

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6596419号  
(P6596419)

(45) 発行日 令和1年10月23日(2019.10.23)

(24) 登録日 令和1年10月4日(2019.10.4)

|                      |               |
|----------------------|---------------|
| (51) Int. Cl.        | F I           |
| GO2B 7/182 (2006.01) | GO2B 7/182    |
| GO3F 7/20 (2006.01)  | GO3F 7/20 521 |
|                      | GO3F 7/20 503 |

請求項の数 19 (全 14 頁)

|                    |                               |           |  |
|--------------------|-------------------------------|-----------|--|
| (21) 出願番号          | 特願2016-534645 (P2016-534645)  | (73) 特許権者 | 503263355  |
| (86) (22) 出願日      | 平成26年10月14日(2014.10.14)       |           | カール・ツァイス・エスエムティー・ゲー<br>エムペーハー                      |
| (65) 公表番号          | 特表2016-540247 (P2016-540247A) |           | ドイツ連邦共和国、73447 オーバー<br>コッヘン、ルドルフ・エーバー・シュトラ<br>ーセ 2 |
| (43) 公表日           | 平成28年12月22日(2016.12.22)       | (74) 代理人  | 100147485  |
| (86) 国際出願番号        | PCT/EP2014/072021             |           | 弁理士 杉村 憲司  |
| (87) 国際公開番号        | W02015/078632                 | (74) 代理人  | 100169823  |
| (87) 国際公開日         | 平成27年6月4日(2015.6.4)           |           | 弁理士 吉澤 雄郎  |
| 審査請求日              | 平成29年10月11日(2017.10.11)       | (74) 代理人  | 100174931  |
| (31) 優先権主張番号       | 102013224292.1                |           | 弁理士 阿部 拓郎  |
| (32) 優先日           | 平成25年11月27日(2013.11.27)       | (72) 発明者  | ヘンナー ベイティンガー                                       |
| (33) 優先権主張国・地域又は機関 | ドイツ(DE)                       |           | ドイツ国 73430 アーレン ヴィー<br>ナー シュトラーセ 4                 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学装置用支持装置、光学装置及びリソグラフィシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光学装置用の支持装置(100)であって、  
第 1 支持要素及び第 2 支持要素(102, 104)と、  
第 1 たわみ軸受及び第 2 たわみ軸受(110, 112)とを具え、  
前記第 1 たわみ軸受及び前記第 2 たわみ軸受の各々が、前記第 1 支持要素と前記第 2 支持要素(102, 104)とを互いに接続して、第 1 支持要素(102)を、第 2 支持要素(104)に対して少なくとも第 1 方向(x)に可動な様式で保持し、前記第 1 支持要素(102)が前記第 2 支持要素(104)に対して前記第 1 方向(x)に移動する毎に、前記第 1 たわみ軸受及び前記第 2 たわみ軸受(110, 112)が発生するバネ力(F<sub>110</sub>, F<sub>112</sub>)が、部分的に、または完全に互いに相殺し合い、

前記第 1 たわみ軸受(110)が正のバネ定数(c<sub>pos</sub>)を有し、前記第 2 たわみ軸受(112)が負のバネ定数(c<sub>neg</sub>)を有する、支持装置(100)。

【請求項 2】

前記第 1 たわみ軸受及び前記第 2 たわみ軸受(110, 112)の前記バネ要素(200)が、前記第 1 方向(x)と交差する第 2 方向(y)に延びる、請求項 1 に記載の支持装置。

【請求項 3】

前記第 1 たわみ軸受及び/または前記第 2 たわみ軸受(110, 112)の前記バネ要素(200)に、前記第 2 方向(y)のプレテンションが加えられている、請求項 2 に記載の支持装置。

【請求項 4】

前記第 1 支持要素(102)の非たわみ状態において、前記第 1 たわみ軸受(110)の前記バネ要素(200)が前記第 2 方向(y)に直線状に伸び、及び/または、前記第 2 たわみ軸受(112)の前記バネ要素(200)が、前記第 1 方向またはその逆向きに突出するねじれ(120)を有する、請求項 2 または 3 に記載の支持装置。

【請求項 5】

前記第 1 支持要素の非たわみ状態において、前記第 1 たわみ軸受(110)の前記バネ要素(200)に張力が加えられ、前記第 2 たわみ軸受(112)の前記バネ要素(200)が圧縮されている、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の支持装置。

【請求項 6】

少なくとも 2 つの前記第 1 たわみ軸受(110)及び少なくとも 1 つの前記第 2 たわみ軸受(112)を具え、前記少なくとも 1 つの第 2 たわみ軸受(112)が前記少なくとも 2 つの第 1 たわみ軸受(110)の間に配置されている、請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の支持装置。

【請求項 7】

光学装置(600)用の支持装置(100)であって、  
第 1 支持要素及び第 2 支持要素(102, 104)と、  
第 1 たわみ軸受及び第 2 たわみ軸受(110, 112)とを具え、  
前記第 1 たわみ軸受及び前記第 2 たわみ軸受の各々が、前記第 1 支持要素と前記第 2 支持要素(102, 104)とを互いに接続して、第 1 支持要素(102)を、第 2 支持要素(104)に対して少なくとも第 1 方向(x)に可動な様式で保持し、前記第 1 支持要素(102)が前記第 2 支持要素(104)に対して前記第 1 方向(x)に移動する毎に、前記第 1 たわみ軸受及び前記第 2 たわみ軸受(110, 112)が発生するバネ力( $F_{110}$ ,  $F_{112}$ )が、部分的に、または完全に互いに相殺し合い、

前記第 1 支持要素(102)の前記第 2 支持要素(104)に対する前記第 1 方向(x)への移動の少なくとも一部分において、前記第 1 たわみ軸受及び前記第 2 たわみ軸受(110, 112)が一定の力( $F_{110}$ ,  $F_{112}$ )を発生する、支持装置。

【請求項 8】

前記第 1 支持要素(102)の少なくとも 1 つの部分(400)が、前記第 2 支持要素(104)の第 1 部分と第 2 部分(402, 404)との間に配置され、前記少なくとも 1 つの部分の一方の側面(406)が前記第 1 たわみ軸受(110)によって前記第 1 部分(402)上に支持され、前記少なくとも 1 つの部分の他方の側面(408)が前記第 2 たわみ軸受(112)によって前記第 2 部分(404)上に支持される、請求項 7 に記載の支持装置。

【請求項 9】

前記第 1 たわみ軸受及び/または前記第 2 たわみ軸受(110, 112)の前記バネ要素(200)が前記第 1 方向(x)に伸びる、請求項 7 または 8 に記載の支持装置。

【請求項 10】

前記第 1 たわみ軸受及び/または前記第 2 たわみ軸受(110, 112)の少なくとも 2 つの前記バネ要素(200)が、互いに対して対称に配置されている、請求項 7 ~ 9 のいずれかに記載の支持装置。

【請求項 11】

前記第 1 たわみ軸受及び/または前記第 2 たわみ軸受(110, 112)の前記バネ要素(200)が、前記第 1 方向(x)と交差する第 2 方向(y)及び/または当該第 2 方向の逆向きに突出するねじれ(412, 412')を有する、請求項 9 または 10 に記載の支持装置。

【請求項 12】

前記第 1 支持要素(102)の前記第 2 支持要素(104)に対する移動(x)が直線移動である、請求項 1 ~ 11 のいずれかに記載の支持装置。

【請求項 13】

前記第 1 たわみ軸受及び/または前記第 2 たわみ軸受(110, 112)の前記バネ要素(200)の各々が、少なくとも 1 : 10 の、厚さ(D)対長さ(L)及び幅(B)の比率、または厚さ(D)及び幅(B)対長さ(L)の比率を有する、  
請求項 1 ~ 12 のいずれかに記載の支持装置。

## 【請求項 14】

前記第 1 たわみ軸受及び / または前記第 2 たわみ軸受(110, 112)の前記バネ要素(200)が、ロッド形、ワイヤ形、または薄膜形に具体化される、請求項 1 ~ 13 のいずれかに記載の支持装置。

## 【請求項 15】

前記第 1 たわみ軸受及び / または前記第 2 たわみ軸受(110, 112)の前記バネ要素(200)が、互いに距離をおいて配置される、請求項 1 ~ 14 のいずれかに記載の支持装置。

## 【請求項 16】

前記第 1 たわみ軸受及び / または前記第 2 たわみ軸受(110, 112)の前記バネ要素(200)が、互いに平行に配置される、請求項 1 ~ 15 のいずれかに記載の支持装置。

10

## 【請求項 17】

前記第 1 たわみ軸受及び / または前記第 2 たわみ軸受(110, 112)が金属を含む、請求項 1 ~ 16 のいずれかに記載の支持装置。

## 【請求項 18】

光学素子(106)と、  
請求項 1 ~ 17 のいずれかに記載の支持装置(100)である少なくとも 1 つの支持装置とを具え、

前記第 1 支持要素(102)が前記光学素子(106)に結合され、前記第 2 支持要素(104)がフレームに固定されて設けられている、光学装置(600)。

## 【請求項 19】

請求項 1 ~ 17 のいずれかに記載の支持装置(100)を少なくとも 1 つ、または請求項 18 に記載の光学装置(600)を少なくとも 1 つ具えているリソグラフィー装置(700)。

20

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は光学装置用の支持装置、光学装置、及びリソグラフィー装置に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

一例として、リソグラフィー装置は、集積回路または IC の製造において、マスク内のマスクパターンをシリコンウェハのような基板上に結像させるために使用される。その際に、光学系によって生成される光ビームを、マスクを通して基板上に指向させる。

30

## 【0003】

特に集積回路の製造において、さらに小型の構造が望まれることに後押しされて、5 nm から 30 nm までの範囲内、特に 13.5 nm の波長を有する光を使用する EUV (extreme ultraviolet) リソグラフィー装置が現在開発中である。「EUV」は「極紫外線」を表す。こうしたリソグラフィー装置の場合、大部分の材料によるこうした波長の光の高吸収により、以前のような屈折光学装置、即ちレンズを使用する代わりに、反射光学装置、即ちミラーを使用しなければならない。

40

## 【0004】

ミラー場(ミラーアレイとも称する)の形式でミラーを設けることが知られ、ミラー場は数十万個のミラーを具えている。ここでは、ミラーの各々が 1 本の軸、あるいは互いに直交するように配向された 2 本の軸を中心として傾斜可能である。それぞれのミラーに入射する光が、これらのミラー内への熱の流入を生じさせる。こうした熱の流入は、対応するミラーに対して機能障害または損傷をもたらし得る。

## 【0005】

従って、米国特許出願公開第 2011/0181852 号明細書(特許文献 1)は、熱伝導素子を用いて対応するミラーをヒートシンクに接続する慣例を開示している。ここでは、熱伝導素子はミラーの支持に寄与しないか、少ししか寄与しない。これらの熱伝導素

50

子は板バネとして具体化される。これらの板バネの断面積はごく小さいにもかかわらず、対応するミラーを傾斜させるためのアクチュエータは、これらの板バネの剛性に対抗して作用しなければならない。従って、大量の電気エネルギーをアクチュエータに供給しなければならない。工程中に生じるアクチュエータの電力損失は熱の形で放出され、こうした熱は相応の冷却によって補償する必要がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許出願公開第2011/0181852号明細書

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明の目的は、光学装置用の改良された支持装置を提供することであり、この支持装置は、特に、より小さい力の出し方による、相応により小さい電力損失による、光学素子の調整を可能にする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

この目的は、第1支持要素と第2支持要素、及び第1たわみ軸受と第2たわみ軸受を具えた、光学装置用の支持装置によって達成される。第1たわみ軸受及び第2たわみ軸受は、第1支持要素と第2支持要素とを、いずれも熱伝導性の様式で互いに接続する。さらに、第1たわみ軸受及び第2たわみ軸受は、第1支持要素を、第2支持要素に対して少なくとも1つの第1方向に可動な様式で保持する。第1支持要素が第2支持要素に対して第1方向に移動する毎に、第1たわみ軸受及び第2たわみ軸受が発生するバネ力は、部分的に、あるいは完全に互いに相殺し合う。

20

【0009】

バネ力が部分的に、あるいは完全に互いに相殺し合うことの結果として、光学素子を動かすために必要な力が低減される。従って、アクチュエータのエネルギー消費の低減、及びこうしたエネルギー消費によって放出される熱損失の低減もなされる。従って、より小型のヒートシンクを用いることができる。さらに、より小型のアクチュエータを用いることができる。このことは、さらに小型の光学装置の製造、及びこうした光学装置によるリソグラフィ装置、特にEUVリソグラフィ装置の製造を可能にする。

30

【0010】

本発明の場合、「たわみ軸受」は、曲げによって、より具体的には弾性変形によって、第1支持要素と第2支持要素との間の相対移動を可能にするバネ装置を意味するものと理解するべきである。即ち、たわみ軸受の弾性変形が、こうした相対移動を実現する。

【0011】

複数の第1たわみ軸受及び/または複数の第2たわみ軸受を設けることもできる。1つの好適例では、2つの第1たわみ軸受及び1つの第2たわみ軸受を設ける。

【0012】

第1支持要素及び第2支持要素は、いずれも剛体として具体化することが好ましい。

40

【0013】

1つの好適例によれば、第1たわみ軸受が正のバネ定数を有し、第2たわみ軸受が負のバネ定数を有する。このバネ定数  $c$  は

【数1】

$$c = \frac{F}{\Delta x}$$

のように定義され、ここに、 $F$  はバネ力であり、 $x$  は第1方向へのばねのたわみである。「正の」バネ定数は、第1たわみ軸受が第1支持要素をその初期位置へ押し戻そうとすることを意味するのに対し、「負の」バネ定数は、第2たわみ軸受が第1支持要素をその

50

初期位置外に移動させようとすることを意味する。初期位置は、第1支持要素を動かすためのアクチュエータが力を発生しない際の第1支持要素の位置に相当する。換言すれば、初期位置は第1支持要素の休止位置に相当する。

【0014】

他の実施形態によれば、第1支持要素の非たわみ状態において、第1たわみ軸受及び/または第2たわみ軸受のバネ要素が、第1方向と交差する第2方向に延びる。このことが意味することは、それぞれのバネ要素のうち少なくとも1つの始端及び少なくとも1つの終端が、第2方向に延びる直線上にある、ということである。これらの始端と終端との間で、バネ要素の1つ以上の部分が、例えば第1方向に、あるいはその逆向きに屈曲することができる。本発明の場合、「交差する」は、第1方向と第2方向との間の角度が $90 \pm 45^\circ$ の間、好適には $90 \pm 30^\circ$ の間、より好適には $90 \pm 10^\circ$ の間、さらに好適には $90 \pm 3^\circ$ であることを意味する。

10

【0015】

他の好適例によれば、第1たわみ軸受及び/または第2たわみ軸受のバネ要素が第2方向に配置されている。このことの結果として、上記正のバネ定数及び/または負のバネ定数に適切な方法で影響を与えるか、これらのバネ定数を適切な方法で得ることができる。

【0016】

他の好適例によれば、第1たわみ軸受のバネ要素が第2方向に直線状に延びる。これに加えて、あるいはその代わりに、第2たわみ軸受のバネ要素が、第1方向またはその逆向きに突出するねじれを有する。上記正のバネ定数及び負のバネ定数は、この方策によって適切な方法で調整することもできる。

20

【0017】

他の好適例によれば、第1支持要素の非たわみ状態において、第1たわみ軸受のバネ要素が引っ張られ、第2たわみ軸受のバネ要素が第2支持要素に対して圧縮される。上記正のバネ定数及び負のバネ定数は、この方策によって適切な方法で調整することもできる。

【0018】

他の好適例によれば、少なくとも2つの第1たわみ軸受及び少なくとも1つの第2たわみ軸受が設けられ、少なくとも1つの第2たわみ軸受が少なくとも2つの第1たわみ軸受の間に配置される。特に、これらのたわみ軸受は、次の順序：第1たわみ軸受、第2たわみ軸受、第1たわみ軸受、が生じるように、第1方向に連続して配置される。

30

【0019】

他の実施形態によれば、第1支持要素が第2支持要素に対して第1方向に移動する間の少なくとも一部分において、第1たわみ軸受及び第2たわみ軸受が一定の力を発生する。この好適例では、第1たわみ軸受及び第2たわみ軸受の各々が、同等の力のバネとして具体化される。第1たわみ軸受及び第2たわみ軸受が発生するバネ力は、第1支持要素が第2支持要素に対して移動する間の一部分において互いに相殺し合うことが好ましい。

【0020】

他の好適例によれば、第1支持要素の少なくとも一部分が、第2支持要素の第1部分と第2部分との間に配置される。第1支持要素の上記少なくとも一部分は、第1たわみ軸受により一方の側面を第1部分上に支持され、第2たわみ軸受により他方の側面を第2部分上に支持される。第2支持要素の第1部分と第2部分とは、必ずしも互いに接続する必要はない。

40

【0021】

1つ以上の第3たわみ軸受を設けることができ、これらの第3たわみ軸受は、第1支持要素の第1方向への移動を導く。これらのバネ要素、あるいはそのバネ要素は、第1方向と交差する第2方向に延びることができる。

【0022】

他の好適例によれば、第1たわみ軸受及び/または第2たわみ軸受のバネ要素が第1方向に延びる。このことが意味することは、それぞれのバネ要素のうち少なくとも1つの始端及び少なくとも1つの終端が、第1方向に延びる直線上にある、ということである。

50

## 【 0 0 2 3 】

他の好適例によれば、第 1 たわみ軸受及び / または第 2 たわみ軸受の少なくとも 2 つのバネ要素が、互いに対して対称に配置されている。第 1 たわみ軸受及び第 2 たわみ軸受の対称軸は、互いに同軸に配置することができる。

## 【 0 0 2 4 】

他の好適例によれば、第 1 たわみ軸受及び / または第 2 たわみ軸受のバネ要素が、第 1 方向と交差する第 2 方向またはその逆向きに突出するねじれを有する。ここで、第 1 たわみ軸受及び / または第 2 たわみ軸受の 2 つのバネ要素に、互いに対して対称なねじれを設けることができる。

## 【 0 0 2 5 】

他の好適例によれば、第 2 支持要素に対する第 1 支持要素の移動が直線移動である。しかし、第 2 支持要素に対する第 1 支持要素の移動が回転移動であるか、回転及び直線移動である好適例も考えられる。

## 【 0 0 2 6 】

他の好適例によれば、第 1 たわみ軸受及び / または第 2 たわみ軸受のバネ要素の各々が、少なくとも 1 : 10 の、厚さ対長さ及び幅の比率、あるいは厚さ及び幅対長さの比率を有する。一例として、この比率が少なくとも 1 : 50、あるいは少なくとも 1 : 100 である。小さい厚さの結果として、こうしたバネ要素が小さい断面二次モーメントしか有さず、このことが、第 1 支持要素を動かすための力を小さく与えることができる理由である。平面形のバネ要素の場合、その厚さは長さに対して、及び幅に対して非常に小さい。ロッド形要素の場合、その厚さ及び幅は共に、長さに対して非常に小さい。

## 【 0 0 2 7 】

他の好適例の場合、上記バネ要素がロッド形、ワイヤ形、または薄膜形に具体化される。こうしたバネ要素は小さい断面二次モーメントを有する。

## 【 0 0 2 8 】

他の好適例によれば、上記バネ要素が互いに距離をおいて配置される。即ち、これらのバネ要素間にギャップ、特にエアギャップが存在する。この方策の結果として、一体型バネ要素との関連で同じ熱伝導の断面積を与えることもできる。しかし、間隔をおいた複数のバネ要素を利用すると、断面二次モーメント  $I_{multiplicity}$  は、こうした一体型バネ要素の断面二次モーメント  $I_{integral}$  に比べて低減される。数式で表現すれば、その効果は、一体型バネ要素の剛性  $c_{integral}$  が、同じ全高  $h$  を有する複数  $n$  個の個別バネ要素から構成されるバネ要素の剛性  $c_{multiplicity}$  よりもずっと大きいこと、即ち、

$$c_{integral} \gg c_{multiplicity}$$

であることから成り、このことは、

$$c \sim I$$

であることによれば、断面二次モーメントの比較を用いて次式のように示すことができる。

## 【 数 2 】

$$h^3 \sim I_{Einstueckig} \gg I_{Vielzahl} \sim n \left( \frac{h}{n} \right)^3$$

## 【 0 0 2 9 】

他の好適例によれば、第 1 たわみ軸受、第 2 たわみ軸受、及び / または第 3 たわみ軸受が、支持装置によって支持される光学素子内への熱の流入をヒートシンクに供給するように構成されている。

## 【 0 0 3 0 】

他の好適例によれば、第 1 たわみ軸受及び / または第 2 たわみ軸受が、金属、特に銅、銀、及び / または金を含む。その結果、たわみ軸受の高い伝導率が得られる。

## 【 0 0 3 1 】

10

20

30

40

50

さらに、光学装置が提供される。この光学装置は、光学素子、及び少なくとも1つの上述した支持装置を具えている。上記第1支持要素が光学素子に結合され、上記第2支持要素がフレームに固定して設けられる。

【0032】

従って、第2支持要素がベース（基部）を形成する。同時に、第2支持要素はヒートシンクを形成し、このヒートシンクに、光学素子から第1たわみ軸受及び第2たわみ軸受を通して熱が導かれる。

【0033】

さらに、リソグラフィー装置、特にEUVリソグラフィー装置が提供され、このリソグラフィー装置は、少なくとも1つの上述した支持装置、あるいは少なくとも1つの上述した光学装置を具えている。

10

【0034】

本発明の場合、各要素は複数存在し得る。従って、例えば上記支持装置は、複数の第1及び第2支持要素、あるいは複数の第1及び第2たわみ軸受を具えることができる。

【0035】

さらなる好適な実施形態を、次の添付した図面を参照しながら、より詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0036】

【図1】好適な実施形態による支持装置の断面図である。

【図2】図1に示す支持装置内で用いられる薄膜積層の透視図である。

20

【図3】図1の支持装置についての力-距離のグラフである。

【図4】他の好適な実施形態による支持装置の断面図である。

【図5】図4の支持装置についての力-距離のグラフである。

【図6】好適な実施形態によるリソグラフィー装置内の光学装置の断面図である。

【図7】1つの好適な実施形態によるリソグラフィー装置を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0037】

特に断りのない限り、図面中の参照番号は同一または機能的に同一の要素を表す。また、図面中の表現は必ずしも原寸に比例していない。

【0038】

30

図1に、支持装置100、及び図6に示す光学装置のいくつかの部分を示す。光学装置600は、図7に示すEUVリソグラフィー装置700内で用いることができる。

【0039】

支持装置100は、第1支持要素102及び第2支持要素104を具えている。第1支持要素102は、第2支持要素104に対して第1方向xに可動であるように設けられている。第2支持要素104はフレームに対して固定され、従って固定されたベースを形成する。

【0040】

一例として、第1支持要素102は、破線で示すメカニズム105によって光学素子106に結合されている。一例として、光学素子106は、光108を反射するためのミラーとすることができる。異なる実施形態では、光学素子106を、第1支持要素102と一体の構成要素とすることができる。

40

【0041】

支持装置100は、2つの第1たわみ軸受110及び1つの第2たわみ軸受112をさらに具えている。好適な実施形態によれば、第2たわみ軸受112が第1たわみ軸受110どうしの間に配置されているが、この場合、他の配置の可能性も存在する。

【0042】

たわみ軸受110、112の各々が、第1支持要素102を第2支持要素104に熱伝導性の様式で接続する。光学素子106上に光108が入射することの結果として、光学素子106内への熱の流入がある。光学素子106の損傷または熱変形を回避または低減

50

するために、この熱を消散させるべきである。この熱は、最初にメカニズム 105 を通って第 1 支持要素 102 内に流入し、そこから、たわみ軸受 110、112 によって、ヒートシンクとして機能する第 2 支持要素 104 内に導かれる。

【0043】

たわみ軸受 110、112 の高い熱伝導率を得るために、これらのたわみ軸受はいずれも薄膜積層として具体化することができ、これについては以下で図 2 に基づいてより詳細に説明する。この目的のために、図 2 に図 1 の断面 A を示す。断面 A は、第 1 たわみ軸受 110 の、第 2 支持要素 104 に隣接する端部を示す。

【0044】

第 1 たわみ軸受 110 は複数のバネ要素 200 を有し、その各々が薄膜形の具体例を有する。即ち、それぞれのバネ要素 200 の厚さ  $D$  は、その長さ  $L$  及び幅  $B$  よりもかけ離れて小さい。一例として、厚さ  $D$  対長さ  $L$  及び幅  $B$  の比率を 1 : 10 以上にすることができる。一例として、このように非常に薄い薄膜は、鋼鉄、シリコン、銅、銀、または金、即ち、高い固有熱伝導率を有する材料から製造することができる。長さが大きい場合に断面積がごく小さいことにより、個別のバネ要素 200 の熱抵抗はその割に高い、しかし、全体的には、複数の、例えば少なくとも 2 個の、少なくとも 10 個の、あるいは少なくとも 20 個のバネ要素 200 を積層の形で用いることの結果として、第 1 たわみ軸受 110 については低い熱抵抗が生じる。同時に、こうした積層は高い剛性を有し、これについては以下でより詳細に説明する。

【0045】

バネ要素 200 はいずれも、第 1 方向  $x$  に直交する第 2 方向  $y$  に延びる。バネ要素 200 は互いに平行に配置され、即ち、これらのバネ要素は、それぞれのバネ要素が延在する平面に直交する方向に間隔をおき、従って、いずれも組み合わせもギャップ 202 を形成する。一例として、支持装置 100 が動作中である際に、ギャップ 202 内に高真空が存在する。複数のギャップ 202 が実現することは、第 1 たわみ軸受 110 の断面二次モーメント、従ってその剛性が、一体型に具体化されたたわみ軸受の場合よりも大幅に低い、ということである。

【0046】

バネ要素 200 は、ハンダ接合 204 によって第 2 支持要素 104 に接合することができる。ここで、ハンダ付けまたはろう付けが特に問題となる。その代わりに、バネ要素 200 を第 2 支持要素 104 に締結することを、圧接（クリンピング）によって行うことができる。従って、たわみ軸受の他方の端部は、ハンダ（または圧接）によって第 1 支持要素 102 に締結することができる。

【0047】

従って、図 2 に関して以上で行った説明は、第 2 たわみ軸受 112 にも当てはまる。

【0048】

アクチュエータ 114 は、制御装置（図示せず）に依存して、第 1 支持要素 102 を、第 1 方向  $x$  に、及びその逆向きに調整するように構成されている。アクチュエータ 114 は、電気機械式アクチュエータまたは圧電アクチュエータとして具体化することができる。第 1 支持要素 102 を調整する目的で、アクチュエータ 114 は作動力  $F_B$  を支持要素 102 に（正の）第 1 方向  $x$  に加える。支持要素 102 を、図 1 に示す初期位置（休止位置とも称する）から動かす場合、反作用の力  $F_R$  がこの力（ $F_B$ ）に対して作用する。この反作用の力は、たわみ軸受 110、112 の反作用の力の総和から生じる。以下に、このことを。力 - 距離のグラフを示す図 3 に基づく例示的方法で説明する。

【0049】

第 1 方向  $x$  を図 3 中の横軸上にプロットし、力  $F$  を縦軸上にプロットする。図 1 からわかるように、力  $F$  の正方向は正の移動  $x$  の逆に向いている。

【0050】

第 1 たわみ軸受 110 のバネ要素 200 は、その非たわみ状態において、第 1 方向  $x$  に直交する第 2 方向  $y$  に直線状に延びる。2 つの第 1 たわみ軸受 110 は、第 1 支持要素 1

10

20

30

40

50

02の移動の調整を実行し、正のバネ定数 $c_{pos}$ が与えられている。即ち、正方向の位置 $x_1$ における、第1たわみ軸受110の反作用の力 $F_{110}$ は、第1支持要素102を初期位置に押し戻そうとする。ここで、バネ要素200は板バネとして機能する。

【0051】

これとは対照的に、第2たわみ軸受112は、力 $F$ の負方向に作用する反作用の力 $F_{112}$ を発生し、この目的のために、第1支持要素102を位置 $x_1$ に調整する場合に負のバネ定数 $c_{neg}$ を有する。従って、第2たわみ軸受112は、第1支持要素102が正方向 $x$ にたわむ場合に、アクチュエータ113による作動を手助けする。第2たわみ軸受112が発生する力 $F_{112}$ は、作動力 $F_B$ と同じ向きに作用する。

負のバネ定数 $c_{neg}$ を得るために、第2たわみ軸受112のバネ要素200はいずれも、その非たわみ状態において、その両端部118を第2方向 $y$ の直線上に置くことができるが、(正の)第1方向 $x$ とは逆向きのねじれ120を中間領域に有する。ねじれ120は、第2たわみ軸受112またはそのバネ要素200が圧縮されることによって生じる。従って、第1たわみ軸受110またはそのバネ要素200は張力を加えられる。

【0052】

図3中にさらに認められるように、たわみ軸受110、112の力 $F_{110}$ と $F_{112}$ とが部分的に相殺し合って、たわみ $x_1$ の場合の結果的な反作用の力 $F_R$ は力 $F_{110}$ よりも小さくなる。換言すれば、第2たわみ軸受112のプレテンション(予め加えられた張力)から解放されるエネルギーを用いて、第1たわみ軸受110を変形させる。第1たわみ軸受110を変形させるために必要な作動力 $F_B$ は相応に低減される。

【0053】

一例として、反作用の力 $F_R$ を正方向に少し与えて、この力が第1支持要素102を初期位置に戻す、即ち、この力が正方向に作用するようにすることができる。

【0054】

他の好適な実施形態による支持装置100を、図4に基づいて以下に説明する。

【0055】

第1支持要素102は、第2支持要素104の2つの部分402、404の間に延びる部分400を有する。

【0056】

この部分400は、一方の側面406を第1たわみ軸受110によって支持され、他方の側面408を第2たわみ軸受112によって支持される。

【0057】

図1に示す好適な実施形態とは対照的に、たわみ軸受110、112のバネ要素200は第1方向 $x$ に伸びて、特に、それぞれのバネ要素200の終点は、第1方向 $x$ に延びる直線上にある。たわみ軸受110、112は、互いに同軸の対称軸410を有することができる。バネ要素200はいずれも、対称軸410から離れるように外向きに屈曲することができ、この目的のために、対応するねじれ412を有することができる。バネ要素200には、ねじれ412、412'を、対称軸410について対称に設けることができる。

【0058】

図4に示す好適な実施形態によれば、たわみ軸受110、112は同等の力のバネとして具体化され、これにより、第1支持要素102がアクチュエータ114により初期位置から変位することに対抗してこれらのバネが発生する力が互いに相殺し合う。このことを図5に基づいて以下に説明する。

【0059】

第2たわみ軸受112が発生する反作用の著から $F_{112}$ が負方向に作用する間に、第1たわみ軸受が発生する反作用の力 $F_{110}$ は、移動の一部分500、あるいは2つの位置 $x_1$ と $x_2$ との間の移動 $x$ において正方向に作用する。さらに、力 $F_{110}$ と $F_{112}$ は大きさが等しく、従って互いに相殺し合う。

【0060】

10

20

30

40

50

従って、第1支持要素102をその初期位置から第1方向xに調整する際に、たわみ軸受110、112の変形から生じてアクチュエータ114の作動力 $F_B$ に対して作用する対向力は無い。この目的のために、初期位置を例えば位置 $x_1$ として選択する。

【0061】

従って、アクチュエータ114は、電力の取り込みがより小さくなり、熱出力の消散がより低くなる。また、アクチュエータ114はより小型の設計にすることができる。図4を参照すれば、図4に説明されることは、第3たわみ軸受414、416を設けて、これらのたわみ軸受が、第2支持要素104に対する第1支持要素102の調整移動を導くことができる、ということである。一例として、第3たわみ軸受414は第1支持要素102を部分402に接続し、第3たわみ軸受416は第1支持要素102を第2部分404に接続する。たわみ軸受414、416の各々は複数のバネ要素200を具え、これらのバネ要素は、その非たわみ状態において第2方向yに直線状に延びる。

10

【0062】

たわみ軸受110、112のように、たわみ軸受414、416は、できる限り大量の熱を、第1支持要素102から第2支持要素104へ輸送する。図1及び2に関連して行った説明は、そのバネ要素200、あるいはこれらのバネ要素によって形成される薄膜積層についても当てはまる。

【0063】

ここで、図6に、図1～5において説明した支持装置100の可能な用途を示す。

【0064】

図6に示す好適な実施形態によれば、支持装置100のうち2つを光学装置600内で用いて光学素子106を回動させる。一例として、光学装置600はミラーアレイとすることができ、図示する光学素子106がこのミラーアレイのミラーを形成する。

20

【0065】

光学素子106は、軸受601を用いて第2支持要素104に対して装着され、軸受601は回転継手(ロータリー・ジョイント)として適切な様式で、特に玉継手として具体化される。ここで、回転点は光学素子106のできる限り近くにあるか、光学素子106内にある。

【0066】

図6に示す第2支持要素104の複数の部分が、光学装置600の共通ベースを形成する。

30

【0067】

それぞれの支持装置100の第1支持要素102は、メカニズム105によって光学素子106に接続される。それぞれのメカニズム105は、継手602及び第3支持要素604を具えている。継手602は、第1支持要素102を第3支持要素604に接続し、第3支持要素604は、ヒンジ様式で光学素子106に接続され、ここでは、このヒンジ様式をこれ以上詳細に図示しない。一例として、継手602は回転継手として具体化される。継手602は、特に、低い熱抵抗を有するたわみ軸受として具体化することができる。この目的のために、継手602は金属を含むことができる。

【0068】

光学素子106の傾斜移動は、アクチュエータ114の作動によって得ることができ、第1支持要素102の第1方向xの直線移動が光学素子106のz方向を中心とした回転移動に変換される。第3支持要素604は、xz平面内に斜めに延びることができ、これにより、光学素子106のy方向を中心とした回転移動が追加的に得られる。

40

【0069】

図7にリソグラフィー装置700、特にEUVリソグラフィー装置を示し、この装置では、図1～5に示す支持装置100のうち1つ以上、あるいは図6に示す光学装置600のうち1つ以上を応用することができる。その代わりに、支持装置100及び/または光学装置600は、他の照明または投影の応用に用途を見出すこともできる。

【0070】

50

図7に示す好適な実施形態によれば、リソグラフィ装置700は、光形成部702、照明系704、及び投影レンズ706を具えている。光形成部702からの光(作用光)は、図7中にビーム経路として部分的に示され、例えば照明系704内で、ミラー場708のあるミラー上に導かれ、このミラーは、この光をミラー場710のミラー上に向けて反射する。照明系704の終端ではレチクル712が照射される。その後、光は投影レンズ706内の基板714上に指向され、これにより、レチクル712内に含まれる構造が縮小されたサイズで基板714上に結像される。

【0071】

ここで、例えば、支持装置100及び/または光学装置600は、ミラー場708、710内で、個別のミラーを可動な、特に傾斜可能な方法で装着するための用途を見出すことができる。

10

【0072】

本発明は種々の好適な実施形態に基づいて説明してきたが、本発明は決してこれらの実施形態に限定されず、多種多様な方法で変更することができる。

【0073】

参照符号のリスト

|      |          |    |
|------|----------|----|
| 100  | 支持装置     |    |
| 102  | 第1支持要素   |    |
| 104  | 第2支持要素   |    |
| 105  | メカニズム    | 20 |
| 106  | 光学素子     |    |
| 108  | 光        |    |
| 110  | 第1たわみ軸受  |    |
| 112  | 第2たわみ軸受  |    |
| 114  | アクチュエータ  |    |
| 118  | 端部       |    |
| 120  | ねじれ      |    |
| 200  | バネ要素     |    |
| 202  | ギャップ     |    |
| 204  | ハンダ接合    | 30 |
| 400  | 部分       |    |
| 402  | 部分       |    |
| 404  | 部分       |    |
| 406  | 側面       |    |
| 408  | 側面       |    |
| 410  | 対称軸      |    |
| 412  | ねじれ      |    |
| 412' | ねじれ      |    |
| 414  | たわみ軸受    |    |
| 416  | たわみ軸受    | 40 |
| 500  | 一部分      |    |
| 600  | 光学装置     |    |
| 602  | 継手       |    |
| 604  | 第3支持要素   |    |
| 700  | リソグラフィ装置 |    |
| 702  | 光形成部     |    |
| 704  | 照明系      |    |
| 706  | 投影レンズ    |    |
| 708  | ミラー場     |    |
| 710  | ミラー場     | 50 |

7 1 2 レチクル  
7 1 4 基板

B 幅

$C_{pos}$  正のバネ定数

$C_{neg}$  負のバネ定数

D 厚さ

F 力

$F_B$  作用力

$F_{110}$  反作用の力

$F_{112}$  反作用の力

L 長さ

x 第1方向

y 第2方向

z 第3方向

【図1】

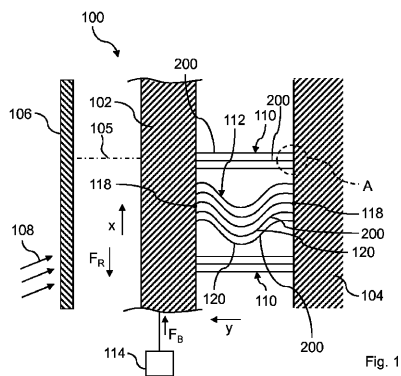


Fig. 1

【図3】

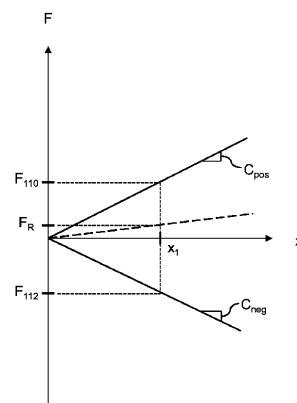


Fig. 3

【図2】

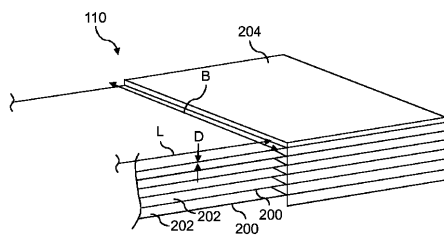


Fig. 2

【 図 4 】

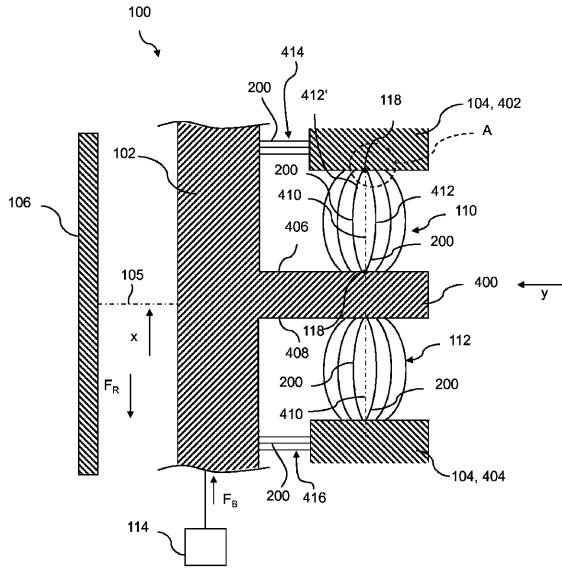


Fig. 4

【 図 5 】

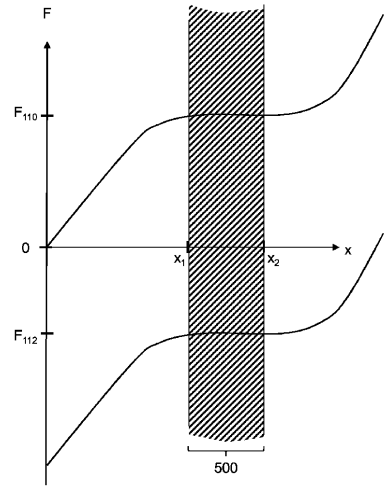


Fig. 5

【 図 6 】

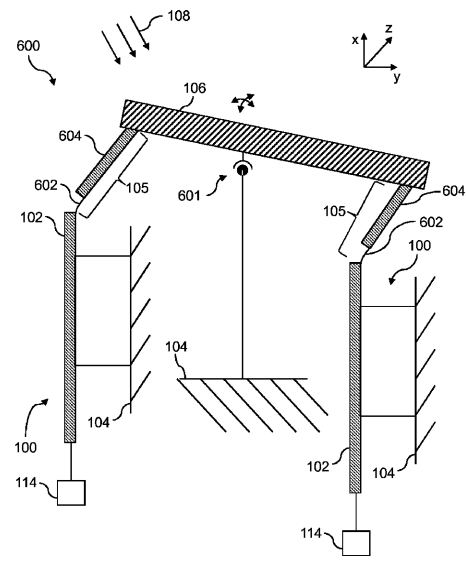


Fig. 6

【 図 7 】

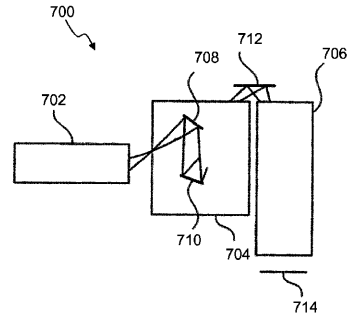


Fig. 7

---

フロントページの続き

(72)発明者 マルクス ハウフ  
ドイツ国 89075 ウルム ハーフェンベルク 4

審査官 森内 正明

(56)参考文献 特開2005-275270(JP,A)  
特開2010-85494(JP,A)  
特開2006-227100(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

|      |      |   |      |
|------|------|---|------|
| G02B | 7/18 | - | 7/24 |
| G03F | 7/20 | - | 7/24 |
| G03F | 9/00 | - | 9/02 |