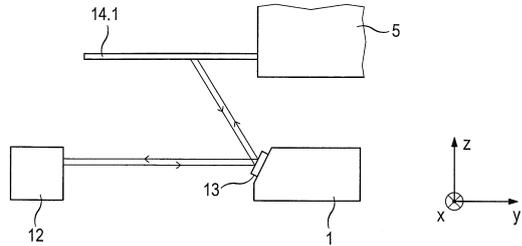
【図 2 c】



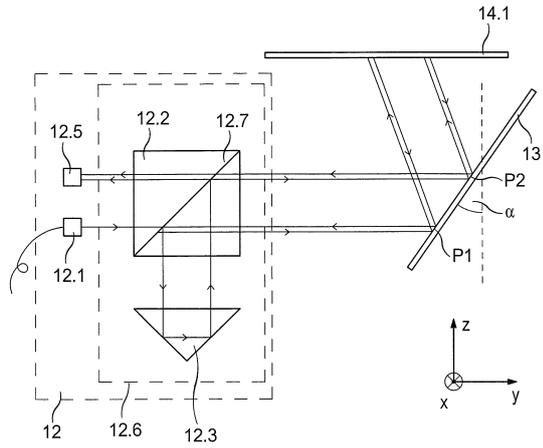
【図 2 d】



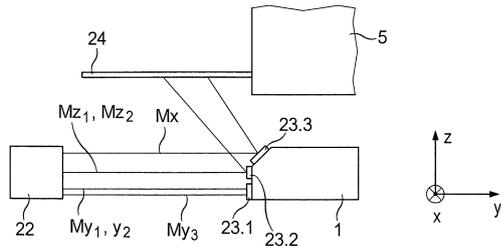
【図 3 a】



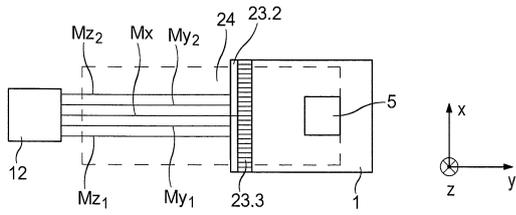
【図 3 d】



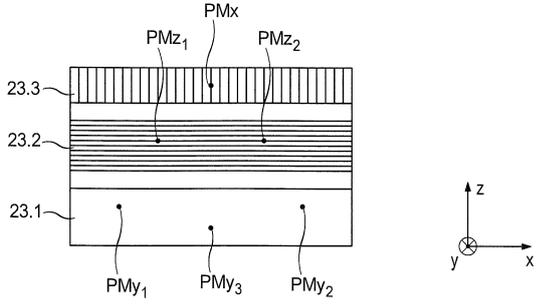
【図 4 a】



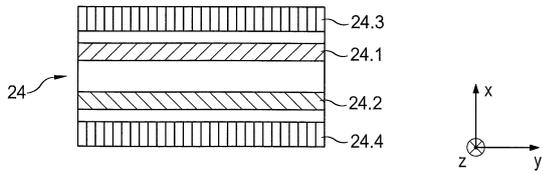
【 4 b 】



【 4 c 】



【 4 d 】



フロントページの続き

- (74)代理人 100173521
弁理士 篠原 淳司
- (74)代理人 100191835
弁理士 中村 真介
- (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、8 3 1 1 9 オーピング、グロッテンヴェーク、2
- (72)発明者 イェルク・ドレシャー
ドイツ連邦共和国、8 3 1 2 2 ザーマーベルク、ホーホリーストラーセ、7 0
- (72)発明者 マルクス・マイスナー
ドイツ連邦共和国、8 3 2 3 6 ユーバーゼー、ライトストラーセ、2 2 ベー
- (72)発明者 ラルフ・イェルガー
ドイツ連邦共和国、8 3 2 7 8 トラウンシュタイン、シュトックアッハ、2 3
- (72)発明者 ベルンハルト・ムシュ
ドイツ連邦共和国、8 3 6 2 4 オッターフィング、シュティフターヴェーク、4
- (72)発明者 トーマス・ケルベラー
ドイツ連邦共和国、8 6 5 2 9 シュローベンハウゼン、アン・デア・ヴァイルアッハ、1 4

合議体

- 審判長 中塚 直樹
審判官 中村 説志
審判官 清水 稔

- (56)参考文献 特開2005-338075(JP,A)
国際公開第2007/142351(WO,A1)
特開2011-117737(JP,A)
特開2010-237202(JP,A)
特開2009-55036(JP,A)
特開昭60-190812(JP,A)
特開2003-258725(JP,A)
国際公開第2007/077855(WO,A1)
特開2005-331261(JP,A)
特開平8-227839(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 11/00-11/30