

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年3月24日(24.03.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/042661 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 25/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/074863
- (22) 国際出願日: 2014年9月19日(19.09.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社安川電機(KABUSHIKI KAISHA YASKAWA DENKI) [JP/JP]; 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 Fukuoka (JP).
- (72) 発明者: 高瀬 善康(TAKASE, Yoshiyasu); 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP). 本田 祐規(HONDA, Yuki); 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP).
- (74) 代理人: 酒井 宏明(SAKAI, Hiroaki); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 特許業務法人酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).

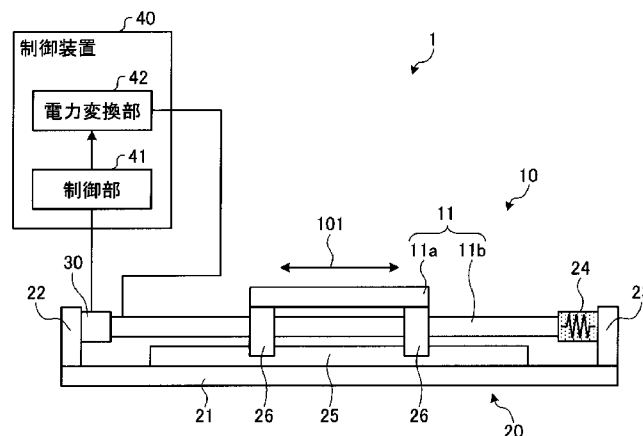
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: LINEAR MOTOR SYSTEM

(54) 発明の名称: リニアモータシステム



- 40 Control device
41 Control unit
42 Power conversion unit

(57) Abstract: The present invention addresses the problem of performing alignment at low cost with high accuracy. In order to solve the problem, according to one embodiment of the present invention, a linear motor system (1) is provided with a linear motor (10), a control device (40), a supporting mechanism (20), and a force sensor (30). The control device (40) controls a current to be supplied to the linear motor (10). The supporting mechanism (20) supports an armature of the linear motor (10). The force sensor (30) detects vibration generated to the armature. Furthermore, the control device (40) has a calculation unit (41a), and an estimation unit (41b). The calculation unit (41a) calculates a force to be applied to a movable element of the armature on the basis of detection results obtained from the force sensor (30). The estimation unit (41b) estimates the position and/or speed of the movable element on the basis of the calculation results obtained from the calculation unit (41a).

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2016/042661 A1

低コストで高精度な位置決めを行うことを課題とする。かかる課題を解決するために、実施形態の一態様に係るリニアモータシステム（１）は、リニアモータ（１０）と、制御装置（４０）と、支持機構（２０）と、力センサ（３０）とを備える。上記制御装置（４０）は、上記リニアモータ（１０）へ供給する電流を制御する。上記支持機構（２０）は、上記リニアモータ（１０）の電機子を支持する。上記力センサ（３０）は、上記電機子へ生じる振動を検出する。また、上記制御装置（４０）は、演算部（４１ａ）と、推定部（４１ｂ）とを有する。上記演算部（４１ａ）は、上記力センサ（３０）の検出結果に基づいて上記電機子のうちの可動子に作用する力を演算する。上記推定部（４１ｂ）は、上記演算部（４１ａ）の演算結果に基づいて上記可動子の位置および速度の少なくともいずれかを推定する。

明 細 書

発明の名称： リニアモータシステム

技術分野

[0001] 開示の実施形態は、リニアモータシステムに関する。

背景技術

[0002] 従来、モータを備えたシステムにおいて、モータの駆動制御を行う場合、エンコーダなどの位置センサを用いてモータの位置や速度（回転角や回転速度）を検出する手法が知られている。

[0003] また、かかる検出を高精度に行ううえで、回転機において位置検出用の任意の振動周波数を重畳し、トルクを検出することにより位置を推定する手法も提案されている（たとえば、特許文献1参照）。かかる手法は、リニアモータを備えるリニアモータシステムにおいても原理的に適用可能である。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2009-148017号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、リニアモータシステムに適用する場合、上述した従来技術には、低コストで高精度な位置決めを行ううえで更なる改善の余地がある。

[0006] 具体的に、リニアモータにおいては、可動子がリニアガイド等の可搬部材に接続されるが、かかる可搬部材に生じる摩擦等によって位置検出用の振動が得にくい場合があった。このため、高精度な位置決めを行いにくかった。なお、リニアモータの位置決めにおいては、直線位置検出器、いわゆるリニアスケールを用いる手法も知られているが、コストが嵩みやすいという問題点がある。

[0007] 実施形態の一態様は、上記に鑑みてなされたものであって、低コストで高精度な位置決めを行うことができるリニアモータシステムを提供することを

目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 実施形態の一態様に係るリニアモータシステムは、リニアモータと、制御装置と、支持機構と、検出部とを備える。前記制御装置は、前記リニアモータへ供給する電流を制御する。前記支持機構は、前記リニアモータの電機子を支持する。前記検出部は、前記電機子へ生じる振動を検出する。また、前記制御装置は、演算部と、推定部とを有する。前記演算部は、前記検出部の検出結果に基づいて前記電機子のうちの可動子に作用する力を演算する。前記推定部は、前記演算部の演算結果に基づいて前記可動子の位置および速度の少なくともいずれかを推定する。

発明の効果

[0009] 実施形態の一態様によれば、低コストで高精度な位置決めを行うことができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1A]図1 Aは、第1の実施形態に係るリニアモータシステムの構成例を示す模式図である。

[図1B]図1 Bは、制御部のブロック図である。

[図2A]図2 Aは、第1の実施形態に係る位置および速度推定手法の説明図（その1）である。

[図2B]図2 Bは、第1の実施形態に係る位置および速度推定手法の説明図（その2）である。

[図3A]図3 Aは、支持機構による支持形態の第1の変形例を示す模式図である。

[図3B]図3 Bは、支持機構による支持形態の第2の変形例を示す模式図である。

[図3C]図3 Cは、支持機構による支持形態の第3の変形例を示す模式図である。

[図3D]図3 Dは、支持機構による支持形態の第4の変形例を示す模式図であ

る。

[図3E]図3 Eは、支持機構による支持形態の第5の変形例を示す模式図である。

[図3F]図3 Fは、支持機構による支持形態の第6の変形例を示す模式図である。

[図3G]図3 Gは、第6の変形例のバリエーションを示す模式図（その1）である。

[図3H]図3 Hは、第6の変形例のバリエーションを示す模式図（その2）である。

[図3I]図3 Iは、第6の変形例のバリエーションを示す模式図（その3）である。

[図3J]図3 Jは、支持機構による支持形態の第7の変形例を示す模式図である。

[図3K]図3 Kは、支持機構による支持形態の第8の変形例を示す模式図である。

[図3L]図3 Lは、第8の変形例に係る位置および速度推定手法の説明図である。

[図4A]図4 Aは、第2の実施形態に係るリニアモータシステムの支持機構による第1の支持形態を示す模式図である。

[図4B]図4 Bは、同支持機構による第2の支持形態を示す模式図である。

[図4C]図4 Cは、同支持機構による第3の支持形態を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、添付図面を参照して、本願の開示するリニアモータシステムのいくつかの実施形態を詳細に説明する。なお、以下に示す各実施形態によりこの発明が限定されるものではない。

[0012] （第1の実施形態）

まず、第1の実施形態に係るリニアモータシステム1の構成例について図1 Aおよび図1 Bを用いて説明する。図1 Aは、第1の実施形態に係るリニ

アモータシステム 1 の構成例を示す模式図である。また、図 1 B は、制御部 4 1 のブロック図である。

[0013] 図 1 A に示すように、本実施形態に係るリニアモータシステム 1 は、リニアモータ 1 0 と、支持機構 2 0 と、力センサ 3 0 と、制御装置 4 0 とを備える。力センサ 3 0 は、検出部の一例である。

[0014] リニアモータ 1 0 は、電機子 1 1 を備える。電機子 1 1 は、可動子 1 1 a と、固定子 1 1 b とを含む。可動子 1 1 a は、永久磁石が配列されて構成される。固定子 1 1 b は、電機子コイルが配列されて構成される。そして、後述する制御装置 4 0 の電力変換部 4 2 から PWM (Pulse Width Modulation) 信号に応じた電圧および電流が固定子 1 1 b へ供給されることによって、可動子 1 1 a は、固定子 1 1 b の延在方向に沿って移動する（図 1 A の矢印 1 0 1 参照）。

[0015] なお、可動子 1 1 a に電機子コイルが配列され、固定子 1 1 b に永久磁石が配列されて、可動子 1 1 a へ電圧および電流が供給される構成であってもよい。

[0016] 支持機構 2 0 は、ベース部 2 1 と、第 1 支持部 2 2（第 1 の支持部材）と、第 2 支持部 2 3（第 2 の支持部材）と、弾性体 2 4 と、軌道部 2 5（軌道部材）と、スライド部 2 6（スライド部材）とを備える。

[0017] ベース部 2 1 は、支持機構 2 0 のベースであり、リニアモータ 1 0 の設置対象物等へ固定される。第 1 支持部 2 2 は、ベース部 2 1 の固定子 1 1 b の一端側にあたる部位に設けられ、固定子 1 1 b の一端を支持する。

[0018] ここで、かかる固定子 1 1 b の一端には力センサ 3 0 が取り付けられ、第 1 支持部 2 2 と固定子 1 1 b の一端との間に配置される。すなわち、第 1 支持部 2 2 は、かかる力センサ 3 0 を介在させつつ固定子 1 1 b の一端を支持する。

[0019] また、第 2 支持部 2 3 は、ベース部 2 1 の固定子 1 1 b の他端側にあたる部位に設けられ、固定子 1 1 b の他端を支持する。ここで、第 2 支持部 2 3 と固定子 1 1 b の他端との間には、弾性体 2 4 が配置される。

[0020] すなわち、第2支持部23は、かかる弾性体24を介在させつつ固定子11bの他端を支持する。なお、以下に示す各図では、説明を分かりやすくするため、図1Aに示すように弾性体24を点状のパターンで塗りつぶして示すものとする。

[0021] このように本実施形態では、支持機構20は、固定子11bに力センサ30を取り付けつつ固定子11bを弾性支持している。言い換えれば、本実施形態では、支持機構20は、電流を供給されることによって固定子11bへ生じる振動を許容しつつ固定子11bを支持するよう構成されている。これにより、位置検出用の振動（後述）を得やすくすることができる。

[0022] 軌道部25は、固定子11bの延在方向、すなわち可動子11aの可動方向沿いに設けられる。スライド部26は、かかる軌道部25に沿ってスライド可能に設けられるとともに可動子11aへ接続され、可動子11aを軌道部25沿いに移動可能に支持する。

[0023] ここで、図1Aのようにリニアモータ10およびその支持機構20を構成することで可能となる、本実施形態に係る位置および速度推定手法について図2Aおよび図2Bを用いて説明しておく。図2Aおよび図2Bは、第1の実施形態に係る位置および速度推定手法の説明図（その1）および（その2）である。

[0024] まず、本実施形態は、電機子11へ供給される電流に高周波電流成分を重畳して、かかる高周波電流成分によって生じる微小な位置検出用の振動を検出し、その検出結果に基づいて位置および速度を推定するものである。これを踏まえて以下、説明する。

[0025] 図2Aに示すように、本実施形態に係る位置および速度推定手法では、可動子11aに作用する推力F（図2Aの矢印201参照）を、可動子11aの位置および速度の推定に利用する。図1Aに示したリニアモータ10およびその支持機構20の構成は、かかる推力Fを精度よく得るためのものである。

[0026] 具体的には、図2Aに示すように、可動子11aに推力Fが生じた場合、

固定子 1 1 b にはその反作用である、推力 F と同じ大きさで逆向きの力 F' (すなわち、「 $F' = -F$ 」) が作用する。そして、弾性支持された固定子 1 1 b の一端側には反力 F_1 が作用する (図 2 A の矢印 2 0 2 参照)。なお、ここで、かかる一端側にある力センサ 3 0 の弾性係数は、既知の値「 k_1 」であるものとする。

[0027] また、弾性支持された固定子 1 1 b の他端側には、反力 F_2 が作用する (図 2 A の矢印 2 0 3 参照)。かかる他端側にある弾性体 2 4 の弾性係数は、既知の値「 k_2 」であるものとする。かかる図 2 A の内容をさらに模式的に示したのが図 2 B である。

[0028] ここで、図 2 B に示すように、上記振動による固定子 1 1 b の変位が「 x 」であるものとする (図 2 B の矢印 2 0 4 参照)。そのうえでまず、反力 F_1 および反力 F_2 と推力 F との関係は、式 (1) 「 $F_1 + F_2 = -F$ 」であらわされる。

[0029] そして、反力 F_1 は、式 (2) 「 $F_1 = k_1 x$ 」で、反力 F_2 は、式 (3) 「 $F_2 = k_2 x$ 」で、それぞれあらわされる。ここで、式 (2) および式 (3) を式 (1) へ代入すると、式 (4) 「 $(k_1 + k_2) x = -F$ 」が得られる。また、式 (2) を x について解くよう変形すると、式 (5) 「 $x = F_1 / k_1$ 」となる。

[0030] そして、式 (5) を式 (4) に代入し、推力 F について解くよう変形すると、以下の式 (6) を得ることができる。

[数1]

$$-F = \frac{(k_1 + k_2)}{k_1} F_1 \quad \dots (6)$$

[0031] そして、反力 F_1 は力センサ 3 0 の検出値であり、弾性係数 k_1 , k_2 は既知の値であるので、力センサ 3 0 の検出結果からかかる式 (6) により、推力 F を求めることができる。なお、このように求められる推力 F は、振動を許容可能に弾性支持された固定子 1 1 b に取り付けられた力センサ 3 0 の検出結果に基づくものであるので、精度のよい値を得ることができる。

[0032] そして、かかる推力Fの値から位置および速度を推定する手法により、位置および速度の少なくともいずれかの推定値が求められることとなる。

[0033] 図1Aの説明に戻り、次に制御装置40について説明する。制御装置40は、図示略の直流電源から供給される直流電力を公知のPWM制御によって所望の周波数および電圧の3相交流電力へ変換し、リニアモータ10へ出力する。

[0034] 制御装置40は、制御部41と、電力変換部42とを備える。制御部41は、力センサ30によって検出された力から推定した可動子11aの位置および速度の少なくともいずれかを用いて、リニアモータ10の位置制御および速度制御を行うためのPWM信号を生成する。

[0035] より具体的に、制御部41は、図1Bに示すように、演算部41aと、推定部41bと、位置／速度制御部41cと、電流制御部41dと、PWM信号生成部41eとを備える。

[0036] 演算部41aは、力センサ30から受け取った力センサ30の検出結果から上記式(6)により、推力Fを演算する。また、演算部41aは、演算して得た推力Fを推定部41bへ出力する。

[0037] 推定部41bは、演算部41aから受け取った推力Fから可動子11aの位置および速度を推定する。かかる推力Fから可動子11aの位置や速度を推定する手法については公知であるので、ここでの説明は省略する。

[0038] また、推定部41bは、推定して得た位置および速度の推定値を、位置／速度制御部41cならびに電流制御部41dへ出力する。位置／速度制御部41cは、推定部41bから受け取った位置および速度の推定値に基づいて位置および速度の制御値を生成し、PWM信号生成部41eへ出力する。

[0039] 電流制御部41dは、推定部41bから受け取った位置および速度の推定値、ならびに、図示略の検波用高周波電流指令器から受け取る高周波電流指令に基づいて電流の制御値を生成し、PWM信号生成部41eへ出力する。

[0040] PWM信号生成部41eは、位置／速度制御部41cおよび電流制御部41dから受け取った各制御値に基づいてPWM制御のためのPWM信号を生

成し、電力変換部 4 2 へ出力する。

[0041] 図 1 A の説明に戻る。電力変換部 4 2 は、PWM 信号生成部 4 1 e から受け取った PWM 信号に応じた電圧および電流をパワーライン経由でリニアモータ 1 0 の固定子 1 1 b へ供給する。かかる電力変換部 4 2 は、たとえば、6 個のスイッチング素子が 3 相ブリッジ接続されて構成される 3 相インバータ回路である。

[0042] このように本実施形態では、支持機構 2 0 が、電流が供給されることによって固定子 1 1 b へ生じる振動を許容可能となるように、固定子 1 1 b に力センサ 3 0 を取り付けつつ固定子 1 1 b を弾性支持することとした。これにより、位置検出用の高周波振動を精度よく検出することができる。

[0043] また、本実施形態では、演算部 4 1 a が、このように精度よく検出した力センサ 3 0 の検出結果に基づいて可動子 1 1 a の推力 F を演算し、推定部 4 1 b が、かかる推力 F に基づいて可動子 1 1 a の位置および速度の少なくともいずれかを推定することとした。これにより、精度のよい位置および速度の推定値を得ることができる。

[0044] そして、本実施形態では、制御装置 4 0 が、このようにして得た推定値に基づいてリニアモータ 1 0 の位置制御および速度制御を行うので、リニアスケールのような位置検出器を備える必要がない。したがって、低コストにシステムを構成することができる。

[0045] すなわち、本実施形態に係るリニアモータシステム 1 によれば、低コストで精度のよい位置決めを行うことができる。

[0046] ところで、これまでは、支持機構 2 0 が、固定子 1 1 b の一端側に力センサ 3 0 を配置し、他端側に弾性体 2 4 を配置して、固定子 1 1 b を弾性支持する場合を例に挙げたが、支持機構 2 0 による支持構成はかかる例に限られない。そこで、以下は、かかる支持機構 2 0 による支持形態のいくつかの変形例について、図 3 A ～図 3 L を用いて説明する。

[0047] 図 3 A ～図 3 F は、支持機構 2 0 による支持形態の第 1 ～第 6 の変形例を示す模式図である。図 3 G ～図 3 I は、第 6 の変形例のバリエーションを示

す模式図（その１）～（その３）である。図３Ｊおよび図３Ｋは、支持機構２０による支持形態の第７および第８の変形例を示す模式図である。図３Ｌは、第８の変形例に係る位置および速度推定手法の説明図である。

[0048] 図３Ａに示すように、第１の変形例では、支持機構２０は、固定子１１ｂの一端側だけでなく、他端側にも力センサ３０を取り付けて固定子１１ｂを弾性支持する。すなわち、第１の変形例では、力センサ３０は、２個設けられ、第１支持部２２と固定子１１ｂの一端との間と、第２支持部２３と固定子１１ｂの他端との間にそれぞれ配置される。

[0049] なお、本実施形態では、図３Ａに示すように、既知の弾性係数 k_1 、 k_2 をそれぞれ有する２個の力センサ３０で固定子１１ｂを両端から支持する場合についても、固定子１１ｂへ生じる振動を弾性的に許容可能であるという意味において「弾性支持」に含むものとする。

[0050] かかる第１の変形例によれば、２個の力センサ３０を用いることで検出精度を向上させることができる。

[0051] また、図３Ｂに示すように、第２の変形例では、支持機構２０は、第２支持部２３に取り付けられる軸受部２３ａ（軸受部材）を有する。軸受部２３ａは、たとえばリニアブッシュであり、固定子１１ｂをラジアル方向において規制する。これにより、第２支持部２３は、軸受部２３ａを介して固定子１１ｂの他端をスラスト方向に移動可能に支持する（図３Ａの矢印３０１参照）。

[0052] かかる第２の変形例によれば、固定子１１ｂへ生じる振動を許容可能にした状態で固定子１１ｂを支持することができる。したがって、位置検出用の高周波振動を精度よく検出することができる。

[0053] また、図３Ｃに示すように、第３の変形例では、支持機構２０は、力センサ３０の近傍に設けられる第３支持部２７を備える。第３支持部２７には、前述の軸受部２３ａと同様の軸受部２７ａが取り付けられる。そして、第３支持部２７は、かかる軸受部２７ａを介して、固定子１１ｂにおける力センサ３０の近傍をスラスト方向に移動可能に支持する。

- [0054] なお、第3の変形例では、固定子11bの他端側は弾性体24を介在させつつ第2支持部23によって支持されるが、かかる固定子11bの他端側には前述の軸受部23aを用いてもよい。すなわち、図3Dに示すように、第4の変形例として、支持機構20は、固定子11bにおける力センサ30の近傍については軸受部27aを介して支持し、固定子11bの他端側については軸受部23aを介して支持することとしてもよい。
- [0055] かかる第3および第4の変形例によっても、固定子11bへ生じる振動を許容可能にした状態で固定子11bを支持することができるので、位置検出用の高周波振動を精度よく検出することができる。
- [0056] また、図3Eに示すように、第5の変形例では、支持機構20は、第2支持部23側の弾性体24-1に加えて、さらに力センサ30の近傍に設けられる弾性体24-2を備える。弾性体24-2は、たとえば板バネ等で構成され、力センサ30にラジアル荷重をかけないように規制しつつ、固定子11bのスラスト方向の振動が許容可能となるように固定子11bを支持する(図3Eの矢印302参照)。
- [0057] かかる第5の変形例によっても、固定子11bへ生じる振動を許容可能にした状態で固定子11bを支持することができるので、位置検出用の高周波振動を精度よく検出することができる。
- [0058] また、図3Fに示すように、第6の変形例では、第2支持部23の中途部に切り欠きCが形成される。すなわち、第6の変形例では、第2支持部23そのものを弾性体と見立てて、第2支持部23を振動しやすい形状、言い換えれば固定子11bへ生じる振動を許容可能な形状に形成する。
- [0059] したがって、第6の変形例には、種々のバリエーションが存在する。たとえば、図3Gに示すように、第2支持部23Aは、振動可能となるように曲げ部分を有する形状に形成されていてもよい。
- [0060] また、図3Hに示す第2支持部23B、23Cのように、厚みを調整することで振動しやすい形状にすることとしてもよい。また、図3Iに示す第2支持部23Dのように、段差をつけることによって振動しやすくしてもよい。

。

[0061] これら第6の変形例の種々のバリエーションによっても、固定子11bへ生じる振動を許容可能にした状態で固定子11bを支持することができるので、位置検出用の高周波振動を精度よく検出することができる。

[0062] また、図3Jに示すように、第7の変形例では、支持機構20は、固定子11bに対するスラスト方向の与圧を調整可能な構成としてもよい。また、あらかじめ所望の与圧をかけた状態で固定子11bを組み込むこととしてもよい（図3Jの矢印303参照）。

[0063] かかる第7の変形例によれば、固定子11bへ生じる振動を許容可能にした状態で固定子11bを支持できるうえ、固定子11bが振動しやすい適切な与圧をかけることで、位置検出用の高周波振動を精度よく検出することができる。なお、図3Jに示した与圧の方向は圧縮方向であるが、引張方向であってもよい。また、第7の変形例によれば、力センサ30は少なくとも与圧方向を検出可能なもので足りるので、低コスト化にも資することができる。

。

[0064] また、図3Kに示すように、第8の変形例では、複数個の弾性体24-1～24-n-1が設けられ、固定子11bをスラスト方向沿いに多点支持するように配置される。なお、第8の変形例に係る図3Kおよび図3Lは、既示した図2Aおよび図2Bに対応しているため、推力F、反力F₁、F₂、…、F_n、弾性係数k₁、k₂、…、k_nおよび変位xについては詳細な説明を省略する。

[0065] かかる第8の変形例の場合、反力F₁、F₂、…、F_nと推力Fとの関係は、式(7)「F₁+F₂+F₃+F₄+…+F_n=-F」であらわされる。かかる式(7)に基づき、図2Bで説明したのと同様に、推力Fについての式を導くと、以下の式(8)を得ることができる。

[数2]

$$-F = \frac{(k_1 + k_2 + k_3 + \dots + k_n)}{k_1} F_1 \quad \dots (8)$$

[0066] そして、力センサ30の検出結果からかかる式(8)により、第8の変形例の場合の推力Fを求めることができる。なお、このように求められる推力Fは、振動を許容可能に弾性支持され、かつ、多点支持された固定子11bに取り付けられた力センサ30の検出結果に基づくものであるので、リニアモータ10が長距離化された場合であっても、精度のよい値を得ることができる。

[0067] したがって、第8の変形例によれば、リニアモータ10が長距離化された場合であっても、位置検出用の高周波振動を精度よく検出することができる。

[0068] 上述してきたように、第1の実施形態に係るリニアモータシステムは、リニアモータと、制御装置と、支持機構と、検出部とを備える。上記制御装置は、上記リニアモータへ供給する電流を制御する。上記支持機構は、上記リニアモータの電機子を支持する。上記検出部は、上記電機子へ生じる振動を検出する。

[0069] また、上記制御装置は、演算部と、推定部とを有する。上記演算部は、上記検出部の検出結果に基づいて上記リニアモータの可動子に作用する力を演算する。上記推定部は、上記演算部の演算結果に基づいて上記可動子の位置および速度の少なくともいずれかを推定する。また、上記支持機構は、上記電機子のうちの固定子を弾性支持する。

[0070] したがって、第1の実施形態に係るリニアモータシステムによれば、低コストで高精度な位置決めを行うことができる。

[0071] ところで、上述した第1の実施形態では、固定子に力センサを取り付けつつかかる固定子を弾性支持することとしたが、かかる構成を可動子側に適用することとしてもよい。かかる場合を第2の実施形態として、以下図4A～図4Cを用いて説明する。

[0072] (第2の実施形態)

図4Aは、第2の実施形態に係るリニアモータシステム1'の支持機構20'による第1の支持形態を示す模式図である。図4Bは、同支持機構20

’による第2の支持形態を示す模式図である。図4Cは、同支持機構20’による第3の支持形態を示す模式図である。なお、かかる第2の実施形態に係る説明は、主に第1の実施形態と異なる部分について説明することとし、重複する構成要素等の詳細な説明は省略する。

[0073] 図4Aに示すように、本実施形態に係る支持機構20’は、固定子11bではなく、可動子11aの方を、振動を許容可能に支持する点が第1の実施形態の場合とは異なる。

[0074] 具体的には、たとえば図4Aに示すように、支持機構20’は、可動子11aとスライド部26との間に力センサ30および弾性体24を介在させつつ、可動子11aおよびスライド部26を接続することによって、可動子11aを弾性支持する。

[0075] これにより、可動子11aへ生じる振動を許容可能にした状態で可動子11aを支持し、主にせん断方向（図4Aの矢印401参照）の力を力センサ30に検出させることができる。したがって、位置検出用の高周波振動を精度よく検出することができる。

[0076] また、図4Bに示すように、支持機構20’は、可動子11aを弾性体24-1および24-2のみによって弾性支持するとともに、かかる可動子11aへ力センサ30に代えて加速度センサ50を取り付けるようにしてもよい。

[0077] かかる場合、加速度センサ50によって検出された可動子11aの加速度aについては、たとえば運動方程式「 $F = m a$ 」（mは質量）によって推力Fへ換算し、推定部41b（図1B参照）へ出力すればよい。

[0078] また、図4Cに示すように、支持機構20’は、可動子11aaと可動子11abとを、力センサ30を介在させつつ接続して支持することとしてもよい。なお、図4Cの「M」および「N」は、可動子11aaおよび可動子11abそれぞれの推力比を示している。

[0079] かかる場合、具体的には、図4Cに示すように、可動子11aaのみが、スライド部26に接続されてスライド部26に支持される。一方、可動子1

1 a bは、力センサ30を介在させつつ可動子11 a aへ接続される。

[0080] これにより、支持機構20'は、可動子11 a bのみを振動を許容しつつ支持することとなる。なお、かかる場合の推力Fは、上記の推力比を利用して、式(9)「 $F = (N + M) / N \times F_1$ 」にて求めることができる。

[0081] 上述してきたように、第2の実施形態に係るリニアモータシステムは、リニアモータと、制御装置と、支持機構と、検出部とを備える。上記制御装置は、上記リニアモータへ供給する電流を制御する。上記支持機構は、上記リニアモータの電機子を支持する。上記検出部は、上記電機子へ生じる振動を検出する。

[0082] また、上記制御装置は、演算部と、推定部とを有する。上記演算部は、上記検出部の検出結果に基づいて上記リニアモータの可動子に作用する力を演算する。上記推定部は、上記演算部の演算結果に基づいて上記可動子の位置および速度の少なくともいずれかを推定する。また、上記支持機構は、上記電機子のうちの可動子を弾性支持する。

[0083] したがって、第2の実施形態に係るリニアモータシステムによれば、低コストで高精度な位置決めを行うことができる。

[0084] なお、上述した各実施形態では、検出部が力センサであることとしたが、力センサの例としては、弾性を利用するもの、磁歪効果や圧電効果などを利用するもの、流体圧を利用するもの等、いずれを適用してもよい。

[0085] また、上述した各実施形態に係るリニアモータシステムは、たとえばロボットの昇降機構や走行機構など、あらゆる装置の直動機構に適用可能である。

[0086] さらなる効果や変形例は、当業者によって容易に導き出すことができる。このため、本発明のより広範な態様は、以上のように表しかつ記述した特定の詳細および代表的な実施形態に限定されるものではない。したがって、添付の特許請求の範囲およびその均等物によって定義される総括的な発明の概念の精神または範囲から逸脱することなく、様々な変更が可能である。

符号の説明

- [0087] 1、1' リニアモータシステム
- 1 0 リニアモータ
- 1 1 電機子
- 1 1 a、1 1 a a、1 1 a b 可動子
- 1 1 b 固定子
- 2 0、2 0' 支持機構
- 2 1 ベース部
- 2 2 第1支持部
- 2 3、2 3 A、2 3 B、2 3 C、2 3 D 第2支持部
- 2 3 a 軸受部
- 2 4 弾性体
- 2 5 軌道部
- 2 6 スライド部
- 2 7 第3支持部
- 2 7 a 軸受部
- 3 0 力センサ
- 4 0 制御装置
- 4 1 制御部
- 4 1 a 演算部
- 4 1 b 推定部
- 4 1 c 位置／速度制御部
- 4 1 d 電流制御部
- 4 1 e PWM信号生成部
- 4 2 電力変換部
- 5 0 加速度センサ
- C 切り欠き
- F 推力
- F_1 、 F_2 、 $\cdots$ 、 F_n 反力

k_1 、 k_2 、 $\cdots$ 、 k_n 弾性係数

請求の範囲

- [請求項1] リニアモータと、
前記リニアモータへ供給する電流を制御する制御装置と、
前記リニアモータの電機子を支持する支持機構と、
前記電機子へ生じる振動を検出する検出部と
を備え、
前記制御装置は、
前記検出部の検出結果に基づいて前記電機子のうちの可動子に作用する力を演算する演算部と、
前記演算部の演算結果に基づいて前記可動子の位置および速度の少なくともいずれかを推定する推定部と
を有することを特徴とするリニアモータシステム。
- [請求項2] 前記支持機構は、
前記電機子のうちの固定子または前記可動子のいずれかを弾性支持すること
を特徴とする請求項1に記載のリニアモータシステム。
- [請求項3] 前記検出部は、力センサを有し、
前記支持機構は、
前記固定子または前記可動子に前記力センサを取り付けることによって前記固定子または前記可動子を弾性支持すること
を特徴とする請求項2に記載のリニアモータシステム。
- [請求項4] 前記支持機構は、
前記固定子の一端を支持する第1の支持部材と、前記固定子の他端を支持する第2の支持部材とを有し、
前記力センサは、
前記第1の支持部材と前記固定子の一端との間に配置されること
を特徴とする請求項3に記載のリニアモータシステム。
- [請求項5] 前記支持機構は、弾性体を有し、

前記弾性体は、

前記第 2 の支持部材と前記固定子の他端との間に配置されることを特徴とする請求項 4 に記載のリニアモータシステム。

[請求項 6]

前記支持機構は、

前記固定子をラジアル方向において規制する軸受部材を有し、

前記軸受部材は、

前記第 2 の支持部材に取り付けられ、

前記第 2 の支持部材は、

前記軸受部材を介して前記固定子の他端をスラスト方向に移動可能に支持すること

を特徴とする請求項 4 に記載のリニアモータシステム。

[請求項 7]

前記軸受部材は、

前記力センサの近傍に取り付けられ、前記固定子における前記力センサの近傍をラジアル方向において規制すること

を特徴とする請求項 6 に記載のリニアモータシステム。

[請求項 8]

前記弾性体は、複数個設けられ、前記固定子をスラスト方向沿いに多点支持するように配置されること

を特徴とする請求項 5 に記載のリニアモータシステム。

[請求項 9]

前記支持機構は、

前記可動子の可動方向沿いに設けられる軌道部材と、

前記軌道部材に沿ってスライド可能に設けられ、前記可動子へ接続されるスライド部材と、

弾性体とを有し、

前記スライド部材は、

前記可動子との間に前記力センサおよび前記弾性体を介在させつつ前記可動子へ接続されること

を特徴とする請求項 3 に記載のリニアモータシステム。

[請求項 10]

前記力センサは、2 個設けられ、

前記第 1 の支持部材と前記固定子の一端との間と、前記第 2 の支持部材と前記固定子の他端との間にそれぞれ配置されること

を特徴とする請求項 4 に記載のリニアモータシステム。

[請求項 11]

前記制御装置は、

前記検出部によって検出された力から推定した前記可動子の位置および速度の少なくともいずれかを用いて、前記リニアモータの位置制御および速度制御を行うこと

を特徴とする請求項 1 ～ 10 のいずれか一つに記載のリニアモータシステム。

[請求項 12]

前記制御装置は、

前記電流へ高周波電流成分を重畳して前記電流を前記リニアモータへ供給し、

前記検出部は、

前記高周波電流成分によって生じる微小な前記振動を検出し、

前記推定部は、

前記検出部の検出結果から前記演算部によって演算される前記可動子の推力に基づいて前記可動子の位置および速度の少なくともいずれかを推定すること

を特徴とする請求項 11 に記載のリニアモータシステム。

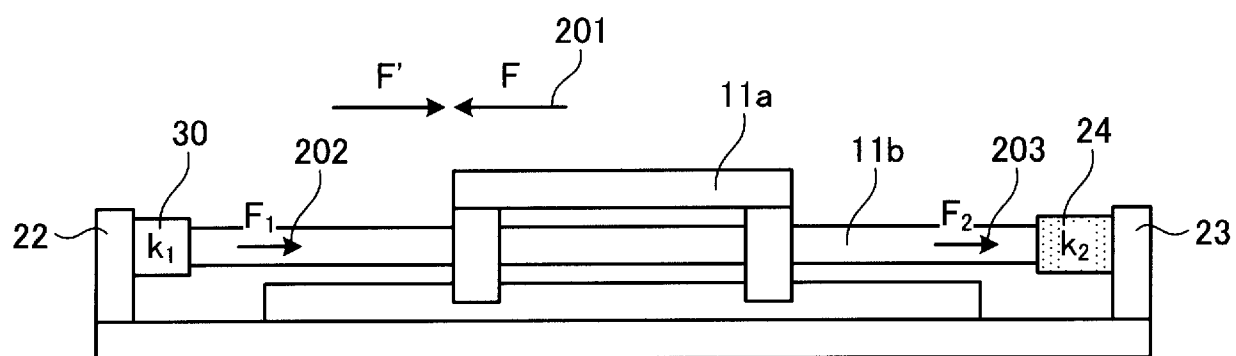
The diagram shows a control system 1 for a linear actuator 10. The control system 1 includes a control unit 40, which contains a control section 41 and a power conversion section 42. The control section 41 is connected to a sensor 22 and a motor 24. The power conversion section 42 is connected to the motor 24. The linear actuator 10 consists of a base 20, a slider 25, and a motor 24. The slider 25 is connected to a load 11 via a linkage mechanism 101. The load 11 is shown in two positions, 11a and 11b, indicating its linear movement. The motor 24 is connected to the slider 25 via a drive shaft 23 and a gear 24. The sensor 22 is positioned to detect the position of the slider 25.

The diagram shows a control system 41 with the following components and connections:

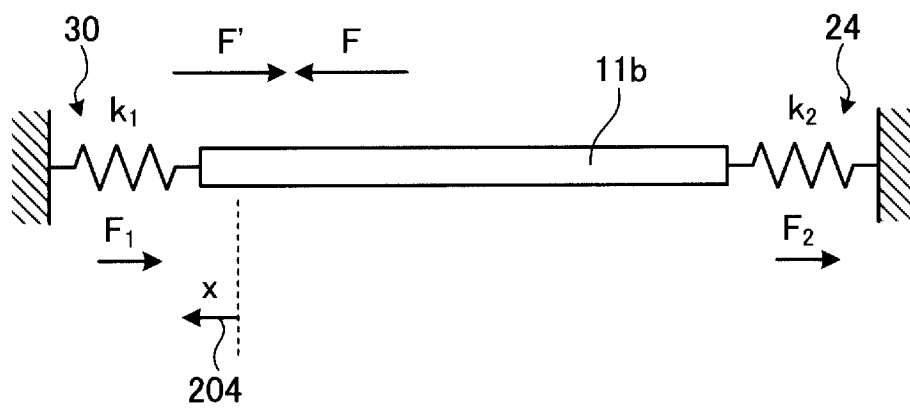
- 演算部 (Calculation Unit 41a):** Receives an input from below and sends data to the 推定部.
- 推定部 (Estimation Unit 41b):** Receives data from the 演算部 and sends it to both the 位置/速度制御部 and the 電流制御部.
- 位置/速度制御部 (Position/Speed Control Unit 41c):** Receives data from the 推定部 and sends it to the PWM信号生成部.
- 電流制御部 (Current Control Unit 41d):** Receives data from the 推定部 and sends it to the PWM信号生成部.
- PWM信号生成部 (PWM Signal Generation Unit 41e):** Receives data from both the 位置/速度制御部 and the 電流制御部, and sends the final output to the top of the system.

```
graph BT; Input(( )) --> 41a[演算部 41a]; 41a --> 41b[推定部 41b]; 41b --> 41c[位置/速度制御部 41c]; 41b --> 41d[電流制御部 41d]; 41c --> 41e[PWM信号生成部 41e]; 41d --> 41e; 41e --> Output(( ))
```

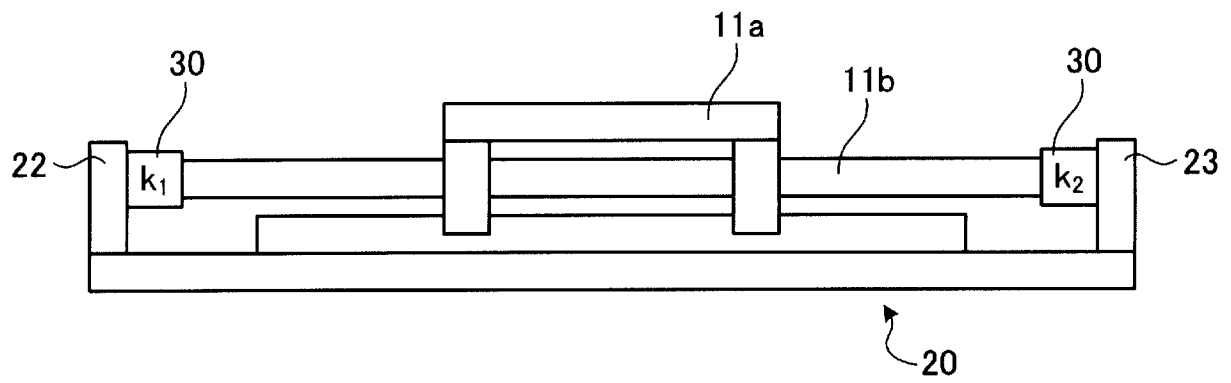
[図2A]



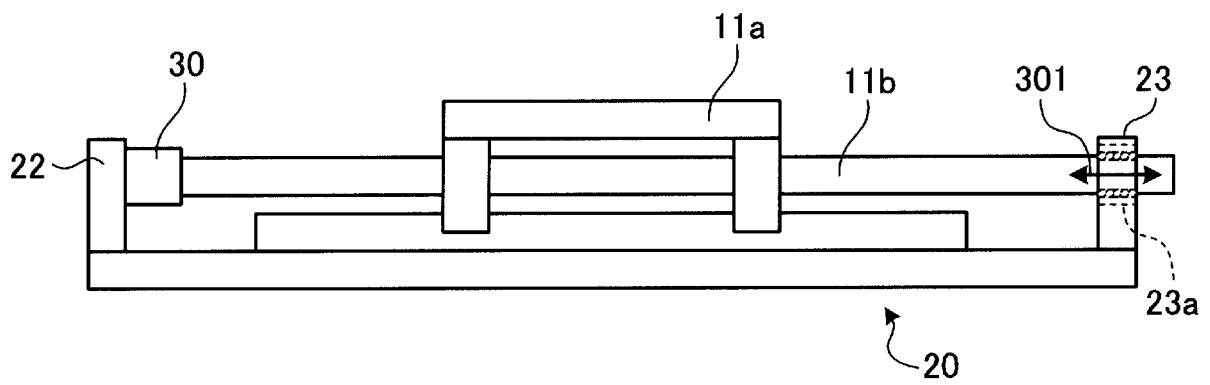
[図2B]



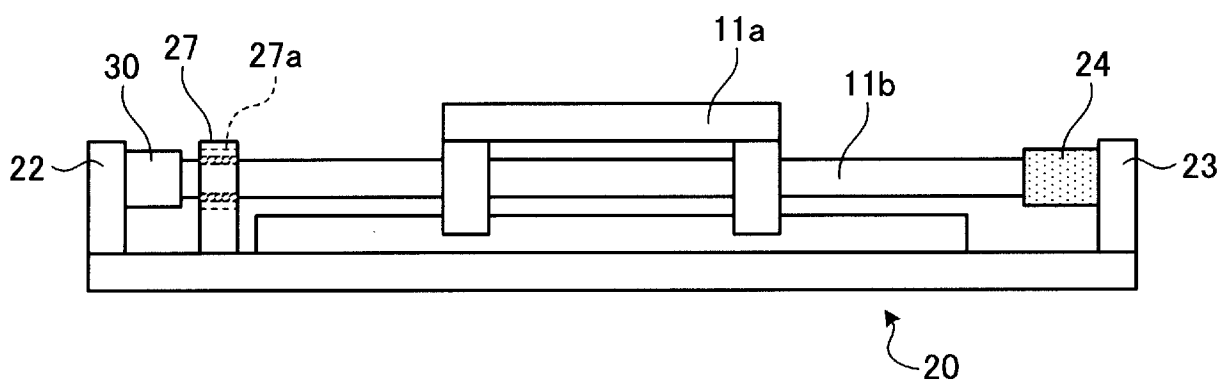
[図3A]



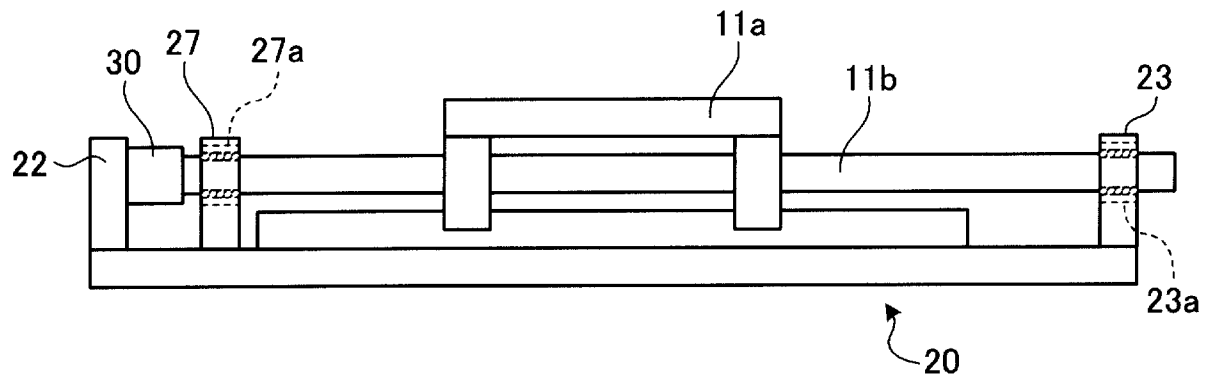
[図3B]



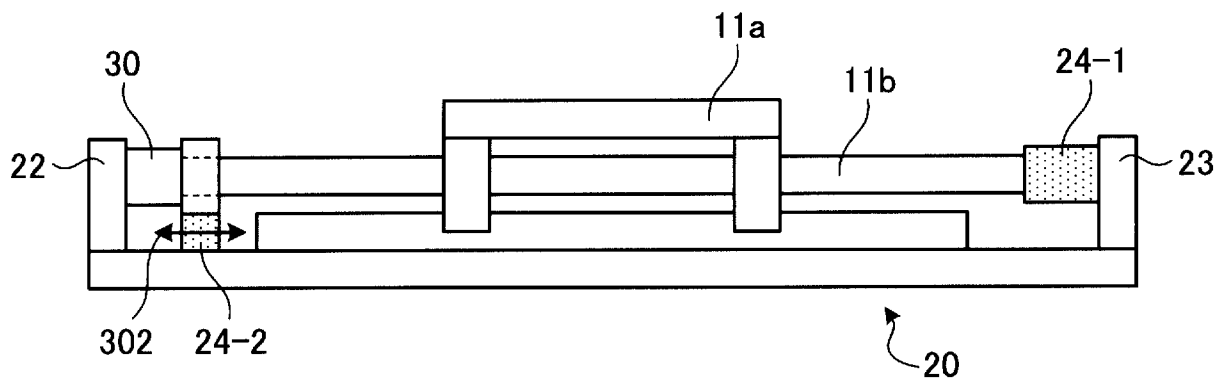
[図3C]



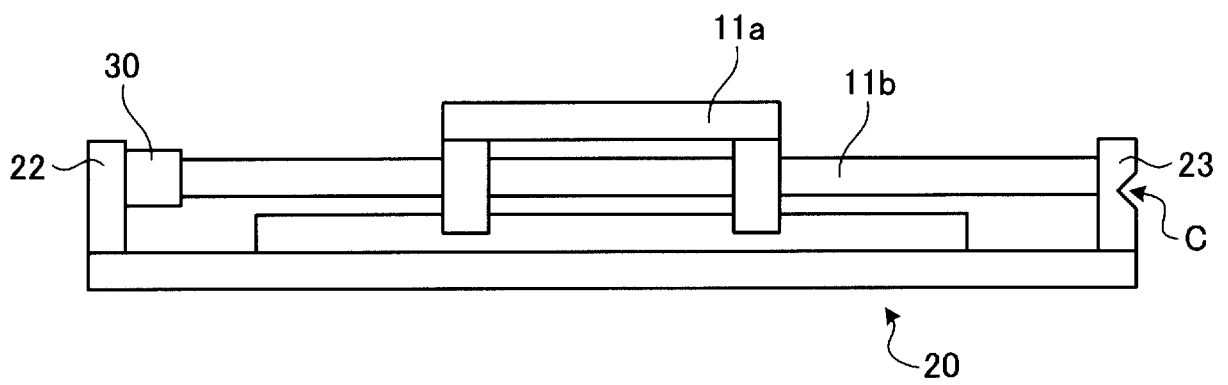
[図3D]



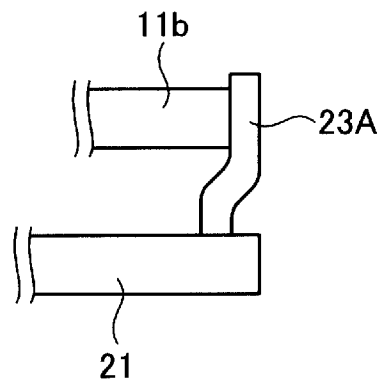
[図3E]



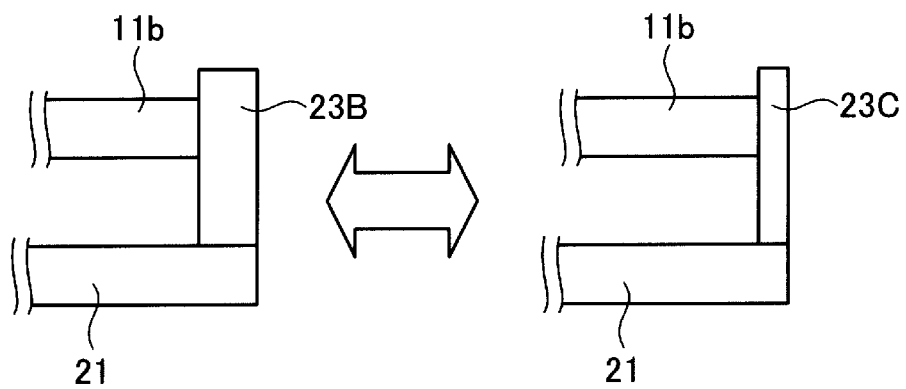
[図3F]



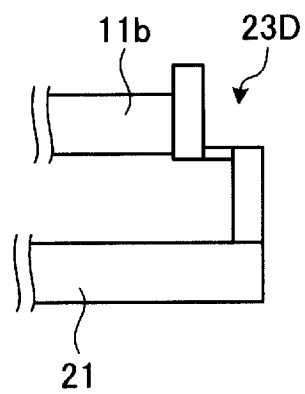
[図3G]



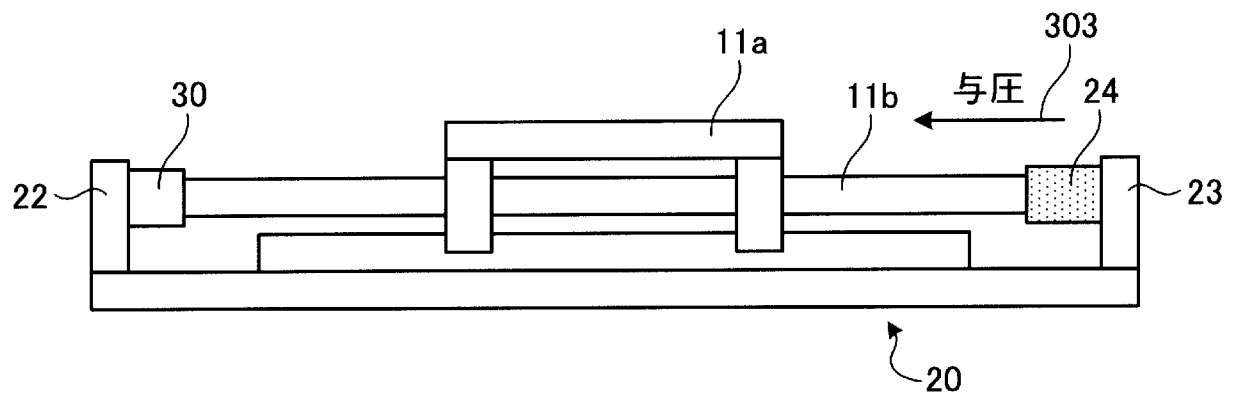
[図3H]



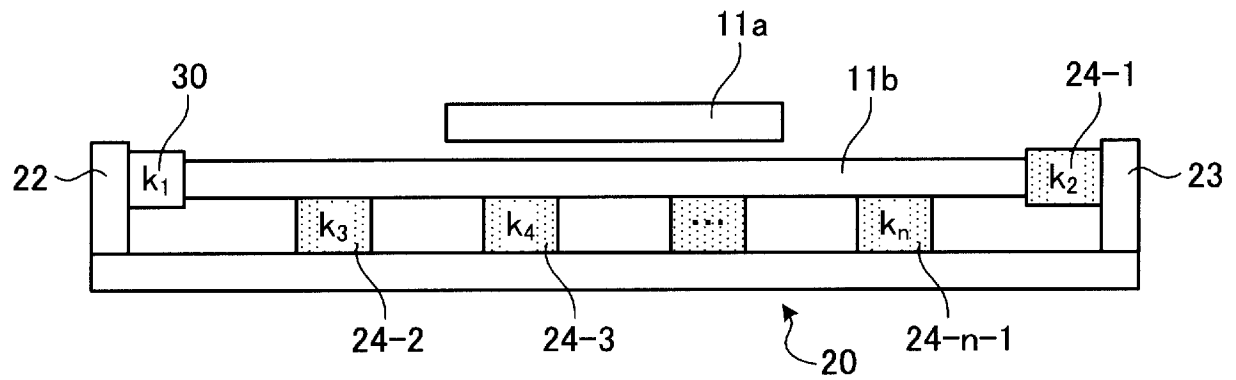
[図3I]



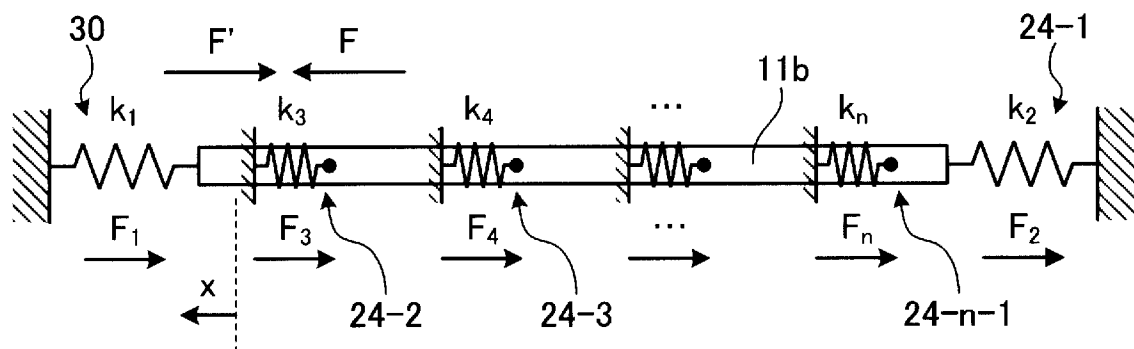
[図3J]



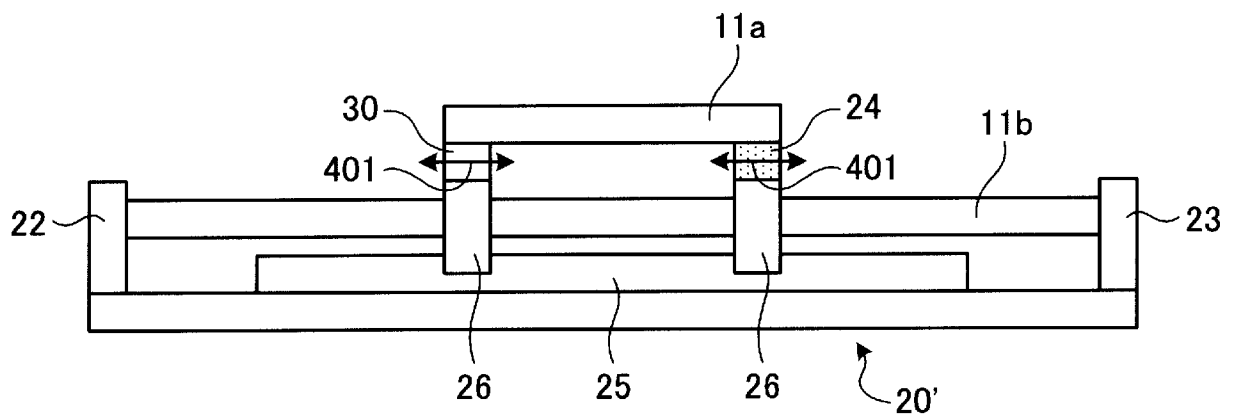
[図3K]



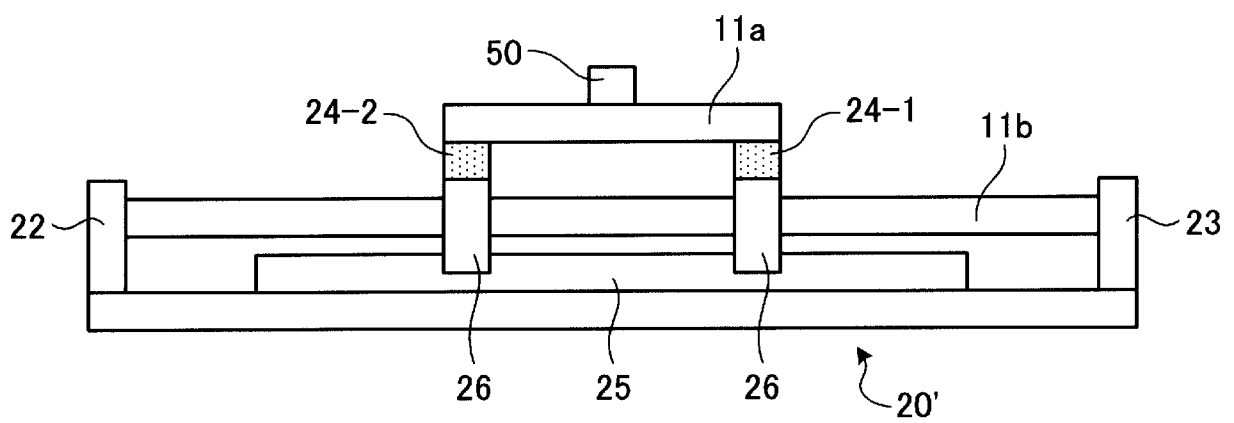
[図3L]



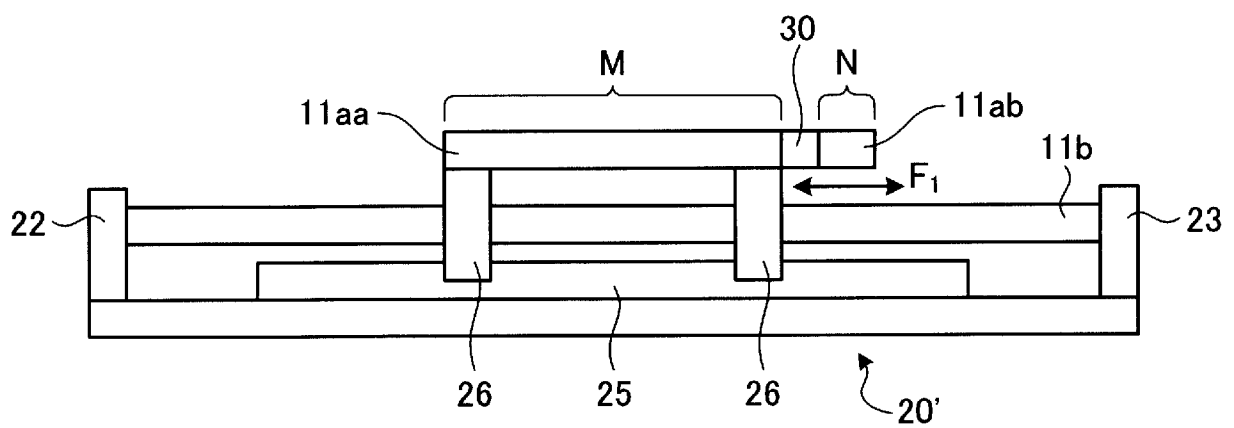
[図4A]



[図4B]



[図4C]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/074863

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P25/06(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02P25/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-230044 A (Seiko Instruments Inc.), 31 August 2006 (31.08.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 2009-100486 A (Shinshu University), 07 May 2009 (07.05.2009), claim 1 (Family: none)	1-12
A	JP 07-087788 A (Yaskawa Electric Corp.), 31 March 1995 (31.03.1995), entire text; all drawings (Family: none)	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
18 November, 2014 (18.11.14)

Date of mailing of the international search report
02 December, 2014 (02.12.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02P25/06 (2006.01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02P25/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2006-230044 A（セイコーインスツル株式会社）2006. 08. 31, 全文、全図（ファミリーなし）	1-12
A	JP 2009-100486 A（国立大学法人信州大学）2009. 05. 07, 【請求項1】（ファミリーなし）	1-12
A	JP 07-087788 A（株式会社安川電機）1995. 03. 31, 全文、全図（ファミリーなし）	1-12

☐ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 8 . 1 1 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 2 . 1 2 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

宮崎 基樹

3 V

3 4 2 4

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 7