

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4834439号
(P4834439)

(45) 発行日 平成23年12月14日(2011.12.14)

(24) 登録日 平成23年9月30日(2011.9.30)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 21/027 (2006.01)

H01L 21/30 515G

G03F 7/20 (2006.01)

G03F 7/20 521

H01L 21/68 (2006.01)

H01L 21/68 K

請求項の数 18 (全 17 頁)

(21) 出願番号

特願2006-95850 (P2006-95850)

(22) 出願日

平成18年3月30日 (2006.3.30)

(65) 公開番号

特開2007-273633 (P2007-273633A)

(43) 公開日

平成19年10月18日 (2007.10.18)

審査請求日

平成21年3月9日 (2009.3.9)

(73) 特許権者 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(74) 代理人 100076428

弁理士 大塚 康徳

(74) 代理人 100112508

弁理士 高柳 司郎

(74) 代理人 100115071

弁理士 大塚 康弘

(74) 代理人 100116894

弁理士 木村 秀二

(72) 発明者 伊藤 覚

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ステージ装置及びその制御方法、露光装置及びデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

定盤と、

前記定盤の表面上を移動可能なステージと、

前記表面に対して鉛直な方向へ移動する質量体を有し、前記質量体の移動によって前記定盤に慣性力を付与する第1付与手段とを備え、

前記ステージの移動により前記定盤に発生する、前記表面に平行な軸まわりの回転方向の力を軽減するように、前記ステージの移動に応じて前記第1付与手段における前記質量体の鉛直方向への移動を制御する制御手段とを備え、

前記第1付与手段は、鉛直な方向へ移動する質量体を複数有し、

前記制御手段は、前記複数の質量体の前記鉛直方向への推力の総和が0となるように前記質量体の鉛直方向への移動を制御する、ことを特徴とするステージ装置。

【請求項 2】

前記ステージと前記定盤の間に形成された、前記ステージを駆動するための平面モータを更に備えることを特徴とする請求項1に記載のステージ装置。

【請求項 3】

前記制御手段は、前記ステージの移動によって発生される、前記表面に平行で互いに直交する2つの軸の各々の軸まわりの回転方向の反力を相殺するように前記第1付与手段における前記質量体を駆動することを特徴とする請求項1または2記載のステージ装置。

【請求項 4】

10

20

前記制御手段は、前記ステージの駆動指令値を利用して前記質量体の駆動指令値を生成することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載のステージ装置。

【請求項5】

前記制御手段は、前記ステージの前記表面に対して平行な方向への推力と、前記ステージの重心と前記定盤の重心の距離に基づいて、前記質量体の前記鉛直方向への推力を決定することを特徴とする請求項4に記載のステージ装置。

【請求項6】

前記制御手段は、前記ステージの現在の位置、速度、加速度のいずれか一つまたは複数を利用して前記質量体の駆動指令値を生成することを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載のステージ装置。

10

【請求項7】

前記質量体に対して重力と反対方向の力を与える自重補償機構を更に備えることを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載のステージ装置。

【請求項8】

前記表面に対して平行な方向へ移動する質量体を有し、この質量体の移動によって前記定盤に慣性力を付与する第2付与手段を更に備え、

前記制御手段は、更に、前記ステージの移動により前記定盤に発生する、前記表面に鉛直な軸に関する回転方向の力を軽減するように、前記ステージの移動に応じて前記第2付与手段における質量体の移動を制御することを特徴とする請求項1に記載のステージ装置。

20

【請求項9】

前記制御手段は、更に、前記ステージの移動によって発生する前記表面に沿った並進力を相殺するように、前記第2付与手段の質量体の移動を制御することを特徴とする請求項8に記載のステージ装置。

【請求項10】

前記定盤は前記表面に沿った方向へ移動可能に設けられており、前記定盤の移動により前記ステージの移動によって発生する前記表面に沿った並進力を相殺することを特徴とする請求項1に記載のステージ装置。

【請求項11】

前記定盤内で回転可能な質量体を有し、この質量体の回転により、前記表面に鉛直な軸まわりの回転方向の力を前記定盤に付与する第3付与手段を更に備え、

30

前記制御手段は、更に、前記ステージの移動により前記定盤に発生する、前記表面に鉛直な軸に関する回転方向の力を軽減するように、前記ステージの移動に応じて前記第3付与手段における質量体の回転を制御することを特徴とする請求項1または10に記載のステージ装置。

【請求項12】

複数のステージが前記定盤上に設けられ、

前記制御手段は、前記複数のステージの移動により前記定盤に発生する、前記表面に平行な軸まわりの回転方向の合成功力を軽減するように、前記ステージの移動に応じて前記第1付与手段における前記質量体の鉛直方向への移動を制御することを特徴とする請求項1に記載のステージ装置。

40

【請求項13】

定盤と、

前記定盤の表面上を互いに直交する第1及び第2方向に移動可能なステージと、

前記表面に対して鉛直な方向へ移動する4つの質量体を有し、前記質量体の移動によって前記定盤に慣性力を付与する第1付与手段と、

前記ステージの移動により前記定盤に発生する、前記表面に平行な軸まわりの回転方向の力を軽減するように、前記ステージの移動に応じて前記第1付与手段における前記質量体の鉛直方向への移動を制御する制御手段と、を備え、

前記4つの質量体は、前記定盤の重心を含み前記第1方向に平行かつ前記表面に垂直な

50

面と前記定盤の重心を含み前記第2方向に平行かつ前記表面に垂直な面の両面によって分割される4つの領域に1つずつ配置され、

前記制御手段は、前記4つの領域のうちの対角の位置関係にある領域に配置された2つの質量体が前記定盤に付与する力の絶対値が等しくかつ付与する方向が逆になるように前記質量体の移動を制御し、

前記4つの領域のうちの対角の位置関係にある領域に配置された質量体は、ワイヤ、油圧、空気圧シリンダのいずれかによって連結されることを特徴とするステージ装置。

【請求項14】

定盤と、

前記定盤の表面上を移動可能なステージと、

10

前記表面に対して鉛直な方向へ移動可能な質量体を有し、前記質量体の移動によって前記定盤に慣性力を付与する第1付与手段とを備えたステージ装置の制御方法であって、

前記ステージの移動により前記定盤に発生する、前記表面に平行な軸まわりの回転方向の力を軽減するように、前記ステージの移動に応じて前記第1付与手段における前記質量体の鉛直方向への移動を制御する制御工程を備え、

前記第1付与手段は、鉛直な方向へ移動する質量体を複数有し、

前記制御工程では、前記複数の質量体の前記鉛直方向への推力の総和が0となるように前記質量体の鉛直方向への移動を制御する、ことを特徴とするステージ装置の制御方法。

【請求項15】

定盤と、

20

前記定盤の表面上を互いに直交する第1及び第2方向に移動可能なステージと、

前記表面に対して鉛直な方向へ移動する4つの質量体を有し、前記質量体の移動によって前記定盤に慣性力を付与する第1付与手段と、を備えたステージ装置の制御方法であって、

前記ステージの移動により前記定盤に発生する、前記表面に平行な軸まわりの回転方向の力を軽減するように、前記ステージの移動に応じて前記第1付与手段における前記質量体の鉛直方向への移動を制御する制御工程を備え、

前記4つの質量体は、前記定盤の重心を含み前記第1方向に平行かつ前記表面に垂直な面と前記定盤の重心を含み前記第2方向に平行かつ前記表面に垂直な面の両面によって分割される4つの領域に1つずつ配置され、

30

前記制御工程では、前記4つの領域のうちの対角の位置関係にある領域に配置された2つの質量体が前記定盤に付与する力の絶対値が等しくかつ付与する方向が逆になるように前記質量体の移動を制御し、

前記4つの領域のうちの対角の位置関係にある領域に配置された質量体は、ワイヤ、油圧、空気圧シリンダのいずれかによって連結されていることを特徴とするステージ装置の制御方法。

【請求項16】

露光光を発光する光源と、

ウエハを搭載して移動するウエハステージと、

レチクルを搭載するレチクルステージと、

40

前記露光光により、前記レチクルステージに搭載されたレチクルパターンを前記ウエハステージ上のウエハに結像する光学系とを備え、

前記ウエハステージが請求項1乃至13のいずれか1項に記載されたステージ装置を備えていることを特徴とする露光装置。

【請求項17】

請求項16に記載の露光装置を用いて基板にパターンを露光する工程と、

露光された基板を現像する工程とを有することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項18】

デバイス製造方法であって、

請求項16に記載の露光装置を用いて基板に潜像パターンが形成された基板を用意する

50

工程と、

前記潜像パターンを現像する工程とを含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は精密な位置決めを行うのに適したステージ装置に関する。特に、半導体露光装置に使用され、ウエハ等を搭載するステージ装置に関する。また、このようなステージ装置を用いた露光装置、ならびにこの露光装置を用いて半導体デバイス等のデバイスを製造するデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

10

【0002】

半導体デバイス等のデバイスの製造に用いられる露光装置としては、ステップ・アンド・リピート型の露光装置（ステッパーと称することもある）や、ステップ・アンド・スキャン型の露光装置（スキャナと称することもある）が代表的である。ステップ・アンド・リピート方の露光装置は、基板（例えば、ウエハやガラス基板）をステップ移動させながら基板上の複数の露光領域に原版（レチクルやマスク）のパターンを投影光学系を介して投影し順次露光する。ステップ・アンド・スキャン型の露光装置は、ステップ移動と走査露光とを繰り返すことにより、基板上の複数の露光領域に露光転写を繰り返す。特にステップ・アンド・スキャン型の露光装置においては、スリットにより、使用される露光光が投影光学系の比較的光軸に近い部分に制限される。このため、より高精度且つ広画角な微細パターンの露光が可能となっている。

20

【0003】

図1は、一般的な露光装置の概略構成を示す図である。床Fから除振手段106を介して定盤105が支持され、定盤105上には2次元方向（XY方向）に移動可能なウエハステージ104が支持されている。不図示の本体支持部材により、ウエハステージ104の上方に投影光学系103が支持され、更にその上方にレチクルステージ102が支持される。レチクルステージ102はレチクルRを支持し、レチクルステージ102の上方には露光光を供給するための照明系101が配置されている。

【0004】

30

以上の構成においてウエハステージ104は不図示のウエハ搬送系で供給されたウエハWを搭載して、不図示のXY駆動機構により定盤105上をXY方向に移動する。露光動作において、ウエハステージ104はXY駆動機構により移動され、レチクルRに対する目標位置（露光位置）へウエハWが位置決めされる。位置決めされた後、レチクルRの像がウエハWに焼き付けられる。焼き付けを終えるとウエハWの次の露光位置への露光を行うべく、ウエハステージ103が駆動される。図1の露光装置は、以上の動作を繰り返すことにより、一枚のウエハW全体にレチクルの像を焼き付ける。

【0005】

上述のような露光装置においては、生産性を高めるためにウエハステージ104の移動時間や露光時間を短くする必要がある。ウエハステージ104の移動時間を短くするためには、移動時の加減速度を増加させなければならない。一方、後処理工程の生産性を高めるためにウエハWの径を大きくする必要があり、これに伴ってウエハチャック、ウエハステージ104の質量が増加の一途をたどっている。

40

【0006】

このような露光装置において、ステージを駆動すると、ステージの加減速に伴う慣性力の反力が生じ、これが定盤105に伝わると定盤105の振動を引き起こす原因となる。このような振動により露光装置の機構系の固有振動が励起されて高周波振動が発生し、高速、高精度な位置決めが妨げられる可能性がある。従って、従来より、このような反力に関する問題を解決するためにいくつかの提案がなされている。例えば、特許文献1に記載された装置は、ステージを駆動するためのリニアモータの固定子をステージ定盤とは独立して床で支持することで、反力によるステージ定盤の振動を防止する。また、特許文献2

50

に記載された装置は、ウエハステージ及び投影レンズを支持するマシンフレームに対して、水平方向に発生するアクチュエータの力によって、ステージの駆動に伴う反力と同等の補償力を付与し、反力による装置の振動を軽減する。

【0007】

しかしながら、上記のいずれの従来技術においても、ステージ装置自体の揺れは軽減できるものの、ステージの駆動に伴う反力は、直接床に対して伝達されるか、もしくは実質的に床と一体とみなせる部材を介して床に対して伝達されてしまう。これにより床が加振され、露光装置の周辺に設置される装置に振動を与え、悪影響を及ぼす可能性がある。通常、露光装置を設置する床は 20 ~ 40 Hz 程度の固有振動数を持っている。露光装置の動作に伴って床が有するこのような固有振動数の振動が励起された場合、周辺の装置への悪影響は大きなものになる。

10

【0008】

昨今、処理速度（スループット）の向上に伴うステージ加速度は増加の一途であり、更にレチクルや基板の大型化に伴ってステージ質量も増大している。このため、[移動体の質量] × [加速度] で定義される駆動力は非常に大きなものとなり、その反力も膨大なものとなっている。このような反力の増大に伴い、反力による設置床の加振は無視できない問題となってきた。

【0009】

また、装置の大型化も著しくなり、数多くの製造装置が設置される製造工場内での占有設置面積の増大が問題として顕在化しつつある。更に、上述のような装置から床に伝わる振動が大きいと、その振動の影響を他の装置が受けないようにするために装置間の距離を大きくする必要が生じる。このように、装置の大型化、装置間隔の確保により、各装置が事実上占有する面積が非常に増大してしまう。

20

【0010】

一般に、床 F と定盤 105 の間には除振手段 106 を設けてはいるが、従来の反力受け装置ではステージ 104 の駆動の反力が床面へ伝達することを避けることができない。例えば、ステージ 104 の X Y 面内の移動により生じる X 軸及び Y 軸まわりのモーメントは床 F に伝達されてしまう。

【0011】

また、図 2 に示すような、除振手段 212 とポスト 221 の組み合わせにより、床 F への振動の伝達を低減する構成が提案されている。図 2 では、定盤 105 と床 F の間に除振手段 106 が設けられ、床 F と定盤 105 をポスト 221 を介して固定することにより、定盤 105 における振動が床へ伝達されるのを低減している。しかしながら、このような構成をもってしてもステージの駆動によって生じる反力が床 F に伝わることを回避できない。

30

【0012】

図 2 に示すように、質量 m のステージ 104 が加速度 a で移動すると、床面には平面内力 $m \cdot a$ とモーメント力 $M = L \cdot m \cdot a$ が作用する。ここで、L は移動ステージの重心位置と床面との距離である。一般に、床面は平面内力に対する剛性は大きいが、モーメント力に対する剛性が小さいため、上述したモーメント力 $M = L \cdot m \cdot a$ によって床振動が引き起こされる。この床振動がその装置自体や周りの装置の動作に悪影響を及ぼす。

40

【0013】

本出願人はステージを支持する定盤の重心とステージの重心とが異なる駆動装置においては、外部に伝達される力を軽減する反力カウンタを設けることが有効であると考えている。しかしながら、反力カウンタを備えた装置でもステージと定盤の重心が Y Z 平面または Z X 平面で一致していないと、それぞれ X 軸周り、Y 軸周りのモーメントが発生し、これらが床に伝達してしまう。

【0014】

ステージを支持する定盤の重心とステージの重心とが異なる駆動装置において、ステージの移動によって発生するモーメントを軽減または相殺する方法として、特許文献 3 に記

50

載された装置では回転体を用いている。

【特許文献 1】特開平 5 - 77126 号公報

【特許文献 2】特開平 5 - 121294 号公報

【特許文献 3】特開平 11 - 190786 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

しかし回転体では例えば、X 軸周りのモーメントを発生させる時に、YZ 平面の Y 方向と Z 方向それぞれに回転体の直径分の設置面積を確保することが必要となる。このためどちらか 1 方向の長さに制限があるような空間に回転体を設置する場合には、回転体の直径が制限されてしまう。この場合、直径の小さな回転体で必要なモーメントを発生させなければならなくなる。直径の小さな回転体で大きなモーメントを発生させようとすると、慣性モーメントが小さいため角加速度が大きくなり回転速度が非常に大きくなる。一般にモータには速度の制限があり、また小さな体積のモータを高速回転させようとして大きな電流を流すと発熱も非常に大きくなってしまう。更に、回転体の重心が回転軸と完全に一致していないと、高速に回転した際に高い周波数の振動が発生するという問題も生じる。

【0016】

本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、ステージの駆動に伴う駆動反力を、効果的に相殺し、駆動反力の影響を低減することを目的とする。特に、ステージの駆動によって発生する駆動平面に平行な軸回りのモーメント反力を効果的に相殺又はその影響を低減可能とすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0017】

上記の目的を達成するための本発明のステージ装置は以下の構成を備える。即ち、

定盤と、

前記定盤の表面上を移動可能なステージと、

前記表面に対して鉛直な方向へ移動する質量体を有し、前記質量体の移動によって前記定盤に慣性力を付与する第 1 付与手段とを備え、

前記ステージの移動により前記定盤に発生する、前記表面に平行な軸まわりの回転方向の力を軽減するように、前記ステージの移動に応じて前記第 1 付与手段における前記質量体の鉛直方向への移動を制御する制御手段とを備え、

前記第 1 付与手段は、鉛直な方向へ移動する質量体を複数有し、

前記制御手段は、前記複数の質量体の前記鉛直方向への推力の総和が 0 となるように前記質量体の鉛直方向への移動を制御する。

【0018】

また、本発明によれば、上記ステージ装置の制御方法、上記ステージ装置を用いた露光装置、該露光装置を用いたデバイス製造方法が提供される。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、ステージの駆動に伴う駆動反力を効果的に相殺し、駆動反力の影響を低減することが可能となる。特に、ステージの駆動によって発生する駆動平面に平行な軸回りのモーメント反力が相殺される、又はその影響が低減される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、添付の図面を参照して本発明の好適な実施形態を説明する。

【0021】

<第 1 実施形態>

図 3 は、本実施形態による走査型露光装置の概略構成を示す図である。レチクルステージ 301 を支持するレチクル定盤 302 は、床面 F に直接固定された支持枠 303 に支持される。また、レチクルステージ 301 上のレチクルを経てウエハステージ 304 上のウ

10

20

30

40

50

エハWを露光する露光光は、破線で示す光源装置304から発生される。フレーム306はレチクルステージ301とウエハステージ304の間に投影光学系307を支持する。308はレチクルステージ301を加速および減速するリニアモータの固定子である。レチクルステージ301はレチクル定盤302上を移動する。基盤311は床Fに固定され、基盤311の上に定盤312が固定されている。ウエハステージ304は定盤312の上を移動する。

【0022】

なお、ウエハステージ304は、駆動部によってレチクルステージ301と同期して走査される。レチクルステージ301とウエハステージ304の走査中、両者の位置はそれぞれ干渉計309、310によって継続的に検出され、レチクルステージ301とウエハステージ309の駆動部にそれぞれフィードバックされる。これにより、両者の走査開始位置を正確に同期させるとともに、定速走査領域の走査速度を高精度で制御することができる。

【0023】

図4は本実施形態によるステージ装置の要部の概略構成を示す斜視図である。図4においては、ステージ装置としての説明のため、ステージや定盤等の部材に新たな参照番号を付している。図4のステージ装置を図3のウエハステージ系に適用した場合、ステージ1は図3のウエハステージ304に対応し、定盤5は定盤312に対応し、床8は基盤311及び床Fに対応する。尚、座標系は、定盤5の上面の水平面内にXY軸を、XY軸と直交する方向にZ軸を定義する。ステージ1は定盤5の上面を駆動平面として移動する。

【0024】

床8の上に定盤5が固定され、定盤5の上にエアスライドを介してステージ1が定盤5の上面に沿ってXY方向に2自由度に移動自在に支持されている。ステージ1はステージアクチュエータ2と連結されている。ステージアクチュエータ2は平面パルスサーボモータであり、定盤5の上面に設けられた櫛歯との間で磁気回路を構成して、ステージ1の推力を発生する。このため、ステージ1の移動反力は定盤5に伝達される。

【0025】

定盤5は、内部に反力カウンタ(質量体)3-1~3-4(以下、反力カウンタ3-1~3-4を総称する場合は反力カウンタ3と記載する)を有する。反力カウンタ3は、反力カウンタアクチュエータ4により、定盤5の内部でZ方向に移動可能なように配置されている。そして、反力カウンタアクチュエータ4は、定盤5によって支持されている。尚、本実施形態では、定盤5の内部に、FL反力カウンタ3-1、FR反力カウンタ3-2、BL反力カウンタ3-3、BR反力カウンタ3-4が設置されている。上述したように、夫々の反力カウンタは定盤5に連結された反力カウンタアクチュエータ4によってZ方向に駆動されるため反力カウンタの移動反力は定盤5に伝達される。

【0026】

一般に、反力カウンタの推力軸がYZ平面から見てもZX平面から見ても定盤の重心上にないときに、反力カウンタをZ軸方向に駆動させると、YZ平面、ZX平面両方にモーメントを発生させることができる。従って、3つ以上の反力カウンタがあり、夫々の推力軸がXY平面から見て1直線状に無く、且つ、YZ平面及びZX平面から見て定盤の重心上に無い場合、X軸周りとY軸周りの両方に任意の大きさのモーメントを発生させることができる。よって、それら反力カウンタのZ軸方向の駆動により、ステージ1のXY平面内での任意の駆動によって発生するX軸周りとY軸周りのモーメントの両方を同時に軽減または相殺することが可能となる。本実施形態では、ステージ1の移動により生じた、定盤5から床8に伝わるモーメントを、4つの反力カウンタ3を用いて軽減し、ステージの駆動反力を軽減する。

【0027】

図5を用いてZ方向に反力カウンタ3を駆動することにより、ステージの駆動反力によるモーメントを軽減、相殺する方法の原理を説明する。

【0028】

10

20

30

40

50

ステージ 1 が X 方向に F_{x_stg} の推力で移動するとき、Y 軸右回りを正としたモーメントの釣り合いを考える。図 5 において、ステージ 1 の推力軸 2 a とステージ 1 の重心 1 a との距離を L_{z_stg} とする。また、推力軸 2 a と定盤 5 の重心 5 a との距離を L_{z_base} とする。更に、ステージ 1 が定盤 5 に対して与えるモーメント $F_{x_stg} \times L_{z_stg}$ を Q_{y_stg} 、ステージ推力の反力によって定盤に発生するモーメント $F_{x_stg} \times L_{z_base}$ を Q_{y_base} 、反力カウンタ 3 が定盤に対して与えるモーメントを Q_{y_cnt} とする。

【0029】

ステージ 1 の推力軸 2 a とステージ 1 の重心 1 a との距離 L_{z_stg} を用いて、ステージ 1 の内部のモーメントの釣り合いは、次の式(1)のように表される。

$$Q_{y_stg} - F_{x_stg} \cdot L_{z_stg} = 0 \quad \dots (1)$$

10

【0030】

また定盤 5 でのモーメントの釣り合いは、推力軸 2 a と定盤 5 の重心 5 a との距離 L_{z_base} を用いて、次の式(2)のように表される。

$$Q_{y_base} - F_{x_stg} \cdot L_{z_base} - Q_{y_stg} + Q_{y_cnt} = 0 \quad \dots (2)$$

【0031】

ここで、 $Q_{y_base} = 0$ とするための、即ち、床へのモーメント(Y 軸まわりのモーメント)の伝達を無くすための、反力カウンタ 3 が発生すべきモーメントは次のように計算される。

$$Q_{y_cnt} = F_{x_stg} \cdot (L_{z_stg} + L_{z_base}) \quad \dots (3)$$

【0032】

20

同様に X 軸まわりのモーメントが床へ伝達しないように反力カウンタ 3 が発生すべきモーメントは次の式(4)のように求まる。

$$Q_{x_cnt} = F_{y_stg} \cdot (L_{z_stg} + L_{z_base}) \quad \dots (4)$$

【0033】

ここで $L_z = L_{z_stg} + L_{z_base}$ とし、図 6 に示すように 4 つの反力カウンタ 3 - 1 ~ 3 - 4 (の各重心) が定盤 5 の重心 5 a から X 方向に L_x 、Y 方向に L_y の位置に対角に配置される構成を考える。今、F L 反力カウンタ 3 - 1、F R 反力カウンタ 3 - 2、B L 反力カウンタ 3 - 3、B R 反力カウンタ 3 - 4 のそれぞれの Z 方向の推力を F_{fl} 、 F_{fr} 、 F_{bl} 、 F_{br} とする。

【0034】

30

この場合、Y 軸まわりのモーメントの釣り合いは、式(3)、式(4)から次のように表される。

$$(F_{fr} + F_{fl} - F_{br} - F_{bl}) \cdot L_x = F_{x_stg} \cdot L_z \quad \dots (5)$$

【0035】

同様に、X 軸まわりのモーメントの釣り合いは次のように表される。

$$(F_{fr} + F_{br} - F_{fl} - F_{bl}) \cdot L_y = F_{y_stg} \cdot L_z \quad \dots (6)$$

【0036】

また、反力カウンタが床に対して力の z 成分が伝達しないようにすることも重要であるので、4 つの反力カウンタの Z 方向推力の合計がちょうど 0 になるように次の式(7)の条件のもとで駆動する。

$$F_{fr} + F_{fl} + F_{br} + F_{bl} = 0 \quad \dots (7)$$

40

【0037】

反力カウンタは 4 つあるので推力の自由度は 4 であり、満たすべき条件式は 3 つ(式(5) ~ (7))なので、これらを満足する反力カウンタ 3 の駆動方法は無限に存在することになる。それらのうちの 1 例を下記に示す。尚、以下では、 F_{x_stg} を F_x 、 F_{y_stg} を F_y と記載している。

$$F_{fl} = (L_y F_x + L_x F_y) \cdot L_z / 4 L_x L_y$$

$$F_{fr} = - (L_y F_x - L_x F_y) \cdot L_z / 4 L_x L_y$$

$$F_{bl} = (L_y F_x - L_x F_y) \cdot L_z / 4 L_x L_y$$

$$F_{br} = - (L_y F_x + L_x F_y) \cdot L_z / 4 L_x L_y \quad \dots (8)$$

50

【0038】

以上の数式を満たすように制御器9が反力カウンタアクチュエータ4を制御する。尚、反力カウンタアクチュエータ4としてはリニアモータ、パルスモータ、エアアクチュエータなどが考えられる。

【0039】

又、地球上では重力があるので、重力加速度をg、反力カウンタ3の重量をM_cntとするとき、反力カウンタには常に $-M_{cnt} \cdot g$ という力がZ方向にかかることになる。この力の大きさは一定であるので、これを補償する機構を設けることで反力カウンタアクチュエータ4は反力カウンタ3が移動するために必要な推力のみを発生させれば良くなる。このような自重を補償する機構としては空気圧、油圧、磁石、バネ等が考えられる。

10

【0040】

また、例えば、図4、図6に示したように反力カウンタ3を配置し、上記式(8)に示す推力で反力カウンタ3を駆動する場合、対角に配置された反力カウンタの推力は絶対値が等しくかつ方向が逆になっている。従って、FL反力カウンタ3-1とBR反力カウンタ3-4、FR反力カウンタ3-2とBL反力カウンタ3-3をワイヤなどで連結し上方から吊り下げることで自重分を打ち消すことができる。或は、油圧又は空気圧シリンダなどで連結して下から支えることで自重分を打ち消すことももちろん可能である。

【0041】

図12に、反力カウンタの自重補償の機構の一例を示す。定盤5に組み込まれた反力カウンタ3において、質量体10, 11は反力カウンタアクチュエータ4により上下に駆動される。自重補償機構は、例えば、パイプ122により連結されたエアシリンダ121により構成される。もちろん、シリンダは油圧等の流体を用いたシリンダであってもよい。また、例えば、エアシリンダの変わりに、エアもしくは液体を充填した蛇腹構造を用いることもできる。

20

【0042】

更に、ステージがZ方向にも力Fzを発生させる場合、 $-Fz/4$ の力を各反力カウンタが均等に発生させることで、モーメントに関する釣り合いを保ちつつZ方向の力も相殺することができる。これを数式で表すと次のようになる。

$$\begin{aligned} Ffl &= (LyFx + LxFy)Lz / 4LxLy - Fz/4 \\ Ffr &= - (LyFx - LxFy)Lz / 4LxLy - Fz/4 \\ Fbl &= (LyFx - LxFy)Lz / 4LxLy - Fz/4 \\ Fbr &= - (LyFx + LxFy)Lz / 4LxLy - Fz/4 \quad \dots (9) \end{aligned}$$

30

【0043】

上記によれば、モーメントの床など外部の部材への伝達がある程度許容される場合に、モーメントを完全に相殺するために必要な推力に対して、大きなまたは小さな推力とすることができると表している。従って、外部に伝達されるモーメントを許容される範囲内に抑えつつ、反力カウンタのストローク中心方向に力を発生させる。即ち、ストロークエンジンに近づく方向の力は必要推力に対して小さく、ストロークエンドから離れる方向の力は必要推力に対して大きくすることで、反力カウンタのZ方向のストロークを短くすることができる。

40

【0044】

図7は、制御器9の、ステージアクチュエータ2及び反力カウンタアクチュエータ4に係る制御構成の一例を示すブロック図である。装置制御部91は当該露光装置の全体を制御し、露光処理のためのステージ1の位置を指示するステージ位置指令値を発生する。ステージ制御器92は、ステージ位置指令値とステージアクチュエータ2からのフィードバック信号に基づいてウエハステージ1の駆動に必要な推力を算出することによりステージ推力指令値(Fx, Fy)を生成し、これをステージアクチュエータ2に送る。ステージアクチュエータ2はステージ推力指令値に従ってウエアステージ1を駆動する。

【0045】

反力カウンタ位置指令値生成部93は、装置制御部91が発生したステージ1の位置指

50

令値に基づいて、反力カウンタ3の位置指令値を生成する。反力カウンタ位置指令値生成部93は、ステージ位置指令値や、反力カウンタ3と重心5aとの距離(Lx, Ly)、カウンタの重量(M_cnt)、ステージ1の重量に基づいて反力カウンタ3の位置指令値を生成する。反力カウンタ制御器95は、反力カウンタ位置指令値生成部93が生成した位置指令値と反力カウンタアクチュエータ4からのフィードバック信号に基づいて反力カウンタ3の推力指令値を生成する。反力カウンタ推力指令値生成部94は、ステージ制御器92が発生したステージ推力指令値(Fx, Fy)と反力カウンタ3と重心5aとの距離(Lx, Ly)に基づいて反力カウンタの推力指令値を生成する。反力カウンタ制御器95及び反力カウンタ推力指令値生成部94から出力される推力指令値は合成され、反力カウンタアクチュエータ4に供給される。反力カウンタアクチュエータ4は、この合成された推力指令値に基づいて反力カウンタ3を駆動する。こうして、上記式(8)に示したFfl, Ffr, Fbl, Fbrを反力カウンタ3に発生させる。

【0046】

尚、式(9)を採用する場合は、反力カウンタ推力指令値生成部94はステージ制御器92からFzの提供を受け、推力指令値を生成する。こうして、反力カウンタの位置と推力によりステージ1の反力を相殺するとともに、駆動範囲が決められたストローク内に収まるように、反力カウンタが駆動される。

【0047】

以上のように、第1実施形態によれば、ステージ1の移動により定盤5に発生する、X, Y軸まわり(ステージ1の移動平面に平行な軸まわり)の回転方向の力を軽減するよう、ステージ1の移動に応じて反力カウンタ3が鉛直方向へ移動される。このため、ステージ1の移動により定盤5に生じるX軸及びY軸まわりの回転力が相殺もしくは減少されることになり、床へ伝わる振動が低減される。

【0048】

<第2実施形態>

第1実施形態では、ステージ1の駆動によって生じるX軸及びY軸まわりのモーメントを打ち消すと共に、Z方向に加わる反力を相殺可能な構成を説明した。第2実施形態では、更に、ステージ1の駆動によるX方向、Y方向の並進力及びZ軸まわりのモーメントを打ち消す構成を加える。

【0049】

図8は第2実施形態による反力カウンタの配置例を示す図である。第2実施形態では、定盤5の内部に4種類の反力カウンタを構成している。反力カウンタ3-1~3-4は、第1実施形態で説明したように、Z方向に移動可能であり、X軸まわりのモーメントとY軸まわりのモーメントを相殺し、また、Z方向の力も相殺する。XF反力カウンタ(質量体)6-1, XB反力カウンタ(質量体)6-2は、それぞれ、X方向に移動可能であり、ステージ1の駆動によって生じるX並進力を相殺する。YL反力カウンタ(質量体)6-3及びYR反力カウンタ(質量体)6-4は、それぞれY方向に移動可能であり、ステージ1の駆動によって生じるY並進力を相殺する。WZL反力カウンタ(質量体)6-5及びWZR反力カウンタ(質量体)6-6は、それぞれ、Y方向に移動可能であり、ステージ1の駆動によって生じるZ軸まわりのモーメントを相殺する。

【0050】

ここで、ステージ1のX方向推力をFx_stg、Y方向推力をFy_stg、定盤5の重心5aを原点としたステージ1(重心1a)のXY座標を(Xstg, Ystg)とする。また、WZL反力カウンタ6-5とWZR反力カウンタ6-6のY方向座標(重心位置)をYwzl, Ywzrとする。また、XF反力カウンタ6-1とXB反力カウンタ6-2のX方向推力の合計をFx_cntx、YL反力カウンタ6-3とYR反力カウンタ6-4のY方向推力の合計をFy_cntyとする。更に、WZL反力カウンタ6-5のY方向推力をFy_cntwzl、WZR反力カウンタ6-6のY方向推力をFy_cntwzrとする。すると、それぞれの反力カウンタの発生すべき推力は次のように表される。

【0051】

10

20

30

40

50

```

Fx_cntx = Fx_stg
Fy_cnty = Fy_stg
Fy_cntwzr = (Fx_stg · Ystg - Fy_stg · Xstg) / 2Ywzr
Fy_cntwzr = (Fx_stg · Ystg - Fy_stg · Xstg) / 2Ywzr ... ( 1 0 )

```

【 0 0 5 2 】

尚、F L 反力カウンタ 3 - 1、F R 反力カウンタ 3 - 2、B L 反力カウンタ 3 - 3、B R 反力カウンタ 3 - 4 の推力については、第 1 実施形態(式 (8) 或は式 (9))と同様である。

【 0 0 5 3 】

即ち、制御器 9 により、X F 反力カウンタ 6 - 1 と X B 反力カウンタ 6 - 2 の X 方向推力の合計を式 (1 0) の Fx_cntx に制御することで、ステージ 1 の移動によって生じる X 方向の並進力が相殺される。また、Y L 反力カウンタ 6 - 3 と Y R 反力カウンタ 6 - 4 の Y 方向推力の合計を式 (1 0) の Fy_cnty に制御することで、ステージ 1 の移動によって生じる X 方向の並進力が相殺される。また、W Z L 反力カウンタ 6 - 5 の Y 方向推力を式 (1 0) の Fy_cntwzr に、W Z R 反力カウンタ 6 - 6 の Y 方向推力を式 (1 0) の Fy_cntwzr に制御することで、ステージ 1 の移動によって生じる Z 軸まわりの回転力 (モーメント) が相殺される。

以上のように第 2 実施形態によれば、第 1 実施形態の効果に加えて、ステージ 1 の駆動に伴う X Y 面内の並進力や Z 軸まわりのモーメントを打ち消すことができる。

【 0 0 5 4 】

< 第 3 実施形態 >

次に、第 3 実施形態を説明する。第 3 実施形態では、ステージ 1 の移動により生じる並進力の相殺に反力カウンタを用いない。また、ステージ 1 の移動により生じる Z 軸まわりのモーメントを定盤 5 内に配置されたロータにより相殺する。なお、ロータは円盤状の質量体であり、固定子が定盤 5 に固定され、ロータ (回転子) が定盤 5 の内部に設けられて回転する構成となっている。

【 0 0 5 5 】

まず、定盤 5 は床 8 に対して X Y 方向に自由に移動可能に構成されており、ステージ 1 の移動によって定盤 5 に伝達される X 方向の力 Fx と Y 方向の力 Fy を受けて定盤 5 が移動することで、力の床への伝達を防ぐ。

即ち、定盤 5 は床を平面的に移動可能なように支持されており、ステージ 1 の推力の反力で定盤が移動する。床から支持された移動しない部材に測定器 (例えは、レーザ干渉計) を設け、床座標基準でステージ 1 の位置を測定することで、定盤 5 が移動しても正しい位置決めが可能となる。また、定盤 5 が移動するため、ステージ 1 の推力は定盤 5 の加速度分だけ余分に必要となる。

【 0 0 5 6 】

尚、上記のステージ 1 と定盤 5 に関して、床座標系から見た加速度の関係は次の (1 1 a) ようになる。

```

Fx_base = Fx_stg
m_base · Acc_base = m_stg(Acc_stg + Acc_base) ... ( 1 1 a )

```

尚、上記式において、Acc_base と Acc_stg はそれぞれ床座標系から見た定盤 5 とステージ 1 の加速度の絶対値である。

定盤 5 が移動するため、ステージ 1 の必要推力はステージ 1 と定盤 5 の相対化速度となる。換言すると、ステージ 1 が床座標系から見て Acc_stg で移動する反力によって定盤 5 に生じる加速度は、

$$Acc_base = Acc_stg · m_stg / (m_base - m_stg) ... (1 1 b)$$

と表される。

【 0 0 5 7 】

また、定盤 5 の内部には反力カウンタと、ロータが配置される。反力カウンタは、第 1 実施形態と同様に、Z 方向に移動可能な X 軸まわりのモーメントと Y 軸まわりのモーメン

10

20

30

40

50

トを相殺するものであり、F L 反力カウンタ3 - 1、F R 反力カウンタ3 - 2、B L 反力カウンタ3 - 3、B R 反力カウンタ3 - 4 を含む。また、定盤5は4つのロータ、F L ロータ(質量体)7 - 1、F R ロータ(質量体)7 - 2、B L ロータ(質量体)7 - 3 及びB R ロータ(質量体)7 - 4 を含み、これらロータの回転により定盤5にZ軸まわりのモーメントを発生させることが可能である。第3実施形態では、ステージ1の移動によって定盤5に生じるX軸まわりのモーメントとY軸まわりのモーメントはZ方向に駆動される反力カウンタ3 - 1 ~ 3 - 4 によって相殺または軽減される。そして、ステージ1の移動によって定盤5に生じるZ軸まわりのモーメントはロータ7 - 1 ~ 7 - 4 によって相殺または軽減される。

【0058】

10

ステージ1のX方向推力をF_{x_stg}、Y方向推力をF_{y_stg}とし、定盤5の重心5aを原点としたステージ1の重心1aのXY座標を(X_{stg}, Y_{stg})とする。また、定盤5にかかるX方向推力の合計をF_{x_base}、Y方向推力をF_{y_base}とする。更に、ロータ7 - 1 ~ 7 - 4 が発生すべきZ軸まわりのモーメントをQ_{z_roter}とする。この場合、以下の式(11c)に示されるように定盤5をX, Y方向に駆動し、ロータ7 - 1 ~ 7 - 4を駆動することにより、ステージ1の移動によるXY方向の反力とZ軸まわりのモーメントが相殺または軽減される。

【0059】

$$\begin{aligned} F_{x_base} &= F_{x_stg} \\ F_{y_base} &= F_{y_stg} \\ Q_{z_roter} &= F_{x_stg} \cdot Y_{stg} - F_{y_stg} \cdot X_{stg} \quad \dots (11c) \end{aligned}$$

20

【0060】

尚、ステージ1の移動によって定盤に生じるX軸周りのモーメントとY軸まわりのモーメント、及びZ方向に加わる力を相殺又は軽減するための反力カウンタ3 - 1 ~ 3 - 4の推力は第1実施形態と同様である。

【0061】

以上説明したように、第1 ~ 第3実施形態によれば、Z方向に推力を発生する反力カウンタ3を用いることでステージ1の移動によって定盤に生じるX軸周りのモーメントとY軸まわりのモーメント、及びZ方向に加わる力を相殺又は軽減することができる。Z方向に移動する反力カウンタを用いるため、従来の回転体を用いた構成に比べて反力カウンタの設置スペースの自由度が高くなり、設置する場所の制限に応じた柔軟な形状変更が可能である。

30

【0062】

また、図4に示すようにXY方向に長いがZ方向に短い空間に反力カウンタを設置して、X、Y軸周りのモーメントを相殺する場合を考える。この場合、例えば反力カウンタ3をX方向に長い形状にして重量をかせぎ、モーメントを発生させた際のZ方向のストロークを短くすることが可能となる。尚、図4ではX方向に長くなるようにカウンタを配置しているが、X方向よりもY方向に長い形状となっているのであれば、Y方向に長くなるように反力カウンタを設置するようにしてもよい。

【0063】

40

また、反力カウンタ3は1方向にのみ駆動されるので、駆動される部材に多少の重心の偏りがあってもそれが高い周波数の振動を引き起こすようなことはない。また、図4に示されるように、ステージ1と反力カウンタ3が定盤5によって支持されている場合に、定盤5の重心5aと反力カウンタ3の推力軸との距離L_x、L_yを長くすることが望ましい。小さな推力で大きなモーメントを発生させることができ、消費電力・発熱の面から有利であるからである。

【0064】

以上説明したように、上記各実施形態のステージ装置によれば、反力カウンタにモーメントを発生させることによって定盤から外部に伝達されるモーメントを軽減させることができる。また、特に、平面モータが発生させるピッキングやローリングのモーメントを、

50

Z方向へ駆動される反力カウンタにより、同時に軽減している。例えば、図6に示すように反力カウンタを配置することで、ピッキング、ローリングのモーメント(X軸、Y軸まわりのモーメント)が同時に軽減される。さらに、反力カウンタが複数あれば、反力カウンタ全体として並進力を発生させずにモーメントのみを定盤に伝達することが可能となる(式(8))。これによりステージの高精度な位置決めが可能になるほか、周囲の他の装置に床振動による外乱等の影響を軽減させることができる。

【0065】

更に、上記実施形態の露光装置は、上述のステージ装置を用いているため、ウエハ、レチクルの高速、高精度な位置決めが期待でき、高スループット化を図れる。また、装置自身の低振動化により、周囲の他の装置への振動による外乱等の影響を軽減させることができる。

10

【0066】

尚、上記第1～第3実施形態では、図4のステージ装置を図3のウエハステージに適用した場合を説明したが、レチクルステージにも適用可能である。この場合、レチクルステージ301がステージ1に、レチクル定盤302が定盤5に対応する。また、指示枠303が床8に対応することになる。このように、上記実施形態のステージ装置は、ステップ・アンド・リピート型の露光装置におけるウエハステージに適用可能であり、また、ステップ・アンド・スキャン型の露光装置におけるウエハステージ及び/又はレチクルステージに適用可能である。また、上記各実施形態では反力カウンタを定盤5の内部に配置したが、定盤5の外周に反力カウンタとアクチュエータを装着した形態としてもよい。

20

また、上記実施形態では、定盤5に1つのステージが搭載された例を示したが、定盤5に複数のステージが設置されたような場合にも、上記各実施形態は適用可能である。その場合、複数のステージの駆動反力によるモーメントの合計を軽減、相殺するように反力カウンタ3を駆動することになる。

【0067】

<デバイス製造方法への適用>

次に上述した露光装置を利用した半導体デバイスの製造方法の実施形態を説明する。図10は半導体デバイス(ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等)の製造のフローを示す。ステップS11(回路設計)では半導体デバイスの回路設計を行う。ステップS12(レチクル製作)では設計した回路パターンを形成したレチクルを製作する。一方、ステップS13(ウエハ製造)ではシリコン等の材料を用いて基板であるウエハを製造する。ステップS14(ウエハプロセス)は前工程と呼ばれ、上記用意したレチクルとウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップS15(組立)は後工程と呼ばれ、ステップS14によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程(ダイシング、ボンディング)、パッケージング工程(チップ封入)等の工程を含む。ステップS16(検査)ではステップS15で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷(ステップS17)される。

30

【0068】

図11は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップS21(酸化)ではウエハの表面を酸化させる。ステップS22(CVD)ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップS23(電極形成)ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップS24(イオン打込み)ではウエハにイオンを打ち込む。ステップS25(レジスト処理)ではウエハに感光剤を塗布する。ステップS26(露光)では上記説明した露光装置によってレチクルの回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップS27(現像)では露光したウエハを現像する。ステップS28(エッチング)では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップS29(レジスト剥離)ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。本実施形態の製造方法を用いれば、高集積度の半導体デバイスを

40

50

製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【0069】

【図1】一般的な露光装置の構成を説明する図である。

【図2】一般的なステージ装置の構成を説明する図である。

【図3】実施形態による露光装置の概略の構成を示す図である。

【図4】第1実施形態によるステージ装置の概略斜視図である。

【図5】第1実施形態のステージ装置における、Y軸まわりのモーメント力の相殺原理を説明する図である。

【図6】第1実施形態のステージ装置における反力カウンタの配置を説明する図である。 10

【図7】反力カウンタを駆動するアクチュエータを制御するための構成を説明する図である。

【図8】第2実施形態のステージ装置における反力カウンタの配置を説明する図である。

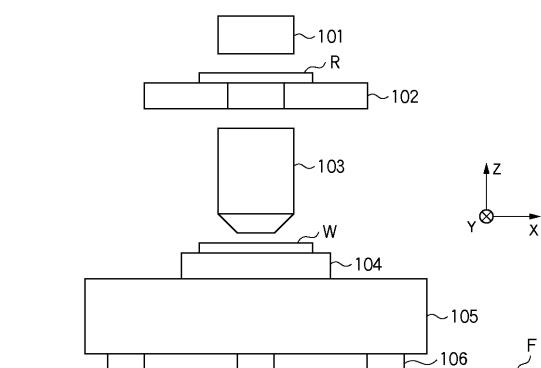
【図9】第3実施形態のステージ装置における反力カウンタの配置を説明する図である。

【図10】ウエハプロセスのフロー図である。

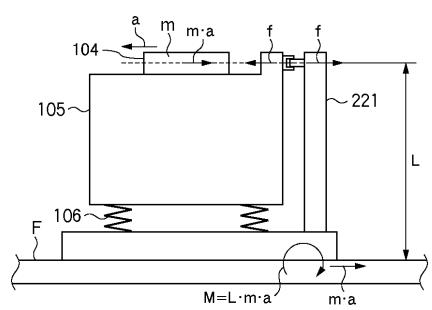
【図11】半導体デバイス製造方法のフロー図である。

【図12】自重補償機構の一例を示す概略構成図である。

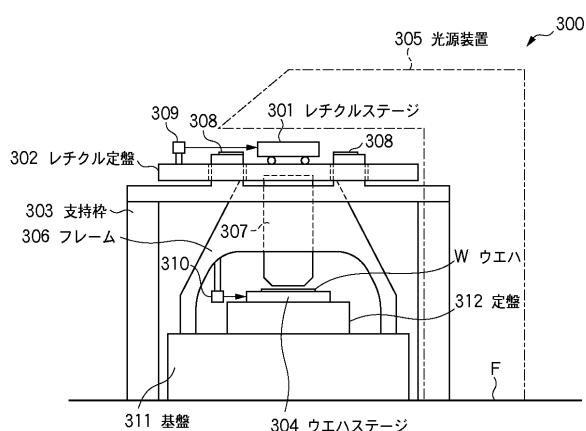
【図1】



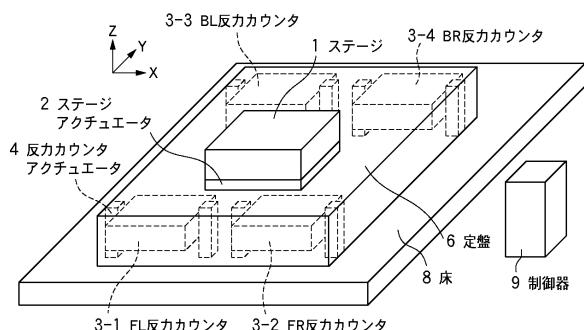
【図2】



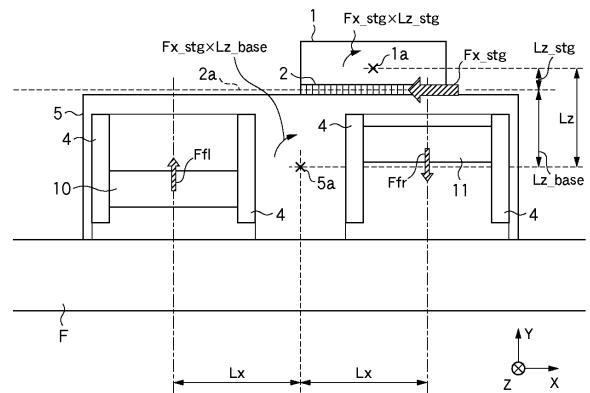
【図3】



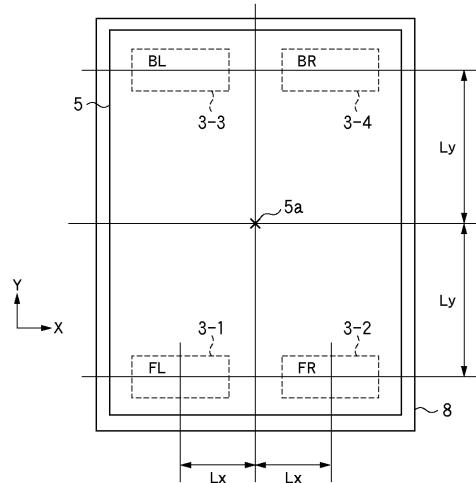
【図4】



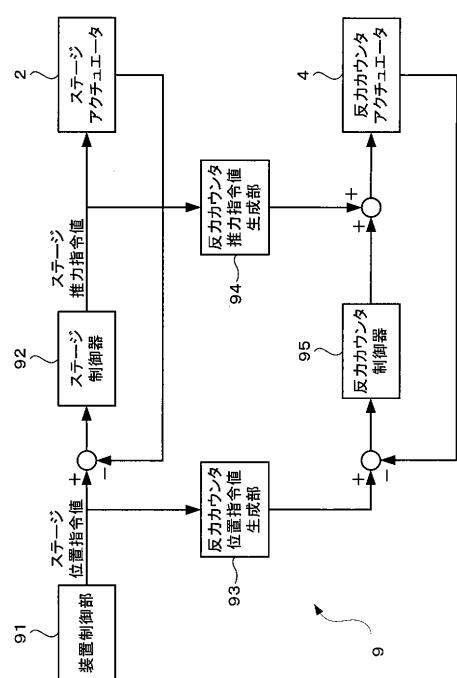
【図5】



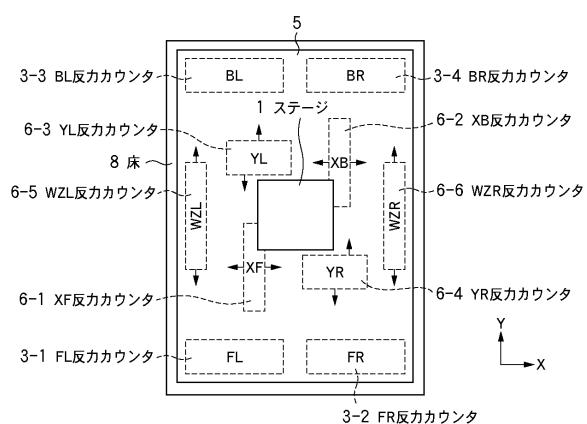
【図6】



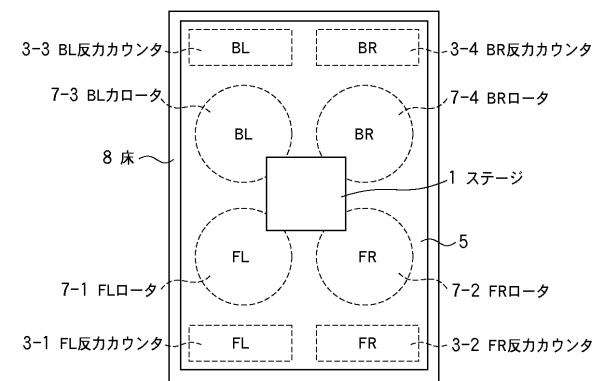
【図7】



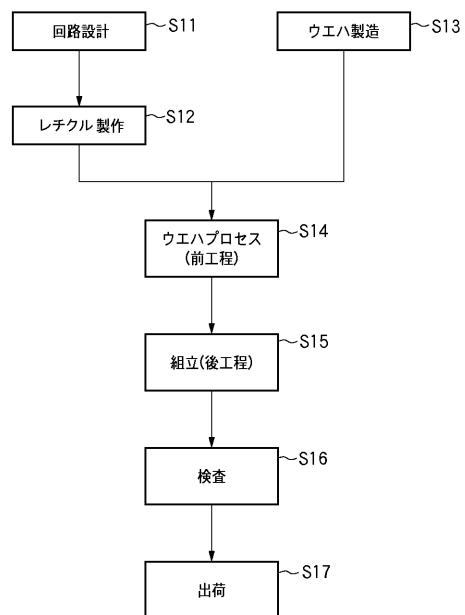
【図8】



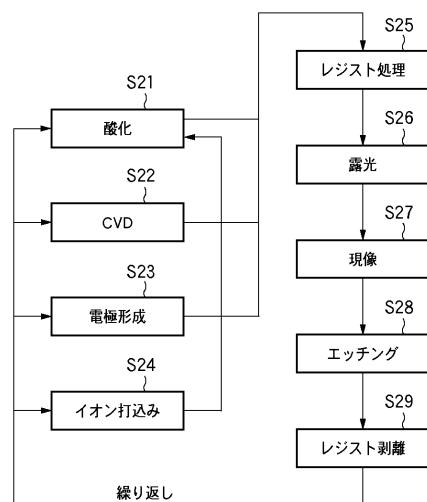
【図9】



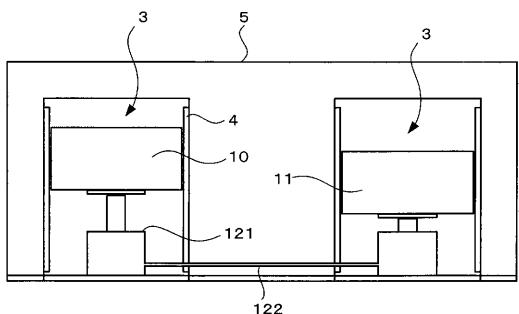
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

審査官 秋田 将行

(56)参考文献 特開平07-139582(JP, A)

特開平11-190786(JP, A)

特開平11-294520(JP, A)

特開2001-304332(JP, A)

特開2000-337429(JP, A)

特開2000-338127(JP, A)

特開2002-221249(JP, A)

特開2003-218188(JP, A)

特開2004-356222(JP, A)

特開2005-354022(JP, A)

特開2006-032788(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

G03F 7/20 - 7/24