

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3895319号
(P3895319)

(45) 発行日 平成19年3月22日(2007.3.22)

(24) 登録日 平成18年12月22日(2006.12.22)

(51) Int. Cl.		F I		
	HO 1 L 21/027 (2006.01)		HO 1 L 21/30	5 3 1 A
	GO 3 F 7/20 (2006.01)		HO 1 L 21/30	5 0 3 F
			GO 3 F 7/20	5 2 1

請求項の数 3 外国語出願 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2003-373440 (P2003-373440)	(73) 特許権者	504151804
(22) 出願日	平成15年9月26日(2003.9.26)		エーエスエムエル ネザーランズ ビー.
(65) 公開番号	特開2004-289115 (P2004-289115A)		ブイ.
(43) 公開日	平成16年10月14日(2004.10.14)		オランダ国 ヴェルトホーフェン 550
審査請求日	平成15年9月26日(2003.9.26)		4 ディー アール, デ ラン 6501
(31) 優先権主張番号	02256793.7	(74) 代理人	100079108
(32) 優先日	平成14年9月30日(2002.9.30)		弁理士 稲葉 良幸
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)	(74) 代理人	100093861
前置審査			弁理士 大賀 真司
		(74) 代理人	100109346
			弁理士 大貫 敏史
		(72) 発明者	ヘルネス ヤコブス
			オランダ国 エイントホーフェン、ユララ
			ーン 3

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リソグラフィ装置およびデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

放射線の投影ビームを供給するための放射線システム、
 所望のパターンに従って投影ビームをパターン化するのに役立つパターンニング手段を支持するための支持構造体、
 基板を保持するための基板テーブル、
 パターン化したビームを基板の目標部分上に投影するための投影システム、
 ベースフレーム、および
 前記ベースフレーム上に支持され且つベースフレームに対して可動の平衡質量、を含むリソグラフィ投影装置であって、
 前記平衡質量が、少なくとも一つのばねを備えた少なくとも三つの支持要素によって支持され、前記支持要素と前記ばねが前記平衡質量と前記ベースフレームとの間に機械的に取り付けられ、かつ各々に少なくとも二つのピボット点を有し、
前記ピボット点が垂直に整列する釣合い位置から上記平衡質量が変位すると、この平衡質量の運動方向の水平力が上記平衡質量への重力の作用によって発生し、前記ばねが、重力によって発生する前記水平力と反対方向に前記平衡質量上に補償力をもたらすことを特徴とするリソグラフィ投影装置。

【請求項 2】

前記ピボット点がヒンジである請求項 1 に記載されたリソグラフィ投影装置。

【請求項 3】

前記ヒンジがばねヒンジである請求項 2 に記載されたリソグラフィ投影装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、リソグラフィ投影装置であって：

- 放射線の投影ビームを供給するための放射線システム；
 - 所望のパターンに従ってこの投影ビームをパターン化するのに役立つパターンニング手段を支持するための支持構造体；
 - 基板を保持するための基板テーブル；
 - このパターン化したビームをこの基板の目標部分上に投影するための投影システム
- ；
- ベースフレーム；および
 - 上記ベースフレーム上に支持され且つ上記ベースフレームに対して可動の平衡質量を含む投影装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

ここで使う“パターンニング手段”という用語は、入射放射線ビームに、この基板の目標部分に創成すべきパターンに対応する、パターン化した断面を与えるために使うことができる手段を指すと広く解釈すべきであり；“光バルブ”という用語もこのような関係で使うことができる。一般的に、上記パターンは、集積回路またはその他のデバイス（以下参照）のような、この目標部分に創るデバイスの特別の機能層に対応するだろう。そのようなパターンニング手段の例には次のようなものがある：

20

- マスク。マスクの概念は、リソグラフィでよく知られ、それは、二値、交互位相シフト、および減衰位相シフトのようなマスク型、並びに種々のハイブリッドマスク型を含む。そのようなマスクを放射線ビーム中に置くと、このマスク上のパターンに従って、このマスクに入射する放射線の選択透過（透過性マスクの場合）または選択反射（反射性マスクの場合）を生ずる。マスクの場合、この支持構造体は、一般的にマスクテーブルであり、それがこのマスクを入射放射線ビームの中の所望の位置に保持できること、および、もし望むなら、それをこのビームに対して動かせることを保証する。

【0003】

30

- プログラム可能ミラーアレイ。そのような装置の一例は、粘弾性制御層および反射面を有するマトリックスアドレス可能面である。そのような装置の背後の基本原理は、（例えば）この反射面のアドレス指定された領域が入射光を回折光として反射し、一方アドレス指定されない領域が入射光を未回折光として反射するということである。適当なフィルタを使って、上記未回折光を反射ビームから濾過して取除き、回折光だけを後に残すことができ；この様にして、このビームがマトリックスアドレス可能面のアドレス指定パターンに従ってパターン化されるようになる。プログラム可能ミラーアレイの代替実施例は、極小ミラーのマトリックス配置を使用し、適当な局部電界を印加することにより、または圧電作動手段を使うことにより、それらの各々を軸線周りに個々に傾斜することができる。やはり、これらのミラーは、マトリックスアドレス可能で、アドレス指定したミラーが入射放射線ビームをアドレス指定されないミラーの方へ異なる方向に反射し；この様にして、反射ビームをこれらのマトリックスアドレス可能ミラーのアドレス指定パターンに従ってパターン化する。必要なアドレス指定は、適当な電子手段を使って行える。上に説明した両方の場合に、パターンニング手段は、一つ以上のプログラム可能ミラーアレイを含むことができる。ここで言及したようなミラーアレイについての更なる情報は、例えば、米国特許 US 5, 296, 891 および US 5, 523, 193、並びに PCT 特許出願 WO 98 / 38597 および WO 98 / 33096 から集めることができ、それらを参考までにここに援用する。プログラム可能ミラーアレイの場合、上記支持構造体は、例えば、必要に応じて固定または可動でもよい、フレームまたはテーブルとして具体化してもよい。

40

50

【 0 0 0 4 】

- プログラム可能LCDアレイ。そのような構成の例は、米国特許US5,229,872で与えられ、それを参考までにここに援用する。上記同様、この場合の支持構造体は、例えば、必要に応じて固定または可動でもよい、フレームまたはテーブルとして具体化してもよい。

簡単のために、この本文の残りは、ある場所で、マスクおよびマスクテーブルを伴う例を具体的に指向するかも知れないが；しかし、そのような場合に議論する一般原理は、上に示すようなパターンニング手段の広い文脈で見るとすべきである。

【 0 0 0 5 】

リソグラフィ投影装置は、例えば、集積回路(IC)の製造に使うことができる。そのような場合、パターンニング手段がこのICの個々の層に対応する回路パターンを創成してもよく、このパターンを、放射線感応性材料(レジスト)の層で塗被した基板(シリコンウエハ)の目標部分(例えば、一つ以上のダイを含む)上に結像することができる。一般的に、単一ウエハが隣接する目標部分の全ネットワークを含み、それらをこの投影システムを介して、一度に一つずつ、順次照射する。マスクテーブル上のマスクによるパターンニングを使う現在の装置では、機械の二つの異なる種類を区別することができる。一つの種類のリソグラフィ投影装置では、全マスクパターンをこの目標部分上に一度に露出することによって各目標部分を照射し；そのような装置を普通ウエハステッパと呼ぶ。代替装置

普通ステッパアンドスキャン装置と呼ぶ 20
では、このマスクパターンを投影ビームの下で与えられた基準方向(“走査”方向)に順次走査し、一方、一般的に、この投影システムが倍率M(一般的に < 1)であり、この基板テーブルを走査する速度Vが、倍率M掛けるマスクテーブルを走査する速度であるので、この基板テーブルをこの方向に平行または逆平行に同期して走査することによって各目標部分を照射する。ここに説明したようなリソグラフィ装置に関する更なる情報は、例えば、US6,046,792から収集することができ、それを参考までにここに援用する。

【 0 0 0 6 】

リソグラフィ投影装置を使う製造プロセスでは、パターン(例えば、マスクの中の)を、少なくとも部分的に放射線感応材料(レジスト)の層で覆われた基板上に結像する。この結像工程の前に、基板は、例えば、下塗り、レジスト塗布およびソフトベークのような、種々の処理を受けるかも知れない。露出後、基板は、例えば、露出後ベーク(PEB) 30
、現像、ハードベークおよび結像形態の測定/検査のような、他の処理を受けるかも知れない。この一連の処理は、デバイス、例えばICの個々の層をパターン化するための基礎として使用する。そのようにパターン化した層は、次に、エッチング、イオン注入(ドーピング)、金属化処理、酸化処理、化学・機械的研磨等のような、全て個々の層の仕上げを意図した種々の処理を受けるかも知れない。もし、幾つかの層が必要ならば、全処理またはその変形を各新しい層に反復しなければならないだろう。結局、デバイスのアレイが基板(ウエハ)上にできる。次に、これらのデバイスをダイシングまたは鋸引のような手法によって互いから分離し、そこから個々のデバイスをキャリアに取付け、ピンに接続し等できる。そのようなプロセスに関する更なる情報は、例えば、ピータ・バン・ザントの“マイクロチップの製作：半導体加工の実用ガイド”、第3版、マグロウヒル出版社、19 40
97年、ISBN0-07-067250-4という本から得ることができ、それを参考までにここに援用する。

【 0 0 0 7 】

簡単のために、この投影システムを、以後“レンズ”と呼ぶかも知れないが；この用語は、例えば、屈折性光学素子、反射性光学素子、および反射屈折性光学素子を含む、種々の型式の投影システムを包含するように広く解釈すべきである。この放射線システムも放射線の投影ビームを指向し、成形しまたは制御するためにこれらの設計形式の何れかに従って作用する部品を含んでもよく、そのような部品も以下で集合的または単独に“レンズ”と呼ぶかも知れない。更に、このリソグラフィ装置は、二つ以上の基板テーブル(および/または二つ以上のマスクテーブル)を有する型式でもよい。そのような“多段”装置 50

では、追加のテーブルを並列に使ってもよく、または準備工程を一つ以上のテーブルで行い、一方他の一つ以上のテーブルを露出に使ってもよい。二段階リソグラフィ装置は、例えば、US 5,969,441およびWO 98/40791に記載しており、それらを参考までにここに援用する。

【0008】

リソグラフィ投影装置で、もし基板テーブルを、ベースフレームに取付けたアクチュエータによって動かすならば、反力がこのベースフレームに伝わる。この反力は、基板テーブルの加速度が5ないし60 m/s²のオーダーであることがあり且つ基板テーブルの重さが約40または70 kgあるかも知れないので、大きいことがある。この反力は、ベースフレームの有害な振動または移動を生ずることがある。

10

【0009】

そのような反力の影響は、自由に取付けた平衡質量を使うことによって軽減することができる。これは、位置決めアクチュエータからの反力を基板テーブルと平衡質量の間に向けて、基板テーブルがある方向に動くが平衡質量は、この反力により、基板テーブルによって動かされる距離掛ける基板テーブル対平衡質量の質量比に等しい量だけ反対方向に動かされるようにすることによって行う。この様にして、実質的反力が何もベースフレームに伝えられず、ベースフレームに対する平衡質量および基板テーブルの重心が比較的一定のみである。

【0010】

この平衡質量と基板テーブルは、例えば、空気軸受を使って、無摩擦方式で、できるだけ近くに取付けて、基板テーブルが移動してもこれ以上寄生力がこのリソグラフィ投影装置のベースフレームまたはその他の部品に伝えられないようにする。

20

【0011】

小さいサイズの形態を結像するために絶えず存在する要求を満たすためには、投影ビームに使う放射線の波長を短縮することが必要である。それで、解像度の改善は、超紫外線(EUV)(例えば、5~20 nmの範囲の波長の)を使用するリソグラフィ投影装置の開発が必要である。EUVリソグラフィ投影装置は、EUV用の屈折性光学素子を作るのに適した材料が知られず且つビームの汚染および減衰を避けるためにこのビームを真空中に保たねばならないので、投影システムにミラーを使わねばならない。

【0012】

残念ながら、投影ビームを真空中に保つという要件は、平衡質量用に空気軸受を使うことがもう実際的でないことを意味する。空気軸受を金属ベローで覆う設計品が提案されているが、この設計品は複雑で重い。

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

本発明の目的は、真空適合性のある平衡質量支持手段を提供することである。本発明の更なる目的は、水平方向にそれほど大きい寄生剛性なしに平衡質量の自由な運動を許容する支持体を提供することである。

【課題を解決するための手段】

40

【0014】

これおよびその他の目的は、本発明によれば冒頭の段落で指定するリソグラフィ装置であって、上記平衡質量を、上記平衡質量におよび上記ベースフレームに機械的に取付けてあり且つ少なくとも二つのピボット点を有する少なくとも一つの柔軟な支持要素によって支持することを特徴とする装置によって達成される。

【0015】

それで、この平衡質量を支持するための手段は、真空中に柔軟な方法で容易に作ることができ且つ複雑で高価な空気軸受の遮蔽を必要でなくする。この支持要素は、平衡質量も案内してよい。この要素は、ヒンジ式にするかまたは稼働負荷の下で屈曲する材料で作ることによって柔軟であってもよい。

50

【 0 0 1 6 】

支持要素が少なくとも二つのピボット点を持つことによって、この支持手段は、平衡質量の水平運動に殆ど抵抗を示さない（好ましくは水平剛性ゼロまたはゼロ近くで）。それで平衡質量は、空気軸受上にあるときと類似の方法で動き、即ち、平衡質量をばね上に支持する場合のように、実質的に傾斜または別の平面に逸脱することなく、水平（またはどちらかの）平面を動かすることができる。ある実施例では、所望の平面（ x 、 y および Rz ）の外部への平衡質量のある動きがあることに注目すべきである。所望の平面外のそのような動きは、平衡質量に十分な垂直剛性を与えることによって最小化できる。

【 0 0 1 7 】

上記ピボット点が垂直に整列する釣合い位置から上記平衡質量が変位すると、この平衡質量の運動方向の水平力が上記平衡質量への重力の作用によって発生するように、各支持要素を、使用する際、平衡質量の下に配置するのが好ましい。これは、弾性手段と組合せて、重力によって発生する上記水平力と反対方向に上記平衡質量上に補償力をもたらし、この平衡質量が完全に近い方法で作動できるようにこの補償力を大きさがこの水平力と等しくなるように構成することによって平衡質量の水平剛性をゼロに近くすることを可能にする。ある用途（例えば、その全部を参考までにここに援用するEP02253970.4参照）では、水平方向の剛性が必要であり、これは、補償力が大きさが重力によって発生する水平力より大きくまたは小さいように、過大または過小な弾性手段を使うことによって得ることができる。

【 0 0 1 8 】

或る実施例では、支持要素が中間部；一端を上記中間部におよび他端を上記ベースフレームにピボット取付けした、少なくとも二つのベースフレーム結合部材；並びに一端を上記中間部におよび他端を上記平衡質量にピボット取付けした、少なくとも二つの平衡質量結合部材を含む。この実施例は、平衡質量をそのような支持要素上に支持するとき、平衡質量の水平方向の運動中、ベースフレームに対するこの平衡質量の傾斜または垂直運動が最小化されるという利点を有する。

【 0 0 1 9 】

この発明の更なる態様によれば、デバイス製造方法であって：

- ベースフレーム上に配置した基板テーブル上に、少なくとも部分的に放射線感応性材料の層で覆われた基板を用意する工程；
- 放射線システムを使って放射線の投影ビームを用意する工程；
- この投影ビームの断面にパターンを付けるためにパターンニング手段を使う工程；
- この放射線のパターン化したビームをこの放射線感応性材料の層の目標部分上に投影する工程；および
- 上記基板テーブルと上記ベースフレーム上に支持した平衡質量との間に反力を発生することによって上記ベースフレームに対して上記基板テーブルを動かす工程を含み、

上記平衡質量におよび上記ベースフレームに機械的に取付けた少なくとも一つの柔軟な支持要素を使って上記平衡質量を支持することに特徴がある方法が提供される。

【 0 0 2 0 】

この本文では、ICの製造に於けるこの発明による装置の使用を具体的に参照してもよいが、そのような装置は、他の多くの可能な用途があることを明確に理解すべきである。例えば、それを集積光学システム、磁区メモリ用誘導検出パターン、液晶ディスプレイパネル、薄膜磁気ヘッド等の製造に使ってもよい。当業者は、そのような代替用途の関係では、この本文で使う“レチクル”、“ウエハ”または“ダイ”という用語のどれも、それぞれ、より一般的な用語“マスク”、“基板”および“目標部分”で置換えられると考えるべきであることが分るだろう。

【 0 0 2 1 】

本文書では、“放射線”および“ビーム”という用語を紫外放射線（例えば、365、248、193、157または126nmの波長の）および超紫外線（EUV）（例えば、5～20nmの範囲の波長を有する）、並びにイオンビームまたは電子ビームのような

10

20

30

40

50

、粒子ビームを含むあらゆる種類の電磁放射線を包含するために使用する。

【 0 0 2 2 】

次にこの発明の実施例を、例としてだけ、添付の概略図を参照して説明する。これらの図で、対応する参照記号は、対応する部品を示す。

【 実施例 1 】

【 0 0 2 3 】

図 1 は、この発明の特別の実施例によるリソグラフィ投影装置を概略的に描く。この装置は：

- 放射線（例えば、EUV放射線）の投影ビームPBを供給するための、放射線システムEx、ILで、この特別の場合、放射線源LAも含むシステム；
- マスクMA（例えば、レチクル）を保持するためのマスクホルダを備え、且つこのマスクを部材PLに関して正確に位置決めするために第1位置決め手段に結合された第1物体テーブル（マスクテーブル）MT；
- 基板W（例えば、レジストを塗被したシリコンウエハ）を保持するための基板ホルダを備え、且つこの基板を部材PLに関して正確に位置決めするために第2位置決め手段に結合された第2物体テーブル（基板テーブル）WT；および
- マスクMAの被照射部分を基板Wの目標部分C（例えば、一つ以上のダイを含む）上に結像するための投影システム（“レンズ”）PL（例えば、ミラー集合体）を含む。

ここに描くように、この装置は、反射型である（即ち、反射性のマスクを有する）。しかし、一般的に、それは、例えば、（透過性のマスクを備える）透過型でもよい。その代わりに、この装置は、上に言及した種類のプログラム可能ミラーアレイのような、他の種類のパターニング手段を使ってもよい。

【 0 0 2 4 】

この線源LA（例えば、レーザ励起プラズマまたは放電プラズマ源）は、放射線のビームを作る。このビームを直接か、または、例えば、ビーム拡大器Exのような、状態調節手段を通してから、照明システム（照明器）ILの中へ送る。この照明器ILは、このビームの強度分布の外側および/または内側半径方向範囲（普通、それぞれ、外側および/または内側と呼ぶ）を設定するための調整手段AMを含む。その上、それは、一般的に、積分器INおよびコンデンサCOのような、種々の他の部品を含む。この様にして、マスクMAに入射するビームPBは、その断面に所望の均一性および強度分布を有する。

【 0 0 2 5 】

図 1 に関して、線源LAは、（この線源LAが、例えば、水銀灯である場合によくあることだが）このリソグラフィ投影装置のハウジング内にあってもよいが、このリソグラフィ投影装置から遠く離れていて、それが作った放射線ビームをこの装置に（例えば、適当な指向ミラーを使って）導いてもよいことに注目すべきで；この後者のシナリオは、線源LAがエキシマレーザである場合によくあることである。本発明および請求項は、これらのシナリオの両方を包含する。

【 0 0 2 6 】

ビームPBは、次に、マスクテーブルMT上に保持されたマスクMAを横切る。マスクMAを横断してから、ビームPBは、レンズPLを通過し、それがこのビームを基板Wの目標部分C上に集束する。第2位置決め手段（および干渉計測定手段IF）を使って、基板テーブルWTを、例えば、異なる目標部分CをビームPBの経路に配置するように、正確に動かすことができる。同様に、例えば、マスクMAをマスクライブラリから機械的に検索してから、または走査中に、第1位置決め手段を使ってマスクMAをビームPBの経路に関して正確に配置することができる。一般的に、物体テーブルMT、WTの移動は、図 1 にはっきりは示さないが、長ストロークモジュール（粗位置決め）および短ストロークモジュール（微細位置決め）を使って実現する。しかし、ウエハステッパの場合は（ステップアンドスキャン装置と違って）、マスクテーブルMTを短ストロークアクチュエータに結合するだけでもよく、または固定してもよい。

【 0 0 2 7 】

10

20

30

40

50

図示する装置は、二つの異なるモードで使うことができる：

1. ステップモードでは、マスクテーブルMTを本質的に固定して保持し、全マスク像を目標部分C上に一度に（即ち、単一“フラッシュ”で）投影する。次に基板テーブルWTをxおよび/またはy方向に移動して異なる目標部分CをビームPBで照射できるようにする；

2. 走査モードでは、与えられた目標部分Cを単一“フラッシュ”では露出しないことを除いて、本質的に同じシナリオを適用する。その代わりに、マスクテーブルMTが与えられた方向（所謂“走査方向”、例えば、y方向）に速度vで動き得て、それで投影ビームPBがマスク像の上を走査させられ；同時に、基板テーブルWTがそれと共に同じまたは反対方向に速度 $V = Mv$ で動かされ、このMはレンズPLの倍率（典型的には、 $M = 1/4$ または $1/5$ ）である。この様にして、比較的大きい目標部分Cを、解像度について妥協する必要なく、露出できる。

10

【0028】

図1から分るように、典型的EUV装置は、ベースプレートBPを含み、その上にこのリソグラフィ投影装置の種々の部品が支持してある。

【0029】

図2は、ベースプレートBPが大地10に堅く結合したベースフレームBFから成ることを示す。基板テーブル真空室VCのような、このEUV装置のある部品は、堅い方法でこのベースフレームBFに結合してある。投影システムPLは、能動的振動絶縁システム(AVIS)のばね55でベースフレームBFに柔軟に結合してある計測フレーム50上に取付けることによって、ベースフレームBFの振動から絶縁してある。

20

【0030】

ベースフレームBF上のどんな外乱力も部分的には能動的振動絶縁システム(AVIS)の機械的ばね55を介して計測フレーム50に伝えられるだろう。この結果の計測フレーム50の運動がウエハステージWTのセンサおよび投影システムPLのあらゆる光学素子の位置センサを妨害するだろう。これは、大きな位置決め誤差、従ってオーバーレイおよびCD誤差を生ずる結果になるだろう。

【0031】

ベースフレームBF上の外乱力を最小にするために、運動量保存のニュートンの法則に従って、基板テーブルWTを基板テーブル支持フレームSF（ベースフレームBFに堅く結合した）上に配置する。これは、基板テーブルWTと平衡質量BMの間に位置決めアクチュエータ20を設けることによって行う。基板テーブルWTと平衡質量BMの両方は、基板テーブル支持フレームSFの表面に平行な水平面での並進または運動がほぼ自由であるように取付けてある。

30

【0032】

反力を発生するために位置決めアクチュエータ20が作動すると、基板テーブルWTと平衡質量BMは、平衡質量対基板テーブルの質量比に依って異なる量だけ反対方向に並進する。この様にして、ニュートンの法則に基づく計算を使って基板テーブルWTを投影システムPLに対して配置することができる。

【0033】

平衡質量の並進運動の平面に垂直な平面で回転可能なはずみ車をこの平衡質量上に設けてもよい。この様にして、もし基板テーブルWTを回転するとしたら、このはずみ車が回転する平面を変えることによって反力を平衡質量BMに加えることができる。

40

【0034】

図3は、本発明の第1実施例で平衡質量BMをベースフレームBFに取付ける方法を概略的に示す。

この平衡質量は、少なくとも一つの支持要素110によってベースフレーム上に支持してある。即ち、この支持要素が平衡質量BMの重さを受け且つそれを直接ベースフレームに伝える。図示する実施例では、二つのそのような支持要素があるが、実際には三つ以上が必要になりそうである。少なくとも三つの支持要素110が全て、使用中、平衡質量の

50

下にあるのが好ましい。支持要素 110 は、剛く、それらを真っ直ぐにしておくために予め張力が掛けてあるのが好ましい。支持要素 110 は、両端がヒンジ 112、114 によってベースフレーム BF および平衡質量 BM にピボット取付けしてある。ヒンジ 112、114 は、これらのヒンジが止り前方位置から撓むと、この止り前方位置の方へ小さな力が発生するように、それぞれこの剛い棒の端と平衡質量およびベースフレームとの間に伸びる弾性材料で作った弾性ヒンジであるのが好ましい。これを図 4 に示す。その代りに、この第 1 実施例では、ヒンジ 112、114 がゼロ剛性（即ち、非弾性）で、例えばボールベアリングで作ってもよい。

【0035】

各支持要素のヒンジ 112、114 が垂直に整列するように平衡質量が位置するとき、平衡質量 BM 上に重力によって発生する力の水平成分はないだろう。しかし、支持要素 110 のヒンジ 112、114 が垂直に整列しないように平衡質量が位置するとき、平衡質量 BM に重力が作用することによって水平力が発生するだろう。これを負の剛性と呼ぶ。

10

【0036】

この負の剛性は、弾性手段を使って平衡質量 BM に補償力を加えることによって補償することができる。この第 1 実施例ではヒンジ 112、114 の弾力性が十分大きくなく、それで少なくとも一つのばね 120 がベースフレーム BF と平衡質量 BM の間に結合してある。弾性手段、即ち、ヒンジ 112、114 およびばね 120 を正しい大きさに作ることによって、平衡質量 BM への重力の作用による水平力をこの弾性手段の寄生水平剛性によって生ずる力によって正確に補償することができる。ばね 120 は、両端 124、126 でそれぞれヒンジでベースフレームおよび平衡質量にピボット止めしてある。図 4 に示すように、これらのヒンジは、支持要素 110 に関連して使用したような弾性型でもよい。

20

【0037】

この様にして、平衡質量用に長ストローク、低水平剛性（即ち、低水平固有振動数）および高垂直剛性の支持手段を設けることができる。

分るように、平衡質量 BM とベースフレーム BF の間に結合した水平ばねによって寄生水平剛性も与えることができる。

【0038】

図 5 は、弾性手段 120 を支持要素 110 に関連して設けた代替実施例を示す。この代替変形は、支持要素および弾性手段を別々に有するよりコンパクトであるという利点を有する。長さ約 300 mm のばね 120 に予め張力が掛けてあり、平衡質量 BM とベースフレーム BF の間に結合してある。この構成では、図 3 に示すように平衡質量 BM の上に弾性部品を配置する必要がない。ばね 120 は、任意の強く且つ弾性的材料で作ることができる。現在好ましい材料は、ばね鋼およびチタンである。

30

この実施例は、図 3 に示すものと並んで逆に、即ち、ばね 120 が平衡質量 BM の下にあって圧縮状態にあるように、機能することもできる。その場合、支持要素 110 は、ケーブルのような柔軟な繋ぎ材でもよい。

【実施例 2】

【0039】

次にこの発明の第 2 実施例を図 6 を参照して説明する。本発明の第 2 実施例は、以下に説明することを除いて第 1 実施例と同じである。

40

図 6 で、平衡質量 BM は、この平衡質量 BM の下に配置し且つこの平衡質量 BM およびベースフレーム BF に機械的に取付けた弾性棒から成る複数の支持要素 210 によってベースフレーム BF 上に支持されている。縦方向に垂直なこの棒の断面は、正方形であるのが好ましく、それは最大撓みでの応力がそのような細い断面に対して最も低いからである。しかし、円形またはその他の断面も可能である。

【0040】

図 6 に示すように、これらの棒は、中央部 212 の上下で揺れるように設計しており、この中央部は、この棒の残りより剛くても剛くなくてもよい。第 1 実施例と同じ原理を適

50

用し、即ち、重力によって平衡質量上に使用する水平力を弾性手段、即ち、支持要素 2 1 0 自体によって補償する。重力による力の量は、平衡質量重心とピボット点の間の長さの差の関数である。この距離が大きければ大きい程、剛性、従って揺動または振子固有振動数が小さい。

【 0 0 4 1 】

この概念の背後にある理論は、柔軟な支持要素 2 1 0 の（望ましくない）正の水平剛性を補償するためにこの負の“揺動”剛性を使うことである。平衡質量 B M は、もしこの負の揺動剛性が柔軟な取付け台の水平寄生剛性を正確に補償するならば寄生剛性ゼロで、水平方向に自由に動ける。これは、支持要素 2 1 0 がこの支持要素 2 1 0 の中央部 2 1 2 の両側で平衡質量 B M の重心の下にピボット点 2 1 4、2 1 6 を有することを保証すること

10

【 0 0 4 2 】

この負の剛性、即ち、平衡質量 B M 上の重力による水平力は、支持要素 2 1 0 の剛性を計算できるように、基本原理を使って容易に計算できる。そこでそれは、これら二つの力が等しいように関連する寸法および剛性を設計する問題である。もし、平衡質量 B M の重さが約 2 0 0 0 k g あるならば、直径 3 . 5 m m およびピボット点間の長さ 3 0 0 m m（および全長 3 5 0 m m）で、各組 2 5 本の二組の棒が具合がいいことが分った。この場合、望ましくない、最大垂直変位は、許容機械的剛性水平方向に 6 ないし 1 0 N / m m および垂直方向に 7×10^7 N / m m に対して最大水平変位 1.2×10^{-3} m で 2 4 0 μ m しかない。

20

【実施例 3】

【 0 0 4 3 】

次にこの発明の第 3 実施例を図 7 ないし図 9 を参照して説明する。この第 3 実施例は、以下に説明することを除いて第 1 実施例と同じである。図 7 の構成で、支持要素は、一つは平衡質量に近く位置し、一つはベースフレームに近いヒンジによって作られた二つのピボット点 2 5 2 を除いて剛いカルダン式ビーム 2 5 0 である。二つのヒンジ 2 5 2 は、それらが重力による平衡質量上の力を補償する力をもたらずように性質が弾性的である。図 8 および図 9 は、ヒンジ 2 5 2 の二つの実施例を示し、それらを強く弾性的であるべきむくの材料で作るのが好ましいことが分る。材料の例は、ばね鋼とチタンである。

【 0 0 4 4 】

図示する各ヒンジでは、むくの棒から材料を削り取って材料の小さい薄片だけを残し、それを本発明に関連する典型的な力によって変形できる。

30

【 0 0 4 5 】

図 8 に示すヒンジでは、むく棒に第 1 切込み 2 5 4 を作ってこの棒の負荷を支える縦方向に材料の薄片 2 5 6 だけを残す。第 2 切込み 2 6 4 は、第 2 薄片 2 6 6 だけを残す。縦方向の二つの薄片 2 5 6、2 6 6 は、薄片 2 5 6、2 6 6 を柔軟に結合することによってこのヒンジの 2 次元でのカルダン運動が可能であるように、互いに直交するように配置してある。

【 0 0 4 6 】

図 9 に示す実施例で、切込み 2 7 4、2 8 4 は、互いにこの棒の縦方向に垂直な直角でこの棒を貫通する二組の二つ孔 2 7 6、2 8 6 と共同して負荷を支持する材料の二つの薄片 2 7 8、2 8 8 を残す。それで底部に対するこの棒の上部の 2 次元の運動が可能である。

40

【 0 0 4 7 】

図 7 のカルダン式システムに対して、計算によれば、1 0 0 m m 掛ける 1 0 0 m m の正方形断面で、ピボット点間の長さ 5 0 0 m m および全長 5 8 3 m m の三つのカルダン式ビームが 1.2×10^{-3} m の最大水平変位に満足な結果を与えることを示す。この場合、最大垂直変位は、1 4 4 μ m に過ぎない。

【実施例 4】

【 0 0 4 8 】

50

第4実施例を2次元システム、即ち、図10の1自由度の運動を可能にするものおよび3次元システム、即ち、図11の2自由度の運動を可能にするものを参照して説明する。この第4実施例は、以下に説明することを除いて第1実施例と同じである。

【0049】

図10a、図10bから分るように、この第4実施例の平衡質量は、支持要素310によって支持されている。図示する実施例では、支持要素310を平衡質量BMの下に配置されているように示す。しかし、実際には支持要素310を平衡質量BMの上か下に配置してもよい。少なくとも三つの支持要素310があるのが好ましい。

【0050】

第1および第2実施例と違って、この第4実施例でベースフレームBFに対する平衡質量BMの垂直高さは、平衡質量が水平に動いてもそれ程変わらない。これは、支持要素310を使うことに影響される。図10aおよび図10bは、2次元でこれがどの様に可能かを示し、図11および図12は、このシステムを3次元にどの様に適合できるかを示す。

【0051】

図10aおよび図10bを参照して、各支持要素310は、平衡質量BMとベースフレームBFの間(約150mm離れている)の間接結合に備える中間部320を含む。平衡質量結合部材330がこの平衡質量にピボット結合してあり、およびこの中間部320にピボット結合してある。同様に、ベースフレーム結合部材340がベースフレームBFと中間部320の間にピボット結合してある。これらのピボット結合は、ヒンジによってもたらされる。

【0052】

中間部320は、図示する実施例では、I形をしている。しかし、平衡質量結合部材330を単一平面で中間部320に結合してもよく且つベースフレーム結合部材もこれらの平衡質量結合部材を中間部320に結合する平面と別の単一平面で結合してもよい限り、どんな形を使ってもよい。全てのベースフレーム結合部材340の長さが同じで、全ての平衡質量結合部材330の長さが同じであるのが好ましい。この様にして、平衡質量BMを垂直に変位することなく、この平衡質量BMをベースフレームBFに対して水平方向に動かすことが可能である。図10bから分るように、これは、中間部320の回転により並びにおよび平衡質量、ベースフレームおよび中間部に対するベースフレーム結合部材および平衡質量結合部材の角度の変化により起る。それで支持要素310の全ての部品(ヒンジを除いて)が剛性である。結合部材330、340、平衡質量BM、ベースフレームBFおよび中間部320間のピボット点、即ち、ヒンジは、平衡質量BMが30mmまでのストロークで水平剛性は殆どないが高い垂直剛性で水平方向に動けるように、回転自在である。

【0053】

図10aおよび図10bに示したのと同じ2次元原理を3次元で使用するもう一つの実施例を図11および図12に示す。この実施例では、下半分(図11)が中間部320に結合したベースフレーム結合部材340を含む。これは、ベースフレームBFの平面から平衡質量BMの方へ伸び且つベースフレーム結合部材340が結合してある支持体335を設けることによって達成する。これらの支持体335は、結合部材340に張力しか掛けないことを保証する。従って、如何なる座屈効果も予想できない。図11に示す下半分に対して、結合部材340は、ケーブルのような柔軟な繋ぎ材でもよい。平衡質量支持体345を備える類似の構成を図12に示す上半分に使用する。ベースフレーム結合部材340とベースフレーム支持体335の間のピボット取付けは、平衡質量結合部材330と平衡質量支持体345の間のピボット結合より平衡質量に近い。それで3次元実施例用の構成は、2次元実施例のそれから反転するが、動作原理は同じである。中間部320が上部と下部にあり、それらの部品が平衡質量BMおよびベースフレームBFの平面に垂直な軸の周りに互いに対して回転可能であるので、平衡質量BMの回転ももたらす。

【0054】

もし、中間部320に互いに対して回転可能な上部および下部が無いならば、ベースフ

10

20

30

40

50

レーム B F に対する平衡質量 B M の回転は、小さな垂直並進になるだろう。

【 0 0 5 5 】

2次元実施例と3次元実施例の両方で、平衡質量支持要素およびベースフレーム支持要素が平衡質量 B M およびベースフレーム B F の平面に平行なある共通平面を貫通する。

【 実施例 5 】

【 0 0 5 6 】

第5実施例を2次元システム、即ち、1自由度の運動を可能にするが、3自由度 (x、y、R z) を可能にする3次元システムとしても適用できるものを参照して説明する。この第5実施例は、以下に説明することを除いて第1実施例と同じである。

【 0 0 5 7 】

図13に示すように、平衡質量 B M が繋ぎ材である支持要素 4 0 0 によって、即ち、それらが緊張して、ベースフレーム B F 上に支持してある。これらの支持要素 4 0 0 は、二つのピボット点 4 1 0、4 2 0 を有し、この支持要素 4 0 0 は、少なくともこれらのピボット点で曲り得る。図示のように、ピボット点 4 1 0、4 2 0 は、支持要素 4 0 0 がベースフレーム B F および平衡質量 B M に取付けてある位置でヒンジである。しかし、これは、特に支持要素 4 0 0 がケーブルのような柔軟な要素から成る場合には必ずしもそうではない。この場合、ヒンジを設ける必要がなく、平衡質量が端から端まで動くところの繋ぎ材によって二つのピボット点が自然にできる。

【 0 0 5 8 】

平衡質量がその釣合い位置から一方または他方に動くとき、それは、重力によりそれに心出し力を受けるだろう。この心出し力は、平衡質量がその中心位置から漂い去らないことを意味するので、ある状況では望ましい。

【 実施例 6 】

【 0 0 5 9 】

図14および図15を参照して第6実施例を説明する。この第6実施例は、以下に説明することを除いて第1実施例と同じである。

この第6実施例では、平衡質量 B M が少なくとも一つの平衡質量支持部材 5 0 0 によって支持してある。ベースフレーム B F 上に平衡質量 B M を支持する少なくとも三つの平衡質量支持部材 5 0 0 があるのが好ましい。この平衡質量支持部材 5 0 0 は、図示する実施例では、リングの形をした、外構造体 5 1 0 を含む。この外構造体 5 1 0 は、取付け点 5 1 5 によってベースフレーム B F に取付けてある。

【 0 0 6 0 】

平衡質量 B M は、外構造体 5 1 0 内に位置する平衡質量支持部材 5 0 0 の中央構造体 5 2 0 に取付けてある。図示する実施例では、この中央構造体 5 2 0 が平衡質量 B M に取付けてある上板 5 2 5 を有する。この上板 5 2 5 は、平衡質量 B M が中央構造体 5 2 0 に対して動くことを可能にするように回転に対して柔軟である。その代りに、この上板 5 2 5 は、平衡質量 B M を中央構造体 5 2 0 に対して回転させ、それによって R z 軸 (光軸) 周りの回転を可能にする玉継手装置で置換えることができる。

【 0 0 6 1 】

図15で最もはっきり分るように、中央構造体 5 2 0 は、支持要素 5 3 0 によって外構造体 5 1 0 に取付けてある。平衡質量 B M の重さを支えるに十分強い、少なくとも三つの支持要素 5 3 0 があるのが好ましい。これらの支持要素 5 3 0 は、それらが外構造体 5 1 0 および中央構造体 5 2 0 に取付けてある位置 (位置 5 3 7、5 3 6) 並びにこの支持要素の中央に近い位置 5 3 5 でもヒンジ結合してある。これらのピボット点 5 3 5、5 3 6、5 3 7 は、それらが結合する部品が平衡質量の動く平面と実質的に直交する軸周りに相対回転することを可能にする。これらのピボット点の間に位置する要素 5 3 2 および 5 3 4 は、それらが受ける負荷の下で曲らないように設計してある。このため、それらは扁平で、それらの主面が平衡質量 B M の動く平面と直交する。

【 0 0 6 2 】

支持要素 5 3 0 は、弾性ヒンジ 5 3 5 で一緒に取付けてある2枚の板ばねを含むのが好

10

20

30

40

50

ましい。それで、中央構造体 5 2 0 が外構造体 5 1 0 に対して動くとき、支持要素 5 3 0 がピボット点 5 3 5、5 3 6、5 3 7 で曲り、これらの弾性ヒンジによって加えられる力が中央構造体 5 2 0 に小さな集中力をもたらす。これは、平衡質量 B M が中央釣合い位置から漂い去るのを減少できるので有利なことがある。勿論、ピボット点 5 3 5、5 3 6 および 5 3 7 は、近無摩擦ヒンジでもよい。

【 0 0 6 3 】

この第 6 実施例の支持要素 5 3 0 を製造する一つの方法は、一片の材料から平衡質量支持部材 5 0 0 全体を機械加工することによる。支持要素 5 3 0 は、単品材料で作ることができ、そこではピボット部 5 3 5、5 3 6、5 3 7 を非屈曲部 5 3 2、5 3 4 より薄く作る。これが図 1 4 に示すものである。

10

【 0 0 6 4 】

もし、平衡質量支持部材 5 0 0 が直径 3 0 0 mm のオーダのものであれば、これは、中央部 5 2 0 がその中心位置から約 1 0 mm の運動範囲を持つことを可能にする。これは、平衡質量 B M が適正に機能するために十分である。その代りに、この平衡質量をベースフレームと平衡質量の間に結合した少なくとも三つの支持要素 5 3 0 によって支持してもよい。

【 実施例 7 】

【 0 0 6 5 】

第 7 実施例を図 1 6 を参照して 2 次元システム、即ち、1 自由度の運動を可能にするものに関して説明する。この第 7 実施例は、以下に説明することを除いて第 1 実施例と同じである。

20

【 0 0 6 6 】

この第 7 実施例は、平衡質量 B M を、上に図 6 に関して説明した支持要素 2 1 0 によって、中間フレーム 6 0 0 上に支持するハイブリッド実施例である。この中間フレーム 6 0 0 は、図 1 3 を参照して先に説明したような支持要素 4 0 0 でベースフレーム B F に取付けてある。任意に、この中間フレーム 6 0 0 を中間フレーム 6 0 0 とベースフレーム B F の間に結合した圧縮ばね 6 1 0 によっても部分的に支持する。

【 0 0 6 7 】

第 7 実施例は、上に説明した全ての実施例の特徴を互いに組合わせて使用し、それによって真空環境に適した平衡質量用の支持をもたらしてもよいことを示す。

30

【 0 0 6 8 】

この発明の特定の実施例を上にも説明したが、この発明を説明したのと別の方法で実施してもよいことが分るだろう。この説明は、この発明を制限することを意図しない。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 6 9 】

【 図 1 】 この発明の実施例によるリソグラフィ投影装置を描く。

【 図 2 】 この発明による平衡質量の動作原理を描く。

【 図 3 】 本発明の第 1 実施例による平衡質量の動作原理を描く。

【 図 4 】 本発明の第 1 実施例の支持要素および弾性手段を描く。

【 図 5 】 本発明の第 1 実施例の組合わせた支持要素および弾性手段を描く。

40

【 図 6 】 本発明の第 2 実施例の動作原理を描く。

【 図 7 】 本発明の第 3 実施例の動作原理を描く。

【 図 8 】 本発明の第 3 実施例の弾性ヒンジを描く。

【 図 9 】 本発明の第 3 実施例の弾性ヒンジの代替設計を描く。

【 図 1 0 a 】 本発明の第 4 実施例の 2 次元での動作原理を描く。

【 図 1 0 b 】 本発明の第 4 実施例の 2 次元での動作原理を描く。

【 図 1 1 】 本発明の第 4 実施例の実際の 3 次元態様の下半分を詳細に描く。

【 図 1 2 】 本発明の第 4 実施例の完全な実際の 3 次元態様を詳細に描く。

【 図 1 3 】 本発明の第 5 実施例の動作原理を描く。

【 図 1 4 】 本発明の第 6 実施例の実際の 3 次元態様を描く。

50

【図15】本発明の第6実施例の動作原理を描く。

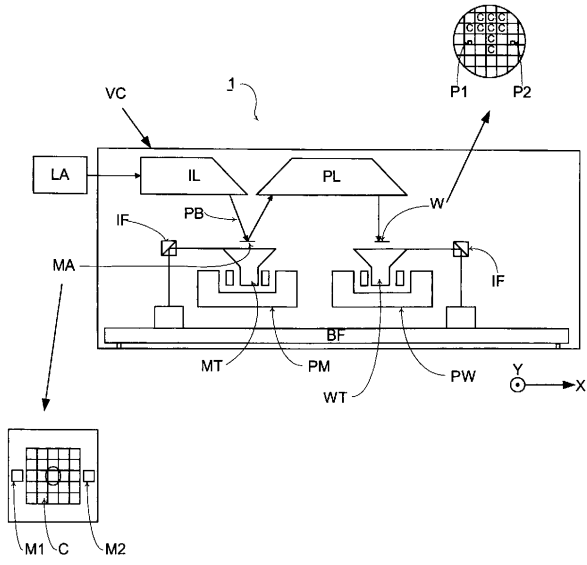
【図16】本発明の第7実施例の動作原理を示す。

【符号の説明】

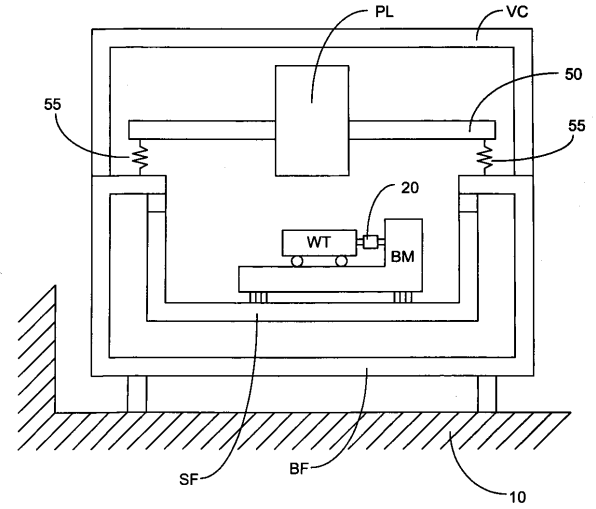
【0070】

110	支持要素	
112	ピボット点	
114	ピボット点	
120	弾性手段	
210	支持要素	
212	中央部	10
214	ピボット点	
216	ピボット点	
250	支持要素	
252	ピボット点	
310	支持要素	
320	中間部	
330	平衡質量結合部材	
340	ベースフレーム結合部材	
400	支持要素	
410	ピボット点	20
420	ピボット点	
530	支持要素	
535	ピボット点	
536	ピボット点	
537	ピボット点	
B F	ベースフレーム	
B M	平衡質量	
C	目標部分	
E x	ビーム拡大器	
I L	照明器	30
L A	放射線源	
M A	パターンニング手段	
M T	支持構造体	
P B	投影ビーム	
P L	投影システム	
W	基板	
W T	基板テーブル	

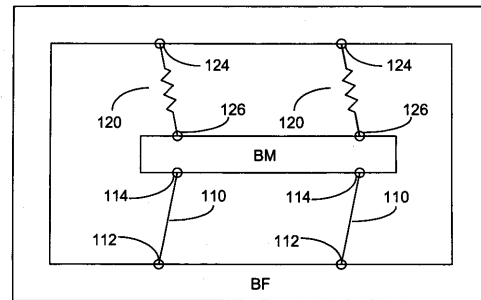
【 図 1 】



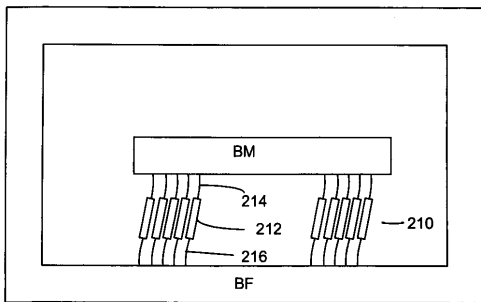
【 図 2 】



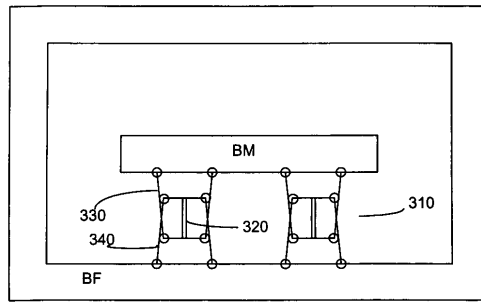
【 図 3 】



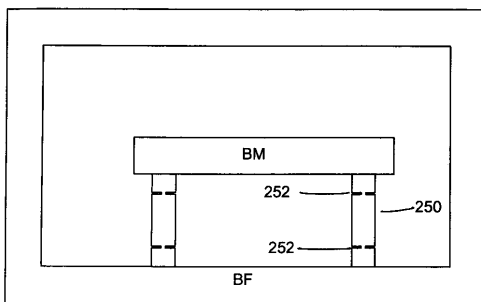
【 図 6 】



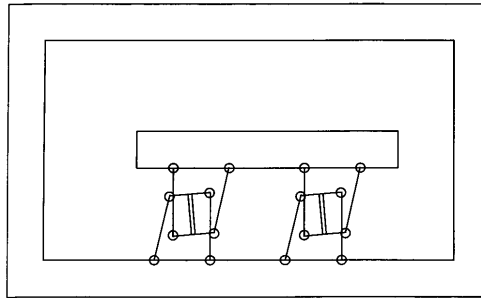
【 図 10 a 】



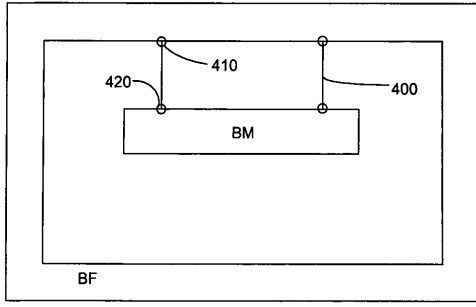
【 図 7 】



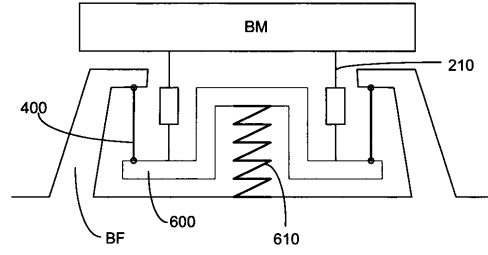
【 図 10 b 】



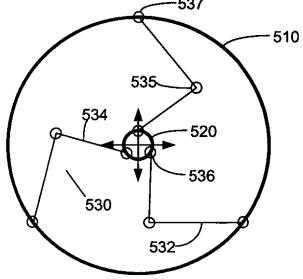
【 図 1 3 】



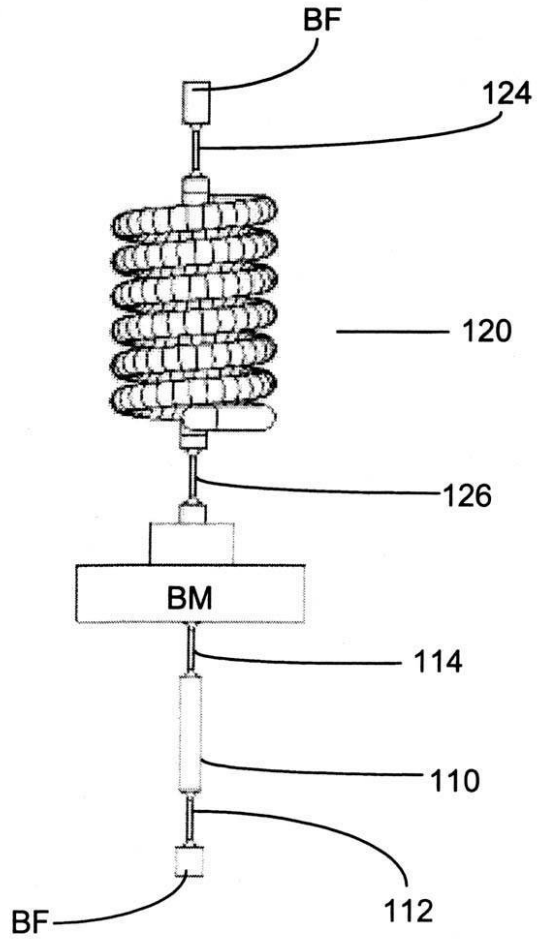
【 図 1 6 】



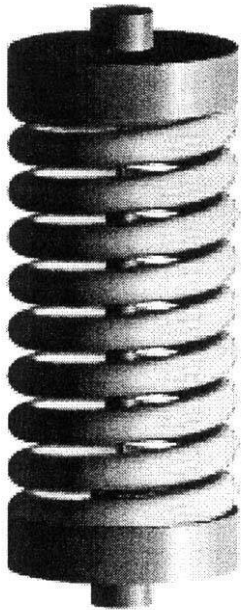
【 図 1 5 】



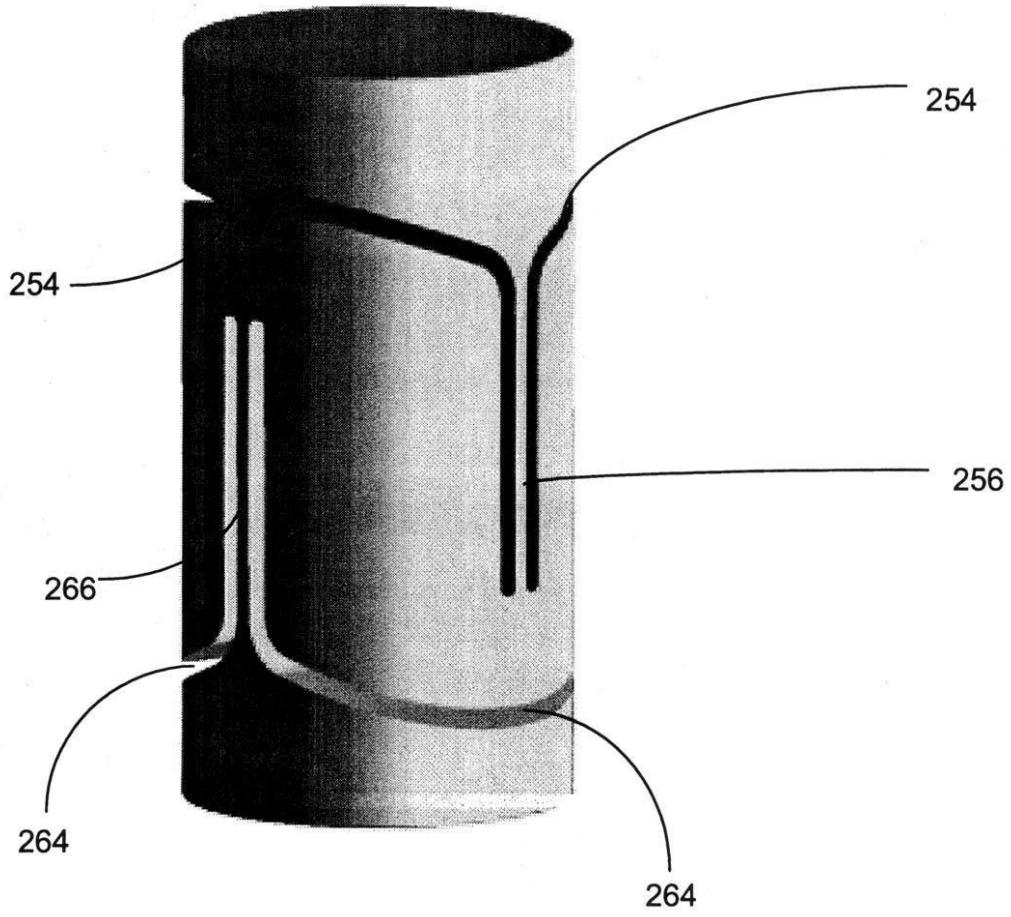
【 図 4 】



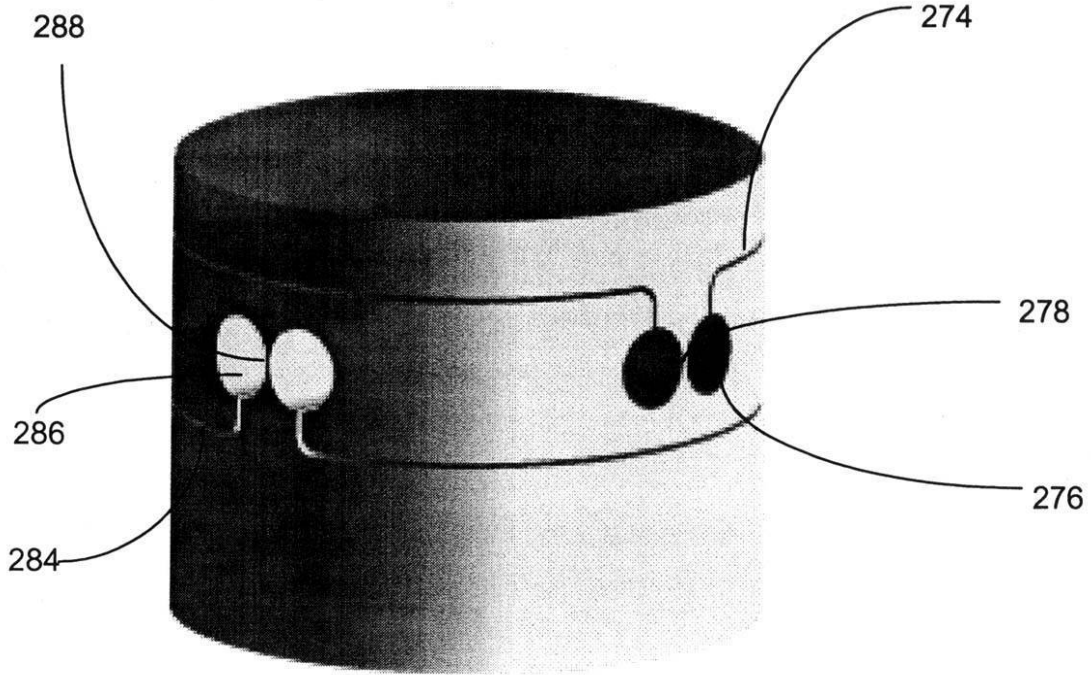
【 図 5 】



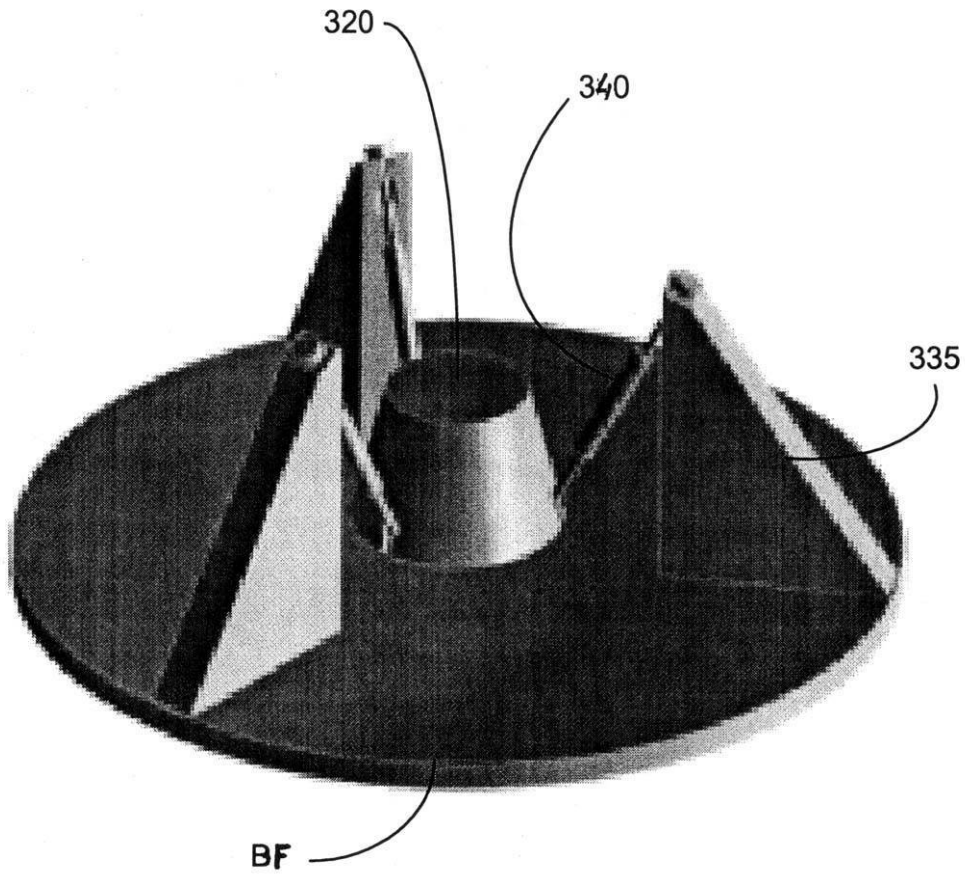
【 図 8 】



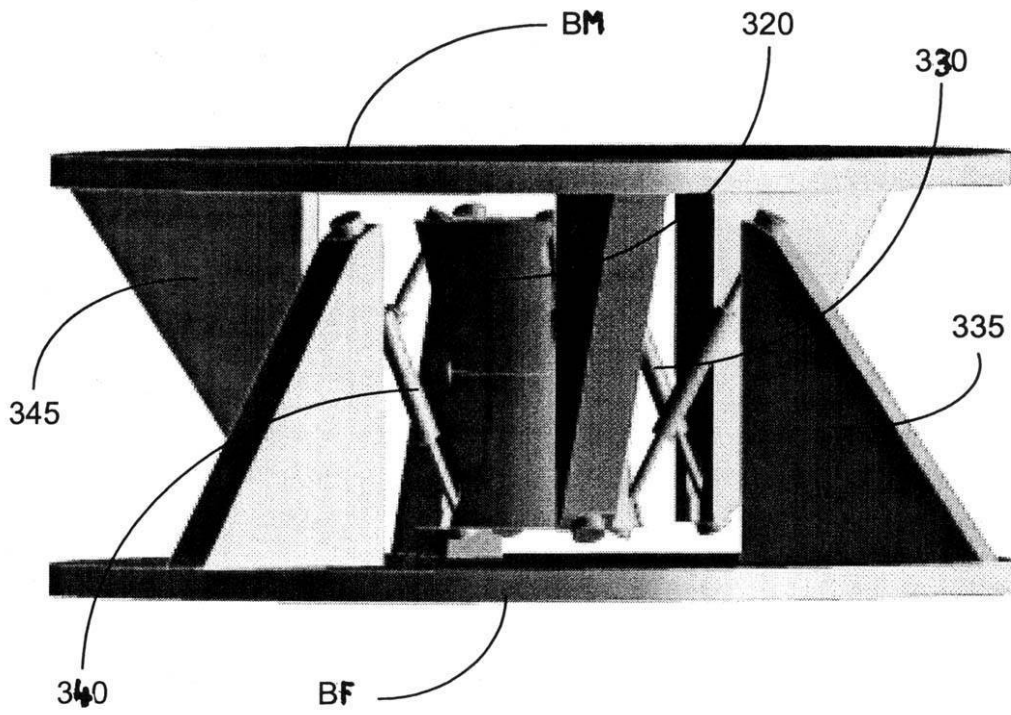
【 図 9 】



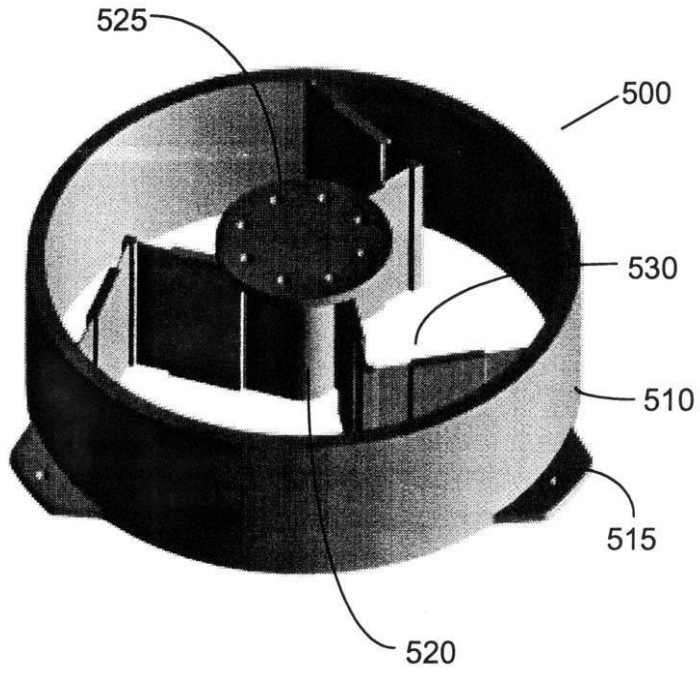
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【 図 1 4 】



フロントページの続き

- (72)発明者 ヘンリクス ヘルマン マリー コックス
オランダ国 エイントホーフェン、ベルクフェン 41
- (72)発明者 ペトリュス マシユス ヘンリクス フォステルス
オランダ国 ブラデル、スニーデルスラーン 71

審査官 佐藤 秀樹

- (56)参考文献 特開昭63-153819(JP,A)
特開2002-015985(JP,A)
特開2002-025903(JP,A)
特開平05-335199(JP,A)
特開2002-022868(JP,A)
実開昭64-040089(JP,U)
特開平04-268713(JP,A)
特開平11-226823(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/027
H01L 21/68