

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4280543号  
(P4280543)

(45) 発行日 平成21年6月17日 (2009. 6. 17)

(24) 登録日 平成21年3月19日 (2009. 3. 19)

(51) Int. Cl.

F I

G 0 5 D 3/12 (2006. 01)

G 0 5 D 3/12 S

G 0 3 F 7/22 (2006. 01)

G 0 5 D 3/12 3 0 5 L

H 0 1 L 21/027 (2006. 01)

G 0 3 F 7/22 H

H 0 1 L 21/30 5 0 3 A

H 0 1 L 21/30 5 1 6 B

請求項の数 3 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2003-128227 (P2003-128227)  
 (22) 出願日 平成15年5月6日 (2003. 5. 6)  
 (65) 公開番号 特開2004-30616 (P2004-30616A)  
 (43) 公開日 平成16年1月29日 (2004. 1. 29)  
 審査請求日 平成18年4月28日 (2006. 4. 28)  
 (31) 優先権主張番号 特願2002-132560 (P2002-132560)  
 (32) 優先日 平成14年5月8日 (2002. 5. 8)  
 (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 100076428  
 弁理士 大塚 康德  
 (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 浅野 俊哉  
 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】 移動体機構および露光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

移動体を駆動するためのコイルを有する電磁石と、

入力部を有し、前記入力部に入力される指令情報に基づいて前記電磁石をフィードバック制御する第1制御機構であって、前記コイルに電流を供給するアンプを含む第1制御機構と、

前記指令情報が零を示すときには前記アンプが前記コイルに供給する電流を零とするオフセット補償機構と、

を備え、

前記オフセット補償機構は、

前記アンプの入力部の信号を時間積分する第1積分器と、

前記第1積分器の出力が入力され、前記指令情報が零であるか否かに応じて切り替えられるホールドスイッチと、を有し、

前記ホールドスイッチは、前記指令情報が零であるときに前記第1積分器の出力を前記第1制御機構の入力部にフィードバックし、前記指令情報が零でないときに該フィードバックのループを切るとともに直前に保持された前記積分器の出力を前記第1制御情報の入力部に与えることを特徴とする移動体機構。

【請求項 2】

前記第1積分器に予め用意された駆動アンプオフセット調整信号が入力されることを特徴とする請求項1に記載の移動体機構。

## 【請求項 3】

パターンを形成した原版に照射される露光光を基板に投影するための光学系と  
前記基板または前記原版を保持し位置決めを行うステージ装置と  
を備え、

前記ステージ装置は、前記基板または前記原版を駆動するためのコイルを有する電磁石と、

入力部を有し、前記入力部に入力される指令情報に基づいて前記電磁石をフィードバック制御する第 1 制御機構であって、前記コイルに電流を供給するアンプを含む前記第 1 制御機構と、

前記指令情報が零を示すときには前記アンプが前記コイルに供給する電流を零とするオフセット補償機構と、

を備え、

前記オフセット補償機構は、

前記アンプの入力部の信号を時間積分する第 1 積分器と、

前記第 1 積分器の出力が入力され、前記指令情報が零であるか否かに応じて切り替えられるホールドスイッチと、を有し、

前記ホールドスイッチは、前記指令情報が零であるときに前記第 1 積分器の出力を前記第 1 制御機構の入力部にフィードバックし、前記指令情報が零でないときに該フィードバックのループを切るとともに直前に保持された前記積分器の出力を前記第 1 制御情報の入力部に与えることを特徴とする露光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、移動体を位置決めする移動体機構及びその制御方法並びに該移動体機構を用いた露光装置に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

従来、半導体製造プロセスに用いられる露光装置としては、ステッパと呼ばれる装置とスキャナと呼ばれる装置が知られている。ステッパは、ステージ装置上の半導体ウエハを投影レンズ下でステップ移動させながら、レチクル上に形成されているパターン像を投影レンズでウエハ上に縮小投影し、1枚のウエハ上の複数箇所に順次露光していくものである。一方、スキャナは、ウエハステージ上のウエハとレチクルステージ上のレチクルとを投影レンズに対して相対移動させ、この相対移動（走査移動）中にスリット状の露光光を照射し、レチクルパターンをウエハに投影するものである。ステッパおよびスキャナは、解像度および重ね合わせ精度の性能面から露光装置の主流と見られている。

## 【0003】

装置性能の指標の一つに、単位時間あたりに処理されるウエハの枚数を示すスループットが挙げられる。高スループット実現のために、ウエハステージやレチクルステージには、高速移動が要求される。低発熱で高速駆動を可能にした従来のレチクルステージは、特許文献 1 に開示されている。

## 【0004】

## 【特許文献 1】

特開 2000 - 106344 号公報。

## 【0005】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の露光装置では、電磁石に与える指令情報が零であっても、電磁石の駆動コイルに流れる電流には、外乱の影響によってオフセット電流が流れてしまう。これによって、わずかなオフセット電流があるだけでも、力誤差が生じてしまい、正確な力を発生させることができない。

## 【0006】

本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、例えば、移動体機構の性能を向上させることを目的とする。

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】

本発明の第 1 の側面は、移動体機構に係り、移動体を駆動するためのコイルを有する電磁石と、入力部を有し、前記入力部に入力される指令情報に基づいて前記電磁石をフィードバック制御する第 1 制御機構であって、前記コイルに電流を供給するアンプを含む第 1 制御機構と、前記指令情報が零を示すときには前記アンプが前記コイルに供給する電流を零とする前記オフセット補償機構と、を備えることを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記オフセット補償機構は、前記アンプの入力部の信号を時間積分する第 1 積分器を有し、前記第 1 積分器の出力を前記第 1 制御機構の前記入力部に負帰還するように構成されていることが望ましい。

【 0 0 0 9 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記オフセット補償機構は、前記指令情報が零を示すときには前記第 1 積分器の出力を保持し、前記指令情報が零を示さないときには前記保持した第 1 積分器の出力を前記第 1 制御機構の前記入力部に与える第 1 ホールドスイッチを備えることが望ましい。

【 0 0 1 0 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記電磁石と前記移動体との間隙を計測するギャップセンサと、前記ギャップセンサで計測された間隙に基づいて所定の補正係数を算出するギャップ補正器と、前記指令情報に基づいて前記電磁石に与える電流を算出する電流算出器と、前記電流算出器によって算出された前記電流に前記補正係数を乗ずる乗算器と、を備えることが望ましい。

【 0 0 1 1 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記電磁石に発生する誘起電圧を計測するサーチコイルと、前記サーチコイルで計測された誘起電圧を時間積分する第 2 積分器と、前記指令情報と前記第 2 積分器によって時間積分された前記誘起電圧との差分値に基づいて前記電磁石をフィードバック制御する第 2 制御機構と、を更に備えることが望ましい。

【 0 0 1 2 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記第 2 制御機構は、前記第 2 積分器のドリフトを検出し、前記ドリフトを相殺する補償信号を当該第 2 制御機構に加えるドリフト補償機構を備えることが望ましい。

【 0 0 1 3 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記ドリフト補償機構は、前記第 2 積分器の出力にゲインを乗じて前記第 2 制御機構の入力部に負帰還するように構成されていることが望ましい。

【 0 0 1 4 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記ドリフト補償機構は、前記ドリフトを示す信号と絶対値が略同一で、かつ、符号が反対の信号を前記第 2 積分器に加えるよう構成されていることが望ましい。

【 0 0 1 5 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記ドリフト補償機構は、前記指令情報が零を示すときには前記第 2 積分器の出力を保持し、前記誘起電圧が零を示さないときには前記保持した前記第 2 積分器の出力を前記第 2 制御機構の入力部に与える第 2 ホールドスイッチを備えることが望ましい。

【 0 0 1 6 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記ドリフト補償機構は、前記第 1 ホールドスイッチの出力を前記第 2 制御機構の入力部に負帰還するように構成されていることが望ましい。

## 【 0 0 1 7 】

本発明の第 2 の側面は、露光装置に係り、パターンを形成した原版に照射される露光光を基板に投影するための光学系と前記基板または前記原版を保持し位置決めを行うステージ装置とを備え、前記ステージ装置は、前記基板または前記原版を駆動するためのコイルを有する電磁石と、入力部を有し、前記入力部に入力される指令情報に基づいて前記電磁石をフィードバック制御する第 1 制御機構であって、前記コイルに電流を供給するアンプを含む前記第 1 制御機構と、前記指令情報が零を示すときには前記アンプが前記コイルに供給する電流を零とする前記オフセット補償機構と、を有することを特徴とする。

## 【 0 0 1 8 】

本発明の第 3 の側面は、制御方法に係り、移動体を駆動するためのコイルを有する電磁石と前記コイルに電流を供給するアンプとを含む移動体機構の制御方法であって、入力される指令情報に基づいて前記電磁石をフィードバック制御する制御工程と、前記指令情報が零を示すときには前記アンプが前記コイルに供給する電流を零とするオフセット補償工程と、を含むことを特徴とする。

10

## 【 0 0 1 9 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記オフセット補償工程は、前記アンプの入力部の信号を時間積分する工程と、前記時間積分した値を前記制御工程で入力される指令情報に負帰還する工程とを含むことが望ましい。

## 【 0 0 2 0 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記オフセット補償工程は、前記指令情報が零を示すときには前記時間積分した値を保持する工程と、前記指令情報が零を示さないときには前記保持する工程で保持した値を前記制御工程で入力される指令情報に負帰還する工程とを更に含むことが望ましい。

20

## 【 0 0 2 1 】

## 【 発明の実施の形態 】

次に、本発明の実施形態について、図面を用いて説明する。

## 〔 第 1 の実施形態 〕

図 1 に、本発明の好適な第 1 の実施形態に係る移動体機構を用いたステージ装置の構成を示す。

## 【 0 0 2 2 】

このステージ装置では、不図示のベース上にガイド 1 0 2 が固定されている。ガイド 1 0 2 に対して 1 軸方向に滑動自在に工作物を載置する移動体としてのステージ 1 0 1 が支持されている。ステージ 1 0 1 の片方の側面には、リニアモータ可動子 1 0 3 が固定されている。リニアモータ可動子 1 0 3 は、4 極の磁石とこの磁石の磁束を循環させるためのヨークとを一体にしたものが、上下に配置されている。また、リニアモータ可動子 1 0 3 には、不図示のベースに固定されたリニアモータ固定子 1 0 4 が非接触で対面している。リニアモータ固定子 1 0 4 は、複数のコイルを一列に並べたものを固定子枠で固定したもので構成される。

30

## 【 0 0 2 3 】

リニアモータは、一般的なブラシレス DC モータの展開タイプであり、磁石とコイルの相対的な位置関係に応じて、駆動コイル及びその電流の方向を切り替えて、所望の方向に所望の力を発生するものである。ステージ 1 0 1 上には、不図示のレーザ干渉計用のコーナークューブが設けられており、不図示のレーザ干渉計によってステージ 1 0 1 の移動方向の変位が計測される。ステージ 1 0 1 は、不図示の移動指令器からの指令とステージ 1 0 1 の変位計測値とに基づいて、不図示のステージ制御系によって位置決め制御される。さらに、ステージ 1 0 1 のもう片方の側面には、磁性体板 1 0 5 が設けられている。この磁性体板 1 0 5 を両側から挟むようにして、電磁石本体 1 0 6 a と電磁石本体 1 0 6 b とを含む 1 対の電磁石ユニットが設けられている。

40

## 【 0 0 2 4 】

1 対の電磁石ユニットは、電磁石搬送体 1 2 0 上のナット部 1 0 7 に固定されている。ナ

50

ット部 107 は、モータ 108 と送りネジ 109 によって、ステージ 101 と略同一方向に移動することができる。その結果、1 対の電磁石ユニットは、モータ 108 と送りネジ 109 によってステージ 101 と略同一方向に移動することができる。また、送りネジ 109 の一端は、軸受け 110 によって支えられている。これらのモータ 108、送りねじ 109、及び軸受け 110 もまた、不図示のベース上に固定されている。また、1 対の電磁石ユニットを構成する各々の電磁石本体 106 a、106 b と磁性体板 105 との間は、わずかな空隙を介して互いに非接触に保たれている。各々の電磁石本体 106 a、106 b は、E 型のヨークと中央の歯に設けられた駆動コイルから構成され、駆動コイルに電流を流すとヨークと磁性体板 105 との間に吸引力が働くようになっている。各々の電磁石本体 106 a、106 b の駆動コイルは、別々に電圧または電流を制御できるようになっている。その結果、両コイルに流す電圧電流を調整することによって、各々の電磁石と磁性体板 105 との間に働く吸引力を調整することができ、さらに、1 対の電磁石本体 106 a、106 b から磁性体板 105 に作用する合力とその合力の方向とを調整することができる。

10

#### 【0025】

電磁石搬送体 120 は、不図示の位置センサによってその移動方向の変位が計測される。また、電磁石搬送体 120 は、不図示の電磁石搬送体制御系によって位置決め制御される。電磁石搬送体制御系は、電磁石搬送体 120 の加減速力を適宜フィードフォワードすることによって、加減速時の電磁石搬送体 120 の位置決め偏差を小さく抑えることができる。ステージ 101 を移動させるときには、ステージ 101 にはフィードバック系を用いた位置決め制御が、電磁石搬送体 120 にはフィードフォワード及びフィードバック系を用いた位置決め制御が、電磁石本体 106 a、106 b にはステージ 101 に加減速力を伝えるためのフィードフォワード系を用いた位置決め制御が、それぞれ行われるのが望ましい。その結果、ステージ 101 のリニアモータには、ステージ 101 自体の加減速力を発生させる必要がなくなり、精密な位置決めに必要な力をフィードバック制御するだけでよい。そのため、発熱を非常に小さく抑えることができる。

20

#### 【0026】

図 4 は、図 1 の一対の電磁石ユニットのいずれか一方の電磁石制御系を示す図である。電磁石で発生する力は、電磁石と磁性体板との間の磁束の 2 乗に比例した値となる。電磁石制御系には、加減速力に応じてその絶対値の平方根の次元となる磁束の次元を持つ指令情報（以下「磁束指令」という。）が不図示のステージ全体のシーケンス制御を司る主制御器から送られる。電磁石ヨーク部 301 には、駆動コイル 302 とともにサーチコイル 303 が設けられており、電磁石の出力情報として誘起電圧が計測される。この誘起電圧は、積分器（ $g_1$  はゲイン）304 によって時間積分することにより、磁束の次元となる（以下「検出磁束」という。）。サーチコイル 303 の巻き数、サーチコイル 303 を設けた部分の電磁石ヨーク部 301 の断面積、及び積分器 304 のゲイン  $g_1$  から所望の力を発生するときの磁束の大きさが算出でき、磁束指令もこの値が入力される。

30

#### 【0027】

電磁石制御系は、入力部として加算器 305 を有し、入力された磁束指令と検出磁束の差分である磁束誤差を加算器 305 で算出し、適宜のゲインをゲイン部 306 で乗じて駆動アンプ 307 にその信号を送る。駆動コイル 302 は、駆動アンプ 307 により電圧電流が制御され、電磁石には所望の磁束が発生する。すなわち、電磁石には、所望の吸引力が発生する。なお、電磁石制御系には、装置立ち上げ時に検出磁束を零にするための積分器リセット信号 S1 の入力系が設けられている。積分器 304 へ積分器リセット信号 S1 が入力されると、積分器 304 の出力は零となる。

40

#### 【0028】

しかし、電磁石制御系には、次のような外乱が加わる。外乱 A は、駆動コイル 302 の電流にオフセットを与えてしまう外乱である。この外乱 A は、各部の外乱をまとめて等価外乱として表現したものであり、その内訳は磁束指令値のオフセット、差分器およびゲイン部 306 のオフセット、駆動アンプ 307 のオフセットである。外乱 B は、積分器 304

50

にドリフトを生じさせる外乱を等価的に表したものである。理想的な状態としては、磁束指令が零を示すときには、駆動コイル 302 に流れる電流が零、検出磁束が零、磁束誤差が零、となることである。この理想状態がこれらの外乱 A、B により崩れてしまう。例えば、電磁石に所望の力を発生させるとき（磁束指令が零を示さないとき）に駆動コイル 302 に流れる電流を E、磁束指令が零を示すときにこれらの外乱により流れてしまうオフセット電流を e とする。初期のオフセット電流は、制御時もそのまま保持される。また、吸引力は、電流の 2 乗に比例するので、力誤差は、

$$(E + e)^2 - E^2 = 2 E e + e^2 \dots (1)$$

に比例したものとなる。e<sup>2</sup> の次元を無視とすると、磁束指令が零を示すときには力誤差が零であるが、最大力を発生させる時点での誤差は 2 E e の項が影響する。従って、わずかなオフセット電流があっても力誤差に影響してしまう。

10

#### 【0029】

図 2 では、これらの等価外乱 A、B の影響を取り除くことができる。サーチコイル 303 からの誘起電圧を時間積分する積分器 304 の入力口には、ドリフト補正信号 S2 の入力端が設けられている。このドリフト補正信号 S2 は、主制御器により次のように前もって算出しておく。ステージを静止しておき、電磁石の駆動コイル 302 をショートしておく。こうすると、磁束の変化は起きないので、サーチコイル 303 からの信号は零となる。積分器 304 を一旦リセットした後、ある時間積分器 304 を動作させてその出力を観察する。本実施形態の積分器 304 のドリフト特性として、積分動作時間と積分器出力変動量とから等価外乱 B が算出できる。ドリフト補正信号 S2 としては、この外乱 B を打ち消すべく、例えば、外乱 B を示す信号と絶対値が同じで符号が反対の値を用いればよい。この等価外乱 B の変動要因としては、電気素子の熱的な特性変動が考えられる。この変動の速さは、ゆっくりとしたものであると考えられる。従って、ある有限な時間内においては、積分器 304 のドリフトはほぼ抑えることができる。後述するが、このドリフトの補正にわずかな誤差が生じていてもよい。勿論、積分器 304 のドリフトがはじめから問題とならない程度であれば、この機能は省いてもよい。

20

#### 【0030】

図 2 の点線内の部分がオフセット外乱 A に対処するためのオフセット補償系 201 である。磁束指令が零を示すときには、駆動アンプ 307 への入力端の値を積分器 201b で積分し（ゲイン g<sub>2</sub>）、加算器 305 に負帰還を行なう。このループの作用により、磁束指令が零を示すときには、駆動アンプ 307 の入力端の値は常に零となる。なお、駆動アンプ 307 自体にもオフセットを持つことが考えられる。すなわち、零指令を駆動アンプ 307 に入力しても駆動コイル 302 に電流が流れてしまい、駆動コイル 302 の電流を完全に零とするには駆動コイル 302 の入力端に或る値を入れなければならないときである。この値は、前もって駆動コイル 302 の特性を調べておき、オフセット補償系 201 へ駆動アンプオフセット調整 S3 として主制御器から送られる。よって、磁束指令が零を示すときに、駆動コイル 302 に流れる電流を確実に零にすることができる。このループにより、先に述べた積分器ドリフトの補正残りも打ち消すことができる。すなわち、積分器ドリフトによる加算器 305 へのオフセットの入力を許す系になっている。

30

#### 【0031】

駆動タイミング指令 S4 には、磁束指令が零を示すか否かの信号が送られる。磁束指令が零を示さないときは、駆動タイミング指令 S4 によってホールドスイッチ 201a が作用し、実質的に点線内のループが切られ、直前の値がホールドされて加算器 305 に送られる。駆動が終了して磁束指令が零を示すと、再び駆動タイミング指令 S4 によってホールドスイッチ 201a が作用し、オフセット補償系（点線内）201 のループが構成され、駆動コイル 302 の電流が零となる。このようにして積分器 304 のドリフトによる影響を無くし、駆動コイル 302 のオフセット電流を零にすることができるので、磁束指令通りの磁束を発生することができ、結果として所望の力を発生することができる。しかしながら、この方法によると、わずかなドリフトは取りきれないで残る。従って、長期間に渡ってステージ駆動を行なっていると、ドリフトのために積分器 304 の出力の動作範囲を

40

50

超えるオーバーフローを起こす可能性がある。これを防ぐために、ステージの移動が行なわれない時間を見計らって、主制御器からの指令により積分器 304 のリセット動作を行なう。

#### 〔第 2 の実施の形態〕

以下、本発明の第 2 の実施の形態に係る移動体機構を用いたステージ装置の構成について説明する。図 7 は、本発明の第 2 の実施の形態に係るステージ装置の概略構成を示す概念図である。ステージ装置は、概略的には、第 1 の実施の形態に係るステージ装置のうち一部の機能を変更した構成を有する。即ち、本発明の第 2 の実施の形態に係るステージ装置は、第 1 の実施の形態に係るステージ装置のサーチコイル 303 に代わって、電磁石本体 106（電磁石本体 106a 及び 106b のいずれか一方）と磁性体板 105 との間隙を計測するギャップセンサ 611（ギャップセンサ 611a 及び 611b のいずれか一方）が設けられている。

10

#### 【0032】

図 8 は、図 7 の一対の電磁石ユニットのいずれか一方の電磁石制御系を示す図である。この電磁石制御系には、図 7 のステージ 101 の加減速に基づいて、所要の指令情報（力指令）が入力される。電磁石が発生する吸引力は、駆動コイル 302 に流れる電流の 2 乗に比例するため、電磁石制御系内の電流算出器 701 は、指令情報（力指令）に基づいて、電磁石本体 106 の駆動コイル 302 に流すべき電流値を算出する。駆動電流アンプ 702 は、電流算出器 701 で算出された電流値（電流指令）に基づいて、駆動コイル 302 の駆動を行なう。電磁石に発生する吸引力は、電磁石本体 106 と磁性体板 105 との間隙を  $h$  とすると、およそ  $1/h^2$  に比例する。この比例係数は、予め測定しておくのが望ましい。電磁石本体 106 の近傍には、ギャップセンサ 611 が設けられている。ギャップセンサ 611 は、電磁石からの出力情報としての電磁石本体 106 と磁性体板 105 との間隙を計測し、ギャップ補正器 703 によって補正係数が算出される。電磁石制御系の乗算器 704 は、電流算出器 701 により算出された電流値（電流指令）に補正係数を乗ずる操作を行う。これらの構成によって、ギャップ変動に対する吸引力の変動を抑えることができる。

20

#### 【0033】

図 3 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る電磁石制御系を示す図であり、概略的には、第 1 の実施の形態に係る図 2 の電磁石制御系のうち一部の機能を変更した構成を有する。即ち、第 1 の実施の形態に係る電磁石制御系のサーチコイル 303、積分器 304 に代わって、それぞれギャップセンサ 611、ギャップ補正器 703 が設けられている。また、第 1 の実施の形態に係る電磁石制御系のゲイン 306 に代わって、乗算器 704 が設けられており、これによって加算器 305 の出力にギャップ補正器 703 で算出された補正係数を乗ずる操作が行われる。

30

#### 【0034】

図 2 と同様に、外乱 A は、電流算出器 701 や駆動電流アンプ 702 などによって生じる駆動コイル 302 のオフセット電流を与える外乱を等価的に示したものである。図 3 の点線内の部分が外乱 A に対処するためのオフセット補償系 201 である。力指令が零を示すときには、駆動電流アンプ 702 への入力端の値を積分器 201b で積分し（ゲイン  $g_0$ ）、加算器 305 に負帰還される。オフセット補償系 201 のループの作用によって、力指令が零を示すときには、駆動電流アンプ 702 の入力端の値は常に零となる。力指令が零を示すときには、ホールドスイッチ 201a に駆動タイミング指令 S4 として例えば零が送られ、積分器 201b からの出力が加算器 305 に送られる。力指令が零を示さないときは、ホールドスイッチ 201a に駆動タイミング指令 S4 として例えば 1 が送られて、実質的に点線内のループが切られ、ループが切られる直前にホールドスイッチ 201a によって保持された積分器 201b の出力が、加算器 305 に送られる。なお、駆動電流アンプ 702 自体のオフセット値は、予め駆動電流アンプ 702 の特性を調べておき、図 3 に示すように主制御器からオフセット補償系 201 に対し、駆動アンプオフセット調整 S3 の信号を送ることによって取り除くことができる。従って、力指令が零を示すときに、駆動

40

50

コイルに流れる電流を確実に零にすることができる。この駆動アンプオフセット調整 S 3 の信号としては、例えば、駆動電流アンプ 7 0 2 の特性を示す信号と、絶対値が同じで符号が反対のものをを用いればよい。

【 0 0 3 5 】

[ 第 3 の実施形態 ]

図 5 に、第 3 の実施形態に係る電磁石制御系の構成を示す。基本的な磁束のフィードバック系およびオフセット補償系 2 0 1 は、図 2 と同様である。図 5 のドリフト補償系 4 0 1 において、磁束指令が零を示すときには、積分器 3 0 4 の出力である検出磁束にゲイン (  $g_3$  ) 4 0 1 a を乗じて、積分器 3 0 4 の入力端に負帰還を行なう。この時の積分器 3 0 4 とゲイン要素 4 0 1 a とを含む閉ループの伝達関数  $t(s)$  は、

10

【 0 0 3 6 】

【 数 1 】

$$t(s) = \frac{g_1}{s + g_1 g_3}.$$

と、1 次遅れの形となる。よって、非常に低い速度の変動を持った外乱 B がこの系に加わったときの定常状態での応答は、ほぼ一定値となり、ドリフトは抑えられる。この伝達関数  $t(s)$  の時定数については、外乱 B の変動よりも早ければよく、それほど小さな値は必要とされない。この時定数は、1 秒程度の時定数となるようなゲインに  $g_3$  を設定すればよい。積分器 3 0 4 の出力には、定常的にある値が出力されうるが、図 2 の制御系と同様にオフセット補償系 2 0 1 の働きにより、この値は除去される。

20

【 0 0 3 7 】

磁束指令が零を示さないときには、駆動タイミング指令 S 5 がホールドスイッチ 4 0 1 b に与えられて、ドリフト補償系 4 0 1 のループが実質的に切られ、積分器 3 0 4 の入力端への帰還項は直前の値にホールドされる。この動作により、加減速中は積分器 3 0 4 のドリフトが抑えられ、かつ、積分器 3 0 4 は純粋な積分器として作用する。なお、駆動タイミング指令 S 5 は、上記の駆動タイミング指令 S 4 と同様の指令信号を用いることが可能である。

【 0 0 3 8 】

駆動が終了して磁束指令が再び零になったときは、駆動タイミング指令 S 5 がホールドスイッチ 4 0 1 b に与えられて、再びドリフト補償系 4 0 1 の閉ループが閉じられる。したがって、外乱 B に変動があっても磁束指令が零を示すときに自動的にドリフトが抑えられることになり、長期間のステージ駆動を行なってもドリフト成分の全部または一部が蓄積されて積分器 3 0 4 がオーバーフローすることはない。上記の第 1 の実施形態で説明した図 2 の制御系に比べて、ドリフト補償系 4 0 1 のループを閉じるだけでドリフトの補正が行なわれるので、予めドリフト補正值を求める作業が必要とされない。ただし、このドリフト補償系を用いる場合は、積分器 3 0 4 の出力のオフセットを容認するので、図 2 に示したオフセット補償系 2 0 1 の使用が必要となる。

30

【 0 0 3 9 】

[ 第 4 の実施形態 ]

図 6 に、第 4 の実施形態に係る電磁石制御系の構成を示す。図 6 は、第 3 の実施形態で説明した図 5 の変形例である。ドリフトを補正するには、ドリフト成分が含まれている信号を用いればよい。オフセット補償系 2 0 1 の信号には、ドリフト成分が含まれている。また、オフセット外乱 A の変動もドリフト外乱 B と同様に非常にゆっくりとした系であるので、オフセット補正信号の動的な成分は、ほとんどがドリフト成分である。よって、図 6 におけるオフセット補償系 2 0 1 内のホールドスイッチ 2 0 1 a からの出力 ( 駆動アンプ 3 0 7 の入力部の信号を積分器 2 0 1 b で積分した信号 ) にドリフト補償系 5 0 1 のゲイン (  $g_3$  ) 5 0 1 a を乗じて積分器 3 0 4 の入力端に負帰環する構成を用いても、ドリフトの補正およびオフセット補正を行なうことができ、磁束指令による指令通りの吸引力を電磁石に発生させることができる。なお、ゲイン (  $g_3$  ) 5 0 1 a は、第 3 の実施形態に

40

50

おけるゲイン (  $g_3$  ) 401aと同様の構成要素を用いることが可能である。

【0040】

本実施形態の構成の利点は、検出磁束をドリフト補償系501に取り込む必要が無いことである。例えば、デジタル計算機を利用して制御系を組む際に、デジタル系への取り込みの口数を減らすことができる。図5の構成でも図6の構成でも性能は同様であるが、磁束指令が零を示すときにおける積分器304の出力およびオフセット補正值の平衡値が異なる。

【0041】

以上説明したように、上記の実施形態1～4における電磁石制御系によれば、電磁石で発生する吸引力と物理的相関のある磁束を検出してフィードバック制御を行なっているので、高精度に吸引力を制御できる。また、磁束検出系での積分器のドリフトや非駆動時の駆動コイルのオフセット電流を排除する構成となっているので、電気系の外乱に対して強固な制御系となっている。さらに、加減速力の伝達に電磁継ぎ手を用いた場合は、その電磁継ぎ手の制御系の構成を提供することができる。

10

【0042】

なお、上記の実施形態1～4におけるステージ装置の可動部は、半導体露光装置におけるウエハステージ系のウエハを搭載するステージ構造体、および/または、レチクルステージ系のレチクルを搭載するステージ構造体として用いることが可能である。

【0043】

従って、本発明の好適な実施の形態に係る移動体機構によれば、電磁石に正確な力を発生させることができる。また、本発明の好適な実施の形態に係る移動体機構によれば、低発熱かつ高精度のステージ等の移動体機構が得られる。また、本発明の好適な実施の形態に係る移動体機構を制御するための電磁石制御系によれば、加減速力等の駆動指令の伝達に、高精度な制御系、かつ外乱に対して強固な制御系を提供することが可能となる。

20

【0044】

[他の実施形態]

図9は、本発明の好適な実施の形態に係る移動体機構を半導体製造プロセスに用いられる露光装置に適用したときの構成を示す概略図である。図9において、照明光学系901から出た光は原版であるレチクル902上に照射される。レチクル902はレチクルステージ903上に保持され、レチクル902のパターンは、縮小投影レンズ904の倍率で縮小投影されて、その像面にレチクルパターン像を形成する縮小投影レンズ904の像面は、Z方向と垂直な関係にある。露光対象の試料である基板905表面には、レジストが塗布されており、露光工程で形成されたショットが配列されている。制御対象としての基板905は、移動体としてのステージ101上に載置されている。ステージ101は、基板905を固定するチャック、X軸方向とY軸方向に各々水平移動可能な駆動器としてのXYステージ等を有する。ステージ101の位置情報は、ステージ101に固着されたミラー907に対して、レーザ干渉計908により計測されている。本発明の好適な実施形態に係る移動体機構によれば、ステージ101を高精度に駆動することができる。

30

【0045】

【発明の効果】

本発明によれば、例えば、移動体機構の性能を向上させることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の好適な第1の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】図1のステージ装置の電磁石制御系の構成を示す図である。

【図3】本発明の好適な第2の実施形態に係るステージ装置の電磁石制御系の構成を示す図である。

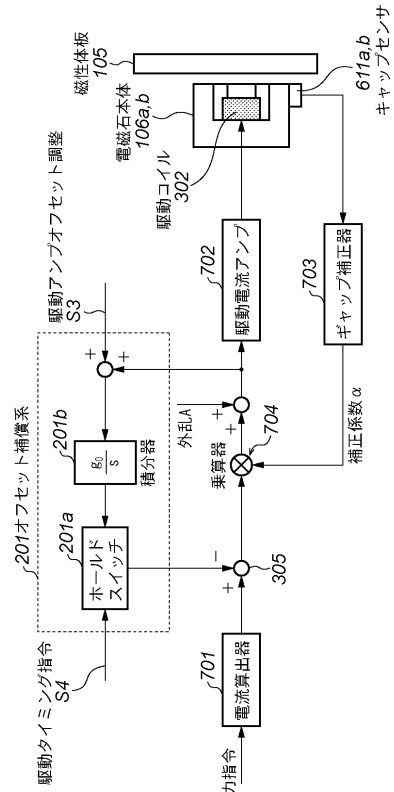
【図4】図3で用いた電磁石制御系のうち、制御系の基本構成と制御系に加わる外乱を表す図である。

【図5】本発明の好適な第3の実施形態に係るステージ装置の電磁石制御系の構成を示す図である。

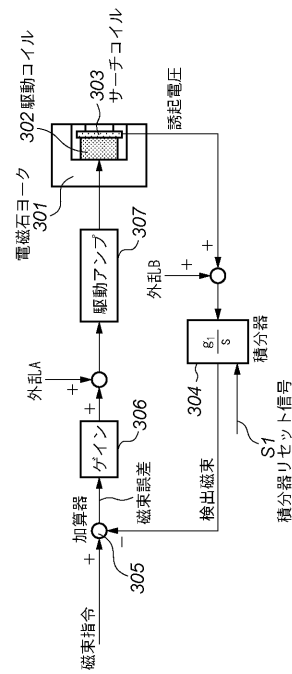
50



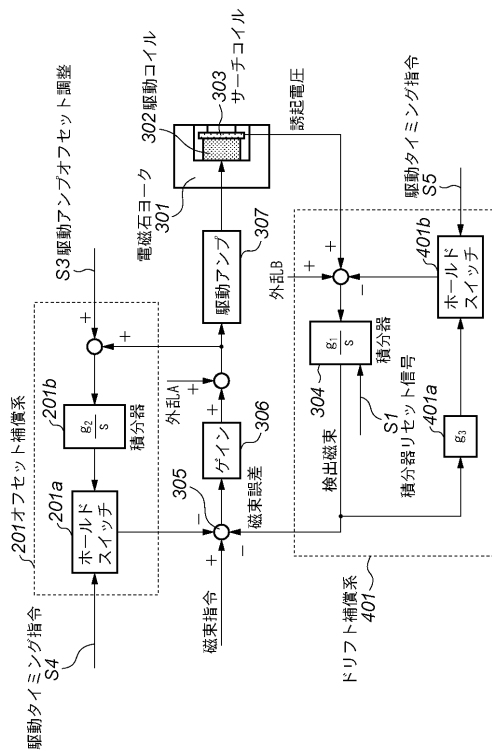
【図 3】



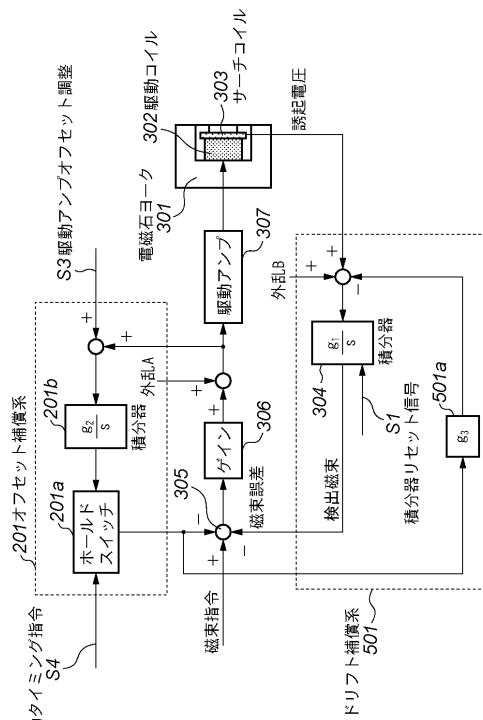
【図 4】



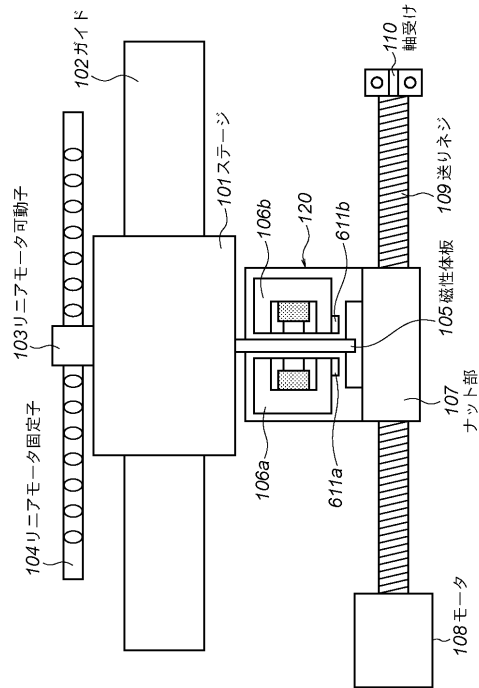
【図 5】



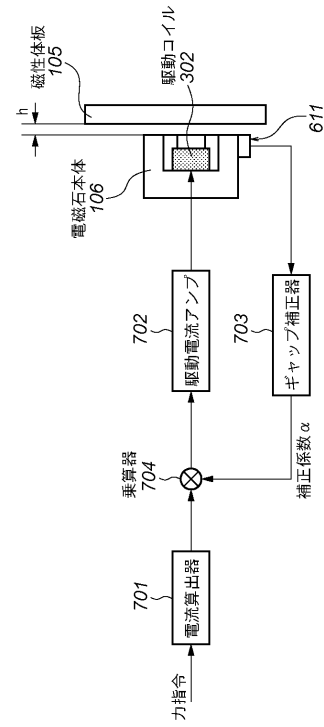
【図 6】



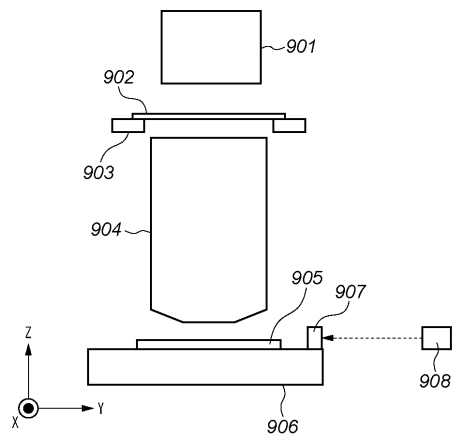
【図 7】



【図 8】



【図 9】



---

フロントページの続き

審査官 二階堂 恭弘

- (56)参考文献 特開 2 0 0 2 - 1 1 2 5 8 6 ( J P , A )  
特開平 0 8 - 1 6 3 8 8 2 ( J P , A )  
特開昭 5 9 - 2 2 5 3 1 5 ( J P , A )  
特開 2 0 0 0 - 1 0 6 3 4 4 ( J P , A )

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
G05D 3/00-3/20  
G03F 7/22  
H01L 21/027