

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6008468号
(P6008468)

(45) 発行日 平成28年10月19日 (2016. 10. 19)

(24) 登録日 平成28年9月23日 (2016. 9. 23)

(51) Int. Cl.	F I
GO 2 B 7/18 (2006. 01)	GO 2 B 7/18
GO 2 B 7/02 (2006. 01)	GO 2 B 7/02 Z
HO 1 L 21/027 (2006. 01)	HO 1 L 21/30 5 1 5 D

請求項の数 14 外国語出願 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2011-96245 (P2011-96245)	(73) 特許権者	503263355
(22) 出願日	平成23年4月22日 (2011. 4. 22)		カール・ツァイス・エスエムティー・ゲー
(65) 公開番号	特開2011-232751 (P2011-232751A)		エムペーハー
(43) 公開日	平成23年11月17日 (2011. 11. 17)		ドイツ連邦共和国、7 3 4 4 7 オーバー
審査請求日	平成26年4月21日 (2014. 4. 21)		コッヘン、ルドルフ・エーバー・シュトラ
(31) 優先権主張番号	10 2010 018 224.9		ーセ 2
(32) 優先日	平成22年4月23日 (2010. 4. 23)	(74) 代理人	100147485
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		弁理士 杉村 憲司
		(74) 代理人	100134005
			弁理士 澤田 達也
		(74) 代理人	100147692
			弁理士 下地 健一
		(72) 発明者	イヴァノブ イヴァン
			ドイツ国 5 2 0 7 4 アーヘン シュレ
			ツェルター シュトラーセ 5 6 1
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 調整可能な光学素子を有する光学モジュール

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

特にマイクロリソグラフィー用の光学モジュールであって、
光学素子、および
支持ユニットを有し、
前記光学素子は、回転対称軸を画定する、少なくとも1つの光学的に利用される領域を
有し、

該光学素子を支持するために、前記支持ユニットは3つ以上の支持素子を有し、
該支持素子の各々は、前記光学素子を支持方向に支持し、該支持方向における該支持素
子の両端に第1端部と第2端部とを有し、前記第1端部の領域で、前記光学素子と結合さ
れ、前記第2端部の領域で、支持構造体と結合され、

少なくとも1つの支持素子は、正確に1つの第1自由度を制限し、
該第1自由度は、回転軸の周りの回転の自由度であって、
該回転軸は、該回転軸が、前記光学的に利用される領域の前記回転対称軸に平行な方向
成分を有する方向に配列されることを特徴とする、光学モジュール。

【請求項 2】

前記少なくとも1つの支持素子は、複数のピボット接合部を有する少なくとも1つの接
合群を備え、

該接合群の各ピボット接合部は、ピボット軸を画定し、

該ピボット接合部の該ピボット軸は、相互に平行に延びることを特徴とする、請求項 1

10

20

に記載の光学モジュール。

【請求項 3】

前記ピボット接合部の前記ピボット軸は、前記回転軸を横切る方向に延びることを特徴とする、請求項 2 に記載の光学モジュール。

【請求項 4】

前記接合群は、3つのピボット接合部を備えることを特徴とする、請求項 2 または 3 に記載の光学モジュール。

【請求項 5】

前記接合群は、第 1 ピボット接合部を有する第 1 接合群であって、それぞれ第 1 ピボット軸を画定し、

前記少なくとも 1 つの支持素子は、複数の第 2 ピボット接合部、特に 2 つの第 2 ピボット接合部を有する第 2 接合群を備え、

前記接合群の各々の第 2 ピボット接合部は、第 2 ピボット軸を画定し、

該第 2 ピボット軸は、相互に平行に延び、

第 1 ピボット軸と第 2 ピボット軸は相互に横切る方向に延び、

前記第 1 ピボット接合部は、前記支持素子に支持力が働く方向に、相互に隣接して配置され、および / または

前記第 2 ピボット接合部は、前記支持素子に支持力が働く方向に、相互に隣接して配置されることを特徴とする、請求項 2 ~ 4 の何れかに記載の光学モジュール。

【請求項 6】

前記少なくとも 1 つの支持素子は、支持セグメントを有し、これは、該支持素子に支持力が働く方向に、前記少なくとも 1 つの接合群の 2 つのピボット接合部の間に配置され、

前記光学素子の位置および / または配向を調整するアクチュエータユニットが、前記支持セグメントに係合することを特徴とする、請求項 2 ~ 5 の何れかに記載の光学モジュール。

【請求項 7】

前記アクチュエータユニットは、該アクチュエータユニットの動作方向における該アクチュエータユニットの両端に第 1 端部および第 2 端部を有し、

該アクチュエータユニットは、その第 1 端部の領域で前記支持素子に係合し、

該アクチュエータユニットは、その第 2 端部の領域で前記支持構造体に係合し、または

、
該アクチュエータユニットは、その第 2 端部の領域で、支持力が働く方向に、前記支持セグメントに隣接する前記支持素子のさらなる支持セグメントに係合することを特徴とする、請求項 6 に記載の光学モジュール。

【請求項 8】

前記アクチュエータユニットは、アクチュエータおよびレバーアームを備え、

該レバーアームは前記支持セグメントに剛結合され、

前記支持セグメントを、前記ピボット接合部の前記ピボット軸に平行な軸の周りに旋回させる前記アクチュエータは、前記レバーアームに係合することを特徴とする、請求項 6 または 7 に記載の光学モジュール。

【請求項 9】

前記支持ユニットは、正確に 5 つの支持素子を有することで五脚の形態に設計されることを特徴とする、請求項 1 ~ 8 の何れかに記載の光学モジュール。

【請求項 10】

前記支持素子のうちの少なくとも 2 つは、二脚を形成するように配置されることを特徴とする、請求項 1 ~ 9 の何れかに記載の光学モジュール。

【請求項 11】

前記二脚の支持素子は、それぞれ複数のピボット接合部を備え、

2 つのピボット接合部の間の前記支持素子に支持力が働く方向に、それぞれ 1 つの支持セグメントが配置され、

10

20

30

40

50

少なくとも1つの支持セグメントが、前記2つの支持素子の共通セグメントとして設計されることを特徴とする、請求項10に記載の光学モジュール。

【請求項12】

特にマイクロリソグラフィー用の光学結像装置であって、
第1光学素子群を有する照明装置；
投影パターンを有するマスクを受けるマスク装置；
第2光学素子群を有する投影装置；および
基板を受ける基板装置を備え、
前記照明装置は前記投影パターンを照明するように設計され、
前記投影装置は、前記投影パターンを前記基板上に投影するように設計され、
前記照明装置および/または前記投影装置は、請求項1～11の内の1つによる光学モジュールを備えることを特徴とする、光学結像装置。

10

【請求項13】

特にマイクロリソグラフィー用の光学素子を支持する方法であって、
少なくとも1つの光学的に利用される領域を有し、回転対称軸を画定する該光学素子は、支持ユニットの3つ以上の支持素子によって、支持構造体上に支持され、
少なくとも1つの支持素子によって、正確に1つの第1自由度が制限され、
該第1自由度は、回転軸の周りの回転の自由度であって、
該回転軸は、該軸が前記光学的に利用される領域の前記回転対称軸に平行な方向成分を持つ方向に配列されることを特徴とする、方法。

20

【請求項14】

特にマイクロリソグラフィー用の光学モジュールであって、
光学素子、および
支持ユニットを有し、
前記光学素子は、回転対称軸を画定する少なくとも1つの光学的に利用される領域を持ち、
前記光学素子を支持するために、前記支持ユニットは3つ以上の支持素子を有し、
該支持素子の各々は、第1端部と第2端部とを有し、かつ、前記第1端部の領域で、該光学素子と結合され、前記第2端部の領域で、支持構造体と結合され、
前記支持ユニットは、前記回転対称軸の周りの前記光学素子の回転の自由度が制限されるように設計され、該光学素子の位置または配向は、他の5つの自由度では、該支持ユニットを介して空間的に調整可能であることを特徴とする、光学モジュール。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、特にマイクロリソグラフィーの用途に適した光学モジュール、光学結像装置および光学素子を支持する方法に関する。本発明は、任意の光学撮像方法とともに用いることができる。具体的には、本発明は、超小型電子回路の製造および/または検査とともに用いることができる。

【背景技術】

40

【0002】

特にマイクロリソグラフィーの分野では、可能な限り高い精度を持つように設計された構成要素の使用に加えて、結像装置の構成要素、例えば、光学素子（レンズ、ミラーなど）、撮像される投影パターンを有するマスク、露光される基板を、相互の関係でできるだけ正確に配置し、それに応じて高い撮像品質を達成することは、とりわけ必要である。数ナノメートル以下の桁の微細領域にある高精度要求は、製造される超小型電子回路の小型化を進めるために超小型電子回路の製造に用いられる光学系の分解能を高めるための、絶え間ない必要性の結果である。

【0003】

分解能の向上と、これに伴う一般に使用される光の短波長化に伴い、使用される構成

50

要素の位置決めと配向の精度への要求は、自然と大きくなる。これは、マイクロリソグラフィ（例えば約193nm）で使用されるUV領域の低動作波長、特に5nm～20nm（典型的には約13nm）前後のいわゆる極端UV（EUV）領域において、関係する構成要素の位置決めおよび／または配向への高精度要求を満たすために行わなければならない努力に、当然ながら影響を与える。

【0004】

撮像、特にマイクロリソグラフィで使用される光学素子の位置決めおよび／または配向に関しては、たいてい2つの異なる手法が続く。従って、先ず、いわゆるパラレルメカニズムをこれに使用することができる。これは典型的にはいわゆる六脚の形態であり、相互に独立してそれぞれ調整することのできる6つの支持素子を空間的に設置し、光学素子を典型的には全ての6つの自由度に配向することができる。これらの支持素子は、一般に、それぞれの場合、正確に1つの自由度を制限し（すなわち、関係する支持素子の縦軸の方向の並進）、光学素子の静的に定められる支持が達成されるようにする。支持素子の機構的に平行な配置は、比較的単純な制御という利点を提供する。というのも、全ての支持素子は、同じ局所基準座標系を簡単なやり方で使用し、支持素子の内の1つの調整が、その他の支持素子の局所基準座標系に影響を与えないようにすることができるからである。このような六脚は、例えば、特許文献1（シバザキ：その全開示を参考として本明細書中に援用する）で知られている。

10

【0005】

そのような六脚を使うと、利用可能な空間内で、光学素子のどんな位置決めや配向も事実上達成することは、確かに可能である。しかしながら、六脚は比較的複雑な設計であるという欠点もある。特に、6つの支持素子の各々には、別々の、個別に操作されるアクチュエータユニットが必要であり、その結果、一般的に比較的小さい利用可能な設置空間でのアクチュエータ系の一体化は困難であることが分かる。

20

【0006】

特にマイクロリソグラフィで使用される、光学素子の位置決めおよび／または配向の別の概念には、いわゆる三脚があり、三脚において、光学素子は3つの調整可能な支持素子で支持構造体上に支持される。各支持素子は、それぞれの場合、正確に2つの自由度を制限し、この場合も光学素子の静的に決定される支持が達成されるようにする。このような三脚は、例えば、特許文献1（シバサキ）および特許文献2（クグラー等：双方の全ての開示を、本明細書に参考として援用する）で知られている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】米国特許出願公開第2002/0163741号明細書

【特許文献2】国際公開第2005/101131A1号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

これらの三脚は、支持素子の数が少ないため、より小さな設置場所を必要とする。三脚により、一定の制限内で、光学素子の空間位置および／または配向のどんな調整も基本的には可能である。しかしながらこのため、シリアルメカニズムを提供する必要がある、調整運動の相互依存のために、制御がさらに複雑になる。特に大きくて重い光学素子の比較的少ない支持点、しかしながら、これらの三脚のさらなる欠点を示すことがある、というのもその結果、自身の重さによる光学素子の変形の影響（例えば、いわゆる3波変形）がさらに深刻化するからである。

40

【0009】

従って、本発明の目的は、上述の欠点のない、または、少なくともほんの少しの範囲のみの欠点しかない、そして特に最も単純なやり方で光学素子の正確な空間の位置決めおよび／または配向を可能とする、光学モジュール、光学結像装置および光学素子を支持す

50

る方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、光学素子の光学的に利用される領域が回転対称軸を画定する特定の用途について、光学的に利用される領域の、回転対称軸の周りの光学素子の角度位置を調整する可能性を省くことによって、支持素子の複雑性を低減することができるという認識に基づくものである。ここでは、光学的に利用される領域の回転対称に基づく角度位置の調整からは、何れにしてもこれと言った便益は得られず、また、光学的に利用される領域の回転対称からのずれから生じる撮像エラーは、適切かつ十分に知られた手段によって、より簡単なやり方で光学系のその他の点で訂正することができ、回転対称軸の周りの光学素子の角度位置を調整する必要はないと仮定される。このため、先ず、関連するアクチュエータ系を有する1つの支持素子を省くことができ、これによって支持装置の複雑性が低減される。加えて、このような方法で、光学素子の位置および/または配向の制御または調整に関する利点を有する、パラレルメカニズムを作ることが可能である。

10

【0011】

特に、5つの支持素子を有する五脚の形態に設計された、単純なパラレルメカニズムを作ることが可能であり、そうすることによって、既知の六脚と比較すると、労力や構造の点において、単純な設計を達成することができ、既知の三脚と比較すると、支持さえもより簡単なやり方で提供することができる。ここでは、それぞれの場合に、一脚として設計される個々の支持素子を有する支持装置を作ることができる。同様に、個々の支持素子を1つ以上の二脚にグループ分けすることも可能である。

20

【0012】

光学的に利用される領域の、回転対称軸の周りの回転自由度の制限は、支持素子の内の少なくとも1つを介して、単純なやり方で達成することができる。好適には、この目的を達成するために、支持素子の内の少なくとも1つは、回転対称軸に平行な、少なくとも1つの方向成分を有する回転軸の周りの回転の自由度を制限する。

【0013】

一態様によれば、本発明は従って、光学素子および支持ユニットを有する、特にマイクロリソグラフィ用の光学モジュールに関するものであり、光学素子は、回転対称軸を画定する少なくとも1つの光学的に利用される領域を有する。光学素子を支持するために、支持ユニットは3つ以上の支持素子を有し、支持素子の各々は、第1端部の領域で光学素子に結合され、第2端部の領域で、支持構造体に結合される。少なくとも1つの支持素子は、正確に1つの第1自由度を制限する。この第1自由度は、回転軸の周りの回転の自由度であり、回転軸は、回転対称軸に平行な少なくとも1つの方向成分を持つように配列される。

30

【0014】

さらなる態様によれば、本発明は、第1光学素子群を有する照明装置、投影パターンを有するマスクを受けるマスク装置、第2光学素子群を有する投影装置および基板を受ける基板装置を有する、特にマイクロリソグラフィ用の光学結像装置に関するものであり、照明装置は投影パターンを照明するように設計され、投影装置は投影パターンを基板上に投影するように設計される。照明装置および/または投影装置は、本発明による光学モジュールを備える。

40

【0015】

さらなる態様によれば、本発明は、特にマイクロリソグラフィ用の光学素子を支持する方法に関し、回転対称軸を画定する少なくとも1つの光学的に利用される領域を持つ光学素子は、支持ユニットの3つ以上の支持素子によって、支持構造体上に支持される。少なくとも1つの支持素子によって、正確に1つの第1自由度が制限される。第1自由度とは、回転軸の周りの回転の自由度であり、回転軸は、回転対称軸に平行な少なくとも1つの方向成分を持つように、配列される。

【0016】

50

さらなる態様によれば、本発明は、光学素子と支持ユニットを有する、特にマイクロリソグラフィ用の光学モジュールに関し、光学素子を支持する支持素子は、複数の支持素子を有する。各支持素子は、第1端部の領域で光学素子に結合され、第2端部の領域では、支持構造体に結合される。少なくとも1つの支持素子は、正確に1つの自由度を制限する。支持ユニットは、正確に5つの支持素子を有する五脚の形態に設計される。

【0017】

さらなる態様によれば、本発明は、第1光学素子群を有する照明装置、投影パターンを有するマスクを受けるマスク装置、第2光学素子群を有する投影装置および基板を受ける基板装置を有する、特にマイクロリソグラフィ用の光学投影装置に関し、照明装置は投影パターンを照明するように設計され、投影装置は投影パターンを基板上に投影するように設計される。照明装置および/または投影装置は、本発明による光学モジュールを備える。

10

【0018】

さらなる態様によれば、本発明は、光学素子が支持ユニットの複数の支持素子によって支持構造体上に支持される、特にマイクロリソグラフィ用の光学素子を支持する方法に関し、少なくとも1つの支持素子によって、正確に1つの自由度が制限される。支持ユニットは、正確に5つの支持素子を有する五脚の形態に設計される。

【0019】

さらなる態様によれば、本発明は、光学素子および支持ユニットを有する、特にマイクロリソグラフィ用の光学モジュールに関し、光学素子は、回転対称軸を画定する、少なくとも1つの光学的に利用される領域を有する。光学素子を支持するために、支持ユニットは3つ以上の支持素子を有し、支持素子の各々は、第1端部の領域で光学素子と結合され、第2端部の領域で、支持構造体と結合される。支持ユニットは、回転対称軸の周りの光学素子の回転の自由度が制限され、他の5つの自由度において光学素子の位置または配向が、支持ユニットを介して空間的に調整可能なように設計される。

20

【0020】

さらなる態様によれば、本発明は、第1光学素子群を有する照明装置、投影パターンを有するマスクを受けるマスク装置、第2光学素子群を有する投影装置、および基板を受ける基板装置を有する、特にマイクロリソグラフィ用の光学結像装置に関し、照明装置は投影パターンを照明するように設計され、投影装置は投影パターンを基板上に投影するように設計される。照明装置および/または投影装置は、本発明による光学モジュールを備える。

30

【0021】

最後に、さらなる態様によれば、本発明は、回転対称軸を画定する少なくとも1つの光学的に利用される領域を有する光学素子が、支持ユニットの3つ以上の支持素子によって支持構造体上に支持される、特にマイクロリソグラフィ用の光学素子を支持する方法に関する。支持ユニットは、回転対称軸の周りの光学素子の回転の自由度を制限し、他の5つの自由度の光学素子の位置または配向は、支持ユニットを介して空間的に調整可能である。

【0022】

本発明のさらに好適な実施形態は、従属クレームまたは添付の図面を参照して、下記に示す好適な実施形態の説明によって、明らかとなるだろう。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明による光学結像装置の好適な実施形態の概略図であり、これは、本発明による光学モジュールを備え、これを使って、光学素子を支持する本発明による方法の好適な実施形態を実行することができる。

【図2】図1の発明による光学モジュールの好適な実施形態の(図3のII-IIの線に沿った)概略断面図である。

【図3】図2の光学モジュールの(図2のIII-IIIの線に沿った)概略上面図であ

40

50

る。

【図４】図３の詳細ⅠⅤの領域の支持素子の概略斜視図である。

【図５】図４の支持素子の力学的等価図である。

【図６】図１の光学結像装置を使って実行することのできる、光学素子を支持するための、本発明による方法の好適な実施形態のブロック図である。

【図７】本発明による光学モジュールのさらに好適な実施形態の、支持素子の力学的等価図である。

【図８】本発明による光学モジュールのさらに好適な実施形態の、支持素子の力学的等価図である。

【図９】本発明による光学モジュールのさらに好適な実施形態の、支持素子の力学的等価図である。

10

【図１０】本発明による光学モジュールのさらに好適な実施形態の、支持素子の力学的等価図である。

【図１１】本発明による光学モジュールのさらに好適な実施形態の上面図である。

【図１２】図１１の光学モジュールの支持素子の力学的等価図である。

【発明を実施するための形態】

【００２４】

第１実施形態

下記の図１～図６を参照して、本発明による光学モジュールの好適な実施形態を使用した、本発明によるマイクロリソグラフィー用の光学結像装置の好適な実施形態を説明する。この場合、下記の説明を単純化するために、 $X Y Z$ 座標系を導入し、 Z 方向は垂直方向を示す。しかしながら、本発明の他の変形では、結像装置の構成要素の他のどんな空間的配列も提供できることは、自明である。

20

【００２５】

図１は、マイクロリソグラフィー装置１０１の形態の、本発明による光学結像装置の好適な実施形態の概略図を示す。これは、 $5\text{ nm} \sim 20\text{ nm}$ 、本例では約 13 nm の波長を有する EUV 領域の光で動作する。

【００２６】

マイクロリソグラフィー装置１０１は、照明系１０２、マスク装置１０３、対物レンズ１０４の形態の光学投影系および基板装置１０５を備える。照明系１０２は、投影光ビーム１０６（この領域ではより詳細に図示しない）で、マスク装置１０３のマスクテーブル１０３．２に配置されたマスク１０３．１を（図示しない導光装置を介して）照明する。この目的を達成するために、照明系１０２は、光源（図示せず）に加え、複数の第１光学素子を有する第１光学素子群１０７（高度に図式化した方法で示す）を備える。

30

【００２７】

マスク１０３．１上には投影パターンがあり、これは、投影光ビーム１０６を使って、対物レンズ１０４内に配置された第２光学素子群１０８の光学素子を介して、基板装置１０５のウエハーテーブル１０５．２上に配置された、ウエハー１０５．１の形態の基板上に投影される。

【００２８】

40

13 nm の動作波長のため、結像装置１０１内で使用される全ての光学素子は、反射光学素子である。しかしながら、他の波長領域の光で動作する本発明の変形では、屈折、反射および／または回折素子を単独、または任意の組み合わせで使用できることは自明である。

【００２９】

図２は、本発明による光学モジュール１０９の好適な実施形態の概略断面図を示し、これは、ミラー１０８．１の形態の第２光学素子群１０８の第２光学素子を備える。ミラー１０８．１は、結像装置１０１（ウエハー１０５．１上に投影パターンを投影）の操作中に光学的に利用される光学表面１０８．２を有し、回転対称軸１０８．３を画定する。ミラー１０８．１はまた、回転対称軸１０８．３に横断して（特に垂直に）延びる平面に位

50

置する、円周方向 θ も画定する。

【0030】

本例では、ミラー108.1は、ウエハ105.1に空間的に最も近い、第2光学素子群108のミラーである。しかしながら、本発明の他の変形では、本発明による光学モジュールは、投影光ビームの経路の他のどんな点に配置されるミラーも備えることができることは、自明である。特にももちろん、本発明による光学モジュールも、照明装置で

【0031】

図3は、図2の光学モジュール109の概略上面図を示す。特に図2から推測することができるように、ミラー108.1は、それに作用する静的および動的な力、特に重力 G に対して、支持ユニット110で空間に支持され、このため、特定の位置および向きに空間的に保持される。

【0032】

この目的を達成するために、支持ユニット110は、止め輪110.1の形態の保持素子を備え、保持要素にはミラー108.1が、適切な結合素子110.2（高度に図式化した方法によってのみ示す）によって固定される。結合素子110.2は、どんな適切で十分に知られた方法でも設計することができる。特にそれらは（特定の制限内で）、ミラー108.1と止め輪110.1の間に柔軟な結合を作り出す。これらの結合素子は、止め輪110.1を有するモノリシック設計であってもよい。

【0033】

支持ユニット110は、さらに複数の支持素子110.3を備え、その一方の端部は止め輪110.1に結合され、もう一方の端部は、支持輪110.4の形態の支持構造体に結合され、最終的にミラー108.1は、支持素子110.3を介して支持輪110.4上に支持される。一方支持輪110.4は、対物レンズ104の筐体104.1の一部に結合される。

【0034】

それぞれの支持素子110.3と止め輪110.1または支持輪110.4の間の結合は、どのような方法でも設計することができる。よって、これらの結合の内の少なくとも1つは、解除可能に設計することができる。しかしながら同様に、結合の内の少なくとも1つをモノリシック設計とすることができる。

【0035】

図3から推測されるように、本例では、正確に5つの支持素子110.3が提供される。本例の支持素子110.3は、ミラー108.1の外周の領域で、ミラー108.1の円周方向 θ に等間隔に配置される。従って、支持素子110.3は、隣接する支持素子110.3と関連して回転対称軸108.3の周りに $=72^\circ$ の角度で回転した位置に配置される。しかしながら、本発明の他の変形例では、支持素子の円周方向に、他のどのような不均一な配置も提供することができることは、自明である。さらにももちろん、支持素子を共通の円周上に配置せずに、回転対称軸108.3から異なる距離を持つミラー108.1の半径方向 R に配置することもできる。

【0036】

各支持素子110.3は、別々の支持、つまり一脚のように設計され、よって、支持ユニット110は全体で五脚の形態となる。既知の六脚構造と比較すると、これは、支持素子を1つ取り除くだけで、一般的に利用可能な設置空間が大変限られる中で、必要とされる設置空間の割合がより小さいという利点を持つ。

【0037】

図4は支持素子110.3（図3からの詳細IV）の概略斜視図を示し、図5は支持素子110.3の力学的等価図を示す。ここで支持素子110.3は、明確にする目的のために、図4に示すような局所座標系（ X_L 、 Y_L 、 Z_L ）において、 Z_L 軸に沿った最大の縦方向の伸長を持つ状態で、図4に示されている。 Z_L 軸に沿った両方向の調整を可能にするために、しかしながら支持素子110.3は操作中、一般には中立位置にあり、これ

10

20

30

40

50

は図5に示すように、図4に示す状態からずれている。このさらなる詳細を下記に説明する。

【0038】

図4および図5から推測できるように、支持素子110・3は、第1ピボット接合部の第1接合群110・6および第2ピボット接合部の第2接合群110・7を有する支持部110・5を備える。第1接合群110・6は、3つの第1ピボット接合部110・8, 110・9および110・10を備え、第2接合群110・7は、2つの第2ピボット接合部110・11および110・12を備える。

【0039】

図4に示すような支持素子110・3の局所座標系(X_L, Y_L, Z_L)では、第1ピボット接合部110・8, 110・9および110・10は、それぞれの場合、 Y_L 軸に平行な第1ピボット軸を画定し、第2ピボット接合部110・11および110・12は、それぞれの場合、 X_L 軸に平行な第2ピボット軸を画定する。従って、第1ピボット軸はそれぞれの場合、第2ピボット軸に横断して延びる。

【0040】

このように、支持素子110・3の構成が達成され、これは第1自由度、すなわち回転軸110・13(支持素子110・3の縦軸によって形成され、図示した例では、 Z_L 軸と一致する)の周りの回転自由度を制限する。その他の5つの空間的自由度(X_L, Y_L, Z_L 方向の3つの並進と X_L, Y_L 方向の周りの2つの回転)全てにおいて、支持素子110・3(特定の制限内)は、基本的に制限されない運動を可能にする。

【0041】

図4から推測できるように、支持部110・5はモノリシック設計であり、ピボット接合部110・8~110・12はそれぞれの場合、単純な固体接合部として設計される。しかしながら、本発明の他の変形では、ピボット接合部の他のどんな適切な設計、特にマルチパート設計も提供することができることは、自明である。特に、異なる設計のピボット接合部のどんな組合せも提供することができる。

【0042】

支持素子110・3は、回転軸110・13(図4に示す状態)が、ミラー108・1の光学的に利用される領域108・2の回転対称軸108・3に平行に延びるように配置される。しかしながら、本発明の他の変形では、少なくとも個々の支持素子110・3に関しては、これからずれる回転軸110・13の配置または配列を提供することができるのは自明である。ただし、回転軸110・13は、回転対称軸108・3に平行に延びる方向成分を常に有するものとする。従って、回転軸110・13が回転対称軸108・3に垂直な平面に位置しないのであれば、回転軸110・13のどんな配列も可能である。

【0043】

この結果、支持素子110・3によって、回転対称軸108・3の周りのミラー108・1の回転も制限される。このように、光学的に利用される領域108・2の回転対称性によって、回転対称軸108・3の周りのミラー108・1における、角度位置の調整から得ることのできる目立った便益はなく、光学的に利用される領域108・2の回転対称のずれから生じる撮像エラーを、光学系の他の点で、より単純なやり方で、適切かつ十分に知られた手段で訂正できるという認識で、使用が行われる。

【0044】

従って、本発明によれば、回転対称軸108・3の周りのミラー108・1の角度位置の調整を行う必要はないと仮定され、よって先ず、既知の六脚と比べると、支持構造および可能であれば、関連するアクチュエータ系なしですますことができ、よって、支持ユニット110を説明されるような方法で、五脚として設計することが可能で、支持装置の複雑性を低減することとなる。加えて、本発明によって、五脚を使って、ミラー108・1の位置および/または配向の制御または設定に関する利点を持つ、パラレルメカニズムを作ることが可能である。

【 0 0 4 5 】

図 4 および図 5 から推測できるように、アクチュエータユニット 1 1 0 . 1 5 は、支持部 1 1 0 . 5 の支持セグメント 1 1 0 . 1 4 に係合する。この目的を達成するために、アクチュエータユニット 1 1 0 . 1 5 のレバー素子 1 1 0 . 1 6 の第 1 端部は、支持セグメント 1 1 0 . 1 4 と剛結合される。レバー素子 1 1 0 . 1 6 の他方の端部は、さらなる接合装置 1 1 0 . 1 7 によって、アクチュエータ 1 1 0 . 1 8 と結合され、そして支持輪 1 1 0 . 4 によって支持される。

【 0 0 4 6 】

レバー素子 1 1 0 . 1 6 および接合装置 1 1 0 . 1 7 は、本例において、支持部 1 1 0 . 5 を有するモノリシック設計である。しかしながら、本発明の他の変形では、適切な結合手段（摩擦結合および／または形態嵌合および／または材料結合）によって相互に結合される、種々の構成要素のどんな組合せから構成される設計も選択できることは、自明である。

【 0 0 4 7 】

アクチュエータ 1 1 0 . 1 8 は、基本的に、任意の電気および／または流体（特に空気圧）動作原理、またはこれらの任意の組み合わせで作動する、フォースアクチュエータまたは変位アクチュエータとして、どんな適切な方法でも設計することができる。アクチュエータ 1 1 0 . 1 8 は、与えられる電圧によってその動作方向に特定の変位を発生させる、例えば単純なピエゾ素子であってもよい。同様に、空気圧アクチュエータ、いわゆるローレンツアクチュエータを備えることもでき、これはそれぞれの場合、それらの動作方向に特定の力を発生させる。

【 0 0 4 8 】

アクチュエータ 1 1 0 . 1 8（フォースアクチュエータとして作られたか変位アクチュエータとして作られたかによる）は、制御装置 1 1 1 の制御のもと、その動作軸 1 1 0 . 1 9 の方向に、規定の力または規定の変位を発生させるように設計される。この力または変位は、接合装置 1 1 0 . 1 7 を介して、関連するレバー素子 1 1 0 . 1 6 の端部に移動し、レバー素子 1 1 0 . 1 6 を介して、支持セグメント 1 1 0 . 1 4 の Y_L 軸の周りにモーメント M_Y を生じさせる。

【 0 0 4 9 】

支持セグメント 1 1 0 . 1 4（支持素子 1 1 0 . 3 を通る支持力の流れの方向に）は、第 1 接合群 1 1 0 . 6 の 2 つの第 1 ピボット接合部 1 1 0 . 9 および 1 1 0 . 1 0 の間に配置される。従ってモーメント M_Y は、 Y_L 軸の周りに支持セグメント 1 1 0 . 1 4 の旋回運動を生じさせ、これは、3 つの第 1 ピボット接合部 1 1 0 . 8 ~ 1 1 0 . 1 0 の存在のために、2 つの支持セグメント 1 1 0 . 1 4 および 1 1 0 . 2 0 の間の角度 θ の変化を生じさせ、これによってその縦軸 1 1 0 . 1 3 すなわち Z_L 軸に沿って、支持素子 1 1 0 . 3 の長さの変化が生じる。従ってこのように、既知の六脚と同様に、支持素子 1 1 0 . 3 の長さの変化によって、利用可能な自由度で、ミラー 1 0 8 . 1 の調整が生じる。

【 0 0 5 0 】

一方で、アクチュエータ 1 1 0 . 1 8 の静的状態（伸長に何の変化もない、または動作方向に力の与えられない状態）で、支持素子の第 2 自由度 1 1 0 . 3、すなわち、 Z_L 軸に沿った並進は制限される。

【 0 0 5 1 】

アクチュエータ 1 1 0 . 1 8 と、レバー素子 1 1 0 . 1 6 および中でも支持セグメント 1 1 0 . 1 4 の係合点との間の距離により、アクチュエータ 1 1 0 . 1 8 の移動と支持素子 1 1 0 . 1 3 の長さの変化との間の比率を設定することができるのは、自明である。

【 0 0 5 2 】

また、結像装置 1 0 1 の操作中に、支持素子の長さの両方向への変化が所望されるかまたは必要な場合には、支持素子 1 1 0 . 3 は、図 5 に示すような中立位置または開始位置にあることは、自明である。この中立位置では、2 つの支持セグメント 1 1 0 . 1 4 および 1 1 0 . 2 0 の間の角度 θ は 180° に等しくなく、アクチュエータ 1 1 0 . 1 8 で

の変位の方向によって、支持素子 110 . 3 をその縦軸 110 . 13 に沿って、短くしたり長くしたりすることができるようにする。

【0053】

本例では、第1接合群 110 . 6 と第2接合群 110 . 7 のピボット接合部（支持素子 110 . 3 を通る支持力の流れ方向）は、それらの旋回運動の方向に従って、種類別に配置される。すなわち、第1ピボット接合部 110 . 8 ~ 110 . 10 は、力の流れ方向に相互に隣り合って、すなわち連続的に配置される。同様のことは、支持力の流れ方向に相互に隣り合って、または連続的に配置される、第2ピボット接合部 110 . 11 および 110 . 12 についてもいえる。このようにして、個々の支持素子 110 . 3 および最終的に、ミラー 108 . 1 の特別に大きな調整領域が達成される。

10

【0054】

しかしながら、本発明の他の変形では、少なくとも1つの接合群において、ピボット接合部のこのような分類が存在しないことは自明である。特に、支持力の流れ方向の2つの接合群のピボット接合部は、それぞれの場合、交互に配置される。

【0055】

接合装置 110 . 17 は、支持部 110 . 5 および最終的にはミラー 108 . 1 への寄生力および寄生モーメントの導入をできる限り防ぐように設計される。本例では、接合装置 110 . 17 は、2つの第3ピボット接合部 110 . 21 , 110 . 22 および2つの第4ピボット接合部 110 . 23 , 110 . 24 を備え、第3ピボット接合部 110 . 21 および 110 . 22 は、それぞれの場合、第3ピボット軸を画定し、これは Y_L 軸に平行であり、第4ピボット接合部 110 . 23 および 110 . 24 は、それぞれの場合、第4ピボット軸を画定し、これは X_L 軸に平行である。従って、第3ピボット軸は、それぞれの場合、第4ピボット軸に横断して延びる。

20

【0056】

このように先ず、4つの自由度の分離（すなわち、それぞれの場合、 Y_L 軸と X_L 軸方向への並進および Y_L 軸と X_L 軸の周りの回転）が行われる。一方で、接合装置 110 . 17 の設計では、支持部 110 . 5 の自由度のさらなる制限は起こらない。

【0057】

本例では、上述の様に、5つの支持素子 110 . 3 は全て同じ設計である。しかしながら、本発明の他の変形では、個々の支持素子、特に、支持素子の内の1つだけが、説明した回転対称軸 108 . 3 の周りの回転の自由度の制限を行い、他の支持素子は異なる設計とすることができるのは、自明である。このように、例えば、支持素子の内の1つだけのために、図4および図5に示す設計を選ぶことができ、他の支持素子に関しては、例えば既知の六脚に使用されるような設計を選ぶことができる。

30

【0058】

支持素子に異なる設計を選ぶこともできるのは、さらに自明である。よって、例えば、冒頭に引用した、国際公開第2005/101131A1号パンフレット（クグラ等）の、図5～図10の三脚で周知の支持素子を選択することができる。

【0059】

図6は、結像装置 101 を使って実行される、光学素子を支持する、本発明による方法の好適な変形のフローチャートを示す。

40

【0060】

先ず、ステップ 112 . 1 で結像装置 101 の構成要素が提供され、上述のやり方で設置される。

【0061】

ステップ 112 . 2 で、ミラー 108 . 1 の位置および/または配向を変えるか否かのチェックを行う。変えるのであれば、制御装置 111 は、必要なやり方で個々の支持素子 110 . 3 のアクチュエータ 110 . 18 を制御して、利用可能な5つの自由度において、ミラー 108 . 1 の所望される運動を達成する。

【0062】

50

ステップ 112 . 3 で、ミラー 108 . 1 の位置および / または配向のさらなる変更を行うか否かのチェックを行う。もし変更するのであれば、ステップ 112 . 2 に戻る。

【 0063 】

そうでなければステップ 112 . 4 で、一連の方法を終了させるか否かのチェックを行う。終了させないのであれば、112 . 3 へ戻る。そうでなければ、一連の方法はステップ 112 . 5 で終了となる。

【 0064 】

第 2 実施形態

下記では、図 7 (図 5 と同様の図を示す) を参照して、本発明による光学モジュール 209 の好適な実施形態を利用した、本発明による結像装置 201 のさらに好適な実施形態を説明する。その構造および機能性において、結像装置 201 は基本的には結像装置 101 に対応し、よってここでは違いのみをカバーする。特に、同様の構成要素には同じ参照番号に 100 を加えたものを付し、同一の構成要素には同一の参照番号を付す。下記に記載のない限り、これらの同様の構成要素の特性に関しては、第 1 実施形態に関する上述の説明を明示的に参照する。

【 0065 】

結像装置 201 および結像装置 101 は、支持素子 210 . 3 の設計のみが異なる。よって、支持素子 210 . 3 を有するレバー素子 210 . 16 は、支持素子 110 . 3 とは対照的に、支持セグメント 110 . 14 に結合されていないが、支持セグメント 110 . 20 に剛結合され (例えばモノリシックに) 、アクチュエータ 110 . 18 はレバー素子 210 . 16 を介して、2つの支持セグメント 110 . 14 と 110 . 20 の間の角度に変化をもたらし、それによって、縦軸すなわち Z_L 軸に沿った支持素子 210 . 3 の長さに変化がもたらされる。

【 0066 】

第 3 実施形態

下記では、図 8 (図 5 と同様の図を示す) を参照して、本発明による光学モジュール 309 の好適な実施形態を利用した、本発明による結像装置 301 のさらに好適な実施形態を説明する。その構造および機能性において、結像装置 301 は、基本的には結像装置 101 に対応し、よってここでは違いのみをカバーする。特に、同様の構成要素には同じ参照番号に 200 を加えたものを付し、同一の構成要素には同一の参照番号を付す。下記に記載のない限り、これらの同様の構成要素の特性に関しては、第 1 実施形態に関する上述の説明を明示的に参照する。

【 0067 】

この場合も、結像装置 301 および結像装置 101 は、支持素子 310 . 3 の設計のみが異なる。よって、支持素子 310 . 3 のアクチュエータユニット 310 . 15 は、支持素子 110 . 3 とは対照的に、支持輪 110 . 4 上に支持されず、さらなるレバー素子 上 に支持される。このさらなるレバー素子 は、支持セグメント 110 . 20 に剛結合され (例えばモノリシックに) 、アクチュエータ 110 . 18 がレバー素子 310 . 21 および (レバー素子 110 . 16 と比べて、必要ならば僅かに変形された) レバー素子 310 . 16 を介して、2つの支持セグメント 110 . 14 と 111 . 20 の間の角度に変化をもたらし、それによって、縦軸すなわち Z_L 軸に沿った支持素子 310 . 3 の長さに変化がもたらされる。従って、このようにして、支持素子 310 . 3 内に完全に一体化されたアクチュエータユニット 310 . 15 が作られ、これは支持輪 110 . 4 への別々の結合を必要としない。

【 0068 】

これに関して、本発明の他の変形では、その端部にアクチュエータ 110 . 18 が支持される、2つのレバー素子の内の1つは、第 1 接合群の2つのピボット接合部の間に位置する支持素子に係合しないようにできることは、自明である。むしろ、図 8 に点線 313 で示すように、このレバー素子を第 1 接合群のピボット接合部と第 2 接合群のピボット

10

20

30

40

50

接合部の間に位置する支持素子に係合させることができる。同様に、このレバー素子は、第2接合群の2つのピボット接合部の間、または第2接合群のピボット接合部と光学素子の間に配置される支持セグメントと係合させることもできる。

【0069】

第4実施形態

下記に、図9を参照して、本発明による光学モジュール409の好適な実施形態を利用した、本発明による結像装置401のさらに好適な実施形態を説明する。その構造および機能性において、結像装置401は基本的には結像装置101に対応し、よってここでは違いのみをカバーする。特に、同様の構成要素には同じ参照番号に300を加えたものを付し、同一の構成要素には同一の参照番号を付す。下記に記載のない限り、これらの同様の構成要素の特性に関しては、第1実施形態に関する上述の説明を明示的に参照する。

【0070】

この場合、図9は、図5、7、8と比べて(Z_L 軸の周りを)90°回転させたものである。この場合も、結像装置401と結像装置101は、支持素子410・3の設計のみが異なる。よって、第1接合群410・6はこの場合、ピボット接合部410・8~410・10を備え、これらはここでそれぞれの場合に X_L 軸に平行なピボット軸を画定し、第2接合群410・7は、ピボット接合部410・11と410・12を備え、これらはここでそれぞれの場合に、 Z_L 軸に平行なピボット軸を画定する。

【0071】

アクチュエータユニット410・15は、支持輪110・4の片方に支持され、レバー素子410・16のもう片方は、支持セグメント410・14に剛結合(例えばモノリシック)されている。レバー素子410・16を介して、アクチュエータ110・18は、よって、2つの支持セグメント410・14と410・20の間の角度に変化をもたらし、これは、縦軸すなわち Z_L 軸に沿った、支持素子410・3の長さに変化をもたらす。

【0072】

第5実施形態

下記に、図10(図9と同様の視点からの図を示す)を参照して、本発明による光学モジュール509の好適な実施形態を利用した、本発明による結像装置501のさらに好適な実施形態を説明する。その構造および機能性において、結像装置501は基本的には結像装置401に対応し、よってここでは違いのみをカバーする。特に、同様の構成要素には同じ参照番号に100を加えたものを付し、同一の構成要素には同一の参照番号を付す。下記に記載のない限り、これらの同様の構成要素の特性に関しては、第4および第5実施形態に関する上述の説明を明示的に参照する。

【0073】

結像装置501と結像装置401は、支持素子510・3の設計のみが異なる。よって、支持素子510・3のレバー素子510・16は、支持素子410・3とは対照的に、支持セグメント410・14に結合されていないが、支持セグメント510・20に(例えばモノリシックに)剛結合され、アクチュエータ110・18がレバー素子510・16を介して、2つの支持セグメント510・14と510・20の間の角度に変化をもたらし、これによって、縦軸すなわち Z_L 軸に沿った支持素子510・3の長さの変化がもたらされる。

【0074】

この結合において、本発明の他の変形では、第3の実施形態(図8参照)と関連して説明したように、角度を調整するために、支持素子内に完全に一体化されたアクチュエータも設けることができることは、自明である。

【0075】

第6実施形態

下記に、図11および図12を参照して、本発明による光学モジュール609の好適な実施形態を利用した、本発明による結像装置601のさらに好適な実施形態を説明する

。その構造および機能性において、結像装置 6 0 1 は基本的に結像装置 1 0 1 に対応し、よって、ここでは違いのみをカバーする。特に、同様の構成要素には同じ参照番号に 5 0 0 を加えたものを付し、同一の構成要素には同一の参照番号を付す。下記に記載のない限り、これらの同様の構成要素の特性に関しては、第 1 実施形態に関する上述の説明を明示的に参照する。

【 0 0 7 6 】

結像装置 6 0 1 と結像装置 1 0 1 は、この場合も、支持素子 1 1 0 . 3 および 6 1 0 . 3 の設計および配置のみが異なる。支持素子 1 1 0 . 3 は、第 1 実施形態と関連して、上述のやり方で一脚として設計、配置され、支持素子 6 1 0 . 3 は、二脚 6 1 0 . 2 5 の形態で、一度に 2 つ組み合わせられる。その力学的等価図を（図 5 と同様の図で）図 1 2 に示す。

10

【 0 0 7 7 】

図 1 1 から推測できるように、支持素子 1 1 0 . 3 および二脚 6 1 0 . 2 5 は、Z 軸の周りに相互に、それぞれの場合、 $\theta_1 = 140^\circ$ 回転した位置に位置し、2 つの二脚 6 1 0 . 2 5 が $\theta_2 = 80^\circ$ の角度で、相互に回転した位置に位置するように配置される。しかしながら、本発明の他の変形例では、支持素子の別の配置も選択することができることは、自明である。特に、一脚と個々の二脚の間に異なる回転角度を設けることができる。さらにもちろん、3 つの一脚と組み合わせた、たった 1 つの二脚を設けることができる。

【 0 0 7 8 】

20

図 1 2 から推測できるように、2 つの支持素子 6 1 0 . 3 を組み合わせて二脚 6 1 0 . 2 5 を形成し、それらが共通の支持セグメント 6 1 0 . 2 6、共通の第 2 ピボット接合部 6 1 0 . 1 2 および共通の支持セグメント 6 1 0 . 2 7 を共有するようにする。さらに、支持素子 6 1 0 . 3（上述の様に）は、特に個々のアクチュエータユニット 1 1 0 . 1 5 との結合に関しては、第 1 実施形態の設計に対応し、これに関しては、上述の説明を参照する。

【 0 0 7 9 】

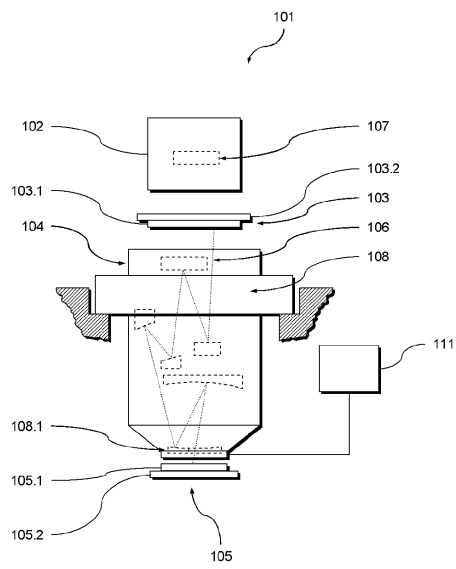
これに関して、本発明の他の変形では、他の設計の二脚も提供できることは自明である。特に、光学素子に最も近い支持セグメントのみを、共通支持素子として設計することができる。また、二脚としてのこのような設計を使って、第 2 ~ 第 5 の実施形態で説明したように、アクチュエータユニットの結合の全ての変形も作ることができることは、自明である。

30

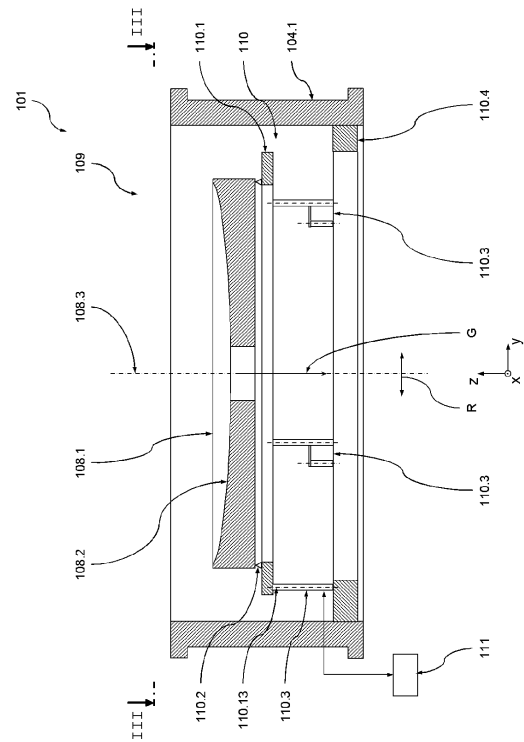
【 0 0 8 0 】

本発明をウエハーの露光の領域からの例を排他的にを使って、上記に説明してきた。しかしながら本発明は、他のどんな用途や撮像方法、特に、撮像に使用する光のどんな波長においても、同様に使用することができることは、自明である。

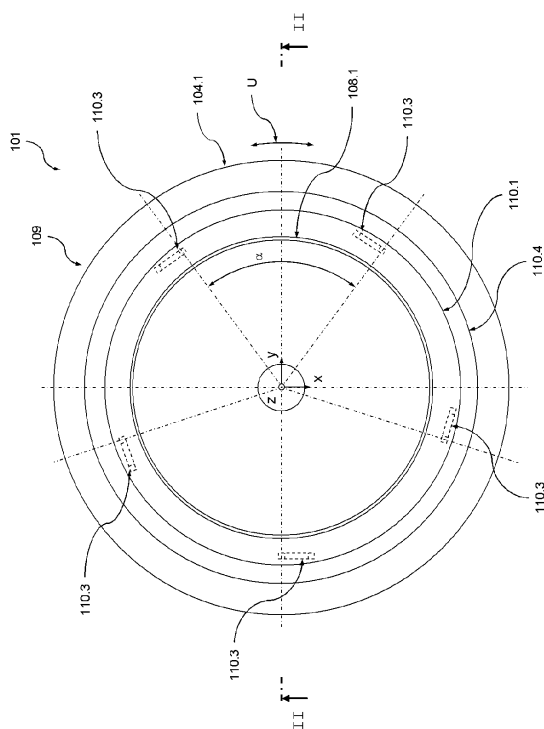
【図 1】



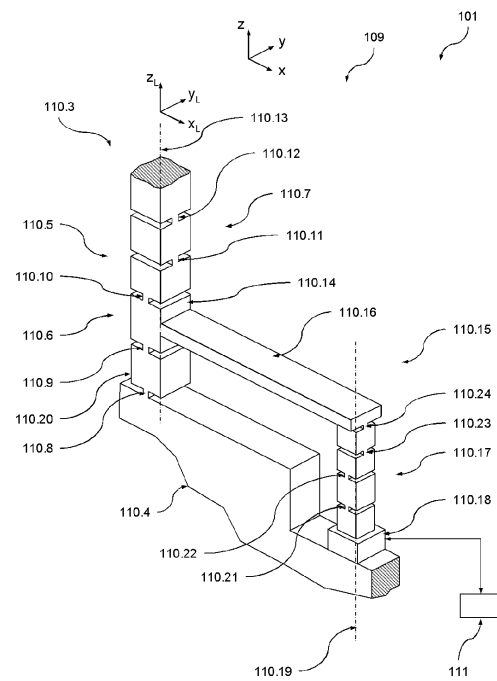
【図 2】



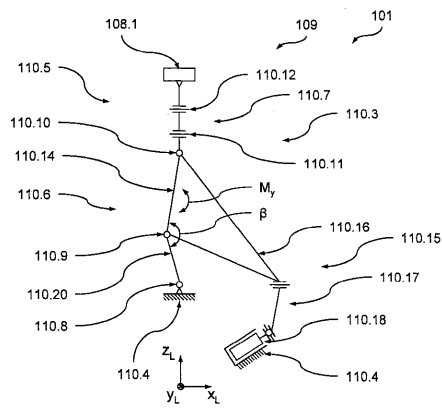
【図 3】



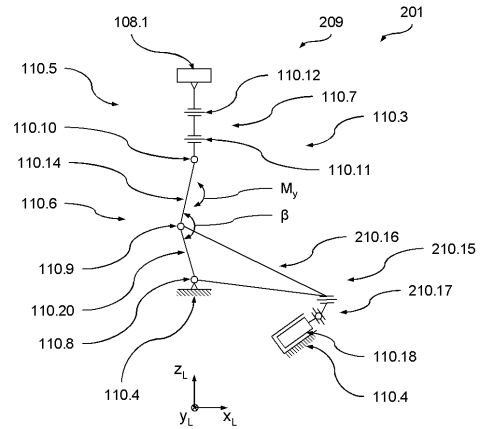
【図 4】



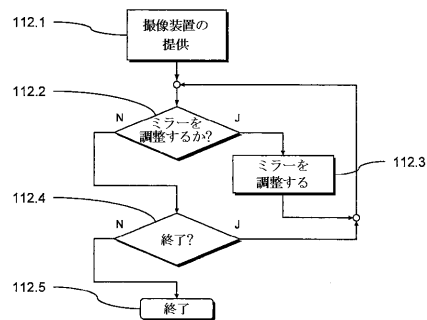
【図 5】



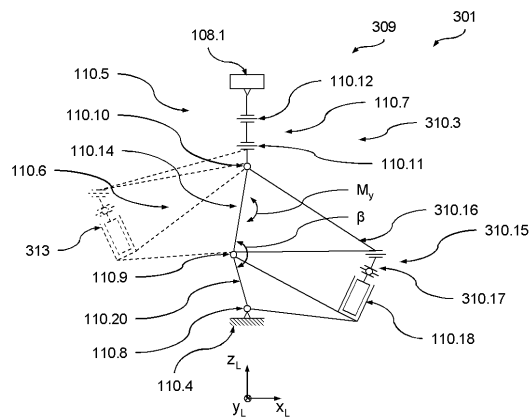
【図 7】



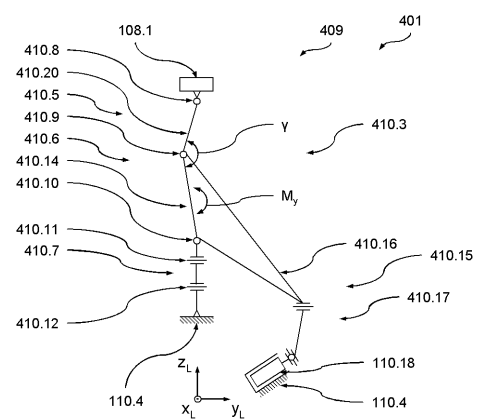
【図 6】



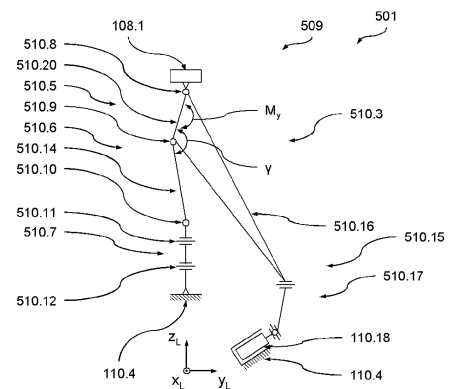
【図 8】



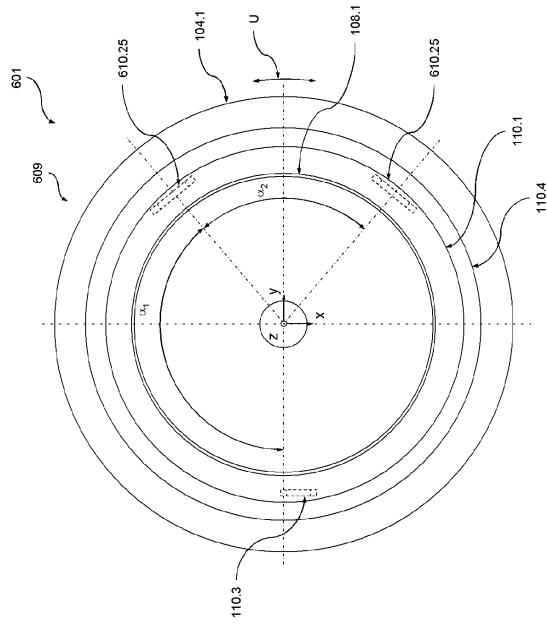
【図 9】



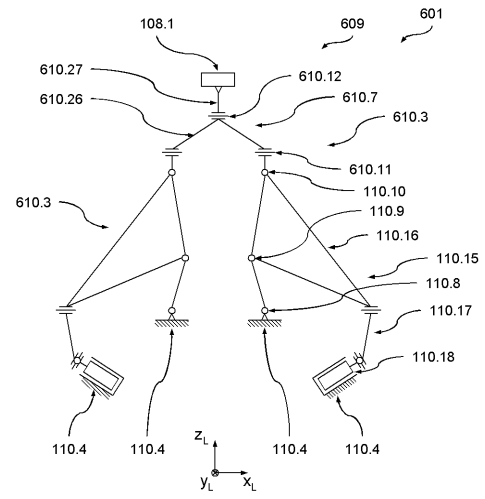
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

- (72)発明者 ムバレク タオウフィク
ドイツ国 7 4 3 2 1 ビーティッヒハイム - ビッシンゲン カール - ベンツ - シュトラーセ 1
0 0
- (72)発明者 ヒューシング マティアス
ドイツ国 5 2 0 7 4 アーヘン ブンガーツウェグ 1 5
- (72)発明者 コルプス ブルクハルト
ベルギー国 4 7 3 1 エイナッテン - リヒテンブッシュ トットレザー 2 1

審査官 堀井 康司

- (56)参考文献 特開2008 - 111891 (JP, A)
特開2000 - 066075 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G 0 2 B 7 / 0 0
G 0 2 B 7 / 1 8 - 2 4