

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6467187号
(P6467187)

(45) 発行日 平成31年2月6日(2019.2.6)

(24) 登録日 平成31年1月18日(2019.1.18)

(51) Int.Cl.	F 1
G 02 B 23/16 (2006.01)	GO 2 B 23/16
G 02 B 7/00 (2006.01)	GO 2 B 7/00 B
G 02 B 7/198 (2006.01)	GO 2 B 7/198
G 12 B 5/00 (2006.01)	G 12 B 5/00 Z

請求項の数 11 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2014-212884 (P2014-212884)
 (22) 出願日 平成26年10月17日 (2014.10.17)
 (65) 公開番号 特開2016-80906 (P2016-80906A)
 (43) 公開日 平成28年5月16日 (2016.5.16)
 審査請求日 平成29年10月12日 (2017.10.12)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100076428
 弁理士 大塚 康徳
 (74) 代理人 100112508
 弁理士 高柳 司郎
 (74) 代理人 100115071
 弁理士 大塚 康弘
 (74) 代理人 100116894
 弁理士 木村 秀二
 (74) 代理人 100130409
 弁理士 下山 治
 (74) 代理人 100134175
 弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】支持装置および方法、計測装置、並びに物品の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対象物を支持するための複数の支持部を有する第1部材と、
 前記第1部材を少なくとも1自由度において軸のまわりに傾斜可能に支持する第2部材と、

をそれぞれが含む複数の支持機構が、前記対象物の支持により、該複数の支持機構における前記複数の支持部での複数の力がつり合うように、それぞれ、前記第2部材の前記軸のまわりに前記第1部材を傾斜させて前記対象物を支持する支持装置であって、

前記第1部材は、前記複数の支持部にそれぞれ作用する前記対象物の荷重の少なくとも一部を前記複数の支持部それぞれの替わりに受ける複数のアクチュエータを有し、

前記複数のアクチュエータのそれぞれは、それに対応する支持部が接する前記対象物の部位とは同心状の前記対象物の部位を介して前記荷重の少なくとも一部を受けることを特徴とする支持装置。

【請求項 2】

前記複数のアクチュエータはそれぞれ、気体ベアリングを含み、該気体ベアリングを介して前記荷重の少なくとも一部を受けることを特徴とする請求項1に記載の支持装置。

【請求項 3】

前記複数のアクチュエータはそれぞれ、ボールベアリングを含み、該ボールベアリングを介して前記荷重の少なくとも一部を受けることを特徴とする請求項1に記載の支持装置。

10

20

【請求項 4】

前記複数のアクチュエータはそれぞれ、前記荷重の方向とは異なる方向における剛性が前記荷重の方向における剛性より低い部材を含み、該部材を介して前記荷重の少なくとも一部を受けることを特徴とする請求項 1 に記載の支持装置。

【請求項 5】

前記複数のアクチュエータはそれぞれ、それに対応する前記支持部とはその構造体を共有することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のうちいずれか 1 項に記載の支持装置。

【請求項 6】

前記複数のアクチュエータのそれぞれが接する前記対象物の部位と、当該アクチュエータに対応する前記支持部が接する前記対象物の部位との間の距離は、該アクチュエータの動作による前記対象物および前記第 1 部材の変形量が許容量以下となる値であることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のうちいずれか 1 項に記載の支持装置。 10

【請求項 7】

前記複数の支持機構により前記対象物が支持された後に前記荷重の少なくとも一部を前記複数のアクチュエータに一時的に受けさせるように前記複数のアクチュエータを制御する制御部を有することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 6 のうちいずれか 1 項に記載の支持装置。

【請求項 8】

前記制御部は、前記対象物と前記複数の支持部のそれぞれとの間に作用した摩擦力により前記対象物に残留する応力を低減させるように前記複数のアクチュエータに力を生じさせることを特徴とする請求項 7 に記載の支持装置。 20

【請求項 9】

対象物を計測する計測装置であって、

前記対象物を支持する請求項 1 ないし請求項 8 のうちいずれか 1 項に記載の支持装置を有することを特徴とする計測装置。

【請求項 10】

対象物を支持するための複数の支持部を有する第 1 部材と、

前記第 1 部材を少なくとも 1 自由度において軸のまわりに傾斜可能に支持する第 2 部材と、

をそれぞれが含む複数の支持機構が、前記対象物の支持により、該複数の支持機構における前記複数の支持部での複数の力がつり合うように、それぞれ、前記第 2 部材の前記軸のまわりに前記第 1 部材を傾斜させて前記対象物を支持する支持方法。 30

前記複数の支持機構により前記対象物が支持された後に、前記複数の支持部のそれぞれに対して設けられた複数のアクチュエータであって、前記第 1 部材における、各支持部を囲む同心状の領域に設けられた複数のアクチュエータに、前記複数の支持部にそれぞれ作用する前記対象物の荷重の少なくとも一部を前記複数の支持部の替わりに一時的に受けさせることを特徴とする支持方法。

【請求項 11】

請求項 9 に記載の計測装置を用いて対象物の計測を行う工程と、

前記工程で行われた前記計測に基づいて前記対象物を加工する工程と、 40

を含み、前記加工された前記対象物から物品を製造することを特徴とする物品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、対象物を支持する支持装置および方法、計測装置、並びに物品の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

天文・宇宙観測や、半導体産業などにおいて、使用する光学素子を 1 ~ 数メートル級に 50

大型化する要求が高まっている。大型化された光学素子は、軽量化のため薄肉化されることが一般的であるが、薄肉化により、装置に支持される際に自重などの外力による変形や複屈折が発生し、その光学特性（例えば透過波面など）が大きく変化する。このため、光学素子を支持する支持装置には、その支持点を増やし、変形量を低減させる手法が多く用いられている。

【0003】

光学素子の形状は、計測装置によって計測され、加工装置によって得られる。計測結果に基づいて、その形状を修正する場合、その工程は修正加工工程と呼ばれる。修正加工においては、設計形状と計測結果との差分に係る領域を選択的に加工する。

【0004】

上記の例では、光学素子は計測時と加工時とで異なる装置上に搭載される。計測時の支持と加工時の支持に求められる特性は異なるため、これらの支持状態を実現する支持装置は各々異なっている。具体的には、計測時には、振動の影響を受けないように適当な剛性を有しており、かつ光学素子の自重や、支持点の摩擦力などの外部からの力による変形を低減できる支持装置が望ましい。一方で、加工時には加工装置により加えられる荷重に対して十分な剛性をもった支持装置が望ましい。

【0005】

また光学素子は、計測された光学特性が、製品等での使用時に再現されることが要求される。このため、計測時及び使用時の支持状態は十分に再現されることが必要となる。

【0006】

例えば非特許文献1は、超大型天体望遠鏡において、1.5m程度の大型光学素子を支持する支持装置を開示する。ここでは、光学素子の裏面を27点で支持し、自重変形を低減している。このとき、支持点は保持基板上に、変形可能なフレクシャを介して配置される。また、保持基板は基準部材に対して傾斜自由度を有し、支持変形が高い精度で再現されている。

【0007】

しかしながら、非特許文献1に開示される支持装置では、支持点が光学素子の裏面に接着されているため、光学素子を支持装置から着脱することに困難が伴う。支持装置を着けたまま光学素子の加工や計測を行う場合、剛性の低いフレクシャを介して光学素子が支持されることになる。このため、荷重を加えた加工が困難であったり、振動により計測誤差が大きくなったりする。

【0008】

特許文献1の支持装置は、対象物を支持する傾動可能な支持体を（光学素子が搭載された状態に対してわずかに傾斜させるように）初期化を行う手段を設けている。これにより、支持点における摩擦力による（わずかな）変形の再現性の点で有利である。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0009】

【非特許文献1】Williams E. C. et al., "Advancement of the Segment Support System for the Thirty Meter Telescope Primary Mirror", Proceeding of SPIE, 7018, 2008

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特開2014-181986号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、特許文献1の支持装置は、支持点の変位により支持点と対象物との間で生ずる摩擦力によって対象物の変形が生じうる。

【0012】

本発明は、対象物の支持状態の再現性および摩擦力による変形の小ささの点で有利な支

10

20

30

40

50

持装置を提供することを例示的目的一とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の一側面によれば、対象物を支持するための複数の支持部を有する第1部材と、前記第1部材を少なくとも1自由度において軸のまわりに傾斜可能に支持する第2部材とをそれぞれが含む複数の支持機構が、前記対象物の支持により、該複数の支持機構における前記複数の支持部での複数の力がつり合うように、それぞれ、前記第2部材の前記軸のまわりに前記第1部材を傾斜させて前記対象物を支持する支持装置であって、前記第1部材は、前記複数の支持部にそれぞれ作用する前記対象物の荷重の少なくとも一部を前記複数の支持部それぞれの替わりに受ける複数のアクチュエータを有し、前記複数のアクチュエータのそれぞれは、それに対応する支持部が接する前記対象物の部位とは同心状の前記対象物の部位を介して前記荷重の少なくとも一部を受けることを特徴とする支持装置が提供される。

10

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、例えば、対象物の支持状態の再現性および摩擦力による変形の小ささの点で有利な支持装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】第1実施形態における支持装置の構成を示す図。

20

【図2】第1実施形態における支持対象物の支持装置への搭載工程を説明する図。

【図3】第1実施形態における傾斜部の構成を示す図。

【図4】第1実施形態におけるアクチュエータの構成例を示す図。

【図5】第1実施形態における支持対象物の搭載工程のフローチャート。

【図6】第2実施形態における支持装置の構成を示す図。

【図7】第2実施形態における傾斜部の構成を示す図。

【図8】第3実施形態における支持装置の構成を示す図。

【図9】第4実施形態における支持装置の構成を示す図。

【図10】第4実施形態における支持装置の構成の変形例を示す図。

【図11】第5実施形態における支持装置の構成を示す図。

30

【図12】第6実施形態における計測装置の構成を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、図面を参照して本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、本発明は以下の実施形態に限定されるものではなく、本発明の実施に有利な具体例を示すにすぎない。また、以下の実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが本発明の課題解決のために必須のものであるとは限らない。

【0017】

<第1実施形態>

以下、本実施形態における支持装置及び支持装置を用いた計測方法について説明する。

40

【0018】

図1は、第1実施形態における支持装置の構成を示す図である。図1(a)は支持装置1の上面図、図1(b)は支持装置1の側面図である。DGは重力方向を示す。図2は、支持対象物Wが支持装置1に搭載される工程での支持装置1の側面図である。支持装置1は、搭載基板101を介して搭載されるべき装置(例えば後述の計測装置)内に搭載される。支持装置1は、搭載基板101上に、複数の支持機構を有する。複数の支持機構のそれぞれは、対象物を支持するための複数の支持部104a, 104bを有する第1部材としての保持基板103を有する。また、複数の支持機構のそれぞれは、第1部材である保持基板103を少なくとも1自由度において軸のまわりに傾斜可能に支持する第2部材としての傾斜部102を有する。2つの支持部104a, 104bと、傾斜部102はそれ

50

それ、保持基板 103 に結合されている。傾斜部 102 は、搭載基板 101 に対して保持基板 103 を 1 自由度で傾斜可能に結合している。すなわち、保持基板 103 は、傾斜部 102 の傾斜中心軸 AX1 まわりに傾斜可能である。

【0019】

なお、図 1 (a) 及び図 2 (d) を参照すると、対象物 W が支持装置 1 に搭載される場合に、対象物 W の剛体 3 自由度を過不足なく拘束することがわかる。これは、3 つの傾斜部 102 を介して、各支持点における反力がバランスするように、保持基板 103 の姿勢が傾斜自由であることによる。

【0020】

図 3 は、傾斜部 102 の構成例を示す図である。傾斜部は、側面図である図 3 (a) 及び上面からの断面図である図 3 (b) に示すように、シャフト 1021 又はペアリング 1022 の転動にてその傾斜性能を実現してもよい。このとき、ペアリング 1022 は、ペアリングケース 1023 を介して、搭載基板 101 に結合される。一方、シャフト 1021 は、傾斜アーム 1024 を介して、保持基板 103 に結合される。これにより、ペアリングの転がり摩擦程度のきわめて低い摩擦状態で、搭載基板 101 に対する保持基板 103 の傾斜を実現できる。

【0021】

あるいは、傾斜部は、図 3 (c) に示すように、搭載基板 101 及び保持基板 103 が、上記一自由度で傾斜可能な一軸ヒンジ 1025 によって結合されることで、その傾斜性能を実現してもよい。

【0022】

支持部 104a, 104b は、重力方向 DG から見た場合、傾斜部 102 の傾斜中心軸 AX1 で区切られる 2 つの領域のそれぞれに 1 つずつ配置されている。支持部 104a, 104b は、対象物 W に接触する接触領域を有しており、接触領域は、好ましくは、対象物 W を損傷しないように樹脂などで構成される。

【0023】

これにより支持装置 1 は、2 つの支持部 104a, 104b に作用する力が釣り合うように傾斜部 102 の軸のまわりに保持基板 103 を傾斜させて 2 つの支持部 104a, 104b によって対象物 W を支持することができる。本実施形態では、対象物 W に対する支持部数を 6 個としているが、これは主に、対象物 W の自重変形による光学特性の劣化を防止するための点数として決定されており、自重変形を低減するためには、より多点での支持が必要となりうる。よって、対象物 W の大きさ、重さなどの物性に応じてその総支持部数が増減し、かつそれに適した実施形態が想到可能であることは容易に理解されるであろう。また、そのための支持装置が、第 2 実施形態以降で例示される。

【0024】

本実施形態では、複数の支持部 104a, 104b の各々に対応して複数のアクチュエータ 105a, 105b が設けられる。アクチュエータ 105a, 105b はそれぞれ、対象物 W により対応する支持部 104a, 104b に作用した荷重の少なくとも一部を該支持部の代わりに受けるように構成される。アクチュエータ 105a, 105b の各々は、対応する支持部 104a, 104b の近傍に設けられる。例えば、アクチュエータ 105a, 105b はそれぞれ、それに対応する支持部が接する対象物 W の部位とは同心状の対象物の部位を介して荷重の少なくとも一部を受けるように構成される。例えば図 1 では、アクチュエータ 105a, 105b はそれぞれ、支持部 104a, 104b を囲むその同心状の領域に設けられ、支持部の延在方向に沿って、すなわち重力方向に、対象物を駆動する。アクチュエータ 105 は、対象物 W への接触領域として、球面を有していてよい。また、アクチュエータ 105 の接触領域は、対象物 W を損傷しないように樹脂で構成されていてよい。アクチュエータ 105 は、制御部 110 によってその駆動が制御される。

【0025】

アクチュエータ 105 は、対象物に対し、あらかじめ定められた駆動方向（重力とは反

10

20

30

40

50

対の方向)に荷重を加える。さらに、この方向以外の方向については、アクチュエータの剛性は小さい。すなわち、アクチュエータは、重力方向とは反対の方向に対象物に荷重を加えて対象物を支持部から持ち上げつつ、当該反対の方向以外の方向については、対象物に対する拘束を行わない。これにより、対象物と支持部との間に働いていた駆動方向以外の荷重を解放することができる。

【0026】

図4は、アクチュエータの構成及び動作の例を示す図である。アクチュエータは、図4(a)に示すように、モータ1051と、接触部1052から構成されており、不図示の制御装置によりモータを上下動させ、対象物への接触・非接触を達成してもよい。また、アクチュエータは、図4(b)に示すように、エアシリンダ1053と、接触部1052から構成されており、不図示の空圧制御装置によりエアシリンダを上下動させてもよい。あるいは、アクチュエータは気体ペアリングを含み、図4(c)に示すように、対象物に対して非接触のエアパッド1054で構成されてもよい。この場合、不図示の空圧制御装置により、対象物とエアパッドとの間隔を広げるように対象物が浮上される。

10

【0027】

また、アクチュエータ105は、上記駆動方向以外の荷重の解放を促進するように構成されうる。例えば、図4(d)に示すように、接触部にポールペアリング1055が設けられてもよい。この場合、対象物に生じている駆動方向以外の応力は、ポールペアリングの転動を介して解放される。あるいは、図4(e)に示すように、接触部1052が板ばね機構1056を介して支持されてもよい。板ばね機構1056は、駆動方向以外の応力を解放するために変形しうる。

20

【0028】

上記の構成は、単独で実装されてもよいし、組み合わせて実装されてもよい。なお、図4(c)のようにアクチュエータがエアパッド1054で構成されている場合は、対象物を浮上させることができるために、別段の構成を設けることなく駆動方向以外の応力が解放される。また、例えば図4(c)や図4(d)のような構成をとる場合には、アクチュエータとそれに対応する支持部とはその構造体を共有することができる。

【0029】

制御部110は、支持部104a, 104bによって対象物Wが支持された後、支持部104a, 104bに代わってアクチュエータ105a, 105bが一時的に対象物Wを支持するようにアクチュエータ105a, 105bを制御する。以下、その具体例として、支持装置1に対象物Wを搭載するシーケンスを、図2及び図5を参照しながら説明する。図2は、支持対象物Wが支持装置1に搭載される工程の側面図であり、図5は、支持対象物Wを支持装置1に搭載する工程のフローチャートである。

30

【0030】

図2(a)及び図5のS1に示すように、支持装置1に対して、対象物Wを重力方向DGに沿って接近させていく。ここで、傾斜部102は、その初期の傾斜を任意の量としてよく、その傾斜状態を特定の状態にする必要はない。対象物Wを移動させた結果、図2(b)及び図5のS2に示すように、対象物Wは支持部104a, 104bに支持される。このとき、支持部104a, 104bにはそれぞれ、対象物Wの自重が支持荷重Fa, Fbとして付加される。

40

【0031】

支持荷重については、支持部104と傾斜軸AX1との距離を設計上変化することによって、各支持部における対象物Wの支持荷重比を任意に変化させることができる。図1(a)においては、支持部104aとAX1との距離(水平距離)と支持部104bとAX1との距離(水平距離)との比が1対1であるため、支持荷重比は1対1、すなわちFa = Fbとなる。この距離の比が例えば2対1であった場合、対象物が回転しないためのモーメントの釣り合いから、支持荷重比は1対2となる。

【0032】

さらには、支持装置1に例示されている6点の支持部104について、対象物Wによる

50

荷重は、各支持部とその傾斜中心軸 A X 1 との距離と、傾斜部 1 0 2 の位置とをパラメータとして、任意に設定することができる。本実施形態では、各保持基板及び支持点は同一円状に等分配置されているため、6 点の支持荷重はすべて等しくなる。しかし、それに限らず種々の配置を採用しうる。当該配置は、搭載される対象物に応じ、設計方針に基づいて任意に変更しうる。

【 0 0 3 3 】

一方で、対象物 W には、支持部 1 0 4 での荷重に等しい反力 F_a 及び F_b が加えられる。また、対象物と支持部との接触領域において、摩擦力 F_{fa} 及び F_{fb} が発生する。これらの摩擦力は、対象物 W が搭載される際の接触領域のずれにより発生し、静止摩擦係数を μ_0 とした場合、式 (1) 及び (2) の範囲にある。

10

【 0 0 3 4 】

$$0 < F_{fa} < \mu_0 \cdot F_a \quad (1)$$

$$0 < F_{fb} < \mu_0 \cdot F_b \quad (2)$$

【 0 0 3 5 】

式 (1) 及び (2) において、摩擦力が範囲を持つとしたのは、接触領域のずれ量が、初期状態によって変化するためである。すなわち、保持基板 1 0 3 が特定の方向に大きく傾斜した状態で対象物が搭載される場合、保持基板 1 0 3 が傾斜部 1 0 2 によってバランスするための回転量が大きく、結果として最大静止摩擦力に近い摩擦力が発生する。一方で、保持基板が小さく傾斜した状態で対象物が搭載される場合、より小さい摩擦力が発生する。また、接触領域でいわゆるスティックスリップ現象が発生した場合、摩擦力は式 (1) 及び (2) の範囲でしか予測できず、またその方向も一意に予測できない。また、対象物 W 及び保持基板 1 0 3 が荷重により変形するため、接触領域での摩擦力発生の要因となる。

20

【 0 0 3 6 】

対象物 W 及び保持基板 1 0 3 の形状を、それぞれ D_w 及び D_b とすると、これらは式 (3) 及び (4) のような関数で表現することができる。

【 0 0 3 7 】

$$D_w (F, F_f) \quad (3)$$

$$D_b (F, F_f) \quad (4)$$

【 0 0 3 8 】

30

式 (3) 及び (4) に示す変数のうち、支持荷重 F は、支持部の配置から一意に決定される。一方、摩擦力 F_f は、式 (1) 及び (2) に示した通り、一意には決定されない。よって、これらの形状は、対象物の搭載ごとに変化し、当該変化に対応した再現性を示すことになる。

【 0 0 3 9 】

次に、図 2 (c) 及び図 5 の S 3 に示すように、アクチュエータ 1 0 5 a, 1 0 5 b により、対象物 W を持ち上げる。このとき、上述したように、アクチュエータは対象物の位置を重力方向以外には拘束せず、したがって対象物に発生していた摩擦応力を解放することができる。これにより、それぞれの形状は、式 (5) 及び (6) のように表現することができる。

40

【 0 0 4 0 】

$$D_w (F, 0) \quad (5)$$

$$D_b (F, 0) \quad (6)$$

【 0 0 4 1 】

すなわち、対象物 W 及び保持基板 1 0 3 は、接触領域における摩擦力が解放されることで、支持荷重 F のみによって一意にその形状が決定される。なお、この条件は、アクチュエータによる支持荷重が支持部の近傍で加えられることにより、その前後で対象物の形状がほとんど変化しないことにより達成されうる。

【 0 0 4 2 】

このときのアクチュエータと支持部との距離は、対象物 W の変形の許容量によって決定

50

される。というのは、支持部とアクチュエータとで位置が異なると、荷重による対象物及び保持基板の形状が変化するためである。よって、対象物Wの要求形状精度に対して、十分小さな形状変化であることが保証されればよい。このためには、対象物Wの形状をFEM解析などで推定し、推定された形状の誤差が十分小さいこと（例えば許容量以下であること）を確認して、その距離を決定してもよい。言い換えると、アクチュエータが接する対象物の部位と、そのアクチュエータに対応する支持部が接する対象物の部位との間の距離は、アクチュエータの動作による対象物及び保持基板の変形量が許容量以下となる値にする。また、対象物Wの厚さ・物性値から求められる曲げ剛性に応じて、その距離を決定してもよい。

【0043】

10

さらに、図2(d)及び図5のS4に示すように、アクチュエータ105a, 105bを逆方向に駆動することで、対象物Wが支持部104に再び搭載される。このとき、対象物Wは、支持部104に対して（相対的に）駆動方向以外のずれをほとんど生じることなく搭載される。というのは、アクチュエータと支持部との距離（位置関係）が上記のように設定されているため、形状Dw及びDbがほとんど変化しないからである。この結果、対象物の形状の再現性および摩擦力による変形の小ささの点で有利な対象物の支持が可能となる。その後、例えばS5に示すように、対象物Wの（例えば光学特性等の）計測が行われる。

【0044】

20

以上のように、制御部110は、対象物Wと複数の支持部との間に作用した摩擦力により対象物Wに残留する応力を低減させるように複数のアクチュエータを駆動する。よって、以上に述べた支持装置によれば、支持部の摩擦の影響を軽減することができる。また、応力を低減させた後に、対象物を適当な剛性で支持することができるため、その後の処理（計測等）における振動等の影響を軽減することができる。

【0045】

<第2実施形態>

図6は、第2実施形態における支持装置の構成を示す図である。図6(a)は支持装置2の上面図、図6(b)は支持装置2の側面図である。DGは重力方向を示す。支持装置2は、搭載基板201を介して、搭載されるべき装置内に搭載される。搭載基板201は3つの傾斜部202を有し、3つの傾斜部202が3つの保持基板203にそれぞれ結合されている。傾斜部202は、搭載基板201に対して保持基板203を二自由度で傾斜可能に結合している。ここでいう二自由度とは、保持基板203の傾斜中心CR2を通る傾斜中心軸AX21及びAX22まわりの回転自由度であり、すなわち、重力方向DGに垂直な面に対して保持基板203は傾斜可能である。

30

【0046】

図7は、傾斜部202の構成例を示す図である。傾斜部202は、側面図である図7(a)及び異なる側面図である図7(b)に示すように、シャフト2021又はペアリング2022の転動にて、その傾斜性能を実現してもよい。このとき、ペアリング2022a及び(不図示の)2022bは、それぞれ、ペアリングケース2023a及び(不図示の)2023bを介して搭載基板201に結合される。一方、ペアリング2022c及び(不図示の)2022dは、それぞれ、ペアリングケース2023c及び(不図示の)2023dを介して保持基板203に結合される。さらに、ペアリング2022a及び(不図示の)2022bにはシャフト2021aが、ペアリング2022c及び(不図示の)2022dにはシャフト2021bがそれぞれ係合される。これにより、ペアリングの転がり摩擦程度のきわめて低い摩擦状態で、保持基板203の傾斜を実現できる。シャフト2021a及びシャフト2021bは、図7(c)に示すように、一体として構成されてもよいし、図7(d)に示すように、中心部材2026により結合され、それらの傾斜軸を一致させるように構成されてもよい。

40

【0047】

あるいは、傾斜部202は、側面図である図7(e)及び異なる側面図である図7(f)

50

)に示すように、搭載基板201及び保持基板203が、二自由度に傾斜可能な二軸ヒンジ2025によって結合されることで、その傾斜を実現してもよい。あるいは、図7(g)に示すように、ユニバーサルジョイント2027によって結合されることで、その傾斜を実現してもよい。ここで、本実施形態では簡明さのため、傾斜中心軸を明示しているが、これは、傾斜中心と、その傾斜中心周りに二自由度の傾斜が可能な保持基板の一例であり、重力方向DGに垂直な面に対して傾斜部202が傾斜可能であることを示している。すなわち本発明は、実際の保持基板における傾斜軸の配置及び構成を図示の態様に限定されない。

【0048】

3つの保持基板203はそれぞれ、3つの支持部204a, 204b及び204cを有する。これらの支持部は、重力方向から見た場合、傾斜部202のそれぞれの傾斜中心軸で区切られる領域のそれに少なくとも1つ配置される。支持部204は、対象物Wに接する接觸領域を有しており、接觸領域は、例えば、対象物Wを損傷しないように樹脂などで構成される。

10

【0049】

3つの支持部204a, 204b及び204cはそれぞれ、アクチュエータ205a, 205b及び205cを有する。アクチュエータ205a, 205b及び205cは、3つの支持部204a, 204b及び204cのそれぞれ近傍に設けられる。図6では、アクチュエータ205a, 205b及び205cは、支持部204に近接してその同心円状の領域に設けられている。アクチュエータ205は、対象物Wへの接觸領域として、球面を有してもよい。また、アクチュエータ205の接觸領域は、対象物Wを損傷しないように樹脂で構成されていてもよい。

20

【0050】

アクチュエータ205は、第1実施形態で示した構成を採用することができる。

【0051】

以下、支持装置2に対象物Wを搭載するシーケンスについて説明する。ここでは、図5で示したシーケンスを適用することができる。すなわち、図5のS1に示すように、支持装置2に対して、対象物Wを重力方向DGに沿って接近させていく。ここで、傾斜部202は、その初期の傾斜を任意の量としてよく、その傾斜状態を特定の状態にする必要はない。対象物Wを移動させた結果、図5のS2に示すように、対象物Wは支持部204a, 204b及び204cに支持される。このとき、支持部204には、対象物Wの自重が支持荷重Fa、Fb及びFcとして加えられる。

30

【0052】

次に、図5のS3に示すように、アクチュエータ205a, 205b及び205cにより、対象物Wを重力方向に駆動して持ち上げる。このとき、上述したように、アクチュエータは重力方向以外の剛性は小さく、したがって対象物に発生していた摩擦応力を解放することができる。

【0053】

さらに、図5のS4に示すように、アクチュエータ205a, 205b及び205cを逆方向に駆動することで、対象物Wが支持部204に再び搭載される。このとき、対象物Wは、支持部204に対して(相対的に)、駆動方向以外のずれほとんどを生じることなく搭載される。なぜなら、対象物W及び保持基板203は、荷重分布がほとんど変化しないため、それぞれの形状がほぼ一定であるからである。

40

【0054】

以上述べた支持装置によれば、対象物の形状の再現性および摩擦力による変形の小ささの点で有利な対象物の支持が可能となる。

【0055】

<第3実施形態>

図8は、第3実施形態における支持装置の構成を示す図である。図8(a)は支持装置3の上面図、図8(b)は支持装置3の側面図である。DGは重力方向示す。支持装置3

50

は、搭載基板 301 を介して、搭載されるべき装置内に搭載される。搭載基板 301 は 3 つの傾斜部 302 を有し、3 つの傾斜部 302 が 3 つの保持基板 303 にそれぞれ結合されている。傾斜部 302 は、搭載基板 301 に対して保持基板 303 を一自由度で傾斜可能に結合している。すなわち、保持基板 303 は、傾斜部 302 の傾斜中心軸 AX3 まわりに傾斜可能である。傾斜部 302 は、第 1 実施形態で示したように、ペアリングで構成されてもよいし、ヒンジ機構で構成されてもよい。

【0056】

保持基板 303 は、更に 2 つの第 2 の傾斜部 312a, 312b を有する。2 つの第 2 の傾斜部 312a, 312b はそれぞれ、第 2 の保持基板 313a, 313b に結合されている。第 2 の傾斜部 312a, 312b は、保持基板 303 に対して第 2 の保持基板 313a, 313b をそれぞれ一自由度で傾斜可能に結合している。すなわち、第 2 の保持基板 313a, 313b は、それぞれ、第 2 の傾斜部 312a, 312b の傾斜中心軸 AX3a, AX3b まわりに傾斜可能である。

【0057】

3 つの保持基板 313 は、それぞれ、2 つの支持部 314a 及び 314b を有している。支持部 314 は、対象物 W に接触する接触領域を有しており、接触領域は、例えば、対象物 W を損傷しないように樹脂などで構成される。

【0058】

2 つの支持部 314a, 314b は、それぞれ、アクチュエータ 315a, 315b を有している。アクチュエータ 315a, 315b は、それぞれ、2 つの支持部 314a, 314b の近傍に設けられている。図 8 では、アクチュエータ 315a, 315b は、それぞれ、支持部 314a, 314b に近接してその同心円状の領域に設けられている。アクチュエータ 315 は、対象物 W への接触領域として、球面を有していてもよい。また、アクチュエータ 315 の接触領域は、対象物 W を損傷しないように樹脂で構成されていてもよい。

【0059】

アクチュエータ 315 は、第 1 実施形態で示した構成を採用することができる。

【0060】

以下、支持装置 3 に対象物 W を搭載するシーケンスについて説明する。ここでは、図 5 で示したシーケンスを適用することができる。すなわち、支持装置 3 に対して、対象物 W を重力方向 DG に沿って接近させていき、対象物 W を支持部 314a, 314b に支持させる。このとき、支持部 314 には、対象物 W の自重が支持荷重 Fa, Fb として付加される。

【0061】

次に、アクチュエータ 315a, 315b により、対象物 W を重力方向に駆動して持ち上げる。このとき、上述したように、対象物に発生していた摩擦応力を解放することができる。

【0062】

さらに、アクチュエータ 315a, 315b を逆方向に駆動することで、対象物 W が支持部 314 に再び搭載される。このとき、対象物 W は、支持部 314 に対して（相対的に）、駆動方向以外のずれをほとんど生じることなく搭載される。なぜなら、対象物 W 及び保持基板 303 は、荷重分布がほとんど変化しないため、それぞれの形状がほぼ一定であるからである。

【0063】

以上述べた支持装置によれば、対象物の形状の再現性および摩擦力による変形の小ささの点で有利な対象物の支持が可能となる。

【0064】

＜第 4 実施形態＞

図 9 は、第 4 実施形態における支持装置の構成を示す図である。図 9 (a) は支持装置 4 の上面図、図 9 (b) は支持装置 4 の側面図である。DG は重力方向を示す。支持装置

10

20

30

40

50

4は、搭載基板401を介して、搭載されるべき装置内に搭載される。搭載基板401は3つの傾斜部402を有し、3つの傾斜部402が3つの保持基板403にそれぞれ結合されている。傾斜部402は、搭載基板401に対して保持基板403を二自由度で傾斜可能に結合している。ここでいう二自由度とは、保持基板の傾斜中心CR4を通る傾斜中心軸AX41及びAX42まわりの回転自由度であり、すなわち、重力方向DGに垂直な面に対して保持基板403は傾斜可能である。傾斜部402は、第2実施形態で示したように、ペアリング、ヒンジ機構、あるいはユニバーサルジョイントで構成されうる。

【0065】

3つの保持基板403は、更に3つの第2の傾斜部412a, 412b及び412cを有する。3つの第2の傾斜部は、それぞれ、第2の保持基板413a, 413b及び413cに結合されている。第2の傾斜部412a, 412b及び412cは、保持基板403に対して第2の保持基板413a, 413b及び413cをそれぞれ二自由度で傾斜可能に結合している。すなわち、第2の保持基板413aを例にとると、その傾斜中心CR4aを通る傾斜中心軸AX41a, AX42aまわりに第2の保持基板413aは傾斜可能である。これ以外の保持基板についても同様に傾斜することが可能である。

【0066】

3つの保持基板413はそれぞれ、3つの支持部414a, 414b及び414cを有する。支持部414は、対象物Wに接触する接触領域を有し、接触領域は、例えば、対象物Wを損傷しないように樹脂などで構成される。

【0067】

3つの支持部414a, 414b及び414cは、それぞれ、アクチュエータ415a, 415b及び415cを有する。アクチュエータ415a, 415b及び415cは、それぞれ、3つの支持部414a, 414b及び414cの近傍に設けられている。図9a及び図9bでは、支持部414に近接してその同心円状の領域に設けられている。アクチュエータ415は、対象物Wへの接触領域として、球面を有していてもよい。また、アクチュエータ415の接触領域は、対象物Wを損傷しないように樹脂で構成されていてもよい。

【0068】

アクチュエータ415は、第1実施形態で示した構成を採用することができる。

【0069】

以下、支持装置4に対象物Wを搭載するシーケンスについて説明する。ここでは、図5で示したシーケンスを適用することができる。すなわち、支持装置4に対して、対象物Wを重力方向DGに沿って接近させていき、対象物Wを支持部414a, 414b及び414cに支持させる。このとき、支持部414には、対象物Wの自重が支持荷重Fa, Fb及びFcとして付加される。

【0070】

次に、アクチュエータ415a, 415b及び415cにより、対象物Wを重力方向に駆動して持ち上げる。このとき、上述したように、対象物に発生していた摩擦応力を解放することができる。

【0071】

さらに、アクチュエータ415a, 415b及び415cを逆方向に駆動することで、対象物Wが支持部414に再び搭載される。このとき、対象物Wは、支持部414に対して(相対的に)、駆動方向以外のどれをほとんど生じることなく搭載される。なぜなら、対象物W及び保持基板403は、荷重分布がほとんど変化しないため、それぞれの形状がほぼ一定であるからである。

【0072】

なお、本実施形態に係る支持装置は、図10に示すような支持装置4'として構成されていてもよい。支持装置4'は、保持基板403に対して、第2の傾斜部412a'、412b'及び412c'を(重力方向DGに関して)それぞれ下方になるように有している。3つの第2の傾斜部は、第2の保持基板413a', 413b'及び413c'にそ

10

20

30

40

50

それぞれ結合されている。支持装置4'では、傾斜部402の回転中心CR4に対して、保持基板403より上の可動部全体の重心CGが(重力方向に関して)下方になるよう構成されている。これにより、対象物Wを搭載していない状態で、保持基板の姿勢が重力により安定するため、対象物Wの搭載が容易となり、また接触点のずれ(変位)も小さく、よって、対象物Wの初期の摩擦応力を小さくする効果がある。そのため、摩擦応力の解放も容易となる。

【0073】

以上述べた支持装置によれば、対象物の形状の再現性および摩擦力による変形の小ささの点で有利な対象物の支持が可能となる。

【0074】

<第5実施形態>

図11は、第5実施形態における支持装置の構成を示す図である。図11(a)は支持装置5の上面図、図11(b)は、支持装置5の側面図である。DGは重力方向を示す。また、図11(c)は、支持装置に支持される支持対象物Wの上面図である。本実施形態では、支持対象物は回転対称形状でなく、面对称形状を有している。これにより、以降に述べる支持装置5も、面对称に構成されるものとなる。なお、本実施形態は光学素子の形状に応じた支持装置の構成例を示すものであり、光学素子の形状に従って支持装置の構成を変更できることは容易に理解されるであろう。

【0075】

支持装置5は、搭載基板501を介して、搭載されるべき装置内に搭載される。搭載基板501は、1つの傾斜部502及び2つの傾斜部512を有し、傾斜部502が保持基板503に結合され、2つの傾斜部512が2つの保持基板513のそれぞれに結合されている。傾斜部502は、搭載基板501に対して保持基板503を一自由度で傾斜可能に結合している。他方、2つの傾斜部512は、搭載基板501に対して2つの保持基板513のそれぞれを二自由度で傾斜可能に結合している。すなわち、重力方向DGに垂直な面に対して保持基板503及び2つの保持基板513はそれぞれ傾斜可能である。傾斜部502及び512は、第1実施形態および2でそれぞれ示したような構成をとることができる。

【0076】

保持基板503及び2つの保持基板513は、それぞれ2つおよび3つの支持部504を有している。支持部504は、対象物Wに接触する接触領域を有しており、接触領域は、例えば、対象物Wを損傷しないように樹脂などで構成される。

【0077】

支持部504は、それぞれアクチュエータ505を有している。アクチュエータ505は、支持部504の近傍に設けられる。図11では、アクチュエータ505は、支持部504に近接してその同心円状の領域に設けられている。

【0078】

アクチュエータ505は、第1実施形態で示した構成を採用することができる。

【0079】

以下、支持装置5に対象物Wを搭載するシーケンスについて説明する。ここでは、図5で示したシーケンスを適用することができる。すなわち、支持装置5に対して、対象物Wを重力方向DGに沿って接近させていき、対象物Wを支持部504に支持させる。

【0080】

次に、アクチュエータ505により、対象物Wを重力方向に駆動して持ち上げる。このとき、上述したように、対象物に発生していた摩擦応力を解放することができる。

【0081】

さらに、アクチュエータ505を逆方向に駆動することで、対象物Wが支持部504に再び搭載される。このとき、対象物Wは、支持部504に対して(相対的に)、駆動方向以外のずれをほとんど生じることなく搭載される。なぜなら、対象物W及び保持基板203は、荷重分布がほとんど変化しないため、それぞれの形状がほぼ一定であるからである

10

20

30

40

50

。

【0082】

以上述べた支持装置によれば、対象物の形状の再現性および摩擦力による変形の小ささの点で有利な対象物の支持が可能となる。

【0083】

<第6実施形態>

図12は、上述の支持装置を含む（搭載した）計測装置の構成を示す図である。計測装置Mは、例えば実施形態1に係る支持装置1を計測ステージMS上に保持しており、支持対象物Wを支持装置1上に支持（搭載）することができる。あるいは、計測ステージMS上には実施形態2～5で説明した支持装置2～5のいずれかが保持されていてもよい。この計測装置Mにおいて、支持装置によって図5に示すシーケンスを実施する。その後、支持対象物Wを計測ヘッドMHによって計測することにより、対象物Wの形状の再現性や摩擦応力の小ささに関連して有利な計測結果を得ることができる。なお、計測ヘッドMHには、干渉計の方式やプローブの接触式・非接触式の別等を問わず、種々の計測器を用いる。

10

【0084】

<物品の製造方法の実施形態>

本実施形態における物品の製造方法は、例えば、金属部品や光学素子等の物品を製造する際に用いられる。本実施形態の物品の製造方法は、上記の計測装置を用いて被検物（支持対象物W）の形状あるいは光学特性を計測する工程と、かかる工程における計測結果に基づいて被検物を加工する工程とを含む。例えば、被検物の形状を計測装置を用いて計測し、その計測結果に基づいて、被検物の形状が設計値（許容範囲内）になるように当該被検物を加工（製造）する。本実施形態の物品の製造方法は、計測装置により高精度に被検物の形状を計測できるため、従来の方法に比べて、物品の性能・品質・生産性・生産コストの少なくとも1つにおいて有利である。

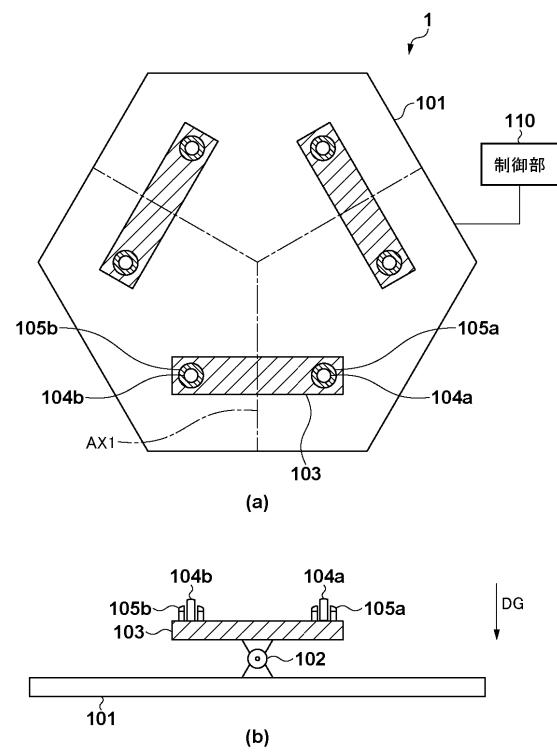
20

【符号の説明】

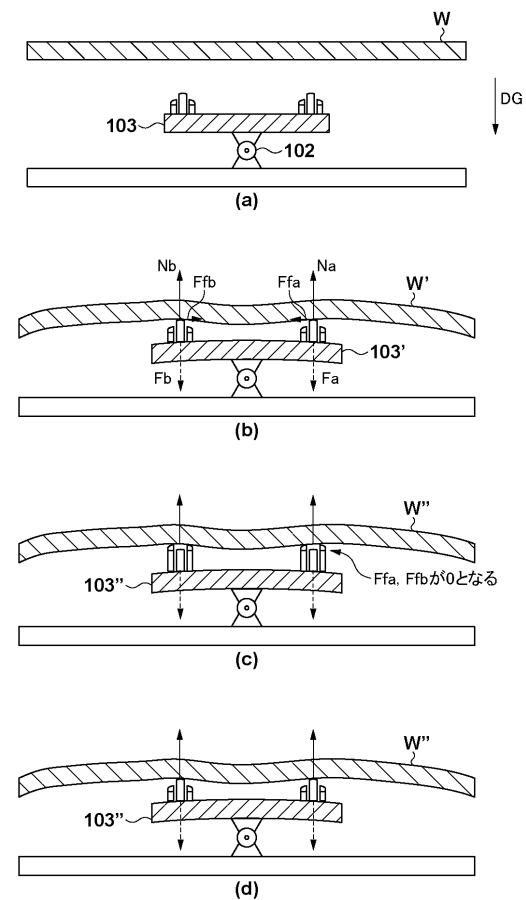
【0085】

1：支持装置、101：搭載基板、102：傾斜部、103：保持部材、104：支持部、105：アクチュエータ

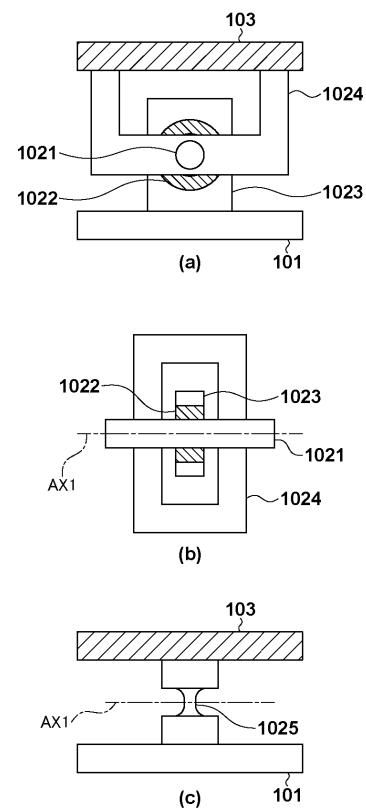
【図1】



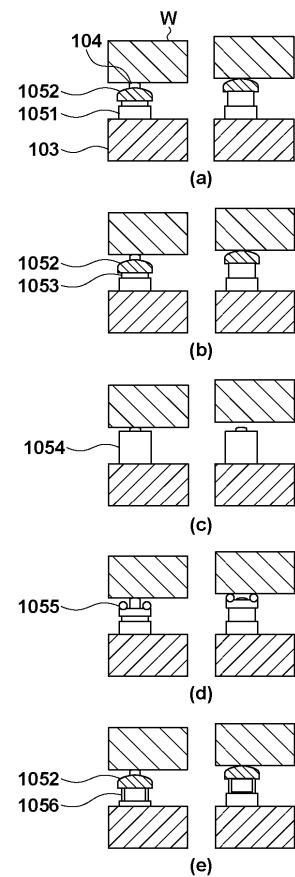
【図2】



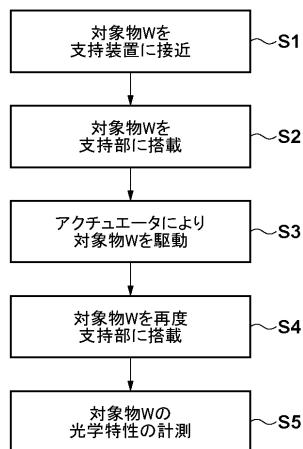
【図3】



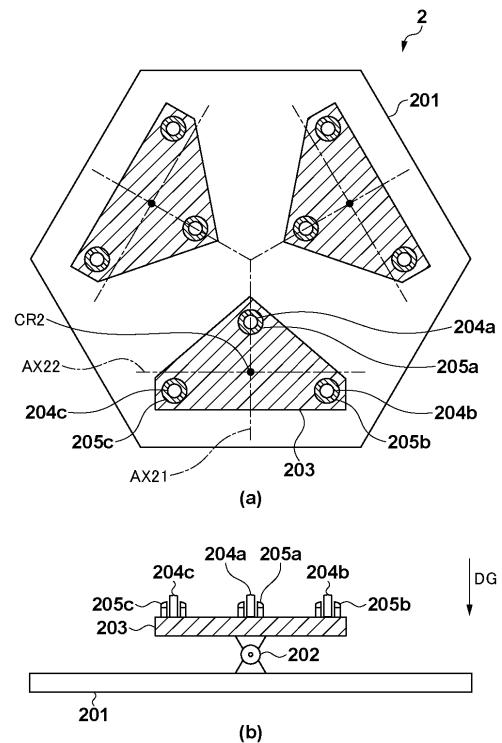
【図4】



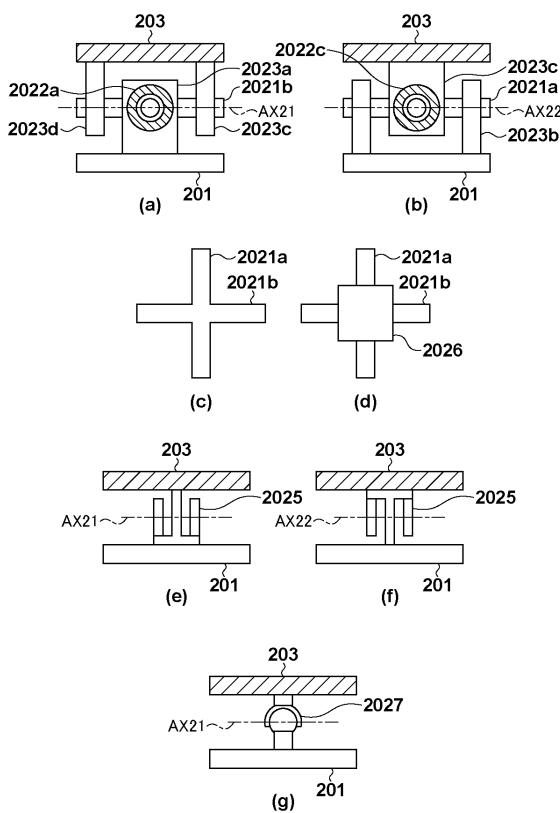
【 図 5 】



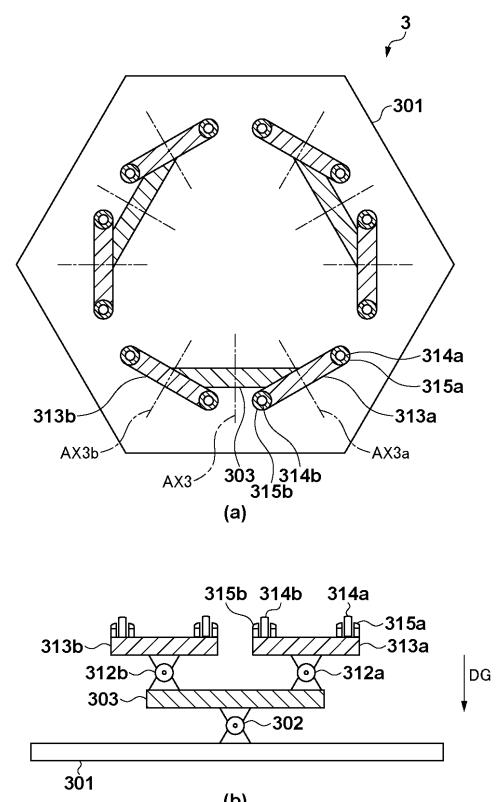
【 四 6 】



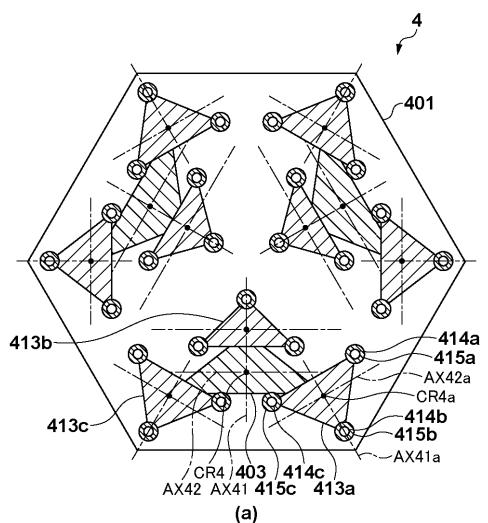
【図7】



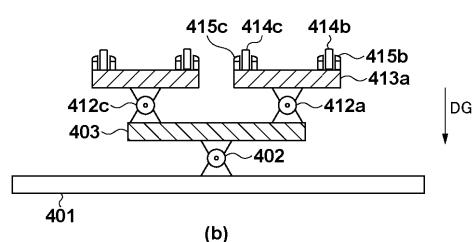
【 図 8 】



【図9】

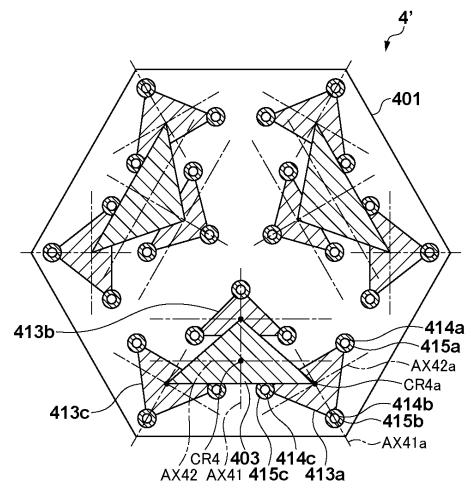


(a)

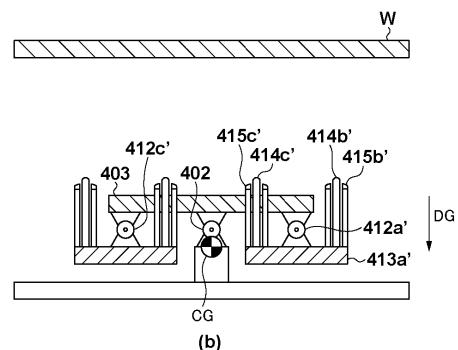


(b)

【図10】

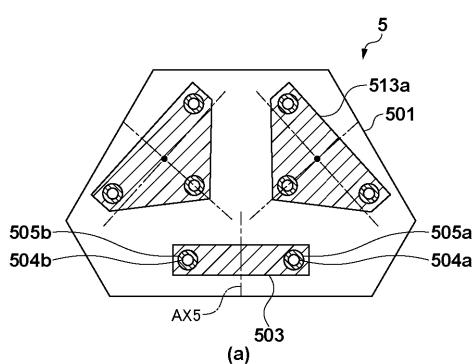


(a)

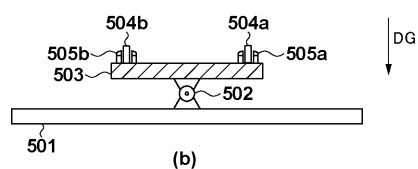


(b)

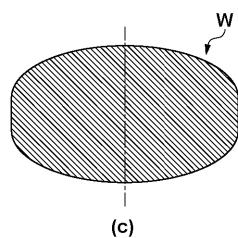
【図11】



(a)

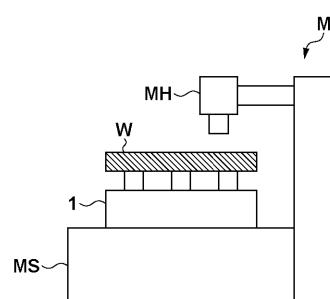


(b)



(c)

【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 太田 哲二

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 森内 正明

(56)参考文献 特開2014-181986 (JP, A)

特開2002-18685 (JP, A)

特開2006-108131 (JP, A)

特開2012-21555 (JP, A)

米国特許出願公開第2006/0238859 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B 7 / 00

G 02 B 7 / 18 - 7 / 24

G 02 B 23 / 00 - 23 / 22

G 12 B 5 / 00