

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6452338号
(P6452338)

(45) 発行日 平成31年1月16日(2019. 1. 16)

(24) 登録日 平成30年12月21日(2018. 12. 21)

(51) Int.Cl.

F I

G O 3 F 7/20 (2006.01)
H O 1 L 21/68 (2006.01)G O 3 F 7/20 5 O 1
H O 1 L 21/68 K

請求項の数 12 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2014-156173 (P2014-156173)
 (22) 出願日 平成26年7月31日(2014. 7. 31)
 (65) 公開番号 特開2015-73083 (P2015-73083A)
 (43) 公開日 平成27年4月16日(2015. 4. 16)
 審査請求日 平成29年7月26日(2017. 7. 26)
 (31) 優先権主張番号 特願2013-182874 (P2013-182874)
 (32) 優先日 平成25年9月4日(2013. 9. 4)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(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 100114775
 弁理士 高岡 亮一
 (72) 発明者 寺尾 勉
 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

審査官 今井 彰

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ステージ装置、およびその駆動方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所定のストロークで移動可能な第1ステージと、該第1ステージ上で、該第1ステージのストロークよりも短いストロークで移動可能な第2ステージとを備えるステージ装置であって、

前記第1ステージと前記第2ステージとの間で推力を発生し、前記第1ステージと前記第2ステージとの相対位置に応じて推力定数が異なるアクチュエータを含み、前記第1ステージに対して前記第2ステージの位置を変化させる第1駆動手段と、

前記第1ステージの位置を変化させる第2駆動手段と、

前記第1ステージの加速度が増加する期間において、前記第1ステージに対する前記第2ステージの相対位置が前記第1ステージの移動方向に変化するように、前記第1駆動手段を制御する制御部を有することを特徴とするステージ装置。

【請求項 2】

前記第1駆動手段は、前記アクチュエータとは異なるリニアモータを含み、

前記制御部は、前記第1ステージの加速度が増加する期間において、前記第1ステージに対する前記第2ステージの相対位置が前記第1ステージの移動方向に変化するように、前記リニアモータ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。

【請求項 3】

所定のストロークで移動可能な第1ステージと、該第1ステージ上で、該第1ステージのストロークよりも短いストロークで移動可能な第2ステージとを備えるステージ装置で

10

20

あって、

前記第 1 ステージと前記第 2 ステージとの間で推力を発生し、前記第 1 ステージと前記第 2 ステージとの相対位置に応じて推力定数が異なるアクチュエータを含み、前記第 1 ステージに対して前記第 2 ステージの位置を変化させる第 1 駆動手段と、

前記第 1 ステージの位置を変化させる第 2 駆動手段と、

前記第 1 ステージが減速中であり、かつ前記第 1 ステージの加速度が減少する期間において、前記第 1 ステージに対する前記第 2 ステージの相対位置が前記第 1 ステージの移動方向と反対方向に変化するように、前記第 1 駆動手段を制御する制御部を有することを特徴とするステージ装置。

【請求項 4】

前記第 1 駆動手段は、前記アクチュエータとは異なるリニアモータを含み、

前記制御部は、前記第 1 ステージが減速中であり、かつ前記第 1 ステージの加速度が減少する期間において、前記第 1 ステージに対する前記第 2 ステージの相対位置が前記第 1 ステージの移動方向と反対方向に変化するように、前記リニアモータを制御することを特徴とする請求項 3 に記載のステージ装置。

【請求項 5】

前記制御部は、前記第 1 駆動手段と前記第 2 駆動手段との駆動を、それぞれ異なるプロファイルに基づいて制御することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載のステージ装置。

【請求項 6】

前記アクチュエータは、前記第 2 ステージの移動方向のそれぞれに対応して設置される複数の電磁石であり、

前記第 1 ステージまたは前記第 2 ステージの一方の側に前記電磁石が設置され、他方の側に前記複数の電磁石のそれぞれに対向する複数の磁性体が設置され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。

【請求項 7】

前記アクチュエータは、前記第 1 ステージの加速時に前記第 1 ステージの移動方向に第 1 の推力を生じさせる第 1 の電磁石、及び該第 1 の電磁石に対向する第 1 の磁性体と、前記第 1 ステージの加速時に前記第 1 ステージの移動方向に前記第 1 の推力よりも小さい第 2 の推力を生じさせる第 2 の電磁石、及び該第 2 の電磁石に対向する第 2 の磁性体を含み、

前記制御部は、前記第 1 ステージの加速時に、前記第 1 の電磁石と前記第 1 の磁性体との間隔が、前記第 2 の電磁石と前記第 2 の磁性体との間隔よりも狭くなるように、前記電磁石に電流を供給させることを特徴とする請求項 6 に記載のステージ装置。

【請求項 8】

前記アクチュエータは、前記第 1 ステージの減速時に前記第 1 ステージの移動方向と反対方向に第 3 の推力を生じさせる第 3 の電磁石、及び該第 3 の電磁石に対向する第 3 の磁性体と、前記第 1 ステージの減速時に前記第 1 ステージの移動方向と反対方向に前記第 3 の推力よりも小さい第 4 の推力を生じさせる第 4 の電磁石、及び該第 4 の電磁石に対向する第 4 の磁性体を含み、

前記制御部は、前記第 1 ステージの減速時に、前記第 3 の電磁石と前記第 3 の磁性体との間隔が、前記第 4 の電磁石と前記第 4 の磁性体との間隔よりも狭くなるように、前記電磁石に電流を供給させることを特徴とする請求項 6 に記載のステージ装置。

【請求項 9】

前記間隔を計測する計測部を有し、

前記制御部は、前記計測部が計測した前記間隔の実測値に基づいて、前記アクチュエータが発生させる前記推力を補正することを特徴とする請求項 7 または 8 に記載のステージ装置。

【請求項 10】

前記制御部は、前記第 2 ステージの回転姿勢に追従して、前記第 1 ステージの姿勢を回

10

20

30

40

50

転させるように、前記第 1 駆動手段と前記第 2 駆動手段とを制御することを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載のステージ装置。

【請求項 1 1】

所定のストロークで移動可能な第 1 ステージと、該第 1 ステージ上で、該第 1 ステージの前記ストロークよりも短いストロークで移動可能な第 2 ステージと、前記第 1 ステージと前記第 2 ステージとの間で推力を発生し、前記第 1 ステージと前記第 2 ステージとの相対位置に応じて推力定数が異なるアクチュエータを含み、前記第 1 ステージに対して前記第 2 ステージの位置を変化させる第 1 駆動手段と、前記第 1 ステージの位置を変化させる第 2 駆動手段と、を備えるステージ装置の駆動方法であって、

前記第 1 ステージの加速度が増加する期間において、前記第 1 ステージに対する前記第 2 ステージの相対位置が前記第 1 ステージの移動方向に変化するように、前記第 1 駆動手段の駆動プロファイルを生成する生成工程と、

前記生成工程において生成された駆動プロファイルにもとづいて前記第 1 駆動手段を制御する制御工程と、

を含むことを特徴とするステージ装置の駆動方法。

【請求項 1 2】

所定のストロークで移動可能な第 1 ステージと、該第 1 ステージ上で、該第 1 ステージの前記ストロークよりも短いストロークで移動可能な第 2 ステージと、前記第 1 ステージと前記第 2 ステージとの間で推力を発生し、前記第 1 ステージと前記第 2 ステージとの相対位置に応じて推力定数が異なるアクチュエータを含み、前記第 1 ステージに対して前記第 2 ステージの位置を変化させる第 1 駆動手段と、前記第 1 ステージの位置を変化させる第 2 駆動手段と、を備えるステージ装置の駆動方法であって、

前記第 1 ステージが減速中であり、かつ前記第 1 ステージの加速度が減少する期間において、前記第 1 ステージに対する前記第 2 ステージの相対位置が前記第 1 ステージの移動方向に変化するように、前記第 1 駆動手段の駆動プロファイルを生成する生成工程と、

前記生成工程において生成された駆動プロファイルにもとづいて前記第 1 駆動手段を制御する制御工程と、

を含むことを特徴とするステージ装置の駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ステージ装置、およびその駆動方法に関する。

【背景技術】

【0002】

露光装置は、半導体デバイスや液晶表示デバイスなどの製造工程の 1 つであるリソグラフィ工程において、原版（レチクルやマスクなど）のパターンを投影光学系を介して感光性の基板（表面にレジスト層が形成されたウエハやガラスプレートなど）に露光する。この露光装置では、一般的に基板または原版である物体を保持して移動可能なステージ装置を備える。特許文献 1 は、XY 平面方向において、長いストロークで移動可能な粗動ステージと、その上に搭載され、より精密に位置決めするために微少駆動可能な微動ステージとを有するステージ装置を開示している。ここで、基板が載置される微動ステージの天板は、その上で保持される基板の表面形状や転写すべきパターンの状態に合わせて、6 軸（X, Y, Z, θ_x , θ_y , θ_z ）の自由度で位置決めされる。そして、微動ステージを移動させるアクチュエータとしては、6 軸ともリニアモーターを採用し、加減速で大きな力が必要な X、Y 軸方向については、さらに重心を引っ張る電磁石を補助的に用いる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2003 - 22960 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

微動ステージの各軸の回転方向である x 、 y 、 z の各ストロークは、移動方向における粗動ステージと微動ステージとの間隔（例えば、粗動ステージ側の電磁石（Eコア）とそれに対向する微動ステージ側の磁性体（Iコア）との間隔）により決定される。ここで、微動ステージのストロークは、可能な限り大きく姿勢を変化し得るように、より広い方が望ましい。そして、このストロークをより広くするためには、上記のステージ間隔をより広げる必要がある。一方、例えば電磁石の推力は、電磁気学の原理上、ステージ間隔の二乗に反比例する。すなわち、微動ステージのストロークを広くすると、ステージ間隔は広がるが、その広がったところの電磁石の単位電流あたりの推力が低下する。したがって、ステージ間隔が広がっても同じ（均一な）推力を得るためには、その分多くの電流を電磁石へ供給しなければならず、結果的に電磁石の発熱量が増加する。

10

【0005】

本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであり、例えば、粗動ステージと微動ステージとを含み、微動ステージのストロークを確保し、微動ステージを駆動するアクチュエーターの発熱量を低減するのに有利なステージ装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、本発明は、所定のストロークで移動可能な第1ステージと、第1ステージ上で、第1ステージのストロークよりも短いストロークで移動可能な第2ステージとを備えるステージ装置であって、第1ステージと第2ステージとの間で推力を発生し、第1ステージと第2ステージとの相対位置に応じて推力定数が異なるアクチュエーターを含み、第1ステージに対して第2ステージの位置を変化させる第1駆動手段と、第1ステージの位置を変化させる第2駆動手段と、第1ステージの加速度が増加する期間において、第1ステージに対する第2ステージの相対位置が第1ステージの移動方向に変化するように、第1駆動手段を制御する制御部を有することを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、例えば、粗動ステージと微動ステージとを含み、微動ステージのストロークを確保し、微動ステージを駆動するアクチュエーターの発熱量を低減するのに有利なステージ装置を提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の一実施形態に係るステージ装置の構成を示す図である。

【図2】微動ステージ駆動用のアクチュエーターの構成を示す図である。

【図3】微動ステージに係る電磁石の推力定数の変化を示すグラフである。

【図4】一実施形態に係るステージ装置の動作を説明する図である。

【図5】スキャン動作時の加速度および間隔 d の変化を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明を実施するための形態について図面などを参照して説明する。

40

【0010】

まず、本発明の第1実施形態に係るステージ装置の構成について説明する。本実施形態に係るステージ装置は、例えば、露光装置などのリソグラフィー装置において、ウエハなどの基板またはレチクルなどの原版を保持し、移動可能な装置として採用し得る。以下、本実施形態に係るステージ装置は、保持対象の一例として、ウエハを保持して移動可能なものとする。図1は、本実施形態に係るステージ装置100の構成を示す概略斜視図である。なお、以下の各図においては、上下方向（鉛直方向）にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内に互いに直交するX軸およびY軸を取っている。ステージ装置100は、ステージ定盤101上でX軸、Y軸の各方向に所定のストロークで移動する粗動ステージ（第1ステ

50

ージ) 102と、粗動ステージ102上(粗動ステージ上)で精密移動する微動ステージ(第2ステージ)103と、制御部104とを含む。また、図1に示す例では、ステージ装置100は、粗動ステージ102と微動ステージ103との組を2つ有し、これらの組がステージ定盤101上で互いに移動、かつ互いの位置を交換可能な、いわゆるツインステージ型としている。ただし、本発明は、これに限られるものではなく、粗動ステージ102と微動ステージ103との組が1つのいわゆるシングルステージ型でも構わないし、3つ以上の複数の組を有するものでも構わない。また、以下の説明では、粗動ステージ102と微動ステージ103との1つの組の構成および動作を例示する。

【0011】

粗動ステージ102は、その上部に、後述する微動ステージ103を設置し、ステージ定盤101上で所定の長いストロークで移動する。なお、不図示であるが、粗動ステージ102を駆動させる粗動アクチュエーター(第2駆動手段)としては、リニアモーターが採用可能である。

【0012】

微動ステージ103は、平面形状が矩形の天板5と、台座6と、台座6上で天板5を6軸方向(X, Y, Z, x, y, z)に移動(姿勢変化)させる微動アクチュエーター(第1駆動手段)7とを含む。天板5は、ウエハを例えば吸着保持するチャック8を設置し(または一体化し)、ウエハを保持しつつ6軸方向に位置決めする。台座6は、粗動ステージ102上に固定され、後述する微動アクチュエーター7の電磁石1(アクチュエーター)と、リニアモーターの固定子4とを設置する。微動アクチュエーター7は、本実施形態では2種類存在する。まず、6軸方向のうち、Z軸方向およびチルト(x, y)方向の駆動を行うアクチュエーターとして、リニアモーターを採用する。一方、加速時に天板5に対して推力(加速力)を付与する必要があるX、Y、z軸方向の駆動を行うアクチュエーターとして、推力あたりの発熱を抑えるのに有利な電磁石を採用する。なお、天板5の側面には、不図示であるが、レーザー干渉計からの光を反射するための反射板(ミラー)が設置され、天板5の位置を計測するのに参照される。

【0013】

図2は、微動アクチュエーター7の構成を示す概略図である。このうち、図2(a)は、微動アクチュエーター7の分解斜視図である。まず、微動アクチュエーター7を構成するリニアモーターについて説明する。リニアモーターは、天板5側に固定される可動子3と台座6側に固定される固定子4とを1組とし、可動子3には磁性体に取り付けられ、一方、固定子4にはコイルが取り付けられている。そして、本実施形態では、一例として、上記のリニアモーターの組が、矩形の平面形状を有する天板5の四方の端部(角)近傍に、計4つ設置される。なお、図2(a)では、4つのリニアモーターの組のうち、4つの可動子3にそれぞれ符号3a~3dを付し、それら個々に対応する固定子4にそれぞれ符号4a~4dを付す。

【0014】

次に、微動アクチュエーター7を構成する電磁石について説明する。電磁石1は、制御電流の供給により磁界を発生させるコイル11と、発生した磁界により後述する磁性体2との間で磁路を形成し、吸引力を増大させるヨーク(Eコア)10とを含み、台座6側に複数(本実施形態では電磁石1a~1fの6つ)固定される。一方、複数の電磁石1の個々に対応する(対となる)複数の磁性体(Iコア)2(磁性体2a~2f)が他方の天板5側に設置される。具体的には、天板5の裏面(台座6に対向する面)の中央領域に、その側面の四方に複数の磁性体2を特定の間隔で固定している固定部材9が設置されている。そして、複数の電磁石1は、固定部材9に固定されているそれぞれの磁性体2に対向するように設置される。すなわち、固定部材9(天板5)は、複数の電磁石1に囲まれた空間における浮遊体として、台座6上の中間位置に保持されることになる。

【0015】

図2(b)は、電磁石1と磁性体2との位置関係を示す平面図である。電磁石1と磁性体2との組が6つある場合、固定部材9を基準とすると、図2(b)に示すように、Y軸

10

20

30

40

50

方向（粗動ステージ１０２のストロークがより長い方の軸方向）の＋側と－側とに２つずつ、かつＸ軸方向の＋側と－側とに１つずつ設置し得る。このとき、吸引力をバランスよく生じさせることができるよう、電磁石１と磁性体２とは、固定部材９のＸＹ平面上でＺ軸方向の中心軸を通るＸ軸、Ｙ軸に平行な線に対して均等に配置されることが望ましい。

【００１６】

制御部１０４は、例えばコンピューター（プロセッサ、メモリを搭載した制御基板）などで構成される。制御部１０４は駆動プロファイルを生成し、駆動プロファイルにしたがって粗動ステージ１０２と微動ステージ１０３の駆動を制御する。特に本実施形態では、粗動ステージ１０２と微動ステージ１０３との駆動をそれぞれ異なる駆動プロファイルに基づいて制御する。なお、ステージ装置１００が、例えば露光装置の一構成要素として用いられる場合には、制御部１０４は、露光装置の制御部と一体として構成されるものでもよい。

【００１７】

次に、ステージ装置１００の動作について説明する。まず、図２に示した電磁石１と磁性体２との間隔に関する特性について説明する。ここで、電磁石１と磁性体２との間隔とは、具体的には、磁路が形成される部分である、電磁石１側のヨーク１０の磁性体２に対向する端面と、磁性体２の表面との間隔である。より簡略的には、その間隔は、粗動ステージ１０２と微動ステージ１０３との平面方向における間隔（ステージ間隔）とも表現できる。図３は、電磁石１と磁性体２との間隔（相対位置）に応じて異なる、電磁石１の単位電流あたりの推力（推力定数）の実測値を示すグラフである。このグラフによれば、電磁石１と磁性体２との間隔が狭くなればなるほど、推力定数が高くなる、すなわち推力効率が向上することがわかる。ここで、電磁石１で発生する力Ｆは、以下の式（１）で表される。

【００１８】

【数１】

$$F = \alpha \times i^2 \times \frac{1}{d^2} \quad (1)$$

【００１９】

ただし、 α は定数、 i は電磁石１のコイル１１に供給される電流、 d は電磁石１と磁性体２との間隔である。ここで、微動ステージ１０３のＺ方向のストロークは、間隔 d を１００ μm とし、天板５の幅 W を５００ mm とすると、 $d / (W / 2) = 100 / 0.250 = 400 \mu\text{rad}$ となる。そして、このストロークを８００ μrad にまで広げるためには、間隔 d を前後１００ μm から２００ μm にまで広げなければならない。しかしながら、間隔 d を１００ μm から２００ μm にまで広げると、図３を参照すれば、推力定数は、３４６ N/A から９８ N/A にまで、約１／３．５に減少する。したがって、常に均等な推力を得るためには、コイル１１に対して電流を３．５倍多く流す必要がある。電流が３．５倍になると、発熱は、電流の二乗に比例するので１２．３倍となり、ステージ装置１００の精度に影響を及ぼし得る天板５の変形などを引き起こす可能性がある。これを抑止するための熱設計の負担が大きくなる。そこで、本実施形態では、微動アクチュエーター７において最も大きな発熱が発生するタイミングが加減速中であることに着目し、以下のように、加減速時に吸引力を発生させる側の電磁石１と磁性体２とを近づけることで対応する。

【００２０】

図４は、一例として、粗動ステージ１０２が＋Ｙ軸方向に移動するときの本実施形態における間隔 d の設定状態を示す概略平面図である。なお、説明は省略するが、Ｘ軸方向への移動についても、以下と同様の動作、制御が可能である。ここで、Ｙ軸方向に移動するときに主に使用される（コイル１１に電流が供給される）電磁石１と磁性体２との組は、Ｙ軸方向に互いに向かい合う４つの組（電磁石１ａ～１ｄをそれぞれ含む組）である。

【００２１】

まず、図4(a)は、粗動ステージ102が移動を開始した直後からの加速時の状態を示す図である。粗動ステージ102の加速時は、移動方向がY軸方向マイナス側からプラス側に向かう方向である場合には、プラス側の電磁石1a、1bを使用する。本実施形態では、粗動ステージ102の加速時は、粗動ステージ102に対する微動ステージ103の相対位置(図4では固定部材9の位置)を粗動ステージ102の移動方向にずらすように電磁石1a、1bが制御される。具体的には、間隔dが $d_1 = d_2$ 、 $d_3 = d_4$ 、 $d_1 < d_3$ の各条件を満たすように、電磁石1a、1bと磁性体2a、2bとを近づける。ここで、粗動ステージ102と微動ステージ103とを上記のように移動させるために、電磁石1a、1bは、粗動ステージ102を移動させる粗動アクチュエーターとは独立して(異なる駆動プロファイルに基づいて)制御される。

10

【0022】

次に、図4(b)は、粗動ステージ102の等速時の状態を示す図である。粗動ステージ102が等速で移動中は、間隔dが均等($d_1 = d_2 = d_3 = d_4$)となるように、4つの電磁石1a~1dがそれぞれ使用される。

【0023】

次に、図4(c)は、粗動ステージ102の減速時の状態を示す図である。粗動ステージ102の減速時は、移動方向がY軸方向マイナス側からプラス側に向かう方向である場合には、マイナス側の2つの電磁石1c、1dを使用する。粗動ステージ102の減速時は、粗動ステージ102に対する微動ステージ103の相対位置を粗動ステージ102の移動方向の反対側にずらすように電磁石1c、1dが制御される。具体的には、加速時とは逆に、間隔dが $d_1 = d_2$ 、 $d_3 = d_4$ 、 $d_1 > d_3$ の条件を満たすように、電磁石1c、1dと磁性体2c、2dとを近づける。

20

【0024】

一方、図4(d)は、粗動ステージ102がz方向に回転する状態を示す図である。微動ステージ103がz方向に回転を要する場合には、微動ステージ103の回転姿勢(回転量)に追従して、粗動ステージ102を回転させるように、4つの電磁石1a~1dを使用する。これにより、電磁石1と磁性体2とが平行に向かい合うようになり、さらに、間隔d₁、d₂、または間隔d₃、d₄の隣り合った2つの電磁石1と磁性体2との間隔dを均等に近づけることができる。

【0025】

30

次に、ステージ装置100を例えば露光装置に用いた場合の基本的な動作について説明する。図5は、露光時のスキャン動作において、上記のように間隔dを適宜狭めるように制御した場合の加速時間に対する加速度および間隔dの変化を示すグラフである。まず、制御部104は、ステージ移動を開始させた後、加速領域の加速度が増加するジャーク(加加速度)区間1では、粗動ステージ102に対して微動ステージ103を移動方向にずらすように制御する。これにより、等加速区間では、図4(a)に示したように移動方向がY軸方向マイナス側からプラス側に向かう方向である場合には、プラス側の電磁石1a、1bが高い推力定数となる。次に、制御部104は、加速領域の加速度が減少するジャーク区間2では、粗動ステージ102に対して微動ステージ103を前後均等になる元の位置に戻すように制御する。これにより、その直後の等速区間では、図4(b)に示したように間隔dが均等となり、広いストロークを維持できる。次に、制御部104は、減速領域の加速度が減少するジャーク区間3では、加速領域とは逆に、粗動ステージ102に対して微動ステージ103を移動方向の反対側にずらすように制御する。これにより、等減速区間では、移動方向がY軸方向マイナス側からプラス側に向かう方向である場合には、マイナス側の電磁石1c、1dが高い推力定数となる。そして、制御部104は、減速領域の加速度が増加するジャーク区間4では、粗動ステージ102に対して微動ステージ103を前後均等になる元の位置に戻すように制御する。制御部104がこのような制御を実行することにより、粗動ステージ102および微動ステージ103の移動中は、ストロークを維持しつつ、電磁石1を高い推力定数で使用可能となるので、結果として電磁石1の発熱量を抑えることができる。なお、減速から逆方向への加速に切り替えるときに、

40

50

ジャーク区間 1 およびジャーク区間 4 をなくし、常に等加速状態で移動方向を切り替える場合にも、このような制御を適用し得る。

【 0 0 2 6 】

このように、ステージ装置 1 0 0 は、粗動ステージ 1 0 2 および微動ステージ 1 0 3 の移動中で、特に加減速中は、吸引力を発生する電磁石 1 と磁性体 2 との間隔 d を狭める。これにより、ステージ装置 1 0 0 は、ストロークを維持しつつ、電磁石 1 を高い推力定数で使用可能となるので、結果として電磁石 1 の発熱量を抑えることができる。

【 0 0 2 7 】

なお、本実施形態では、加減速中に電磁石 1 と磁性体 2 との間隔 d を狭めるように、電磁石 1 の指令値である駆動プロファイルを生成している。駆動プロファイルとして、例えば、加速度プロファイルあるいは加速度プロファイルから算出される磁束プロファイルを用いることができる。さらに、磁束フィードバック制御を行ってもよい。

10

【 0 0 2 8 】

また、本実施形態では、電磁石 1 と磁性体 2 との間隔 d を狭めるときには、粗動ステージ 1 0 2 側ではなく、微動ステージ 1 0 3 側を駆動させている。これは、粗動ステージ 1 0 2 と微動ステージ 1 0 3 とでは、微動ステージ 1 0 3 の方が、制御帯域が広く、より高速、高精度な位置決めができるためである。しかしながら、本発明は、加減速中に電磁石 1 と磁性体 2 との間隔 d を狭めるように、粗動アクチュエーターの指令値である駆動プロファイルを生成してもよい。駆動プロファイルとして、例えば、加速度プロファイルあるいは加速度プロファイルから算出される位置プロファイルを用いることができる。さらに、位置フィードバックを行ってもよい。

20

【 0 0 2 9 】

また、本実施形態では、微動アクチュエーター 7 のリニアモーターは、Z 軸方向およびチルト (x 、 y) 方向の駆動を行うが、6 軸方向の駆動を行うように構成してもよい。この場合、加減速中に電磁石 1 と磁性体 2 との間隔 d を狭めるように、微動アクチュエーター 7 のリニアモーターの指令値である駆動プロファイルを生成してもよい。駆動プロファイルとして、例えば、加速度プロファイルあるいは加速度プロファイルから算出される位置プロファイルを用いることができる。さらに位置フィードバック制御を行ってもよい。

【 0 0 3 0 】

30

また、本実施形態では、加減速中に間隔 d を積極的に変化させるが、間隔 d の幅 (大きさ) に応じて電磁石 1 の推力定数が変化するため、制御部 1 0 4 は、電磁石制御ゲインを適宜切り替える必要がある。そこで、電磁石 1 の単体での間隔 d に対する推力定数を予め治具を用いて計測しておき、制御部 1 0 4 は、この計測値を用いて補正することが望ましい。計測値は、式 (1) より、間隔 d に対して二乗に反比例する。そこで、制御部 1 0 4 は、計測値を、間隔 d による補正関数として保持してもよいし、間隔 d に対する補正テーブルとして保持してもよい。

【 0 0 3 1 】

また、間隔 d を好適に制御するために、ステージ装置 1 0 0 は、図 4 (a) 中に例示するように、その間隔 d を直接計測するセンサー (計測部) 2 0 を備えることが望ましい。例えば、粗動ステージ 1 0 2 に静電容量センサーを設置し、微動ステージ 1 0 3 との距離 (すなわち間隔 d) を直接計測してもよいし、レーザー干渉計で、粗動ステージ 1 0 2 と微動ステージ 1 0 3 とをそれぞれ計測した差分として間隔 d を求めてもよい。そして、制御部 1 0 4 は、得られた間隔 d の計測値 (実測値) により推力定数を変化させる補正係数を求め、実際の制御に反映させればよい。

40

【 0 0 3 2 】

本実施形態のステージ装置の駆動方法は、粗動ステージの加速時に、粗動ステージに対する微動ステージの相対位置を粗動ステージの移動方向にずらすように第 1 駆動手段 (微動アクチュエーターの電磁石またはリニアモーター) または第 2 駆動手段 (粗動アクチュエーター) の駆動プロファイルを生成する工程 (第 1 生成工程) を含む。また、粗動ステ

50

ージの減速時に、粗動ステージに対する微動ステージの相対位置を粗動ステージの移動方向の反対方向にずらすように第１駆動手段（微動アクチュエーターの電磁石またはリニアモーター）または第２駆動手段（粗動アクチュエーター）の駆動プロファイルを生成する工程（第２生成工程）を含む。さらに、第１および第２生成工程で生成された駆動プロファイルにもとづいて第１駆動手段または第２駆動手段を制御する工程と、を含む。

【００３３】

以上のように、本実施形態によれば、粗動ステージと微動ステージとを含み、微動ステージのストロークを確保し、微動ステージを駆動するアクチュエーターの発熱量を低減するのに有利なステージ装置を提供することができる。

【００３４】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明は、これらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形および変更が可能である。

【符号の説明】

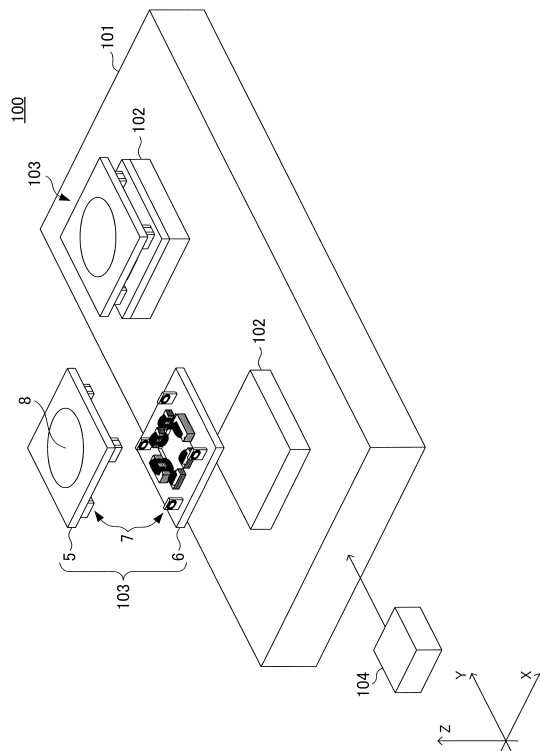
【００３５】

- １ 電磁石
- ２ 磁性体
- ７ 微動アクチュエーター
- １００ ステージ装置
- １０２ 粗動ステージ
- １０３ 微動ステージ
- １０４ 制御部

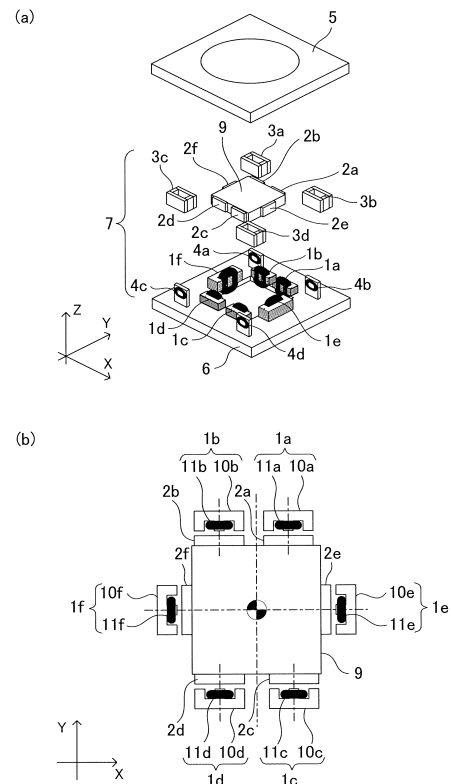
10

20

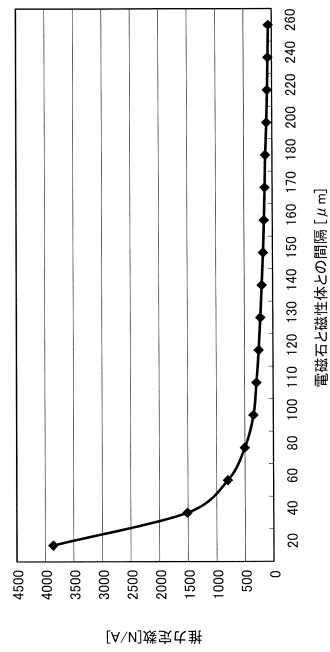
【図１】



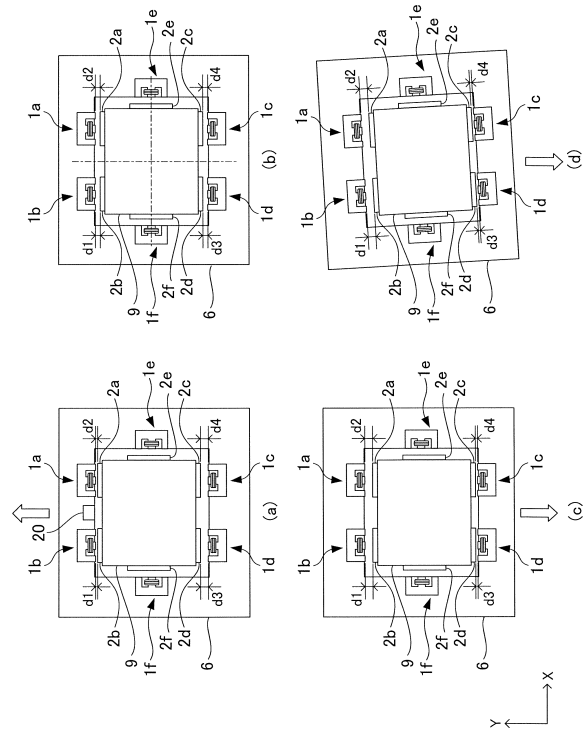
【図２】



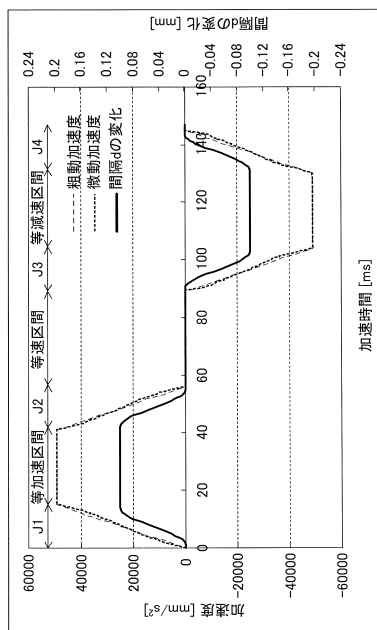
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-045785(JP,A)
特開2003-022960(JP,A)
特表2015-530866(JP,A)
米国特許出願公開第2015/0235887(US,A1)
米国特許出願公開第2003/0007140(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027、21/30、21/67-21/683
G03F 7/20-7/24、9/00-9/02
H02K 33/00-33/18