

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6308852号
(P6308852)

(45) 発行日 平成30年4月11日 (2018. 4. 11)

(24) 登録日 平成30年3月23日 (2018. 3. 23)

(51) Int.Cl.		F I			
H O 2 P	5/46	(2006.01)	H O 2 P	5/46	J
H O 1 L	21/027	(2006.01)	H O 1 L	21/30	5 O 3 A

請求項の数 12 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2014-83454 (P2014-83454)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成26年4月15日 (2014. 4. 15)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2015-204703 (P2015-204703A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成27年11月16日 (2015. 11. 16)	(74) 代理人	100114775
審査請求日	平成29年4月17日 (2017. 4. 17)		弁理士 高岡 亮一
		(72) 発明者	吉田 宏二
			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	上野 力

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 駆動装置、リソグラフィ装置、および物品の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

可動部と、前記可動部の位置を計測する計測部と、前記可動部に関して実質的に共通の作用軸を有する2つの推力をそれぞれ生成する2つのアクチュエータと、前記計測部により計測された前記位置に基づいて前記2つのアクチュエータにより前記位置を制御する制御部とを含む駆動装置であって、

前記制御部は、前記2つのアクチュエータのうち一方のアクチュエータに推力を生成させた状態で前記2つのアクチュエータのうち他方のアクチュエータにより前記位置を制御した場合に前記2つのアクチュエータに係る推力指令と前記計測部により計測された前記位置とに基づいて推定された外乱力と、前記一方のアクチュエータに係る推力指令との関係に基づいて、前記一方のアクチュエータの推力定数、前記他方のアクチュエータの推力定数、および前記作用軸に関して前記可動部を支持する部材の剛性のうちの少なくとも1つに関する情報を得ることを特徴とする駆動装置。

【請求項 2】

前記制御部は、前記一方のアクチュエータに係る推力指令に関して1次の前記外乱力を表す1次式の1次の係数とその基準値との差および前記1次式の0次の係数とその基準値との差に基づいて、前記情報として、前記一方のアクチュエータの推力定数の変化量、前記他方のアクチュエータの推力定数の変化量、および前記剛性の変化量のうちの少なくとも1つを得ることを特徴とする請求項1に記載の駆動装置。

【請求項 3】

10

20

前記制御部は、前記 1 次の係数とその基準値との差に基づいて前記一方のアクチュエータの推力定数の変化量を得ることを特徴とする請求項 2 に記載の駆動装置。

【請求項 4】

前記制御部は、前記 0 次の係数とその基準値との差に基づいて前記剛性の変化量を得ることを特徴とする請求項 2 に記載の駆動装置。

【請求項 5】

前記制御部は、前記 2 つのアクチュエータに係る推力指令のうちの一方を生成する補償器を含み、前記情報に基づいて、前記補償器の特性を変更することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のうちいずれか 1 項に記載の駆動装置。

【請求項 6】

前記制御部は、前記情報に係る出力を行うことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 に記載の駆動装置。

【請求項 7】

前記制御部は、互いに値の異なる複数の静的な指令を順次与えて前記一方のアクチュエータに前記推力を生成させることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 6 のうちいずれか 1 項に記載の駆動装置。

【請求項 8】

前記制御部は、前記他方のアクチュエータに推力を生成させた状態で前記一方のアクチュエータにより前記位置を制御した場合に前記 2 つのアクチュエータに係る推力指令と前記計測部により計測された前記位置とに基づいて推定された外乱力と、前記他方のアクチュエータに係る推力指令との関係にも基づいて、前記一方のアクチュエータの推力定数、前記他方のアクチュエータの推力定数、および前記剛性のうちの少なくとも 1 つに関する情報を得ることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 7 のうちいずれか 1 項に記載の駆動装置。

【請求項 9】

パターン形成を基板に行うリソグラフィ装置であって、

請求項 1 ないし請求項 8 のうちいずれか 1 項に記載の駆動装置を含むことを特徴とするリソグラフィ装置。

【請求項 10】

前記基板を保持する保持部を前記可動部として含むことを特徴とする請求項 9 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 11】

前記パターン形成は、光、荷電粒子、および型のうち少なくともいずれかを用いて行うことを特徴とする請求項 9 または請求項 10 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 12】

請求項 9 ないし請求項 11 のうちいずれか 1 項に記載のリソグラフィ装置を用いてパターン形成を基板に行う工程と、

前記工程でパターン形成を行われた基板を処理する工程と、を含むことを特徴とする物品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、駆動装置、リソグラフィ装置、および物品の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ロボットや運輸機械、および産業機械等において、その位置を制御した状態で駆動する可動部を有しているものが知られている。これら駆動装置の位置決め機構が故障すると、故障箇所の特定および部品の修理・交換等の復旧作業のため、駆動装置を長時間停止しなければならず、スループットが低下する。また、復旧作業に伴う駆動装置の停止時間を短縮するため、駆動装置内の各ユニットに自己監視や診断を行うためのセンサ等の機構を設

10

20

30

40

50

けることにより性能を維持および管理する方法もあるが、自己診断のためのみの部品は装置にとって冗長でありコストアップを招く。そこで、特許文献 1 は、駆動機構における動特性の経時的な変化を同定し、性能維持の適否を自己判断する装置を開示している。特許文献 2 は、複数のアクチュエータを有する一つの可動部において、各アクチュエータの推力バランスを監視し、異常判定する装置を開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特許第 4 2 7 2 7 5 0 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 3 - 2 8 4 3 8 8 号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献 1 の装置は、装置全体の入出力特性の変化にのみ着目する装置であり、装置内部の故障原因を特定することはできない。さらに、動特性を同定する際、同定精度を向上させるために高次のモデル化が必要となるが、高次成分は、機差やノイズ等の影響を受けるため、高精度にデータを取得することができない。また、特許文献 2 の装置は、駆動機構が異常か否かを検出するのみで、故障箇所の特定および状態の定量的捕捉ができない。

【0005】

20

本発明は、例えば、自己診断に有利な駆動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、可動部と、可動部の位置を計測する計測部と、可動部に関して実質的に共通の作用軸を有する 2 つの推力をそれぞれ生成する 2 つのアクチュエータと、計測部により計測された位置に基づいて 2 つのアクチュエータにより位置を制御する制御部とを含む駆動装置であって、制御部は、2 つのアクチュエータのうちの一方のアクチュエータに推力を生成させた状態で 2 つのアクチュエータのうちの他方のアクチュエータにより位置を制御した場合に 2 つのアクチュエータに係る推力指令と計測部により計測された位置とに基づいて推定された外乱力と、一方のアクチュエータに係る推力指令との関係に基づいて、一方のアクチュエータの推力定数、他方のアクチュエータの推力定数、および作用軸に関して可動部を支持する部材の剛性のうちの少なくとも 1 つに関する情報を得ることを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、例えば、自己診断に有利な駆動装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図 1】本発明の一実施形態に係る駆動装置の構成を示す図である。

【図 2】駆動装置の推定外乱算出処理の機能ブロック図である。

40

【図 3】駆動装置の故障診断処理の機能ブロック図である。

【図 4】駆動装置の診断信号パターン例を示すグラフである。

【図 5】駆動装置の外乱オブザーバ出力特性のグラフである。

【図 6】駆動装置の位置制御の流れを示すフローチャートである。

【図 7】本発明の駆動装置を適用可能な描画装置の構成を示す図である。

【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。

【0010】

まず、本発明に係る駆動装置の構成について説明する。図 1 は、本発明の一実施形態に

50

係る駆動装置１００の構成を示す概略図である。この駆動装置１００は、ロボットや運輸機械、および産業機械等の様々な機械内で、複数のアクチュエータにより可動部を駆動させる装置である。駆動装置１００は可動部１０３、２つのアクチュエータ１０１、１０２、弾性体１０４、および位置センサ１０６を同一の自由度内に備える。

【００１１】

可動部１０３は、その位置を制御された状態で、支持構造体１０５に支持され可動する部材である。２つのアクチュエータ１０１、１０２は、作用軸を共有した状態で、可動部１０３と支持構造体１０５との間に設置され、それぞれ印加される電流に応じて可動部１０３を駆動させる推力を発生される駆動機構である。このように１つの可動部１０３に対し、２つのアクチュエータ１０１、１０２を分散配置することにより、アクチュエータの発熱による周囲の熱ダメージが軽減され、応力の分散による可動部１０３および支持構造体１０５の変形が抑制される。なお、本発明においては、１つの可動部に対し、２つのアクチュエータを設置する構成とするが、この構成に限定されず、可動部１０３の可動方向と同一方向の作用軸を有していれば、アクチュエータは、３つ以上設置してもよい。弾性体１０４は、例えば、コイルバネを使用し、可動部１０３と支持構造体１０５の間に設置され、可動部１０３の振動等を抑制し支持する。なお、図１において、弾性体１０４は、可動部１０３の可動方向と同自由度方向の弾性成分の合計とする。本発明においては、１つの可動部１０３に対し、１つの弾性体１０４を備える構成とするが、この構成に限定されず、複数の弾性体１０４を備える構成であってもよい。位置センサ１０６は、可動部１０３と支持構造体１０５との相対位置を計測する計測部である。位置センサ１０６で計測された相対位置を位置情報として制御部１０７に送信し、制御部１０７は、該位置情報に基づき、アクチュエータ１０１、１０２を駆動させ、可動部１０３の位置を制御する。

【００１２】

制御部１０７は、例えば、電気回路またはソフトウェアなどで構成され、駆動装置１００の各ユニットの動作および調整などを制御し得る。この制御部１０７は、外乱オブザーバ１０８と、不図示の記憶装置とを有し、駆動装置１００の各ユニットに回線を介して接続され、プログラムなどに従って、各ユニットの制御を実行し得る。本発明の制御部１０７は、少なくとも、外乱オブザーバ１０８を用いて、推定外乱算出処理および故障診断処理を含む位置制御を実行するものとする。外乱オブザーバ１０８は、制御部１０７の位置制御系に組み込まれ、制御性能の向上を図る機構であり、各ユニットのパラメータと入出力特性とから、可動部１０３が受けるであろうと推定される外乱力（推定外乱 d_o ）を算出する。制御部１０７は、外乱オブザーバ１０８により算出された推定外乱 d_o を、記憶装置に保存されている所定の閾値（基準値）と比較する。なお、制御部１０７は、駆動装置１００の他の部分と一体で（共通の筐体内に）構成してもよいし、駆動装置１００の他の部分とは別体で（別の筐体内に）構成してもよい。

【００１３】

次に、本実施形態に係る駆動装置の推定外乱算出処理について説明する。なお、本明細書において、推定外乱算出処理とは、可動部１０３の位置制御において、可動部１０３に生じた外乱力を推定し、その推定外乱 d_o を常時監視することにより、装置のパラメータの変化を監視する処理である。図２は、推定外乱算出処理の機能ブロック図である。まず、制御部１０７は、可動部１０３の目標位置 x_{ref} と位置センサ１０６によって得られる可動部１０３の位置信号 x との差分と、補償器 C の演算により、アクチュエータ１０１、１０２への推力指令値 i_{ref} を算出する。推力指令値 i_{ref} は、アクチュエータ１０１、１０２に出力させる推力を指示する推力指令の値であり、ドライブ回路 K_D を経て、各アクチュエータ１０１、１０２に印加する電流 i_1 、 i_2 に変換される。アクチュエータ１０１、１０２は、それぞれ、電流 i_1 、 i_2 を、アクチュエータ１０１、１０２が有する推力定数 D_1 、 D_2 により、アクチュエータの推力 f_1 、 f_2 へと変換する。このように、可動部１０３は、アクチュエータ１０１、１０２で発生する推力 f_1 、 f_2 の合力により駆動する。ここで、可動部１０３には、アクチュエータによる制御力以外に、例えば、支持構造体１０５の振動が、電気ケーブルや弾性体１０４を介して可動部１０３へ

伝達する力などによる外乱力 d も印加される。可動部 103 にアクチュエータ 101、102 の推力以外に外乱力 d が印加されると、可動部 103 の位置制御精度が低下し得る。

【0014】

そこで、可動部の位置制御においては、外乱オブザーバを位置制御系に組み込むことで、制御性能の向上を図る手法が従来から知られている。図2に示す外乱オブザーバ108のブロックは、可動部103に印加される外乱力を推定する演算部分を示す。この推定外乱 d_o は、以下の式(1)で算出することができる。

【0015】

【数1】

$$d_o = \ddot{x}m + xK - i_{ref} \cdot K_D \cdot D_1 - i_{ref} \cdot K_D \cdot D_2 \quad (1)$$

10

【0016】

式中、右辺第1項および第2項は、制御対象を数式化したものであり、右辺第3項および第4項は、制御力を表す。

【0017】

なお、実際の装置において推定外乱 d_o に含まれる成分は、主に3種類に分別することができる。第1の成分は、前述した可動部103にかかる外乱力 d である。第2の成分は、式(1)の中で使用しているパラメータと実際のパラメータとの差異である。装置内のユニットのパラメータ変化分も推定外乱 d_o の一部である。第3の成分は、式(1)に含まれないアンモデル成分である。実際の装置では、外乱力 d は、式(1)で数式化した成分以外にも、センサ応答、ドライバ応答の電氣的動特性、構造体の高次モード、粘性および摩擦などの非線形成分などにより、複雑に構成される。このような式(1)に含まれないアンモデル成分も推定外乱 d_o の一部として算出される。

20

【0018】

そこで、推定外乱 d_o の静特性のみに着目すると、式(1)は、式(2)に変換することができる。

【0019】

【数2】

$$d_o = xK - i_{ref} \cdot K_D \cdot (D_1 + D_2) \quad (2)$$

30

【0020】

静特性のみに着目することにより、動特性の項を削除することができるとともに、実際には、推定外乱 d_o に含まれる第3の成分が小さくなり、第3の成分を考慮せずとも、推定外乱 d_o の算出精度を向上させることができる。式(2)において、第1の成分である外乱力 d が小さい場合、もしくは、外乱力 d が既知である場合について考えると、推定外乱 d_o は、第2の成分である装置内のユニットのパラメータ変化を主成分として算出されることがわかる。上述のように、推定外乱 d_o の変化から、装置内のユニットのパラメータ変化量を抽出することが可能である。

【0021】

駆動装置100において、可動部103は、アクチュエータ101、102により、その位置 x を制御した状態で駆動するとともに、外乱オブザーバ108を用いて推定外乱 d_o が常時監視されている。推定外乱 d_o の変化量が、所定の閾値を越えた場合には、なんらかの異常があったものと判断する。但し、この時点ではいずれかのパラメータに変化が生じたことを検知するのみで、装置内のどのユニットのパラメータが変化しているかについて特定することができない。そこで、推定外乱 d_o の変化量が、所定の閾値を越えた場合には、故障診断処理に移行する。故障診断処理の詳細については、後述する。

40

【0022】

ここで、このような故障診断処理について説明する。なお、本明細書において、故障診断処理とは、装置内のユニットのうち、推定外乱 d_o の変化に影響を与えたユニットを特定する処理である。図3は、故障診断処理の制御ブロック図である。なお、図3において

50

、図 2 と同様の構成については、同一の番号を付し、説明を省略する。上述のように、推定外乱算出処理において、推定外乱 d_o の値が所定の閾値を超えた場合、制御部 107 は、駆動装置 100 の位置制御を故障診断処理へと移行させる。図 3 に示すように、故障診断処理では、2 つのアクチュエータ 101、102 による位置制御システムを停止させ、アクチュエータ 101 のみを用いて可動部 103 の位置を制御する。アクチュエータ 101 により可動部 103 の位置が制御されている状態で、アクチュエータ 102 に故障を診断するための診断信号 205 を入力する。この診断信号 205 は、ドライブ回路 K_D により、診断電流 i_p に変換される。

【0023】

ここで、故障診断処理で用いる診断信号 205 とは、静的な信号を含み、少なくとも 2 点以上の異なる動作点を有する信号である。本発明では一例として、図 4 に示すような時間とともに階段状に変化する診断電流 i_p を生成する信号を診断信号 205 として使用するが、これに限定せず、静的な信号を含み、少なくとも 2 点以上の異なる動作点を有する信号であればよい。

【0024】

図 3 に示す故障診断処理において、静特性にのみ着目した際の推定外乱 d_o は、式 (3) を用いて算出することができる。

【0025】

【数 3】

$$d_o = xK - i_1 D_1 - i_p D_2 \quad (3)$$

K : 弾性体 104 の支持剛性 [N / m]

D_1 : アクチュエータ 101 の推力定数 [N / A]

D_2 : アクチュエータ 102 の推力定数 [N / A]

d_o : 推定外乱 [N]

i_1 : アクチュエータ 101 に流れる電流 [A]

i_p : アクチュエータ 102 に流れる診断電流 [A]

【0026】

ここで、式 (3) の右辺第 1 項は、システムが受ける力を表し、右辺第 2 項および第 3 項は、アクチュエータ 101、102 が可動部 103 に与えている推力を表す。これら第 1 項と、第 2 項および第 3 項との差分を算出することにより、外乱力を推定することが可能となる。

【0027】

さらに、式 (3) において、外乱力 d 、パラメータ変化量および診断電流 i_p がすべてゼロ、かつアクチュエータ 101 によって可動部 103 の位置が変化しないと仮定すると、式 (3) の右辺第 1 項と右辺第 2 項とが一致するため、推定外乱 d_o は、ゼロとなる。

【0028】

続いて、一定の診断電流 i_p を与えた場合の推定外乱 d_o は、式 (4) で表すことができる。

【0029】

【数 4】

$$d_o = xK - i_{1_const} D_1 + i_{1_p} D_1 - i_p D_2 \quad (4)$$

【0030】

ここで、式 (4) の右辺第 4 項は、診断電流 i_p によりアクチュエータ 102 から発生した推力を表し、第 2 項は、アクチュエータ 101 により発生する可動部 103 の位置を制御する電流を表す。第 3 項は、アクチュエータ 102 の推力を相殺するための電流を表す。なお、式中、 i_{1_const} とは、診断電流 i_p がゼロのときのアクチュエータ 101 に印加される電流値である。ここで、アクチュエータ 101 により可動部 103 の位置が一定に保たれているとすると、可動部の位置 x は、変化しない。よって、式 (4) の

右辺第 1 項および第 2 項は、一定値であることがわかる。

【 0 0 3 1 】

このように、式 (4) は、診断電流 i_p に依存して変化する成分と、診断電流 i_p に関わらず一定である成分とに分けることができ、式 (4) は、式 (5) のような 1 次式に置き換えることができる。

【 0 0 3 2 】

【 数 5 】

$$d_o = F(D_1, D_2)i_p + C(K, D_1) \quad (5)$$

【 0 0 3 3 】

診断電流 i_p に依存する成分は、1 次の係数として推力定数 D_1 および D_2 をパラメータとする傾き F となり、一定値となる成分は、0 次の係数として支持剛性 (剛性) K および推力定数 D_1 をパラメータとする切片 C となる。本発明は、式 (5) に基づき、支持剛性 K 、推力定数 D_1 、 D_2 のパラメータ変化を個別に検出し、駆動装置 1 0 0 内のユニットのパラメータ変化に関する情報を取得するものである。

【 0 0 3 4 】

次に、式 (5) に基づくパラメータ変化の検出方法について説明する。まず、一定の診断電流 i_{p1} をアクチュエータ 1 0 2 に印加し、そのときの推定外乱 d_{o1} を記録する。次に、診断電流 i_{p1} とは異なる診断電流 i_{p2} をアクチュエータ 1 0 2 に印加し、同様に推定外乱 d_{o2} を記録する。診断信号 i_{p1} 、 i_{p2} 、および推定外乱 d_{o1} 、 d_{o2} から線形近似計算を行い診断電流 i_p と推定外乱 d_o の線形特性を得る。図 5 (a) は、外乱オブザーバ 1 0 8 の出力特性の一例である、診断電流 i_p と推定外乱 d_o の線形特性を表すグラフである。弾性体 1 0 4 の支持剛性 K 、各アクチュエータ 1 0 1、1 0 2 の推力定数 D_1 、 D_2 のいずれかの変化は、式 (5) における傾き F 、もしくは切片 C の変化から読み取ることができる。

【 0 0 3 5 】

たとえば、図 5 (b) のように、傾き F が傾き F' へと変化し、切片 C が変化しない場合は、アクチュエータ 1 0 2 の推力定数 D_2 に変化があったことを示す。切片 C に変化がないということは、支持剛性 K および推力定数 D_1 に変化がないことを示しており、傾き F の変化はアクチュエータ 1 0 2 の推力定数 D_2 の変化によるものであると判断できる。このとき、 D_2 の変化量は、 F の変化量と等しいため、 $F - F'$ で求めることができる。

【 0 0 3 6 】

図 5 (c) のように、傾き F が変化せず、切片 C のみが変化する場合は、支持剛性 K に変化があったことを示す。傾き F に変化がないということは、推力定数 D_1 および D_2 に変化がないことを示しており、切片 C の変化は支持剛性 K の変化によるものであると判断できる。このとき、支持剛性 K の変化量は、切片 C の変化量を可動部 1 0 3 の位置 x で割った値と等しく、 $(C - C') / x$ で求めることができる。ここで、可動部 1 0 3 の位置 x は、ゼロ位置を除く位置において故障診断を行う必要がある。また、パラメータ変化量の計算精度を上げるために、極力、位置 x の絶対値は大きく、支持剛性 K も大きい位置で故障診断を行うことが望ましい。なお、支持剛性 K の変化量を求める際に使用する位置 x は、支持剛性 K がゼロとなる位置を基準とした相対位置である。よって、事前に、支持剛性 K がゼロとなる位置を算出しておく必要がある。これは、アクチュエータの出力を遮断し、可動部 1 0 3 の位置 x が安定した状態における、位置センサ 1 0 6 による計測結果の出力を記録しておけばよい。

【 0 0 3 7 】

さらに、図 5 (d) のように、傾き F および切片 C とともに変化が生じた場合、アクチュエータ 1 0 1 の推力定数 D_1 に変化があったことを示すことになる。傾き F および切片 C に共通のパラメータは、推力定数 D_1 のみであるため、推力定数 D_1 の変化であると判断できる。このとき、推力定数 D_1 の変化量は、 $F - F'$ または $(C - C') / i_{1_c}$ のいずれかで求めることができる。なお、傾き F および切片 C の両方が変化した場

10

20

30

40

50

合については、推力定数 D_1 のみの変化以外に、推力定数 D_2 と支持剛性 K との組み合わせなど複数のパラメータが同時に変化したときでも、同様の結果となりこれらの区別はつかない。この場合は、位置制御を担当するアクチュエータと、診断信号 205 を入力するアクチュエータを入れ替えることにより、推力定数 D_1 のみの変化か、その他複数のユニットのパラメータの変化であるかを判断することが可能となる。

【0038】

本明細書において、駆動装置 100 は、パラメータ変化量を算出するものであるが、通常時と比較するため、予め基準となる正常状態の推定外乱 d_0 、傾き F および切片 C を記憶装置へ記録しておく必要がある。ここで、支持剛性 K は、位置 x に依存する係数であるため、基準値を特定の位置 x で取得する場合は、故障診断処理においても、基準値を取得したときと同じ位置 x で行う必要がある。また、基準値は、可動部の位置 x に対するテーブルとしても良い。

10

【0039】

本明細書において、駆動装置 100 は、診断電流 i_{p1} 、 i_{p2} の 2 点に対する推定外乱 d_0 を取得する構成としたが、これに限定せず、図 4 に示す各ゼロ次区間 $t_1 \sim t_n$ に対する、診断電流 i_p と外乱オブザーバ出力 d_0 の値を取得する構成としてもよい。得られた値は、平均化演算等のフィルタ処理後、上述のように、診断電流 i_p と推力定数 d_0 とに関して線形近似計算を行い、傾き F および切片 C を算出する。このように、取得する値の数 n は、精度の観点から多い方が望ましいが、値の数に依存して故障診断時間が長くなるため、双方の観点から装置における最適値を設定してもよい。なお、ゼロ次区間 $t_1 \sim t_n$ におけるデータは、装置の動特性が十分に無視できる領域をデータとして取得するため、診断信号 205 がステップアップした直後を除いたタイミングで取得されることが望ましい。

20

【0040】

駆動装置 100 は、2 つのアクチュエータ 101、102 のうちの一方のアクチュエータに推力を生成させた状態で 2 つのアクチュエータ 101、102 のうち他方により位置を制御する。この状態で、2 つのアクチュエータ 101、102 に係る推力指令値 i_{re} と位置センサ 106 の出力とに基づき、可動部 103 への推定外乱 d_0 を算出する。算出した推定外乱 d_0 と、一方のアクチュエータに係る推力指令値 i_{re} との関係に基づき、一方のアクチュエータの推力定数、および可動部 103 を支持する弾性体 104 の支持剛性 K のうち少なくとも 1 つの変化に関する情報を取得することを可能とする。本発明の駆動装置 100 は、当該情報に基づき、経時劣化などにより推力定数や支持剛性の値が変化した、すなわち故障が生じている装置内のユニットを特定することができる。また、一般的に、複数箇所で発生する故障は、まず、1 箇所の故障をきっかけとして、派生的に複数箇所へ被害が拡大する。本発明の駆動装置 100 は、この構成により、装置内のユニットにおける故障の兆候を捉えることができ、装置内の複数の箇所への被害の拡大を低減することができる。

30

【0041】

また、本発明の駆動装置 100 は、静特性に基づいて、パラメータ変化を算出する。静特性に着目することにより、動的パラメータである慣性、粘性、その他構造体剛性や、電氣的動特性による影響を低減し、アクチュエータ 101、102 の推力定数 D_1 、 D_2 および弾性体 104 の支持剛性 K の変化を判断することを可能とする。さらに、本発明の駆動装置 100 においては、静的な状態を観察するため、データの取得に高速なサンプリングを必要とせず、また平均化演算等のフィルタ処理によって取得データの精度向上が可能となる。

40

【0042】

以上を踏まえて、駆動装置 100 の制御部 107 が行う位置制御の全体の流れについて説明する。図 6 は、駆動装置 100 の推定外乱算出処理から故障診断処理に到るフローチャートである。まず、可動部 103 は、アクチュエータ 101、102 によってその位置を制御されており、その間、制御部 107 は、外乱オブザーバ 108 を用いて、上述の推

50

定外乱算出処理を行い、推定外乱 d_0 を算出する（ステップ S 6 0 1）。制御部 1 0 7 は、算出された推定外乱 d_0 を、予め記録装置に保存されている所定の閾値と比較し、推定外乱 d_0 が該閾値を越えない値であることを判断する（ステップ S 6 0 2）。推定外乱 d_0 が閾値を越えない値である場合（N O）、推定外乱算出処理に戻る。推定外乱 d_0 が閾値を越えた場合（Y E S）、装置内のユニットのうちいずれかに故障が発生したものと判断し、より詳細な故障診断を行うため、故障診断処理へと移行する。前述の故障診断処理の機能ブロックに従い、静的な指令として互いに値の異なる複数の診断信号を順次与えることにより導き出される式（5）を用いて傾き F および切片 C を算出し、線形特性を取得する（ステップ S 6 0 3）。取得した傾き F および切片 C を記録装置内の基準値と比較し、弾性体 1 0 4 の支持剛性 K、アクチュエータ 1 0 1、1 0 2 の推力定数 D_1 、 D_2 のうち変化したパラメータを判断する（ステップ S 6 0 4）。

10

【 0 0 4 3 】

駆動装置 1 0 0 では、変化したパラメータに関する情報を取得することができるため、その情報を用いて、装置内のユニットのうちの故障を特定することができ、故障箇所の自己診断を可能とする。

【 0 0 4 4 】

次に、このような診断結果を利用した制御の具体例について説明する。故障診断処理により、変化があったパラメータを特定することができた場合は、故障箇所に応じて、最適な対処をとる。例えば、アクチュエータ 1 0 1 の推力定数 D_1 が低下した場合は、その変化量に応じて補償器 C を使用しアクチュエータ 1 0 1 の推力指令値 i_{ref} を上昇させることにより、位置ループ特性を一定に保つことができる。また、アクチュエータ 1 0 2 の推力定数 D_2 が変化した場合にも、その変化量に応じて補償器 C を使用しアクチュエータ 1 0 2 の推力指令値 i_{ref} を変更させることにより、位置ループ特性を一定に保つことができる。さらに、各パラメータの変化量が増加し、ユニットの仕様を維持できなくなるような場合は、可動部 1 0 3 の駆動範囲や、アクチュエータ 1 0 1、1 0 2 の電圧または電流等の使用範囲を限定することで、装置の延命を図ることが可能となる。

20

【 0 0 4 5 】

なお、駆動装置 1 0 0 は、通常の推定外乱算出処理において、推定外乱 d_0 が、閾値を越えた場合に故障診断処理に移行する構成としたが、これに限定せず、定期的に故障診断処理を実施してもよい。この場合、駆動装置 1 0 0 が組み込まれる装置のスループットへの影響を低減するため、故障診断処理を装置シーケンスに組み込むとよい。定期的な故障診断を実施することにより、各パラメータ変化の傾向を取得することができる。例えば、パラメータ変化の傾向と、その 1 次近似による未来値予測により、装置が許容できない変化量に達する時期を予測することができる。また、故障の時期が予測できれば、故障に伴ってメンテナンスや修理が必要な状況となった場合においても、装置運用に合わせた計画的な対応が可能となる。予測した故障時期は、装置使用者へ警告等のメッセージとして表示するとともに、前述したパラメータ変化時の対処をその故障時期に実施する構成としてもよい。

30

【 0 0 4 6 】

（ 応 用 例 ）

40

以上に説明した駆動装置は、ロボットや運輸機械または装置、産業機械または装置（工作、加工、計測、製造に係る機械を含む）等において有用である。ここでは、一例として、産業機械としてのリソグラフィ装置への適用例を説明する。なお、リソグラフィ装置は、パターン形成を基板に行う装置であって、例えば、露光装置、描画装置、インプリント装置として具現化されうる。露光装置は、例えば、（極端）紫外光を用いて基板（上のレジスト）に（潜像）パターンを形成する。また、描画装置は、例えば、荷電粒子線（電子線等）を用いて基板（上のレジスト）に（潜像）パターンを形成する。また、インプリント装置は、基板上のインプリント材を成型して基板上にパターンを形成する。

【 0 0 4 7 】

図 7 は、本実施形態に係るリソグラフィ装置の構成図である。ここでは、リソグラフィ

50

装置として、電子線を用いる描画装置を例示する。なお、電子線は、イオン線等の他の荷電粒子線であってもよい。リソグラフィ装置700は、真空チャンバ705と、当該真空チャンバ705内に収容された電子光学系703および駆動装置704とを含み、真空中で電子線を用いて基板702に描画を行うものである。701は、基板702を保持するステージ（保持部）である。駆動装置704は、電子光学系703に対して基板702を位置決めするために保持部701を移動するように構成される。駆動装置704は、先の実施形態で説明した駆動装置としうる。

【0048】

（物品の製造方法）

本発明の実施形態に係る物品の製造方法は、例えば、半導体デバイスなどのマイクロデバイスや微細構造を有する素子などの物品を製造するのに好適である。該製造方法は、物体（例えば、感光材を表面に有する基板）上に上記のリソグラフィ装置を用いてパターン（例えば潜像パターン）を形成する工程と、当該工程でパターンを形成された物体を処理する工程（例えば、現像工程）とを含みうる。さらに、該製造方法は、他の周知の工程（酸化、成膜、蒸着、ドーピング、平坦化、エッチング、レジスト剥離、ダイシング、ボンディング、パッケージングなど）を含みうる。本実施形態の物品の製造方法は、従来の方法に比べて、物品の性能・品質・生産性・生産コストの少なくとも1つにおいて有利である。

10

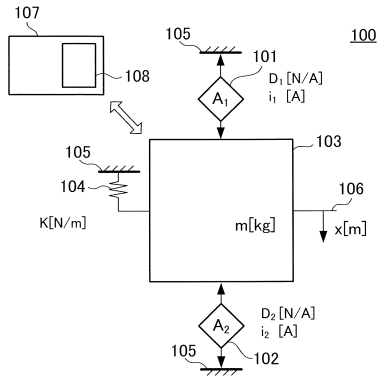
【符号の説明】

【0049】

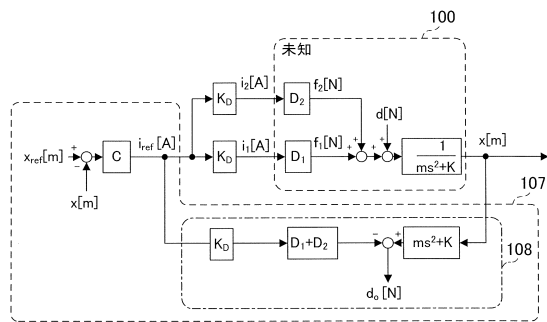
- 100 駆動装置
- 101 第1のアクチュエータ
- 102 第2のアクチュエータ
- 103 可動部
- 104 弾性体
- 106 位置センサ
- 107 制御部

20

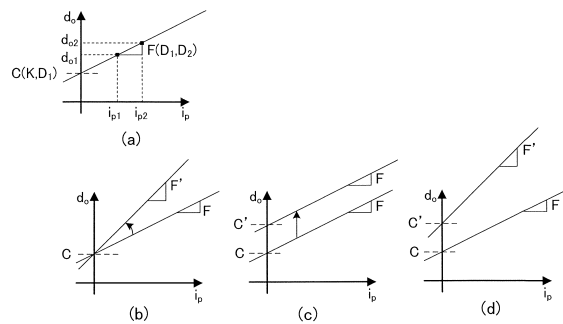
【図 1】



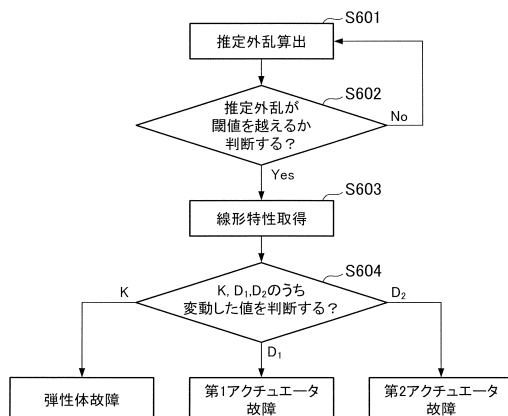
【図 2】



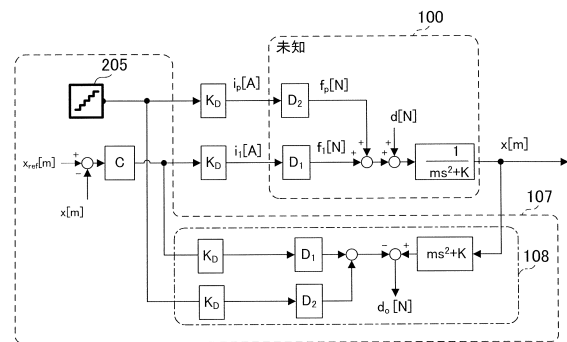
【図 5】



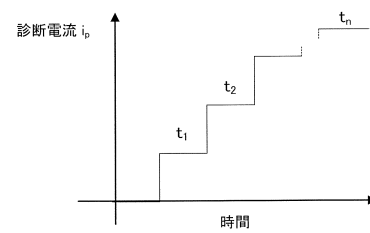
【図 6】



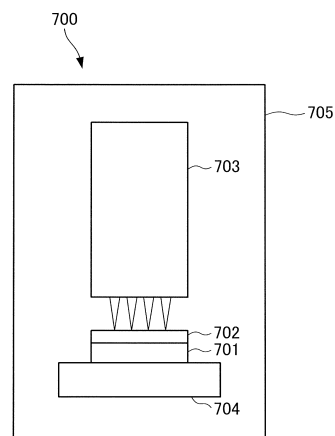
【図 3】



【図 4】



【図 7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-336922(JP,A)
特開2004-274997(JP,A)
特開2001-218497(JP,A)
特開2009-077591(JP,A)
米国特許第06320338(US,B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02P 5/46
H01L 21/027