

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5199068号
(P5199068)

(45) 発行日 平成25年5月15日(2013.5.15)

(24) 登録日 平成25年2月15日(2013.2.15)

(51) Int.Cl.

G02B 7/02 (2006.01)

F 1

G O 2 B 7/02

C

請求項の数 13 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2008-510485 (P2008-510485)
 (86) (22) 出願日 平成18年5月9日 (2006.5.9)
 (65) 公表番号 特表2008-541160 (P2008-541160A)
 (43) 公表日 平成20年11月20日 (2008.11.20)
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2006/004337
 (87) 國際公開番号 WO2006/119970
 (87) 國際公開日 平成18年11月16日 (2006.11.16)
 審査請求日 平成21年5月7日 (2009.5.7)
 (31) 優先権主張番号 60/679,687
 (32) 優先日 平成17年5月9日 (2005.5.9)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 503263355
 カール・ツァイス・エスエムティー・ゲーエムベーハー
 ドイツ連邦共和国、73447 オーバーコッヘン、ルドルフ・エーバー・シュトラーセ 2
 (74) 代理人 100147485
 弁理士 杉村 憲司
 (74) 代理人 100134005
 弁理士 澤田 達也
 (74) 代理人 100119530
 弁理士 富田 和幸
 (74) 代理人 100147692
 弁理士 下地 健一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光学エレメント調整組立体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光学エレメントをマウントに対して位置決めするための組立体であって、前記光学エレメントが位置決め構造によって位置決め可能であるものにおいて、

前記位置決め構造は、第1の位置から第2の位置まで延びる、少なくとも一つの弾性手段を有する位置決め手段を備え、

前記弾性手段は、前記第2の位置で、前記光学エレメント自体、前記光学エレメントのフランジ、前記光学エレメントを保持するホルダー、および、前記光学エレメントを支持するサポートのうちいずれか一つに機械的に結合し、

前記弾性手段は、外部から加えられる前記第1の位置における前記弾性手段の第1の動きが、独立に二つの自由度で前記光学エレメントの位置決めの動きを生成するように、前記第2の位置における前記弾性手段の第2の動きを生ぜしめ、

前記弾性手段は、前記位置決め手段が実質的に剛体手段であったとした場合と比較して、前記弾性手段の前記第1の位置と前記第2の位置との間の弾性的な変形により、前記第1の動きを前記第2の動きに縮小して伝達するものであり、

前記弾性手段は、弾性てこ又は弾性ロッドを含むことを特徴とする組立体。

【請求項 2】

前記弾性手段は、前記第2の位置で前記ホルダー又は前記サポートに結合し、前記ホルダー又は前記サポートが、前記弾性手段によって力、又は、トルクが加えられる少なくとも一つの平衡(isostatic)マウントを含み、

10

20

前記平衡マウントは少なくとも二つの自由度で調整可能である、ことを特徴とする請求項1に記載の組立体。

【請求項3】

前記少なくとも一つの平衡マウントがバイポッドである、又は、バイポッド構造である、ことを特徴とする請求項2に記載の組立体。

【請求項4】

前記弾性手段は、二つの圧電又は電歪アクチュエータ、二つのモータ、および、二つの空気圧又は油圧手段により、二つの方向、又は、自由度の各々で移動可能であることを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の組立体。

【請求項5】

三つの前記弾性手段を備え、各々の前記弾性手段が二つの方向、又は、複数の自由度で、移動可能であるように設けられる、ことを特徴とする請求項1から4のいずれか1項に記載の組立体。

【請求項6】

前記三つの弾性手段は、互いに実質的に120度の角度離れて配置されている、ことを特徴とする請求項5に記載の組立体。

【請求項7】

前記弾性手段は、少なくとも一つのねじ、特にマイクロメータねじによって移動可能、又は、調整可能である、ことを特徴とする請求項1から6のいずれか1項に記載の組立体。

【請求項8】

前記マウントは、外側リングを備え、前記少なくとも一つのねじが、前記外側リング、又は、前記外側リングに接続された中間リング(27)に担持される、ことを特徴とする請求項7に記載の組立体。

【請求項9】

前記中間リング(27)が、静的に固定されるような仕方で前記外側リングに結合されている、ことを特徴とする請求項8に記載の組立体。

【請求項10】

前記中間リング(27)がばねエレメントによって前記外側リングに結合されている、ことを特徴とする請求項9に記載の組立体。

【請求項11】

前記ばねエレメントが、前記中間リング(27)と前記外側リングの間で互いから少なくとも実質的に等しい距離離れて分布している、ことを特徴とする請求項10に記載の組立体。

【請求項12】

前記ばねエレメントが堅い(stiff)、ことを特徴とする請求項10、又は、11に記載の組立体。

【請求項13】

投影対物レンズが、請求項1から12の何れか1項に記載の組立体を備えることを特徴とするマイクロリソグラフィー用の投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学エレメントを外側サポートに対して固定、又は、調整するための組立体であって、光軸を有する光学組立体の構造、特に対物レンズの構造に対して、又は、隣接するサポートに対して、調整装置を用いて光学エレメントを整列させることができる組立体に関する。

【背景技術】

【0002】

光学エレメントはホルダー、又は、サポートの中できわめて安定な位置に定められなけ

10

20

30

40

50

ればならず、それらのコンポーネントを他の構造エレメントと組み合わせた後で位置の変化、又は、変形を生じてはならない。これは特にマイクロリソグラフィーで用いられるような高性能の光学系で必要である。それでもやはり、位置の変化を必要とするマウンティングや工程ステップは避けられない。通常、これらの変化は、調整できる中間ステップで補正される；しかし、これらのステップは、マウンティング、デマウンティング、修正そして再マウンティングというステップの反復シーケンスを意味し、しばしば自由度によって制約される限られた補正しか可能でない。エレメントのバ렐とサポートを含む堅牢でシンプルな調整機構が望まれる。6つの自由度全部に関する最後の補正ステップはデマウンティングのステップなしに実施されなければならない；同時に、少なくとも単一の光学エレメントを含む光学組立体の全ての必要条件が、こわさ(stiffness)や変形の切り離し(decoupling)も含めて満たされなければならない。

10

【0003】

特許文献1から光学エレメントとマウントの組立体が知られる。ここでは、光学エレメントは多数のラグ(lugs)によって剛体の中間リングに結合され、中間リング自体は調整部材、又は、パッシブ・デカプラー(passive decoupler)によってマウントに結合され、ハウジング及び／又は、別のマウントに結合される。アクチュエータが設けられる。

【0004】

特許文献2から、レンズに対して接線方向に位置するホルダーとアクチュエータを備える光学エレメント保持装置が知られる。光学組立体において、特に半導体リソグラフィーのための投影対物レンズにおいて光学エレメントを位置決めするための組立体が特許文献3に記載されており、これは光学エレメントの周に位置する3つのペアリングによって外側サポートに結合されるものである。板ばねの形の結合部材が設けられ、それがサポートに配置されたマニピュレータによって生成される動きを光学エレメントに伝達する。

20

【0005】

特許文献4から、サポート機構と、そのサポート機構を含む露光装置が知られる。光学エレメントを支持するサポート機構は、光学エレメントを支持する第一のサポート部材と、弹性部材によって第一の支持部材に結合された第二の支持部材と、弹性部材に力を加えるフォーシング部材を含む。フォーシング部材が弹性部材に力を加えると、光学エレメントの位置及び／又は、方位を調整できる、又は、第一及び第二の支持部材の間の相対位置が変化する。弹性部材は光学エレメントの半径方向で、又は、光学エレメントの半径方向と光学エレメントの光軸への、又は、それと平行な方向の両方に直角な回転軸のまわりで変形する。

30

【0006】

この文書の図3に示された方法によって、圧縮部材のブルバー(blubbar)部分232、又は、マイクロメータねじ230によって二つの薄板ばね222と224を結合する小さなブリッジを圧して、支持部材210によって保持されるレンズLを弾性的に変形させることができる。二つの自由度でのレンズLの調整が同時に実現される。この二つの自由度を結合することによって強制力が実現され、それを部分的にレンズ・バ렐と支持部材210の両方で受けなければならない。

40

【0007】

特許文献5から、動的なレンズ・マウンティング・システムにおける調整できるソフト・マウントが知られる。リソグラフィー露光装置で使用される変形可能なレンズなどの光学エレメントをマウントするマウンティング・システムは、複数の調整可能なソフト・マウントを用いてそれを支持し、その周縁部分にベクトル力とモーメント力を加えてその形を補正する。これらの調整可能なソフト・マウントの各々は、コイルばね、片持ばね、又は、ねじりコイルばね、などの弹性部材と、弹性部材によって光学エレメントの周縁部分に加えられる力を変える調整ねじ、又は、ボルトなどの力調整部材を有する。ソフト・マウントは光学エレメントを所望の部分で支持する位置規定マウントほど硬くない。

【0008】

50

この文書から、一方向、すなわち接線方向で束縛される、力（ベクトル力）の二つの方向とトルク（モーメンタム力）の三つの方向に関連した五つの自由度が可能な接線方向に硬いマウンティング構造が原理的に提供されることが知られる（例は図6に示される）。この文書による別の実施形態（図7）では、一端が光学エレメント、又は、そのフランジの周縁の点に固定されてそれに上向きの力を加えるようになっている低こわさのばねによるソフト・マウントが実現される。

【0009】

この文書の図11によると、硬いマウンティング構造が接線方向と軸方向で束縛される。静的アジャスター、ソフト・スプリング、及びボイスコイル・モータを備えたアクチュエータが固定構造に設けられている。板ばねとアジャスターなどの軸から外れた（off-axis）機構によって静的モーメント力を構造に加えることができ、この機構に動的な調整を加えることができる。

【特許文献1】U.S. 6,229,657 B1

【特許文献2】U.S. 2,002,016,374,1

【特許文献3】E.P. 1,245,982 A2

【特許文献4】U.S. 2,005,000,201,1 A1

【特許文献5】U.S. 2,003,023,491,8 A1

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明の目的は、光学エレメントの位置決めをシンプルな仕方で達成するように光学組立体を改善することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明によれば、この目的は、位置決め装置が、光学エレメントのフランジ、又は、光学エレメントを囲むホルダー、又は、サポートに力、又は、トルクを及ぼすことによって光学エレメントを二つの自由度、又は、二つの方向で独立にシフト、又は、移動させる少なくとも一つの弾性、又は、弾力手段を含むことを特徴とする組立体によって達成される。

【0012】

本発明では、“位置決め”とは、開ループ制御、又は、閉ループ制御などのコントロールされた仕方で光学エレメントを調整することであり、システムの単一校正（single calibration）のための単一調整を含む。

【0013】

本発明によれば、光学エレメントのフランジ、又は、光学エレメントを保持するサポートに力及び／又は、トルクを及ぼす部材は、全く弾性的であっても、部分的に弾性的で部分的に塑性的である弾力（resilient）物質であってもよい。本発明によれば、弾力部材の使用は、光学エレメントを唯一の（unique）位置決め作業によって位置決めする必要がある場合に適当である。

【0014】

本発明によれば、弾性体で作られたてこの作業（work）アーム、例えば薄板鋼のスティック、に加えられる力によって生ずる仕事は、部分的にしか荷重（load）アームの方向に及ぼされる仕事に変換されないが、他方で作業アームの変形に必要であり、荷重アームも同様に弾性物質から成る場合、荷重アームを変形させるためにも必要である。したがって、荷重アームの位置を変えようとする場合、力がする仕事のかなりの部分が変形に用いられなければならない。したがって、本発明によれば、作業アーム、又は、荷重アームの少なくとも一方が少なくとも部分的に弾性物質から成る。

【0015】

光学エレメント、特にレンズ、ミラー、レチクル、又は、開口など、を調整したり、一回で位置決めしたりする場合、この効果を用いて光学エレメントの調整、又は、位置決め

10

20

30

40

50

における外部の影響を大きく減らすことができる。例えば、現在技術における硬い作業アームで 5 mm のてこ距離が荷重アームの動きで 5 μm になるとすると、これは 1 : 1 0 0 0 という縮小比を意味し、したがって、作業アームの長さが荷重アームの長さの 1 0 0 0 倍であることを意味する：このような縮小比は、本発明によればずっと小さな作業アームによって実現される。それは、仕事の一部が常に作業アーム及び / 又は、荷重アームを変形することに費やされるからである。

【 0 0 1 6 】

この原理を逆に応用すると、作業アームに加えられる力が同じであっても、作業アーム及び / 又は、荷重アームの弾性によって、荷重アームにはそれだけ弱い、したがって、精密な動きが生まれる。荷重アームの動きを精密に推定するためには、弾性の値 - 少なくとも広い範囲にわたって - 定数の何倍かである (m a n y t i m e s a c o n s t a n t) か、又は、距離の関数として知られた特性線を有する弾性値を正確に知ることが必要な前提条件になる。

【 0 0 1 7 】

調整手段としてこの使用に関して上で説明した本発明の教示は、光学エレメントのフランジ、又は、光学エレメントを支持する内側サポート、又は、内側リングに直接力、又は、トルクを伝達する全ての手段にあてはまる。少なくとも部分的に弾性物質を備えた歯車を含むギヤーボックス、弾性テープを含むロール、らせん、又は、スパイラル・スプリングの形のばね、又は、変形エネルギーを吸収するのに適当な他の任意の手段（にもあてはまる）。

10

【 0 0 1 8 】

本発明の教示によれば、二つの力、又は、二つのトルク、又は、一つの力と一つのトルクの組み合わせが单一のエレメント、又は、ヒンジのポイントに作用する。

【 0 0 1 9 】

本発明の有利な実施形態は、従属クレーム、説明、及び図面によって示される。

【 0 0 2 0 】

本発明によれば、光学エレメントをマウントに対して位置決めするための組立体であつて、光学エレメントを位置決め装置によって位置決めできる組立体が提供される。この組立体は、位置決め装置が少なくとも一つの弾性、又は、弾力手段を有し、それが、光学エレメント自身に、光学エレメントのフランジに、又は、光学エレメントを囲むホルダー、又は、サポートに、力、又は、トルクを及ぼすことによって光学エレメントを二つの自由度で、又は、独立に二つの方向でシフト、又は、移動させることを特徴とする。

20

【 0 0 2 1 】

本発明では、“シフトする”とは直線運動を意味し、“移動させる”とは直線、又は、回転運動を含むものとする。

【 0 0 2 2 】

さらに、この組立体は、ホルダー、又は、サポートが少なくとも一つの平衡 (i s o s t a t i c) マウントを含み、それに対して弾性手段によって力、又は、トルクが加えられ、この平衡マウントが少なくとも二つの自由度で調整可能であることを特徴とする。

30

【 0 0 2 3 】

好ましくは、少なくとも一つのマウントはバイポッド (b i p o d) 、又は、バイポッド構造である。

40

【 0 0 2 4 】

好ましくは、弾性、又は、弾力手段は、縮小 (r e d u c t i o n) 手段、特にスプリング、弾性てこ、又は、ロッド、弾性テープ、又は、ベルト、弾性歯車、又は、弾性ホイールを含む。

【 0 0 2 5 】

ある有利な実施形態では、弾性手段は二つの別々の手段によって、特に二つの圧電、又は、電歪アクチュエータによって、又は、二つのモータによって、又は、二つの空気圧、又は、油圧手段によって二つの方向、又は、自由度の各々で移動、又は、シフト可能であ

50

る。

【 0 0 2 6 】

さらに、それら二つの方向、又は、二つの自由度でシフト、又は、移動可能な三つの弹性手段が設けられていると有利である。

【 0 0 2 7 】

好ましくは、組立体は三つの弹性手段が実質的に 120 度の角度で互いに間隔をおいて配置され、アクチュエータはそれらの間に 60 度から 120 度の間の角度で、好ましくはそれらの間に 90 度の角度で配置される。

【 0 0 2 8 】

さらに、組立体は弹性手段、又は、弹性手段の各々が少なくとも一つのねじによって、10特にマイクロメータねじによって可動、又は、調整可能であることを特徴とする。

【 0 0 2 9 】

さらに別の実施形態では、少なくとも一つのねじは介在 (i n t e r s t i t i a l) 、又は、中間リングによって担持される。

【 0 0 3 0 】

別の実施形態では、介在リングは、介在リングが静的に規定されるような仕方で外側リングと結合される。

【 0 0 3 1 】

好ましくは、組立体は、介在リングがばね要素によって外側リングと結合されることを20特徴とする。

【 0 0 3 2 】

さらに別の実施形態では、ばね要素は介在リングと外側リングの間で互いから少なくとも実質的に等しい距離にわたって分布する。

【 0 0 3 3 】

別の有利な実施形態では、ばね要素は堅い (s t i f f)。

【 0 0 3 4 】

光学エレメントが内側ホルダーによって支持され、光学エレメントを調整するための力、又は、トルクが内側ホルダーに加えられると有利である。

【 0 0 3 5 】

好ましくは、内側ホルダーは中間パーツ、又は、リングによって外側マウントに結合され、少なくとも一つの調整手段が中間リングに用いられる。原則として、120 度の距離で配置された三つの組立体を内側リングに用いて六つの自由度全部で調整する可能性を保証する。しかし、六つよりも少ない自由度でしか調整が必要でない場合、三つよりも少ない調整組立体を設けることもできる。30

【 0 0 3 6 】

ある有利な実施形態では、前記少なくとも一つの中間パーツは、内側サポートに結合された第一のベアリング部材、中間エレメント、及び弹性手段によって光学エレメントを調整、又は、再調整するために中間エレメントに加えられる力、又は、トルクを中間エレメントから光学エレメントに加えることができる少なくとも一つの位置決め、又は、調整手段を含むように構成される。40

【 0 0 3 7 】

ここで、有利な形では、てこの作業アームとして働く弹性ロッド、又は、スティック、少なくとも一つのロールによってトルクを伝達する弹性テープ、又は、ベルト、トルクを伝達するための減速ギアボックス中の弹性ギアホイール、又は、別の弹性手段、特にばね、好ましくは渦巻ばね、又は、中間エレメントで力、又は、トルクを伝達する弹性テープ、又は、ベルト、が設けられ、力、又は、トルクを加える弹性手段として用いられる。

【 0 0 3 8 】

好ましくは、中間エレメントは硬い物質、又は、少なくとも力、又は、トルクを加える手段を形成する物質より弹性が小さな物質から成る。

【 0 0 3 9 】

調整手段と共に、外側ホルダー、又は、サポートに結合される少なくとも第二のペアリング部材が用いられる。

【0040】

各調整手段が少なくとも一つの弾性てこを含み、それが先端の一つで中間エレメントに固定され中間エレメントに力、又は、モーメントを及ぼす、又は、それを回転させることが有利である。

【0041】

例えば、光学エレメントに対して、任意の方向に整列した一つのてこが設けられる。しかし、光学エレメントの光軸の方向に上げたり下げたりできるいくつかのてこを設けることもできる。また、てこの回転運動も可能であり、それによっててこは同時にねじれも起こすことができる。てこの回転運動は光学エレメントの部分で行われる。10

【0042】

てこは、好ましい仕方で調整できる、例えば、回転させる、及び／又は、軸方向及び／又は、半径方向に調整できる。

【0043】

組立体のユニークな位置決めと固定のためには、少なくとも一つのてこをその第二の先端を固定エレメントにおいて、特に予め定められた位置に孔を有する位置決めエレメントによって (Lochmaske) 固定すれば十分である。例えば、外側サポートで固定される一つ、又は、複数の孔を有するこのようなエレメントの交換によって、内側サポートの他の位置、したがって、光学エレメントの他の位置を調整できるということは理解されるであろう。あるいはまた、実施形態の位置を変えるためにアクチュエータを設けることもできる。20

【0044】

有利な形として、アクチュエータは、アクチュエータを作動させるために電磁的、電歪的 (electrostrictive)、空気圧、油圧、又は、機械的手段を備える。

【0045】

組立体のある有利な実施形態では、第一のペアリング部材は少なくとも部分的に内側サポートの凹所、又は、溝に配置される。

【0046】

対応する仕方で、第二のペアリング部材も外側サポート凹所、又は、溝に配置できる。30

【0047】

好ましくは、第二のペアリング部材は各々カルダン・ヒンジ (cardanic hinge) で、中間部材を空間の全ての方向に傾けることが可能である。

【0048】

カルダン・ヒンジのある有利な実施形態では、第二のペアリング部材は各々板ばねヒンジ、又は、一対の金属プレートを含む。

【0049】

有利な形として、薄い金属プレートの二つが において中間エレメントに対して鋭角、又は、鈍角の下で接線方向、又は、軸方向に伸びるように設けられる。

【0050】

同様に、第一の及び／又は、第二のペアリング要素が固体 (solid body) ヒンジ、好ましくは板ばねとして実施されることが好ましい。

【0051】

さらに、ペアリング要素、又は、ヒンジ要素、好ましくは板ばね、は、半径方向のトルク、又は、モーメントを切り離すために十字 (cross) の形の中間部材を含むようにすることが有利である。

【0052】

中間パートはいろいろな仕方で作ることができる。例えば、中間パートは少なくとも一つの基本エレメントから、前記少なくとも一つの基本エレメントでヒンジを切り抜いて作ることもできる。50

【 0 0 5 3 】

同様に、中間パーツは、元のボディーを侵食して生成できる。

【 0 0 5 4 】

本発明のある特別な実施形態では、中間パーツはリング・セグメント、又は、閉じたリングとして実施されるようになっている。同様に、中間パーツ、又は、エレメントは少なくとも部分的にリング、又は、リング・セグメントとして実施される、又は、そのように結合されることも考えられる。

【 0 0 5 5 】

本発明のある有利な実施の形態では、中間リング、又は、リング・セグメントは内側リングで少なくとも一つの第一のペアリング要素によって、及び外側リングで少なくとも一つの第二のペアリング要素によって固定される。

10

【 0 0 5 6 】

本発明はまた、外側サポートに対する光学エレメントの固定と調整のための実施形態に
関し、光学エレメントは、光軸を有する光学組立体の構造に対して、特に対物レンズ（*o b j e c t i v e*）構造に対して、又は、隣接マウントに対して、整列可能であり、調整手段によって調整可能であることを特徴とする。

【 0 0 5 7 】

このような実施形態は、調整手段が光学エレメントと外側サポート、又は、ホルダーの間に配置された中間リングによって実施されることを特徴とする。

【 0 0 5 8 】

20

本発明のこの実施形態では、また、光学エレメントが内側マウントによって担持され、中間リングが内側マウントと外側マウントの間で担持されると有利である。

【 0 0 5 9 】

好ましくは、調整エレメントは中間リングに配置され、中間リングを侵食して生成される。

【 0 0 6 0 】

本発明のある実施形態は、調整デバイスが中間リング、又は、リング・セグメントにぴんと張りつめて（*t e n s e d u p*）設置され、互いに平衡している二つの力及び／又は、トルクを加える少なくとも一つの光学エレメントを含むものであり、有利であることが判明している。

30

【 0 0 6 1 】

有利な形では、調整手段が外側リング、又は、中間リングに対して張りつめる力、又は、トルクを加える少なくとも一つの弾性エレメントを含む。

【 0 0 6 2 】

トルク、又は、力は、好ましくは、中間リング上の少なくとも一つの縮小手段によって、好ましくはブロックの形の突起によって加えられる。

【 0 0 6 3 】

本発明はまた、外側マウント、又は、サポートに対して光学エレメントを固定、又は、調整するための組立体に関し、前記光学エレメントは、光軸を有する光学装置の構造、特に対物レンズ（*o b j e c t i v e*）構造に対して、又は、隣接するマウントに対して少なくとも一つの調整構造によって、整列可能であることを特徴とする。

40

【 0 0 6 4 】

ここで組立体は、前記少なくとも一つの調整構造が少なくとも一つの弾性エレメントを含み、それに力、又は、トルクが加えられることを特徴とする。

【 0 0 6 5 】

組立体のある有利な実施の形態では、光学エレメントは内側サポートによって支持される。

【 0 0 6 6 】

さらに、本発明はまた、マイクロリソグラフィーのための投影露光装置に関する。この投影露光装置は、投影対物レンズが上述のような光学エレメントの調整、又は、位置決め

50

のための少なくとも一つの組立体を備えていることを特徴とする。

【発明を実施するための最良の形態】

【0067】

以下、本発明を実施形態の例によって図面を参照してさらに詳しく説明する。

【0068】

光軸がその中心 A を通って伸びている光学エレメント 1 (図 1 a) 、例えばレンズ、又は、ミラー、が内側リング、又は、内側マウント 2 に支持されている。内側マウント 2 及び外側マウント 4 に対する光学エレメント 1 の位置は、一回限り、又は、繰り返し交換される中間パーツ 3 を含むアジャスターによって調整できる。組立体は、好ましくは、内側マウント 2 の外周と外側マウント 4 の内周の間で対称に配置された三つの中間パーツ 3 を含む。
10

【0069】

各中間パーツ 3 は、内側マウント 2 に結合された第一のペアリング要素 5 、外側マウント 4 に結合された第二のペアリング要素 6 、及びペアリング要素 5 , 6 の間に配置された、例えば固体ボディー (solid body) として実施される中間パーツ 7 、を含む。ペアリング要素 5 , 6 はそれぞれ薄い弾性物質から成り、中間パーツ 7 と共にエレメント 1 の静的に規定されるペアリングを構成する。ペアリング要素 5 は、要素 5 を中間エレメント 7 に結合する小さなブリッジ要素、又は、キャットウォーク 8 を構成し、半径方向、又は、接線方向でのペアリング要素 5 の十分な可撓性、又は、しなやかさを保証する側方の溝を有する。
20

【0070】

ペアリング要素 6 (図 1 b) は、二つの自由度で回転可能な弾性エレメントである。これは図 2 に示されているようなヒンジ構造で置き換えることができる。弾性エレメント 6 が図 1 b に再び示されており、二つの規定された回転軸 A と B を有するロッド 9 が、エレメント 6 の軸 A' と B' の方向にエレメント 6 の回転を実行する。二つの回転の自由度は、互いに独立に実行される。各回転自由度は、てこによって、又は、互いにヒンジで結合されたてこ構造によって平行移動 (translation) の自由度に変換できる。
20

【0071】

したがって、二つの回転自由度、又は、二つの平行移動の自由度、又は、一つの回転自由度と一つの平行移動の自由度の組み合わせ、が本発明によって独立に実現される。
30

【0072】

ブリッジ要素 8 は、二つの力、又は、二つのトルク、又は、一つの力と一つのトルクの組み合わせが、サポート 2 、又は、サポートがない場合は光学エレメント 1 に直接作用する作用点 (point of attack) を含む。図 1 によれば、ブリッジ要素 8 はサポート 2 、又は、光学エレメント 1 と調整手段の間のリンクである。好ましくは、光学エレメント 1 は三つのペアリング点によって、最終的には内側リング、又は、内側サポートによって、平衡を保って保持される。このことは、各調整手段によって、二つの自由度が独立に調整されるということを意味する。

【0073】

中間エレメント 7 で、光学エレメント 1 に対して半径方向に伸びる弾性スティック 9 は固定されてアジャスターの役目をする。スティック 9 に加えられるトルクが中間パーツ 7 に矢印 B の方向に作用すると、中間パーツ 7 が動かされてペアリング要素 6 の曲げを生ずる。
40

【0074】

スティック 9 は長さが C で、これはブロック 7 内のスティック 9 の作用点、すなわち、その中央の点、とブロック 7 のキャットウォーク 8 の接触線の間の長さ d の倍数である。関係 C : d は、作業アームの長さと荷重アームの長さの間の正規 (regular) 縮小関係を構成する。しかし、スティック 9 はきわめて高い弾性を有する物質で作られているので、縮小の関係ははるかに大きく、例えば因子 100 倍も大きくなる。一定の力を費やしたときに、硬い、又は、実質的に硬い位置決め手段を用いる現在の技術で可能なよ
50

りもはるかに小さな、したがって、はるかに敏感な (sensible) 調整が軸方向及び接線方向で実現される。

【0075】

スティック 9 によってエレメント 7 が方向 51 で曲げられたときに要素 5 と 6 がどのように動くかが概略図 (図 1c) に示されている。両方の要素 5 と 6 はヒンジ点 a, b,

及び c を含むことに注意しなければならない。それによって、光学エレメント 1 の位置を、半径方向に大きな動きを生ずることなく、光軸 (z - 軸) の方向にかなり変化させることが可能である。

【0076】

別の実施形態 (図 2a, b) では、内側マウントと外側マウントの間に挿入するのに 10 適当な中間パーツ 10 は、中間パーツを構成するブロック 11 を含み、ブロック 11 にトルク、又は、力を伝達するための作用手段がブロック 11 に作用し、それによって内側マウントに作用する。ブロック 11 は、内側マウントに直接、又は、内側マウントに属する薄い金属プレート 13 に短いねじれスティック、又は、十字の形のエレメント 12 によって結合される。このアレンジメントが第一のペアリング要素を構成する；三つのペアリング点で位置決めされる内側リングは静的に実質的に、又は、近似的に規定されるペアリングを有する。

【0077】

他の側で、ブロック 11 は、ブロックの形を有する別のエレメント 16 に、互いに対しても角で配置された二つの金属プレート 14, 15 によって結合される。エレメント 16 は、それ自体、互いに対して傾いた二つの金属プレート 17, 18 によって外側マウントに結合される。金属プレート 14, 15 は、エレメント 16 及び金属プレート 17, 18 と共にカルダン (cardanic) ヒンジ、又は、ジョイントを構成する第二のペアリング要素を構成し、これが内側マウントを三つのペアリング位置で空間の全ての方向に傾けることを可能にする。ブロック 11 で、トルクは図 1 に示された弾性スティックと同様に作用することができる。

【0078】

図 2a, b に示された中間パーツ、又は、調整手段 10 は、例えば、以下で説明するようにスティック 20 によってブロック 11 を傾けるために、外側マウント 19 の凹所 (図 2c) に挿入される。エレメント 12 (図 2a) 及びエレメント 21 (図 3) は、図 1 の実施形態で示されるようなエレメント 5 とエレメント 8 を含む静的に規定されるペアリングの別の実施形態である。

【0079】

図 1a の弾性エレメント 6 は、図 2c に示されているような “カルダン (cardanic)” 形態のヒンジで置き換えることができる。二つのカルダン軸 100 と 200 が設けられ、軸 200 は軸 100 に対して - そうである必要はないが - 直角であってよい。硬い、又は、彈性的、又は、可撓的でこ 300 をエレメント 12 に固定することができるが、ここでエレメント 16 の凹所、又は、くり抜きがてこ 300 の自由な動きを可能にしなければならない。てこ 300 が光軸 51 の方向に作動されると、パーツ 11 とパーツ 16 は軸 100 のまわりに傾く運動を起こす。てこ 300 が光軸 50 の方向に作動されると、パーツ 16 はその回転位置にとどまるが、他方パーツ 11 はその軸 200 のまわりで回転する。ここで、リング 2 と光学エレメント 1 は二つの回転軸 100 と 200 によって、すなわち、軸方向及び接線方向の回転で、位置決めできる。軸 100 の位置は保持エレメント 17 と 18 の配置によって規定される。

【0080】

一般に、図 1 に示されているような二つの自由度で回転できる弾性エレメント 6 は、図 2a - c に示されているような二つの定められた回転軸を含むヒンジ構造によって置き換えることができる。

【0081】

調整手段 10 (図 4) は、外側サポート 19 の周上に三重複で配分されて、内側サポー

10

20

30

40

50

ト 2 2 によって担持されるレンズ 2 3 、又は、ミラーやレチクルなど別の光学エレメントの位置決め、移動、又は、シフトを可能にする。したがって、本発明に従って同心サポート・システムの中心に光学エレメントを担持することにより光学エレメントを 6 つの自由度全部で調整することが可能になり、各自由度は他の自由度と独立に調整できる。現在の技術で不利であると教示される二つ以上の自由度のカプリングは少なくとも実質的に回避される。

【 0 0 8 2 】

さらに別の実施形態（図 6 a , 6 b 、 7 ）は、拡張された本発明の原理を示しており、図 1 の中間パーツ 7 、又は、図 2 a 、 2 b 、 2 c の中間パーツ 1 1 が、それぞれ、複数のセグメントを有する、又は、閉じた形態を有するリングによって実施されている。 10

【 0 0 8 3 】

後者の形は図 5 , 6 a によって示されている。そこでは光学エレメント 2 4 は内側マウントに保持されている。ここで中間リング 2 7 が内側マウント 2 5 と外側マウント 2 6 の間に配置されている。このようなシステムの利点は、三つのコンポーネント、内側リング、又は、内側サポート 2 5 , 介在、又は、中間リング、又は、サポート 2 7 及び外側リング、又は、バ렐 2 6 で光学エレメント 2 4 を担持すると、強制する力、例えば外側サポートに作用する強制力が小さくなり、したがって、変形も小さくなるということである。

【 0 0 8 4 】

適当な調整構造が図 7 a , 7 b , 7 c に示されている。これらの調整構造は、薄いばねスティック、又は、例えば U - 形で曲げができるねじりばねによって実施された、 20 又は、細いワイヤによって実施された一つ、又は、複数の弾性手段を含む。

【 0 0 8 5 】

図 6 a に示された実施形態では、光学エレメント 2 8 は内側マウント、又は、内側リング 2 9 に担持され、内側マウント、又は、内側リング自体は中間リング 3 1 に配置されている。このリング 3 1 は、第二のペアリング要素 3 2 によって外側サポート、又は、外側リング 3 3 に担持されている。外側サポート 3 3 は、ワイヤによって実施できる撓み、又は、弾性エレメント 3 4 によって対物レンズのバ렐に担持される。さらに、光学エレメントの位置を保つために、固定スティック 3 6 , 3 6 が外側サポートと弾性エレメント 3 4 の間に設けられる。 30

【 0 0 8 6 】

図 6 a に示されているペアリング要素 3 0 , 3 2 はそのように実施され、内側リング 2 9 が変形したときに対物レンズのバ렐、又は、サポートに対する内側マウント 2 9 、したがってエレメント 2 8 , の高い移動性を可能にし、中間リング 3 1 と内側リング 2 9 の各々の静的に定められる担持（ bearing ）を実現する。

【 0 0 8 7 】

図 6 a に示されているような中間リング 3 1 の代わりに、別の形として、例えば、上面図では長方形の形を有する中間エレメント 3 7 （図 6 b ）をペアリング要素 3 8 , 3 9 と共に用いることができる。ペアリング要素 3 8 , 3 9 は、光学エレメント 2 8 , 中間エレメント 3 7 及び対物レンズのバ렐の半径方向の軸に関して対称である。ここで、ペアリング要素 3 9 は、内側リング 2 9 の静的に定められる担持（ bearing ）を実現するような仕方で実施される。ペアリング要素 3 8 は、回転に関して全ての軸のまわりで変形できる堅い（ stiff ）球形ジョイントと考えられる。 40

【 0 0 8 8 】

光学エレメント 2 8 は、ペアリング要素 4 0 , 4 1 （図 6 c ）が内側マウント 3 1 、又は、外側マウントに向いた外側エッジの領域に位置し、内側マウント 3 1 及び外側マウントにそれぞれ面する外側エッジの領域で中間エレメント 4 2 の半径方向の軸に関して各々ずれている。中間エレメント 4 2 は、好ましくは、内側マウント 3 1 に面するエッジ及び外側マウント 3 3 に面するエッジが、好ましくは、内側マウント 3 1 の曲率及び外側マウント 3 3 の曲率に対応する曲率を有する。ペアリング要素 4 0 , 4 1 は、ペアリング要素 3 8 , 3 9 と同様の仕方で組み立てられる。 50

【0089】

別の実施形態(図7a, 7b)では、実質的に中間パーツとして組み立てられた内側マウント31と外側マウント33の間に中間パーツ43が設けられる(図6c)。シフトした配置で位置決めされ図6cに従って設けられたペアリング要素40, 41とは別に、弾性スティック44が設けられる。これにより、外側マウント33に対する内側マウント31の動きが中間エレメント43, 46の変形によって発生される。変形は図7aに示された実施形態による弾性スティック45の変形によって実現される。

【0090】

別の実施形態(図7b)では、中間エレメント46は、図7cのように曲げられるブレケット、又は、クランプ47によって変形される。最後に示された両方の実施形態で、それぞれ、変形した中間エレメント43、又は、46に結果としての力、又は、モーメントは何も作用しない。

10

【0091】

図8aは、回転点49で担持される2アームでこ48の例によって古典的なこの原理を示している。ここでは純粋に幾何的な関係が与えられる。すなわち、力のてこアームの関数としての作業アーム $V_2 : V_2 = d \times V_1$ 。二つのアーム、又は、唯一つのアームを有するこのようないでこで、弾性物質が用いられると、力のてこアームのばねの硬さが c_1 (図8b)で作業アームのばねの硬さが c_2 であるとすると、縮小(reduction)、又は、伝達(transmission)は $V_2 = d \times V_1$ から $V_2 = c_1 / (c_1 + c_2) \times V_1$ に変化する。ここで、伝達、又は、逆(reciproque)伝達(縮小)は構成要素のこわさに依存する;これは、例えば、 $c_2 = 100 \times c_1$ を意味する。

20

【0092】

この原理は公知であり、例えばMichelsonばねによって実現される。図8bに示された組立体のエネルギー・バランスを考えると、弾性エレメントに貯えられる仕事はエレメントのこわさ(stiffness)の逆数である。このことは、100倍堅いばねでは、力が及ぼす仕事全体の100分の1しか貯えられないと言うことを意味する。本発明では、力と硬さをコントロールするこの原理が光学エレメントのマウントに応用される。本発明の実施形態は、カルダン(cardanic)ジョイント、又は、ヒンジの原理によって実現される(図1-4);同様に、同心リングを含む実施形態も実現される。第一のケースでは、硬さ c_2 を有するばねがカルダン・ヒンジによって実現され、第二のケースでは、中間リング27(図5)、31(図6a)のこわさ、、又は、中間パーツ37(図6b)、42(図6c)のこわさによって実現される。

30

【0093】

こわさ c_1 を有するばねは、カルダン・ジョイント、、又は、別の場合、中間リング、又は、中間パーツを曲げるための細いワイヤ、渦巻きばね、、又は、ねじりばね(ブレケット47)(図7b, c)であってよい。この場合、ばねの両端が中央のリングaに作用し、作用した領域でそれを曲げる。カルダンでは(In a cardanic)、ねじりばねであってもよいが、ばねに外側リングから張力が光学エレメントの内側組立体に半径方向に作用する。

40

【0094】

これまでに述べた“光学エレメント”は、光学エレメント自身、又は、そのフランジを意味する。本発明によれば、本明細書の全体にわたって、ソフト・マウント、又は、そのコンポーネントのこわさが低い、又は、硬さが低いと言われるときはいつでも、こわさ、又は、硬さは光学エレメントの位置を定めるマウントのこわさ、又は、硬さと比較していると理解すべきである。

【0095】

本発明の別の実施形態(図9a-c)では、図4に示されたような調整機構10の代わりに、サポート部材22の外周上に120度ピッチの規則的間隔で三つの調整可能な弾性エレメント100が設けられ、エレメント100の各々により光学エレメント23を二つ

50

の自由度で調整することができる。

【0096】

エレメント100の各々は第一のフラットばね、又は、板ばね101と第二のフラットばね、又は、板ばね102を含む。第一のフラットばね101は、レンズ23の半径方向に曲げることができ、サポート部材22と第二の弾性ばね102に結合される。第一のばね101は、第二の弾性ばね102によって加えられる第二の弾性力から第一の弾性力を発生し、第一の弾性力をサポート部材22に加える。

【0097】

ばね102は、マイクロメータねじとして実現され外側リング19に担持された圧縮部材103と104によってそれに力が加えられると半径方向に曲がる（図2参照）。10

【0098】

次にばね102は他のばね101に、ばね101, 102を結合する小さなブリッジ105によって圧縮力を加える。部材103と104が両方同じ向きに回転されて光学エレメント23を半径方向に動かす場合、圧縮力は部材103と104によって加えられる。10

【0099】

しかし、部材103と104が互いに逆の向きに回転される場合、モーメント力、又は、トルクがばね101に加えられ、他のばね102に伝達される。それにより、光学エレメント23を担持するリング22が光軸（z-軸）に対して傾いた方向に動かされる。圧縮部材103, 104の代わりに、張力部材を同じ位置に挿入し、それらがばね102に張力を及ぼし、それがばね101によって光学エレメント23に伝達されるようにしてもよい。部材103, 104はリング19、又は、レンズ・バレルの挿入孔に挿入される。それらは、ばね102の中央ファイバー106から等しい距離に配置される。20

【0100】

別の実施形態（図9b）では、部材103, 104は弾性ロッド107, 108で置き換えられ、それが各々ばね102にモーメントを加える。ロッド107, 108は、リング19の挿入孔に担持される。チューニング、又は、調整機構109, 110によってロッド107, 108に調整力を加えてそれらをAの方向に回すことができる。別の実施形態では、ロッド107, 108はどちらも同じBの方向に回されてエレメント23の接線方向の調整を行うことができる。しかし、ロッド107, 108が反対の方向Bで張力を受けると、光学エレメント23の半径方向の軸のまわりの回転運動が実行される（第三の自由度）。30

【0101】

本発明の別の実施形態（図10）では、固定マウント200が光学エレメント201を硬く保持する。固定マウント200はヒンジ部材203を含むバイポッド（bi pod）構造202によって平衡状態で担持される。板ばね205, 206がマウント200に静的モーメントを加える役目をする。

【0102】

しかし、本発明によると、ペアリング部材202は少なくとも二つの自由度での光学エレメント201の調整を可能にする。したがって、少なくとも一つのコアーム208が設けられ、それがペアリング部材202にCの方向、又は、Dの方向にモーメントを加える。これによって固体（solid body）ヒンジ、又は、十分な弾性を有するペアリング部材202を少なくとも二つの平行でない回軸のまわりに回転させることができ、マウント201によって光学エレメント201に作動力、又は、作動モーメントを及ぼすことなく光学エレメント201を位置決めできる。40

【0103】

別の実施形態によれば、光学エレメント300（図11）は弾力マウント301上に配置される。マウント301は内側リング302に取り付けられ、それはヒンジ、又は、ペアリング構造304によって中間リング303に、又は、内側リング302を保持するペアリング要素に結合される。50

【0104】

中間リング303は、別のペアリング要素306によって外側リング305に結合される。ペアリング304と306は、カルダン(cardanic)要素、又は、平衡(isostatic)要素であり、中間リング303が内側リング302と外側リング305の間に結合エレメントとなって光学エレメントを少なくとも二つの自由度で位置決めすることを可能にする。本発明によるギアボックス307が内側及び外側リング302, 305の間に用いられる。ギアボックス307は、中間リング303の変形を実行し、それにより内側リング302の外側リング306に対する位置が調整される。

【0105】

内側リング302に用いられる別のエレメント309は、アクチュエータ310、例えばボイスコイル・アクチュエータ、によって、電歪エレメント、又は、像形成エラーを補正するその他の手段、例えば空気圧、又は、油圧手段によって、調整できる。それにより、弾力マウント301が調整される。これにより光学エレメント300の変形を実行して、エレメント300の像形成エラーを補正できる。この実施形態は光の多重波形を露光装置によって露光させる配置を提供する。

【図面の簡単な説明】

【0106】

【図1a】図1aは、内側サポートによって支持された光学エレメントを示す上方斜視図であり、光学エレメントは二つの調整手段を有する中間パーツによって担持される。

【図1b】図1bは、図1aの細部を示す図である。

【図1c】図1cは、図1aのエレメントを示す概略図である。

【図2a】図2aは、外側サポートと中間パーツの間に配置されたペアリング要素を示す拡大された斜視図である。

【図2b】図2bは、外側サポートと中間パーツの間に配置されたペアリング要素を示す拡大された斜視図である。

【図2c】図2cは、外側サポートと中間パーツの間に配置されたペアリング要素を示す拡大された斜視図である。

【図3】図3は、内側サポートと外側サポートのある断面を示す図であり、図2a, bによる中間パーツがそれらの間に配置されている。

【図4】図4は、三つの中間パーツを含む、内側サポートと外側サポートの間に配置された光学エレメントを示す上面図である。

【図5】図5は、中間パーツを示す図である。

【図6a】図6aは、内側リングに配置された光学エレメントを調整するための弾性手段のある形態を示す図である。

【図6b】図6bは、図6aの細部を示す拡大された図である。

【図6c】図6cは、図6aの細部を示す拡大された図である。

【図7a】図7aは、中間パーツの別の詳細図である。

【図7b】図7bは、中間パーツの別の詳細図である。

【図7c】図7cは、中間パーツの別の詳細図である。

【図8a】図8aは、硬さによってコントロールされる縮小という本発明のコンセプトを現材技術によるてこの原理と比較して示す図である。

【図8b】図8bは、硬さによってコントロールされる縮小という本発明のコンセプトを現材技術によるてこの原理と比較して示す図である。

【図9a】図9aは、光学エレメントを調整するための二つのマイクロメータねじ、又は、複数のてこを含む調整機構を示す概略断面(sectional)図である。

【図9b】図9bは、光学エレメントを調整するための二つのマイクロメータねじ、又は、複数のてこを含む調整機構を示す概略断面(sectional)図である。

【図10】図10は、調整機構を備える他の実施形態を示す図である。

【図11】図11は、調整機構を備える他の実施形態を示す図である。

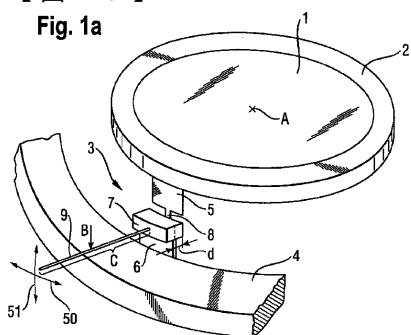
10

20

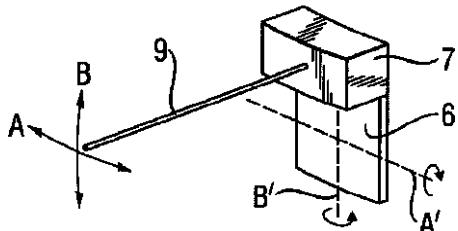
30

40

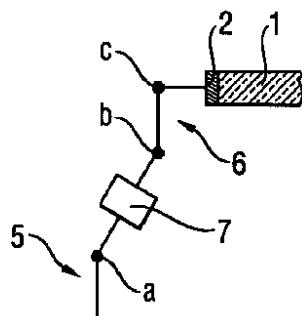
【図 1 a】



【図 1 b】

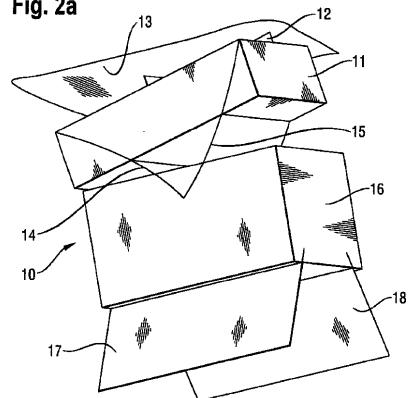
Fig. 1b

【図 1 c】

Fig. 1c

【図 2 a】

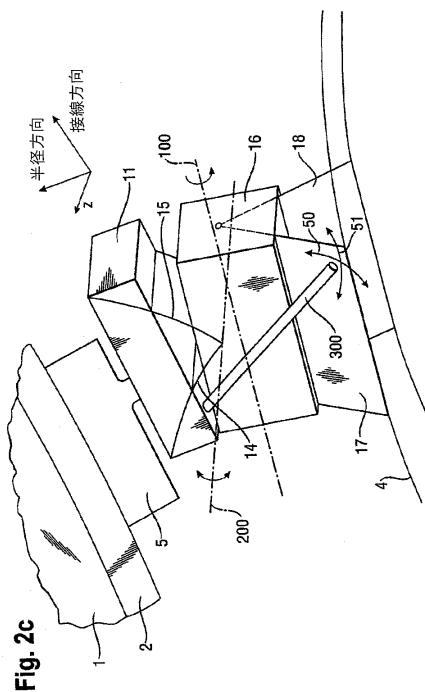
Fig. 2a



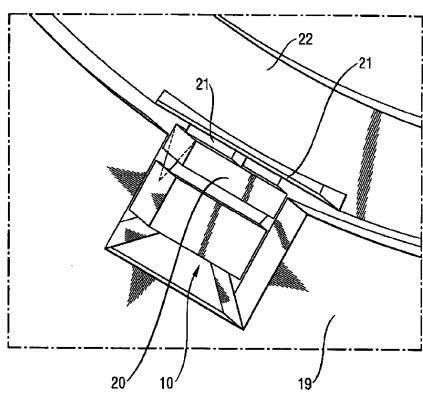
【図 2 b】

**Fig. 2b**

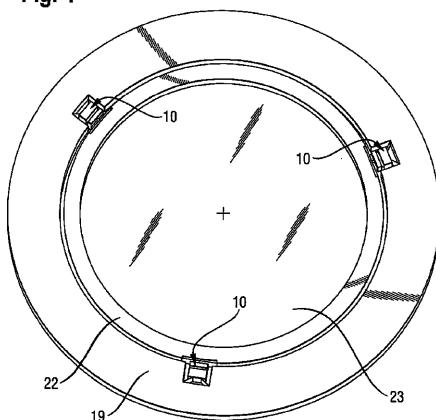
【図 2 c】



【図3】
Fig. 3



【図4】
Fig. 4



【図5】

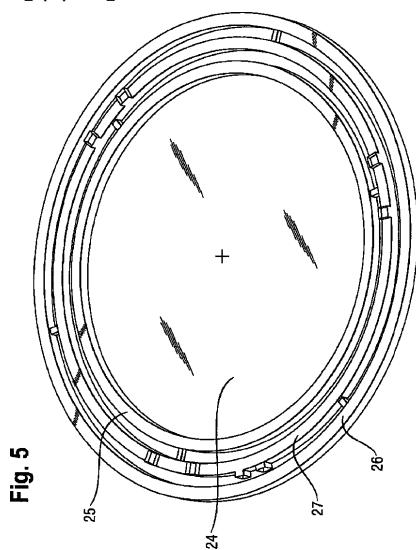
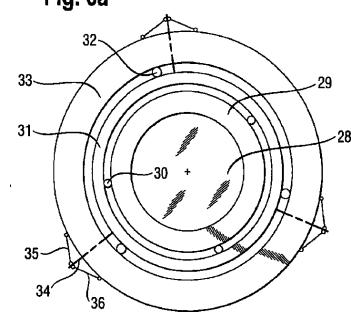
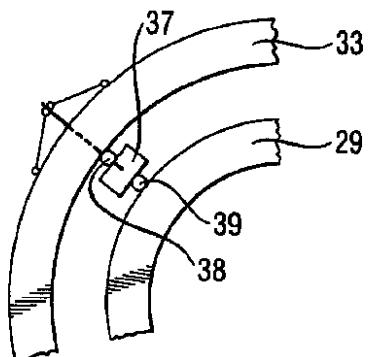


Fig. 5

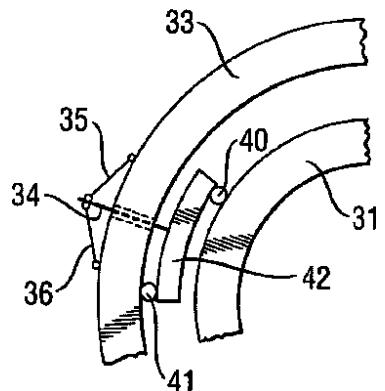
【図6a】
Fig. 6a



【図6b】
Fig. 6b



【図 6 c】
Fig. 6c



【図 7 a】
Fig. 7a

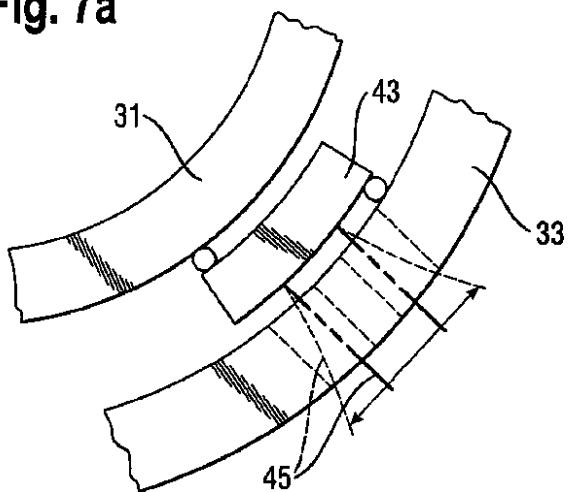
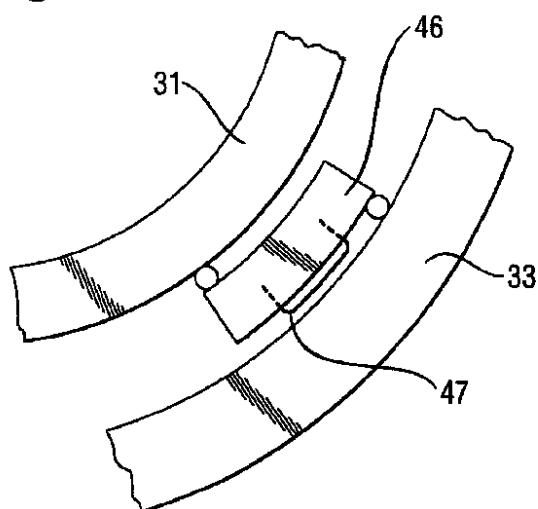


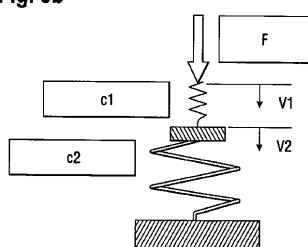
Fig. 7a



【図 8 a】
Fig. 8a

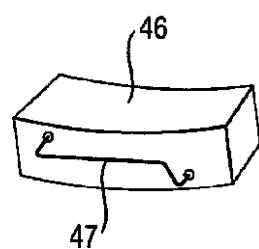


【図 8 b】
Fig. 8b

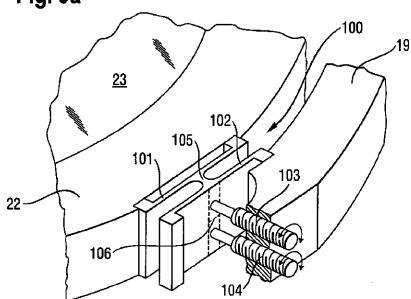


【図 7 c】

Fig. 7c

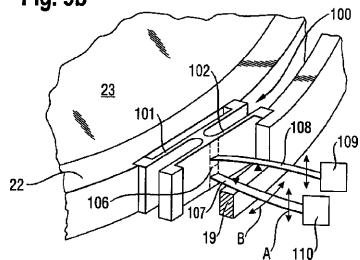


【図 9 a】
Fig. 9a



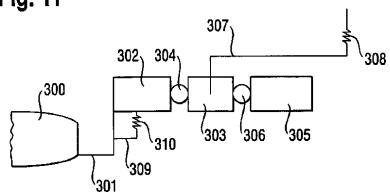
【図 9 b】

Fig. 9b



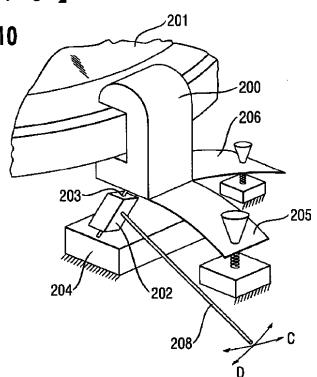
【図 11】

Fig. 11



【図 10】

Fig. 10



フロントページの続き

(72)発明者 シェバハ , アルミニ
 ドイツ連邦共和国 , 7 3 4 3 1 アーレン , シュレーエンベーク 5 0
(72)発明者 シュタインバハ , マンフレト
 ドイツ連邦共和国 , 0 7 7 4 5 イエナ , ビルデンブルフシュトラーセ 1 5
(72)発明者 シュレッテラー , トーマス
 ドイツ連邦共和国 , 0 7 6 4 6 シュタットロダ , ホムベルガー リング 2 4
(72)発明者 ロペツ - レアル , エルネスト
 ドイツ連邦共和国 , 0 7 7 4 3 イエナ , ライプツィガー シュトラーセ 4 4

審査官 菊岡 智代

(56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 0 2 / 0 1 6 3 7 4 1 (U S , A 1)
 米国特許出願公開第 2 0 0 3 / 0 2 3 4 9 1 8 (U S , A 1)
 米国特許第 0 6 2 2 0 7 1 7 (U S , B 1)
 特開 2 0 0 2 - 1 6 2 5 4 9 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.CI. , D B 名)
G02B 7/02