

(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
2014 年 7 月 31 日(31.07.2014)



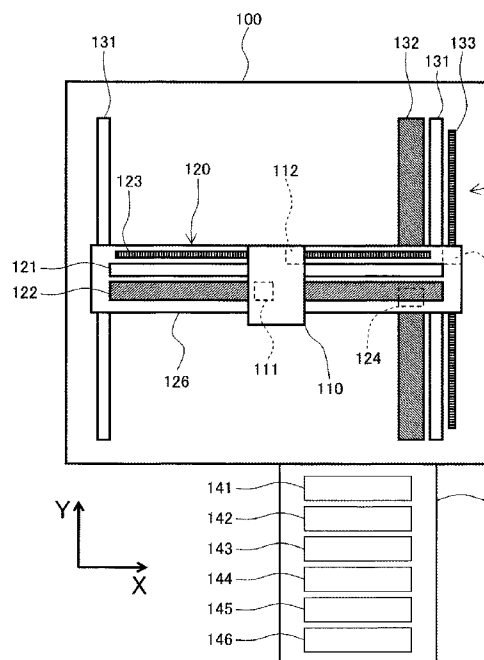
(10) 国際公開番号
WO 2014/115263 A1

- (51) 国際特許分類:
G05D 3/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/051288
- (22) 国際出願日: 2013 年 1 月 23 日(23.01.2013)
- (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: 株式会社日立製作所 (HITACHI, LTD.)
[JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目
6 番 6 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 小田井 正樹(ODAI Masaki); 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 小川 博紀(OGAWA Hironori); 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 高木 豊和(TAKAGI Toyokazu); 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 高野 恵利衣(TAKANO Erii); 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 高平 功(TAKAHIRA Isao); 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP).
- (74) 代理人: 春日 譲(KASUGA Yuzuru); 〒1030023 東京都中央区日本橋本町三丁目 4 番 1 号 トリイ日本橋ビル 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,

[続葉有]

(54) Title: POSITIONING CONTROL SYSTEM

(54) 発明の名称: 位置決め制御システム



(57) Abstract: The present invention is provided with the following: moving devices (120, 130) for moving a top table (110); position detection devices (112, 125) for detecting the position of the top table (110); a measurement device (144) that measures the control characteristics of a control system of the moving devices (120, 130) at a plurality of positions; an adjustment value computing unit (145) that computes an adjustment value for adjusting the control parameters of the control system of the moving devices (120, 130) on the basis of the plurality of measurement results obtained from the measurement device (144); and a control parameter adjustment unit (146) that performs control on the basis of the control parameters and the detection results from the position detection devices (112, 125) so that the top table (110) will move to a predetermined target position, and that adjusts the control parameters on the basis of the adjustment value computed by the adjustment value computing unit (145). Due to the foregoing, the present invention provides a positioning control system that is highly robust in relation to the positional dependency of control objects in the entire movable range, and to the mechanical differences for each device.

(57) 要約: トップテーブル(110)を移動する移動装置(120、130)と、トップテーブル(110)の位置を検出する位置検出装置(112、125)と、移動装置(120、130)の制御系の制御特性を複数の位置において測定する測定装置(144)と、測定装置(144)により得られた複数の測定結果に基づいて、移動装置(120、130)の制御系の制御パラメータを調整するための調整値を演算する調整値演算部(145)と、位置検出装置(112、

125)の検出結果と制御パラメータとに基づいて、トップテーブル(110)が予め定めた目標位置に移動するように制御するとともに、調整値演算部(145)で演算された調整値に基づいて、制御パラメータを調整する制御パラメータ調整部(146)とを備える。これにより、可動範囲全域における制御対象の位置依存性や装置ごとの機差に対してロバスト性の高い位置決め制御システムを提供することができる。

WO 2014/115263 A1



PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, 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, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：位置決め制御システム

技術分野

[0001] 本発明は、移動体の位置を制御する位置決め制御システムに関する。

背景技術

[0002] 各種加工装置やメカトロニクス製造・検査装置などの産業機械においては、装置を構成する移動体の位置決めの精度が加工品やメカトロニクス製品の品質を決定する大きな要因として挙げられる。例えば、プリント基板の加工装置、或いは、基板への部品実装装置などにおいても、移動体の位置決めを制御する位置決め制御システムは製品の品質の良否を左右する重要な機構要素として認識されており、その位置決めの精度向上に向けた技術開発が進められている。

[0003] このような位置決め制御システムに関する技術として、例えば、特許文献1（特開2005-332213号公報）には、サーボシステムを上位コントローラとサーボアンプとサーボモータとから形成し、上位コントローラからサーボシステムの負荷機器の位置決め制御を行う操作指令が入力されたサーボアンプでは、位置決め制御のための位置・速度調節演算結果に基づいた駆動電流により負荷機器に連結されたサーボモータを可変速駆動するサーボシステムにおいて、操作指令が発せられなくても、サーボアンプに負荷機器が複数回の往復運動を連続的に行うサーボシステムが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2005-332213号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 位置決め制御システムの精度に影響する要因としては、例えば、移動体を含む構成の重心位置の変化や剛性の変化、推力と慣性力のバランス、構成部

品の加工精度や組立精度に伴う機差等があり、移動体の可動範囲が広くなればなるほど、その影響が顕著になる傾向にある。また、リニアガイドなどの構成部品に用いられる潤滑剤や接着材等の劣化、摺動・接続部分の摩耗、変形やクリープ等の経年変化、或いは、床剛性や地振動、周辺装置のからの振動伝搬のような位置決め装置の設置環境も制御対象の特性変動に影響を与える。したがって、移動体の稼動範囲の全域で均等かつ正確な機構特性を実現し、制御対象の特性変動を抑制することが重要である。

[0006] しかしながら、上記従来技術においては、調整実行時における制御対象の位置での特性及び応答をもとに制御パラメータを決定するため、制御対象の位置依存性を考慮した適切な調整を行うことができず、したがって、可動範囲全域における位置依存性に対してロバスト性を維持することが困難である。

[0007] 本発明は上記に鑑みてなされたものであり、可動範囲全域における制御対象の位置依存性や装置ごとの機差に対してロバスト性の高い位置決め制御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] 上記目的を達成するために、本発明は、移動対象を移動する移動装置と、前記移動対象の位置を検出する位置検出装置と、前記移動装置の制御系の制御特性を複数の位置において測定する測定装置と、前記測定装置により得られた複数の前記測定結果に基づいて、前記移動装置の制御系の制御パラメータを調整するための調整値を演算する調整値演算部と、前記位置検出装置の検出結果と前記制御パラメータとに基づいて、前記移動対象が予め定めた目標位置に移動するよう制御するとともに、前記調整値演算部で演算された前記調整値に基づいて、前記制御パラメータを調整する制御パラメータ調整部とを備えたものとする。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、可動範囲全域における制御対象の位置依存性や装置ごとの機差に対してロバスト性の高い位置決め制御システムを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]第1の実施の形態に係る位置決め制御システムの全体構成を概略的に示す図である。

[図2]位置決め制御システムの制御系を示す機能ブロック図である。

[図3]位置決め制御システムにおける制御系の制御特性を測定装置により測定する複数の位置の一例を示す図である。

[図4]制御系の制御パラメータの調整機能に係るフローチャートである。

[図5]自動調整機能の詳細を示すフローチャートである。

[図6]フィルタの再設計処理の詳細を示すフローチャートである。

[図7]ノッチフィルタの設計概念を示す図である。

[図8]図2における制御対象の出力の周波数特性を示す図である。

[図9]図8に示した周波数特性を有する制御対象に対して、予め代表位置に対応させて設定したノッチフィルタを適用した場合の開ループ特性を示す図である。

[図10]図9で示した開ループ特性に対応した感度関数を示す図である。

[図11]図9で示した制御対象の特性に対応しており、ノッチフィルタを自動調整した場合の開ループ特性を示す図である。

[図12]図11で示した開ループ特性に対応した感度関数を示す図である。

[図13]第2の実施の形態に係る部品実装装置の全体構成を概略的に示す図である。

[図14]第3の実施の形態に係る半導体製造・検査装置の全体構成を概略的に示す図である。

[図15]第4の実施の形態に係るプリント基板加工装置の全体構成を概略的に示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明の実施の形態を図面を参照しつつ説明する。

[0012] <第1の実施の形態>

本発明の第1の実施の形態を図1～図12を参照しつつ説明する。

[0013] 図1は、本実施の形態に係る位置決め制御システムの全体構成を概略的に示す図である。図1においては、横方向にX軸、縦方向にY軸をそれぞれ設定する。

[0014] 図1において、位置決め制御システムは、位置決め制御システムの基部となるベーステーブル100と、移動対象としてのトップテーブル110と、トップテーブル110を移動する移動装置であるX軸方向駆動機構120及びY軸方向駆動機構130と、これらを含む位置決め制御システム全体の動作を制御する制御装置140とから概略構成されている。

[0015] 本実施の形態に示す位置決め制御システムは、制御装置140の制御によりX軸方向駆動機構120及びY軸方向駆動機構130を動作させてトップテーブル110を移動させ、ベーステーブル100に対するトップテーブル110の位置決めを行うものである。

[0016] Y軸方向駆動機構130は、ベーステーブル100上にY軸方向に沿って配置されたY軸方向リニアガイド131、Y軸方向駆動モータ固定子132、及び、Y軸方向リニアスケール133を有している。Y軸方向リニアガイド131には、図示しないスライドユニットが取り付けられており、これによりX軸方向駆動機構120のYテーブル126のY軸方向への移動がガイドされる。また、Yテーブル126に設けられたY軸方向モータ可動子124をY軸方向モータ固定子132に対して駆動することにより、Yテーブル126をY軸方向リニアガイド131に沿って駆動することができる。また、Yテーブル126に設けられたYスケールヘッド125によりY軸方向リニアスケール133を検出することにより、Yテーブル126のY軸方向の位置（座標）を検出することができる。なお、Y軸方向リニアスケール133及びYスケールヘッド125は、移動対象であるトップテーブル110の位置を検出する位置検出装置の一部を構成する。

[0017] X軸方向駆動機構120は、Yテーブル126上にX軸方向に沿って配置されたX軸方向リニアガイド121、X軸方向駆動モータ固定子122、及び、X軸方向リニアスケール123を有している。X軸方向リニアガイド1

21には、図示しないスライドユニットが取り付けられており、これによりトップテーブル110のX軸方向への移動がガイドされる。また、トップテーブル110に設けられたX軸方向モータ可動子111をX軸方向モータ固定子122に対して駆動することにより、トップテーブル110をX軸方向リニアガイド121に沿って駆動することができる。また、トップテーブル110に設けられたXスケールヘッド112によりX軸方向リニアスケール123を検出することにより、トップテーブル110のX軸方向の位置（座標）を検出することができる。なお、X軸方向リニアスケール123及びXスケールヘッド112は、移動対象であるトップテーブル110の位置を検出する位置検出装置の一部を構成する。

[0018] Y軸方向駆動モータ可動子124によってY軸方向に駆動される構成の質量は、Yテーブル126、X軸方向リニアガイド123、X軸方向モータ固定子122、トップテーブル110などによって構成される。Y軸方向の可動質量の重心位置はトップテーブル110の位置によって大きく変化するため、Y軸方向の制御系からみれば共振周波数や共振ピークの大きさが変化するという制御対象の特性変動となる。また、X軸方向やY軸方向リニアガイド121、131の取り付け精度や潤滑状態、Yテーブル126の撓みなどによって、トップテーブル110の位置により負荷が変動することが考えられる。

[0019] 制御装置140は、各種情報や設定画面を表示する表示装置141と、各種情報や設定値を入力する入力装置142と、各種情報や設定値を記憶する記憶部143と、位置決め制御システムにおける制御系の制御特性（開ループ特性や閉ループ特性）を複数の位置において測定する測定装置144と、測定装置144により得られた複数の測定結果に基づいて、移動装置の制御系の制御パラメータを調整するための調整値を演算する調整値演算部145と、位置検出装置の検出結果と制御パラメータとに基づいて、移動対象であるトップテーブル110が予め定めた目標位置に移動するよう制御するとともに、調整値演算部145で演算された調整値に基づいて、制御パラメータ

を調整する制御パラメータ調整部 146 とを有している。

[0020] 図 2 は、本実施の形態における位置決め制御システムの制御系を示す機能ブロック図である。なお、図 2 においては、説明の簡単のために 1 つの軸方向（例えば X 軸方向）の制御系のみを図示しているが、その他の軸方向（例えば Y 軸方向）についても同様の構成を有している。

[0021] 図 2 において、指令生成部 150 は、トップテーブル 110 の目標位置への移動を位置指令として出力するものであり、予め設定されて記憶部 143 に記憶された目標移動量、速度、加速度などの移動パラメータを用いて位置指令を生成して出力する。差分器 151 は、指令生成部 150 の出力である位置指令と制御対象 156 の出力 156a である現在位置（言い換えると、位置指令により制御される Y 軸方向モータ可動子 124 にともなって Y スケールヘッド 125 で検出される Y 軸方向の位置）との差分を信号処理部 152 に出力する。信号処理部 152 は、制御器 153 とフィルタ 154 から構成され、制御対象 156 に対する操作量を演算して出力する。

[0022] 信号処理部 152 の制御器 153 は、例えば P I D 制御器などを用いて実現することができる。本実施の形態における制御器 153 の伝達関数 G_c は、ラプラス演算子を s 、比例ゲインを K_p 、積分ゲインを K_i 、微分ゲインを K_d とすると、下記の式 1 により表される。

[0023] [数 1]

$$G_c(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + sK_d \quad \dots (式 1)$$

[0024] 信号処理部 152 のフィルタ 154 は、例えば共振周波数の振動を抑制するノッチフィルタなどを用いて実現することができる。本実施の形態におけるフィルタ 154 の伝達関数 G_f は、共振周波数を ω_c 、ノッチの幅を決めるパラメータを γ とすると、下記の式 2 により表される。

[0025]

[数2]

$$G_f(s) = \frac{s^2 + \omega_c^2}{s^2 + 2\zeta\omega_c s + \omega_c^2} \quad \dots (式2)$$

[0026] ここで、仮想的な推力外乱 d （例えば正弦波）を制御対象 1 5 6 への入力に設けた加算器 1 5 5 により印加した場合、本実施の形態の制御系における開ループ特性（図 2 における u_2 から u_1 までの伝達特性）、及び、感度関数（図 2 における d から u_2 までの伝達関数）は、それぞれ、下記式 3 及び式 4 により表される。

[0027] [数3]

$$G_{open}(s) = \frac{u_1}{u_2} = G_c G_f P \quad \dots (式3)$$

[0028] [数4]

$$G_{sense}(s) = \frac{u_2}{d} = \frac{1}{1 + G_c G_f P} \quad \dots (式4)$$

[0029] 一般に、開ループ特性は制御系の安定性評価に適しており、また、感度関数は外乱抑圧特性の評価に適している。

[0030] 本実施の形態では、制御パラメータ調整部 1 4 6 により、信号処理部 1 5 2 のフィルタ 1 5 4（ノッチフィルタ）のパラメータを制御パラメータとして調整する。

[0031] 図 3 は、位置決め制御システムにおける制御系の制御特性を測定装置により測定する複数（本実施の形態では 9 箇所）の位置の一例を示す図である。なお、図 3 では、説明の簡単のために一部の構成要素のみを図示している。

[0032] 図 3 において、位置 1 6 6 は、Y テーブル 1 2 6 が Y 軸方向のストローク中央付近にある場合を示している。また、位置 1 6 3 及び位置 1 6 9 は Y テーブル 1 2 6 が Y 軸方向の正側ストロークエンド（図 3 中上側）および負側ストロークエンド（図 3 中下側）付近にある場合を図示したものである。Y

軸方向のストローク中央付近に示したYテーブル126には、トップテーブル110がX軸方向のストローク中央付近の位置165、及び左右両ストロークエンド付近の位置164、166にある場合を図示している。同様に、Y軸方向正側のストロークエンドに示したYテーブル126には、トップテーブル110がX軸方向のストローク中央付近の位置162、及び左右両ストロークエンド付近の位置161、163にある場合を図示している。また、Y軸方向負側のストロークエンドに示したYテーブル126には、トップテーブル110がX軸方向のストローク中央付近の位置168、及び左右両ストロークエンド付近の位置167、169にある場合を図示している。

[0033] 図3において示した9つのトップテーブル110の位置161～169は、本実施例における特性測定の規定位置を示している。このように特性測定の位置を設定することで、X軸及びY軸方向のそれぞれに関して、中央付近からストロークエンドに向かって特性が変化する場合に対応してその端点での特性を取得することができる。これにより、可動範囲内での安定性の確保をより少ない数の規定位置で実現することが可能である。ここで、特性測定は、実際にトップテーブル110を駆動して行われるため、ある程度の動作範囲が必要となる。特性測定の規定位置は、特性測定中にストロークエンドに達することなく、かつストロークエンドに近い位置を選択する必要がある、例えばストロークエンドから10%以内の位置を選択することが望ましい。ただし、可動範囲の大きさや特性変動の特徴に応じて、規定位置の数や位置の選び方は自由に設計することが可能であり、オペレータが任意に規定位置を設定可能な測定位置設定装置を有することが望ましい。特に、特性変化が大きいと予想される点や通常時に頻繁に位置決め動作を行う点などを規定位置に設定することは、本発明の実施形態として有効な効果をもたらすことが期待される。すなわち、通常運転において多く位置決め動作が行われる座標を目標位置の履歴に基づいて決定し、その位置を規定位置として特性測定することが有効である。

[0034] 図4は、本実施例における制御系の制御パラメータの調整機能に係るフロ

ーチャートである。

[0035] 図4において、制御装置140は、前回の制御パラメータの調整実施からの経過時間を監視して記憶する時間監視機能の起動状態であり（ステップS100）、経過時間が予め定めた規定時間を経過したかどうかを判定する（ステップS110）。ステップS110での判定結果がNOの場合は、位置決め精度や整定時の振動振幅の大きさなどの評価量を記憶する運転監視機能を起動し（ステップS111）、記憶した評価量と予め設定された閾値を比較して調整が必要か否かを判別する（ステップS112）。ステップS112での判定結果がNOの場合は、ステップS100に戻る。

[0036] ステップS110又はステップS112での判定結果がYESの場合は、予め装置に対して設定する制御パラメータに調整が必要となった場合にオペレータに通知して調整の要否を判断させる通知確認設定となっているかどうかを確認し（ステップS120）、確認結果がYESとなっている場合、すなわち、オペレータに判断させる設定となっている場合には、表示装置141に要否確認の画面を表示してオペレータに通知し（ステップS130）、オペレータの判断結果が調整実施を行うかどうかを確認する（ステップS140）。ステップS140での確認結果がNOの場合には、制御パラメータの調整を実施せずに処理を終了する。

[0037] また、ステップS120での判定結果がNO、又はステップS140での判定結果がYESの場合には、特性パラメータの調整（自動調整機能）を実施し（ステップS150）、自動調整機能が終了すると処理を終了する。

[0038] なお、ステップS110における規定時間、ステップS112における評価量の閾値およびステップS120における通知確認設定は、装置固有の設定値とすることも可能であるが、制御装置140が調整条件設定機能を備え、オペレータがこれらを自由に設定可能とすることは有効である。

[0039] 図5は、自動調整機能の詳細を示すフローチャートである。

[0040] 図5において、制御装置140は、まず、特性測定の規定位置を設定し、ループパラメータを $i = 1$ に初期化する（ステップS200）。次に、予め

設定された複数の規定位置のうち i 番目の座標にトップテーブルを移動させ、ループパラメータを $k = 1$ に初期化する（ステップ S 2 1 0）。続いて、装置の移動自由度のうち k 番目の軸に対して特性測定（開ループ特性及び感度関数の測定）を行って記憶部 1 4 3 に記憶させ（ステップ S 2 2 0）、全軸の特性測定が完了したかどうかを判定する（ステップ S 2 3 0）。ステップ S 2 3 0 での判定結果が N O の場合は、ループパラメータを $k = k + 1$ とし、ステップ S 2 2 0 に戻る。ステップ S 2 3 0 での判定結果が Y E S の場合は、全規定位置での特性測定が完了したかどうかを判定し（ステップ S 2 4 0）、判定結果が N O の場合は、ループパラメータを $i = i + 1$ とし、ステップ S 2 1 0 に戻る。ステップ S 2 4 0 での判定結果が Y E S の場合は、測定した全ての規定位置における制御特性が予め設定された仕様を満足しているかどうかを判定し（ステップ S 2 5 0）、判定結果が Y E S の場合には、処理を終了する。ステップ S 2 5 0 での判定結果が N O の場合には、フィルタの再設計処理を行い（ステップ S 2 6 0）、設計したフィルタを制御系に適用して（ステップ S 2 7 0）、ステップ S 2 0 0 の処理に戻る。

[0041] 図 6 は、フィルタの再設計処理の詳細を示すフローチャートである。また、図 7 は、本実施の形態におけるフィルタであるノッチフィルタの設計概念を示す図である。

[0042] 図 6 において、制御装置 1 4 0 は、まず、感度関数において満足すべき最大ゲインの仕様 G_s を決定し（ステップ S 3 0 0）、次に、全制御特性で最も大きな感度を持つ周波数をフィルタの中心周波数 ω_c と決定する（ステップ S 3 1 0）。続いて、取得した全ての周波数特性で仕様 G_s よりも大きい感度特性を持ち、かつ ω_c から最も離れた周波数を ω_1 とし、 ω_1 での開ループ特性のゲインを G_2 とする（ステップ S 3 2 0）。次に、 ω_1 での理想的なフィルタゲイン G_n を求める（ステップ S 3 3 0）。次に、フィルタゲイン G_n 、周波数 ω_1 、及び中心周波数 ω_c を用いてフィルタ幅 ζ を決定する（ステップ S 3 4 0）。そして、得られたフィルタパラメータを前述の式 2 に代入することにより各フィルタ係数を決定することでフィルタを構築し

(ステップS 3 5 0)、処理を終了する。

[0043] なお、フィルタゲイン G_n 及びフィルタ幅 ζ は、それぞれ、下記式5及び式6から求められる。

[0044] [数5]

$$G_n \leq \frac{1}{G_2} \left(1 - \frac{1}{G_s} \right) < 1 \quad \dots (式5)$$

[0045] [数6]

$$\zeta = \left| \frac{1 - k^2}{2k} \right| \sqrt{\frac{1}{G_n^2} - 1}, \quad k = \frac{\omega_1}{\omega_c} \quad \dots (式6)$$

[0046] 図8は、図2における制御対象156の出力の周波数特性を示す図である。

[0047] 図8では、3つの異なる規定位置において測定される制御対象の周波数特性を模式的に示している。図8からわかるように、周波数5kHz付近の共振点において、その共振周波数が規定位置の違いにより異なっている。

[0048] 図9は、図8に示した周波数特性を有する制御対象156に対して、予め代表位置（図中の実線で示す特性を示す位置）に対応させて設定したノッチフィルタを適用した場合の開ループ特性を示す図である。また、図10は、図9で示した開ループ特性に対応した感度関数である。

[0049] 図9に示した開ループ特性の伝達関数からは、安定性の指標となる安定余裕や制御帯域などを検討可能である。

[0050] 図10においては、共振周波数付近での最大ゲインが約5dBである。

[0051] 図11は、図9で示した制御対象の特性に対応しており、ノッチフィルタを自動調整した場合の開ループ特性を示している。図9の結果と比較して代表位置以外の点での特性においてピークゲインが低減していることが確認できる。

[0052] 図12は、図11で示した開ループ特性に対応した感度関数である。図10においては、共振周波数付近での最大ゲインが約5 dBであったのに対し、ノッチフィルタを自動調整した図12では、2 dB以下となり大きく低減している。

[0053] 以上のように構成した本実施の形態の効果を説明する。

[0054] 位置決め制御システムの精度に影響する要因としては、例えば、移動体を含む構成の重心位置の変化や剛性の変化、推力と慣性力のバランス、構成部品の加工精度や組立精度に伴う機差等があり、移動体の可動範囲が広くなればなるほど、その影響が顕著になる傾向にある。また、リニアガイドなどの構成部品に用いられる潤滑剤や接着材等の劣化、摺動・接続部分の摩耗、変形やクリープ等の経年変化、或いは、床剛性や地振動、周辺装置のからの振動伝搬のような位置決め装置の設置環境も制御対象の特性変動に影響を与える。したがって、移動体の稼動範囲の全域で均等かつ正確な機構特性を実現し、制御対象の特性変動を抑制することが重要である。しかしながら、例えば、調整実行時における制御対象の位置での特性及び応答をもとに制御パラメータを決定する場合には、制御対象の位置依存性を考慮した適切な調整を行うことができず、したがって、可動範囲全域における位置依存に対してロバスト性を維持することが困難であった。

[0055] これに対し本実施の形態においては、移動対象を移動する移動装置と、移動対象の位置を検出する位置検出装置と、移動装置の制御系の制御特性を複数の位置において測定する測定装置と、測定装置により得られた複数の測定結果に基づいて、移動装置の制御系の制御パラメータを調整するための調整値を演算する調整値演算部と、位置検出装置の検出結果と制御パラメータとに基づいて、移動対象が予め定めた目標位置に移動するよう制御するとともに、調整値演算部で演算された調整値に基づいて、制御パラメータを調整する制御パラメータ調整部とを備えた構成としたので、位置決め制御システムを可動範囲全域における制御対象の位置依存性や装置ごとの機差に対してロバスト性の高いものとすることができる。

[0056] なお、本実施の形態は、位置決め装置の構成を図 1 に限定するものではない。すなわち、モータの種類や数や配置、リニアガイドの構成などは目的に合わせて自由に設計可能であることは言うまでもない。

[0057] <第 2 の実施の形態>

本発明の第 2 の実施の形態を図 13 を参照しつつ説明する。

[0058] 本実施の形態は、第 1 の実施の形態に係る位置決め制御システムを部品実装装置に適用したものであり、位置決め制御システムとしての部品実装装置全体の動作を制御する制御装置 140A とを備えている。

[0059] 図 13 は、本実施の形態に係る部品実装装置の全体構成を概略的に示す図である。

[0060] 図 13 において、図中 Y 軸方向に可動な Y ビーム 1303 は、2 つの Y リニアモータ 1301 および 1302 によってベースに対して Y 軸方向に駆動・位置決めされる。同様に実装ヘッド 1305 は、X リニアモータ 1304 によって Y ビーム 1303 に対して X 軸方向に駆動・位置決めされる。これにより実装ヘッド 1305 は、XY 平面で自由に位置決め行われる。実装ヘッド 1305 には、複数の吸着ノズル 1306 が備えられ、それぞれの吸着ノズル 1306 は部品を吸着して保持するとともに、Z 方向に可動されてプリント基板 1307 上の任意の位置に部品を実装する。

[0061] 図 13 において、図 1 と同様に実装ヘッド 1305 を含む X 軸方向の可動質量の重心位置は、実装ヘッド 1305 の位置によって変動するため、Y リニアモータ 1301 および 1302 からみた制御対象の特性は位置依存性を有する。また、Y ビーム 1303 は、いわゆるガントリ構造となっているため、その変形や偏重心の影響は無視できない。

[0062] このような位置依存性や変形に伴う特性変動に対して、本発明は有効な解決手段を与えるものであり、図 13 に示したような部品実装装置に対して、好適な位置決め制御システムを提供することができる。

[0063] <第 3 の実施の形態>

本発明の第 3 の実施の形態を図 14 を参照しつつ説明する。

[0064] 本実施の形態は、第１の実施の形態に係る位置決め制御システムを半導体製造・検査装置に適用したものであり、位置決め制御システムとしての半導体製造・検査装置全体の動作を制御する制御装置１４０Ｂとを備えている。

[0065] 図１４は、本実施の形態に係る半導体製造・検査装置の全体構成を概略的に示す図である。

[0066] 図１４において、ベース１４０１上には図中Ｙ軸方向にＹリニアガイド１４０２が配置され、Ｙテーブル１４０４はＹ軸方向にのみ自由に拘束されており、Ｙリニアモータ１４０３によってＹ軸方向に位置決めされる。トップテーブル１４０７は、Ｘリニアガイド１４０５によってＹテーブル１４０４に対してＸ軸方向にのみ自由に拘束されており、Ｘリニアモータ１４０６によってＸ軸方向に位置決めされる。これにより、トップテーブル１４０７上に搭載されたウェハ１４０８は、ベース１４０４に対してＸＹ軸方向に位置決めが行われる。ウェハ１４０８上には、半導体製造または検査のための光学ビームや電子ビーム等１４０９が照射され、半導体の製造や検査が行われる。

[0067] 図１４において、トップテーブル１４０７およびウェハ１４０８を含むＸ軸方向の可動質量の重心位置は、トップテーブル１４０７の位置によって変動するため、Ｙリニアモータ１４０３からみた制御対象の特性は位置依存性を有する。また、半導体デザインルールの微細化に伴い、製造・検査装置には特に精密な位置決めや振動抑制が要求されており、例えばＹテーブル１４０４のたわみ振動やわずかな摩擦抵抗の変動でも制御性能の悪化要因となる。

[0068] このような位置依存性などの特性変動や厳しい制御性能の要求に対して、本発明は有効な解決手段を与えるものであり、図１４に示したような半導体製造・検査装置に対して、好適な位置決め制御システムを提供することができる。

[0069] ＜第４の実施の形態＞

本発明の第４の実施の形態を図１５を参照しつつ説明する。

[0070] 本実施の形態は、第1の実施の形態に係る位置決め制御システムをプリント基板加工装置に適用したものであり、位置決め制御システムとしてのプリント基板加工装置全体の動作を制御する制御装置140Cとを備えている。

[0071] 図15は、本実施の形態に係るプリント基板加工装置の全体構成を概略的に示す図である。

[0072] 図15において、ベッド1501上には2本の案内ガイド1504を介してテーブル1503が図中Y軸方向に自由に設置されている。Y送りねじ1505によってテーブル1503はY軸方向に位置決めされる。また、ベッド1501上には門型コラムレール1502が備えられ、門型コラムレール1506側面にX案内ガイド1506を介してスライド板1508が取り付けられている。スライド板1508は、X駆動手段（図示せず）によって門型コラムレール1506に対してX軸方向に位置決めされる。これによりスライド板1508とテーブル1503はXY軸方向に相対的に位置決めされる。スライド板1508には複数のドリルユニット1507が配置され、テーブル1503上に配置されるプリント基板の加工を行う。

[0073] 図15において、基板加工による反力は、ドリルユニット1507、スライド板1508を介して門型コラムレール1506に作用する。スライド板1508の位置によって反力の作用する位置が異なるため、位置による特性の依存性が存在する。また、反力による変形やドリルの周期外乱、また装置重量が大きいため設置環境の影響も大きく受け、制御性能悪化の要因となる。

[0074] このような特性変動に対して、本発明は有効な解決手段を与えるものであり、図15に示したようなプリント基板加工装置に対して、好適な位置決め制御システムを提供することができる。

符号の説明

- [0075] 100 ベーステーブル
110 トップテーブル
111 X軸方向モータ可動子

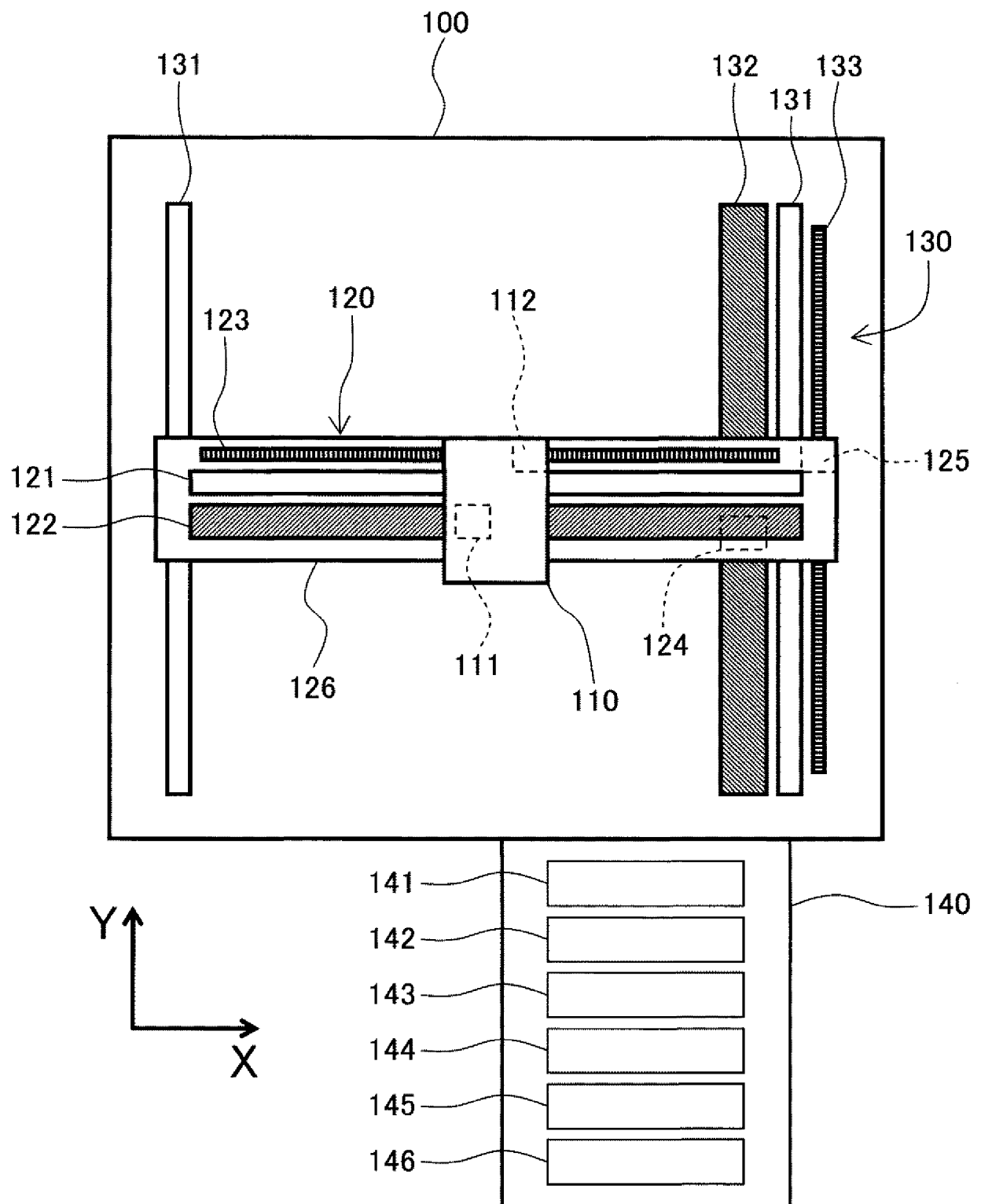
- 1 2 0 X軸方向駆動機構
- 1 2 1 X軸方向リニアガイド
- 1 2 2 X軸方向駆動モータ固定子
- 1 2 3 X軸方向リニアスケール
- 1 2 4 Y軸方向駆動モータ可動子
- 1 2 5 スケールヘッド
- 1 2 6 Yテーブル
- 1 3 0 Y軸方向駆動機構
- 1 3 1 Y軸方向リニアガイド
- 1 3 2 Y軸方向駆動モータ固定子
- 1 3 3 Y軸方向リニアスケール
- 1 4 0、1 4 0 A、1 4 0 B、1 4 0 C 制御装置
- 1 4 1 表示装置
- 1 4 2 入力装置
- 1 4 3 記憶部
- 1 4 4 測定装置
- 1 4 5 調整値演算部
- 1 4 6 制御パラメータ調整部

請求の範囲

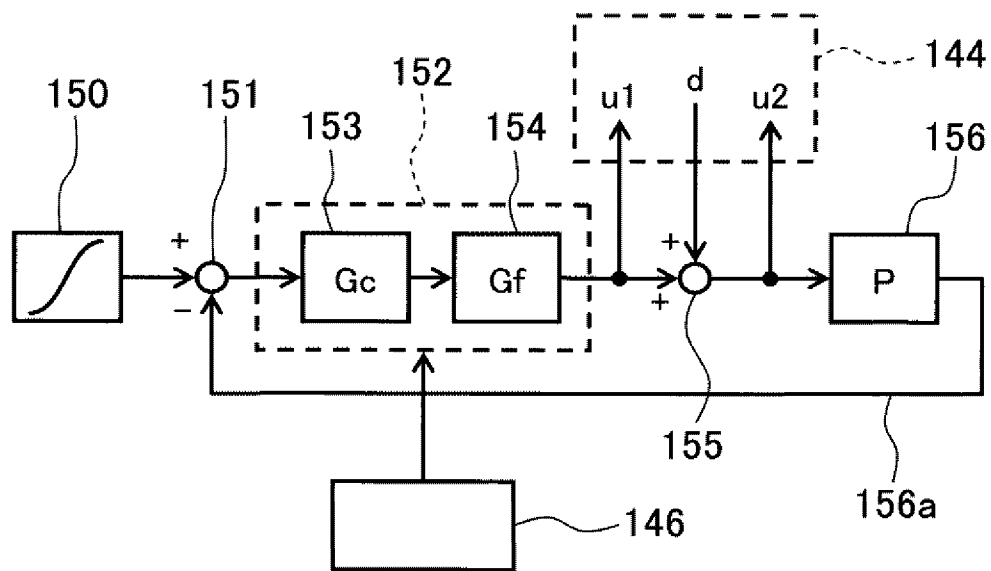
- [請求項1] 移動対象を移動する移動装置と、
前記移動対象の位置を検出する位置検出装置と、
前記移動装置の制御系の制御特性を複数の位置において測定する測定装置と、
前記測定装置により得られた複数の前記測定結果に基づいて、前記移動装置の制御系の制御パラメータを調整するための調整値を演算する調整値演算部と、
前記位置検出装置の検出結果と前記制御パラメータとに基づいて、前記移動対象が予め定めた目標位置に移動するよう制御するとともに、前記調整値演算部で演算された前記調整値に基づいて、前記制御パラメータを調整する制御パラメータ調整部と
を備えたことを特徴とする位置決め制御システム。
- [請求項2] 請求項1記載の位置決め制御システムにおいて、
前記制御パラメータは、前記移動装置の制御系に適用するノッチフィルタのパラメータであることを特徴とする位置決め制御システム。
- [請求項3] 請求項1記載の位置決め制御システムにおいて、
前記測定装置により制御特性が測定される複数の位置のうちの少なくとも1つは、前記移動装置による前記移動対象の移動可能範囲の境界からその移動可能範囲の中心までの距離において、境界側から10%以内にあることを特徴とする位置決め制御システム。
- [請求項4] 請求項1記載の位置決め制御システムにおいて、
前記測定装置により制御特性が測定される位置は、前記目標位置の履歴に基づいて設定されることを特徴とする位置決め制御システム。
- [請求項5] 請求項1記載の位置決め制御システムにおいて、
前記測定装置により制御特性が測定される位置をオペレータが設定する測定位置設定装置を備えたことを特徴とする位置決め制御システム。

- [請求項6] 請求項 1 記載の位置決め制御システムにおいて、
前記制御パラメータの調整の実行条件をオペレータが設定する調整
条件設定装置を備えたことを特徴とする位置決め制御システム。
- [請求項7] 請求項 1 記載の位置決め制御システムにおいて、
前記制御装置は、前記測定装置により測定される制御特性に基づい
て、前記制御パラメータの調整を実行するかどうかを判定することを
特徴とする位置決め制御システム。
- [請求項8] 請求項 1 記載の位置決め制御システムにおいて、
前記制御装置は、前記制御パラメータの調整の実行履歴および調整
の実行からの経過時間に基づいて、前記制御パラメータの調整を実行
するかどうかを判定することを特徴とする位置決め制御システム。
- [請求項9] 請求項 1 記載の位置決め制御システムを備えた部品実装装置。
- [請求項10] 請求項 1 記載の位置決め制御システムを備えた半導体製造検査装置
。
- [請求項11] 請求項 1 記載の位置決め制御システムを備えた基板加工装置。

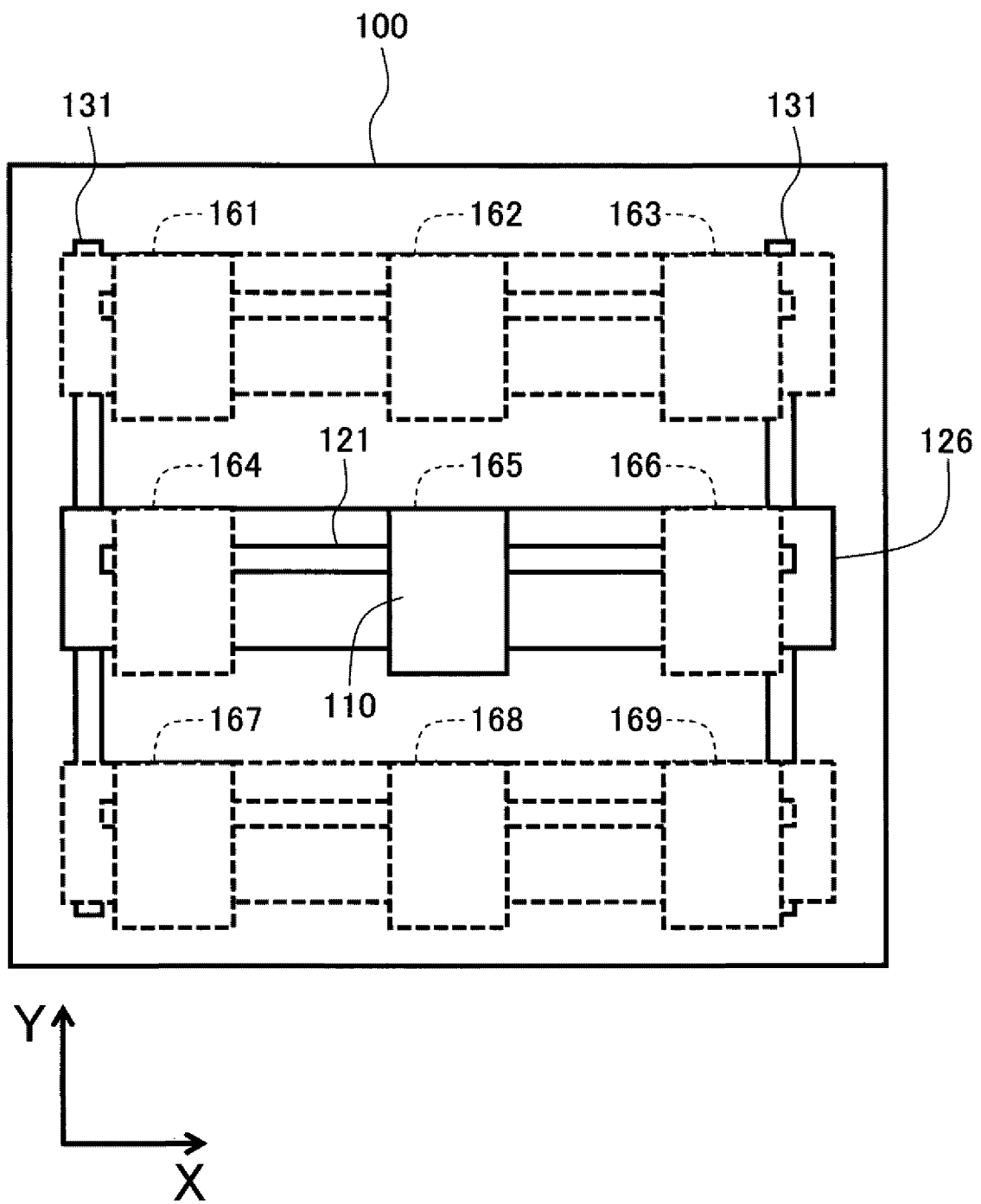
[図1]



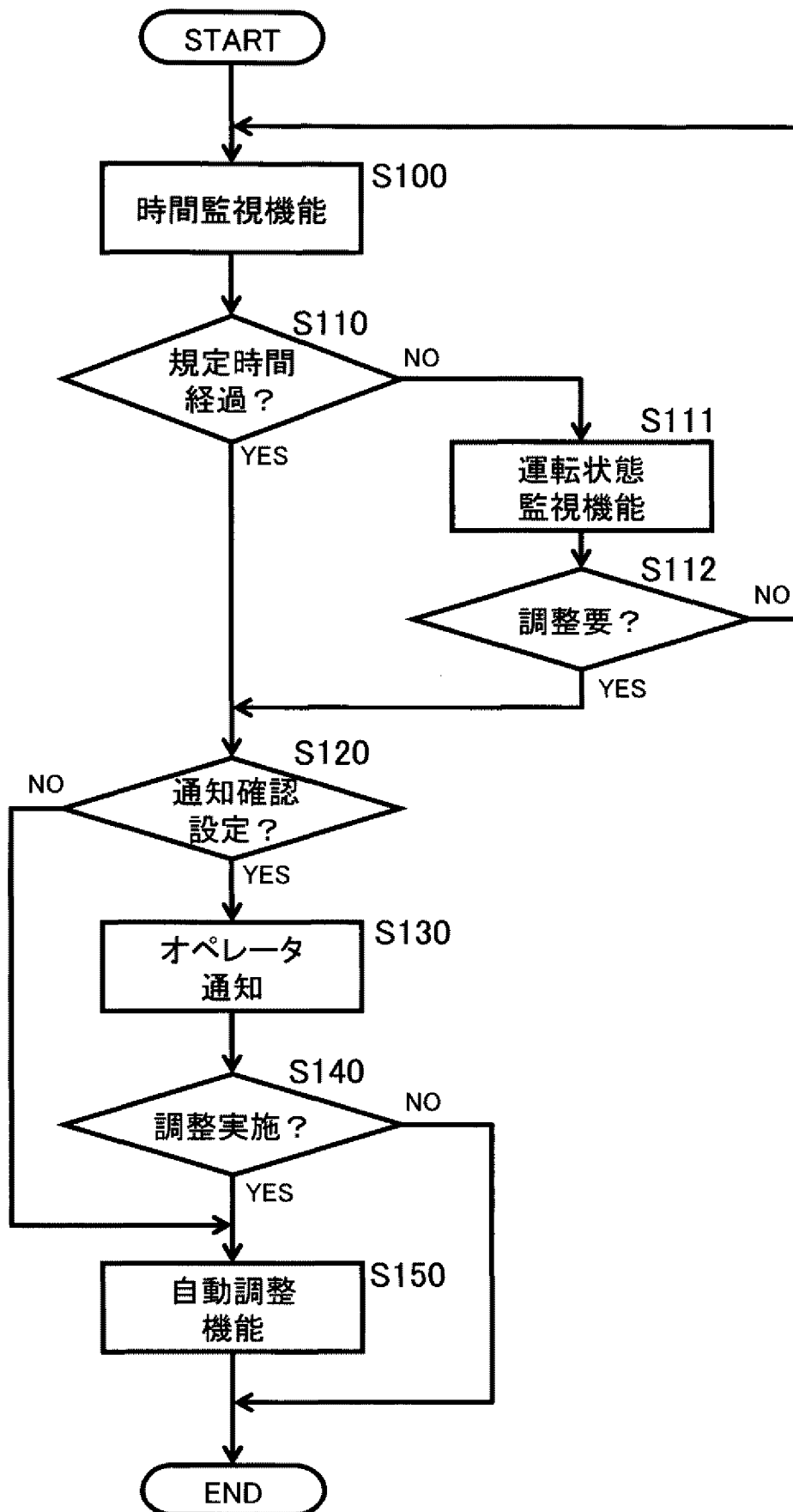
[図2]



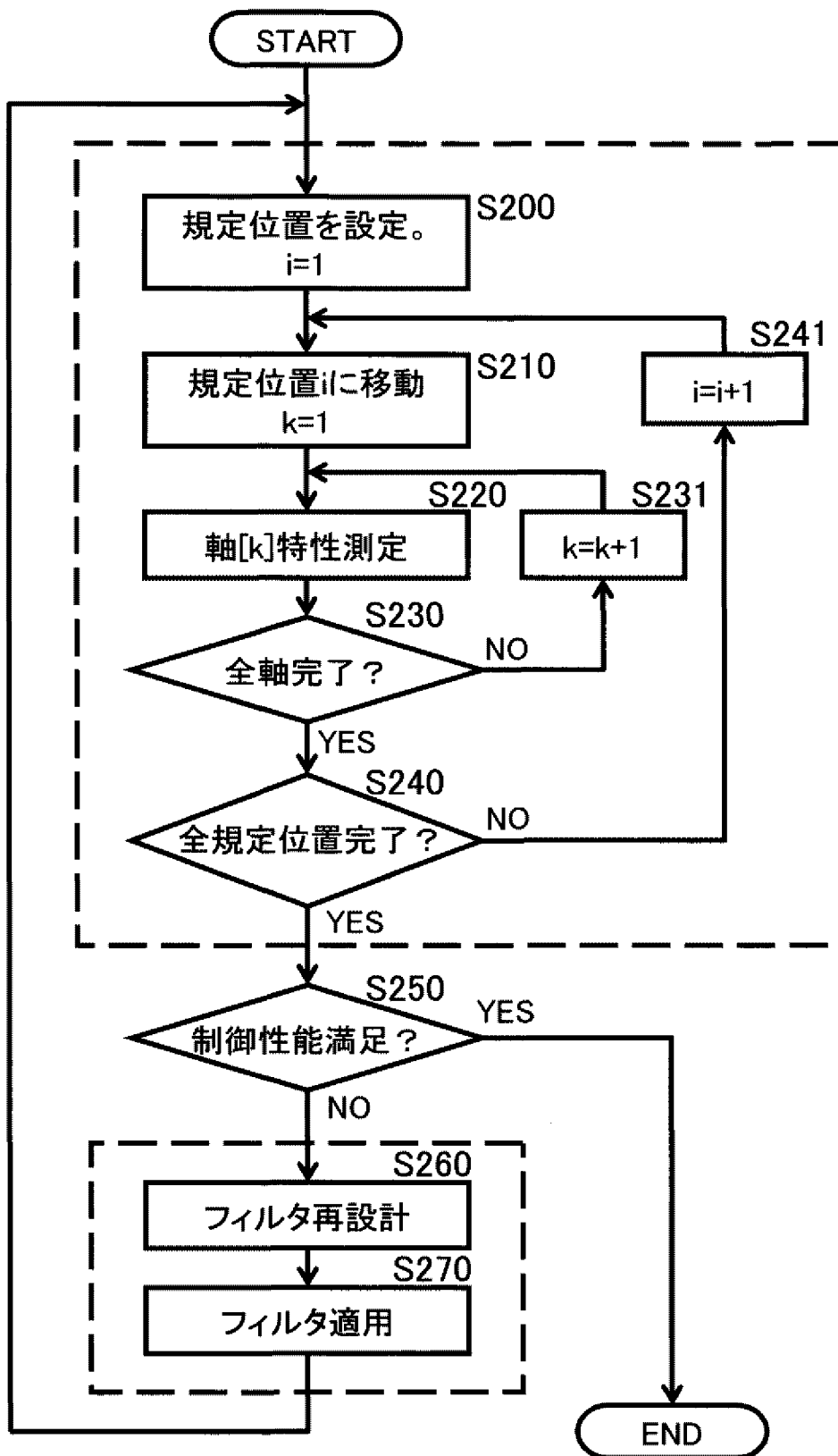
[図3]



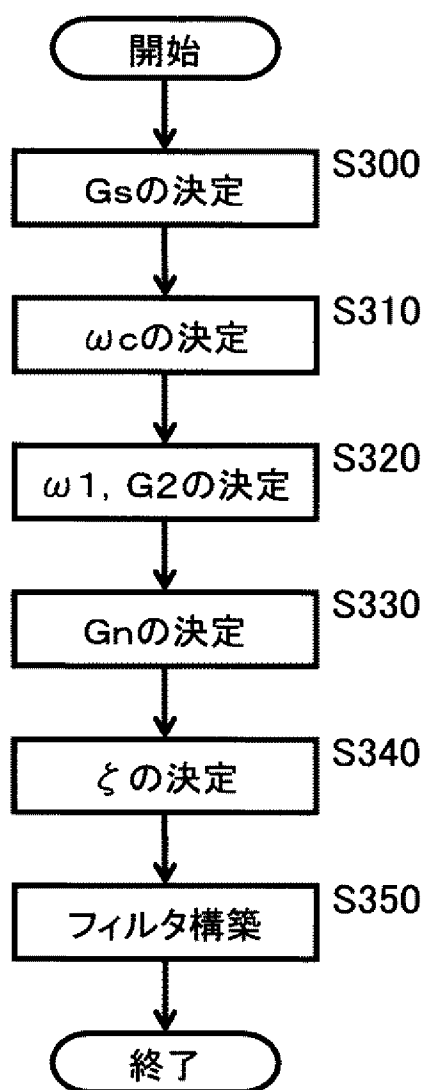
[図4]



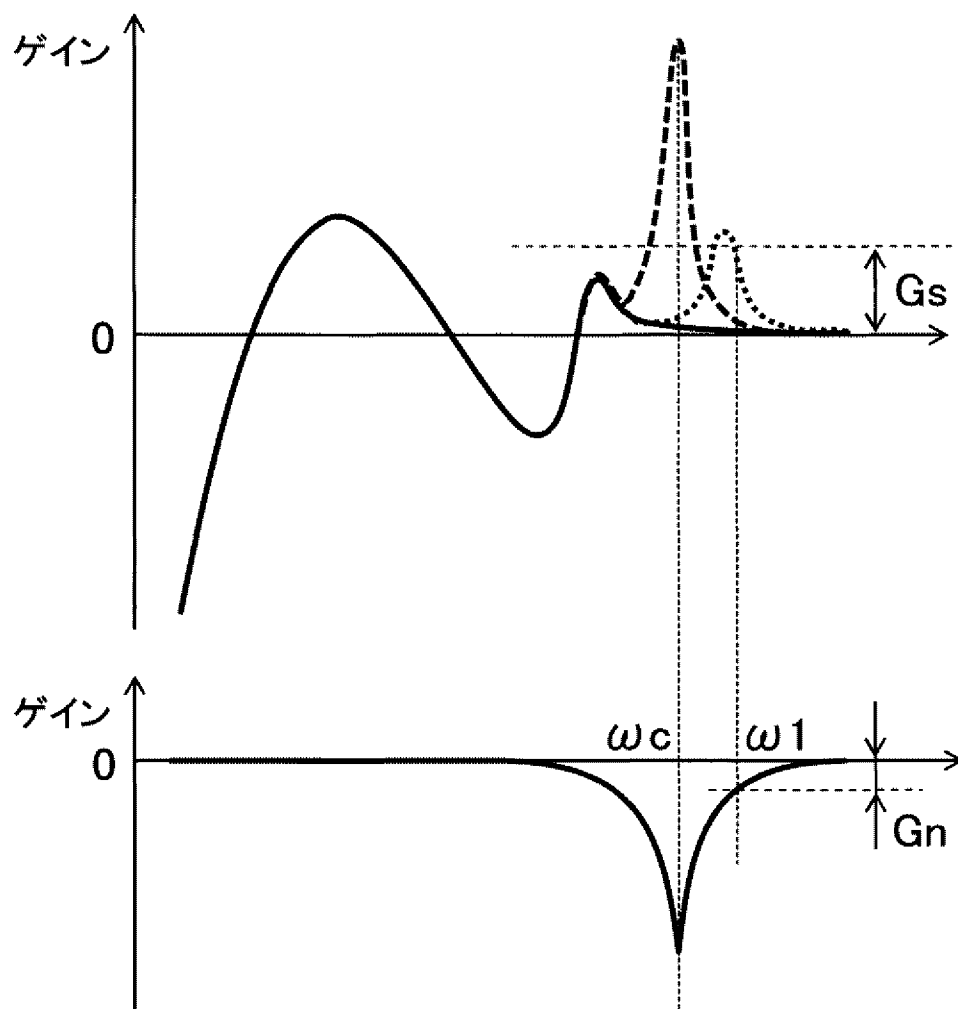
[図5]



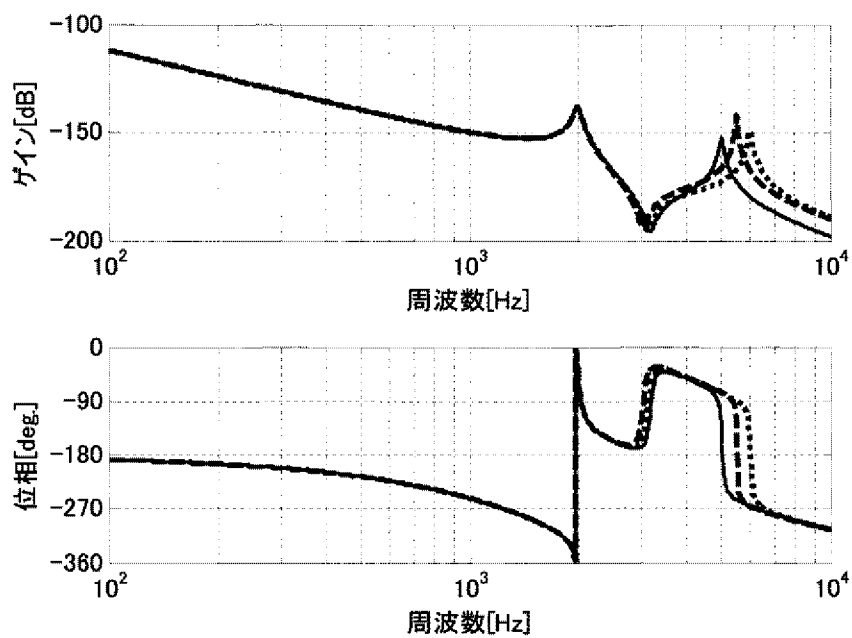
[図6]



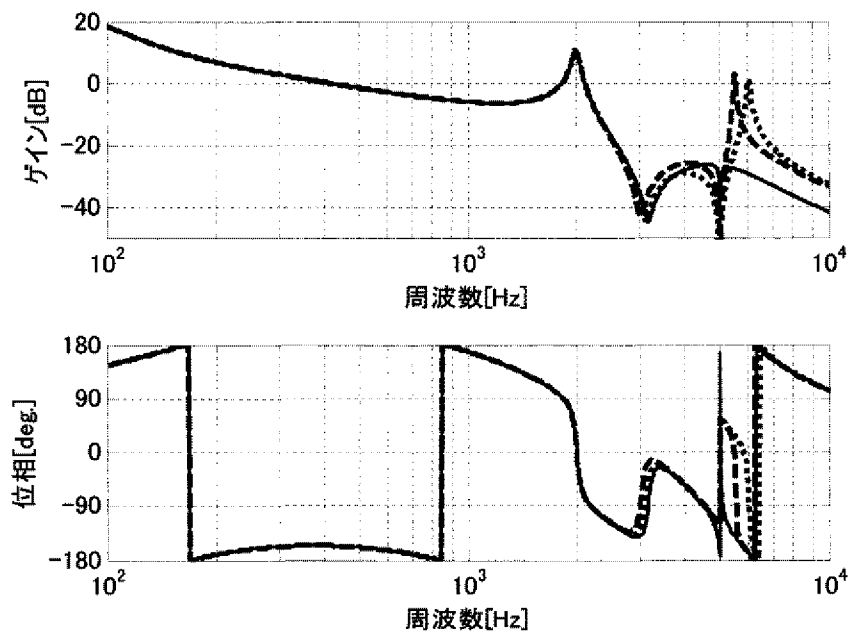
[図7]



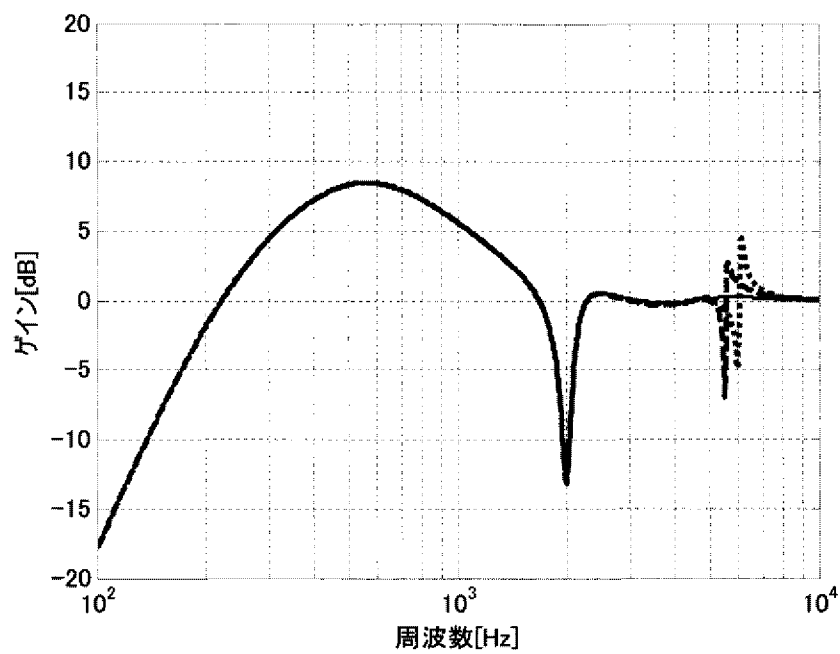
[図8]



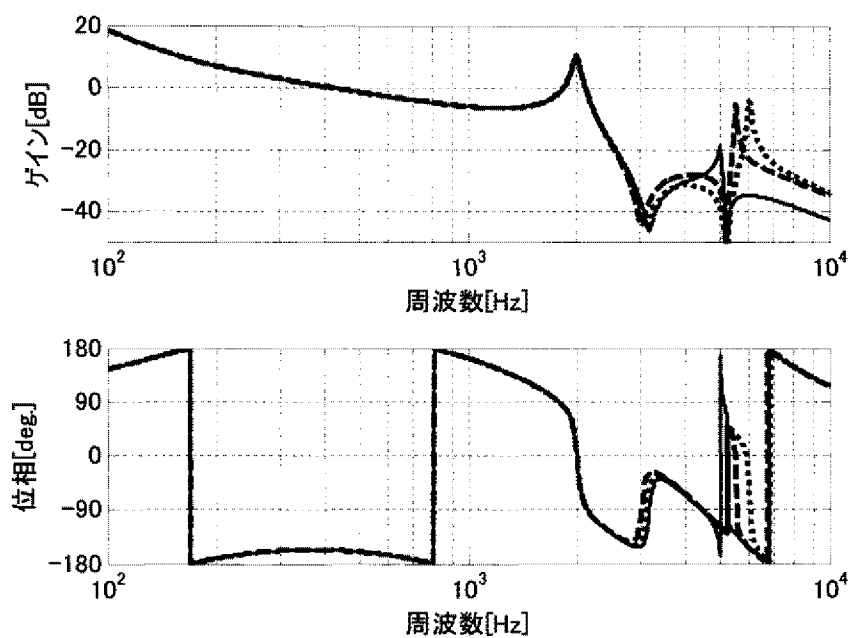
[図9]



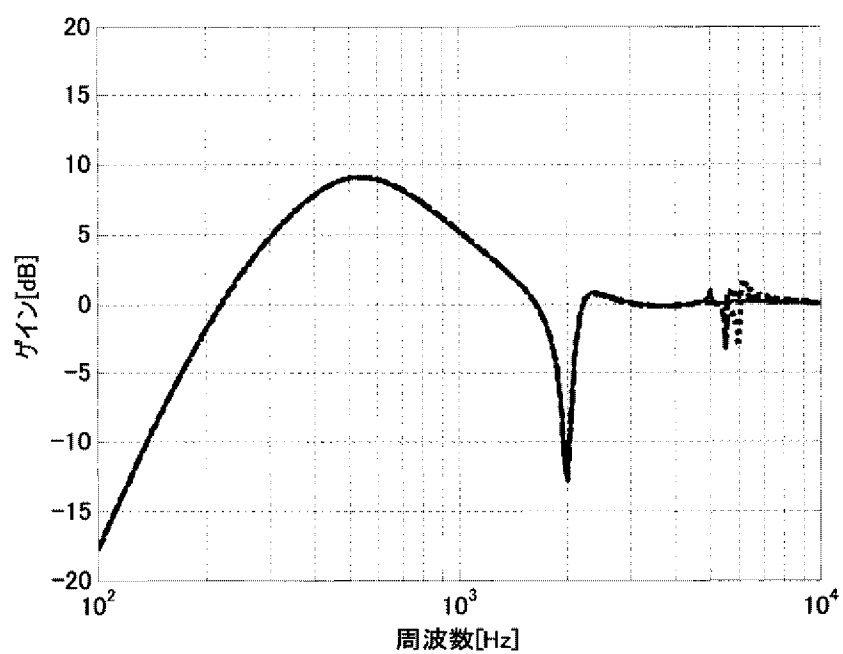
[図10]



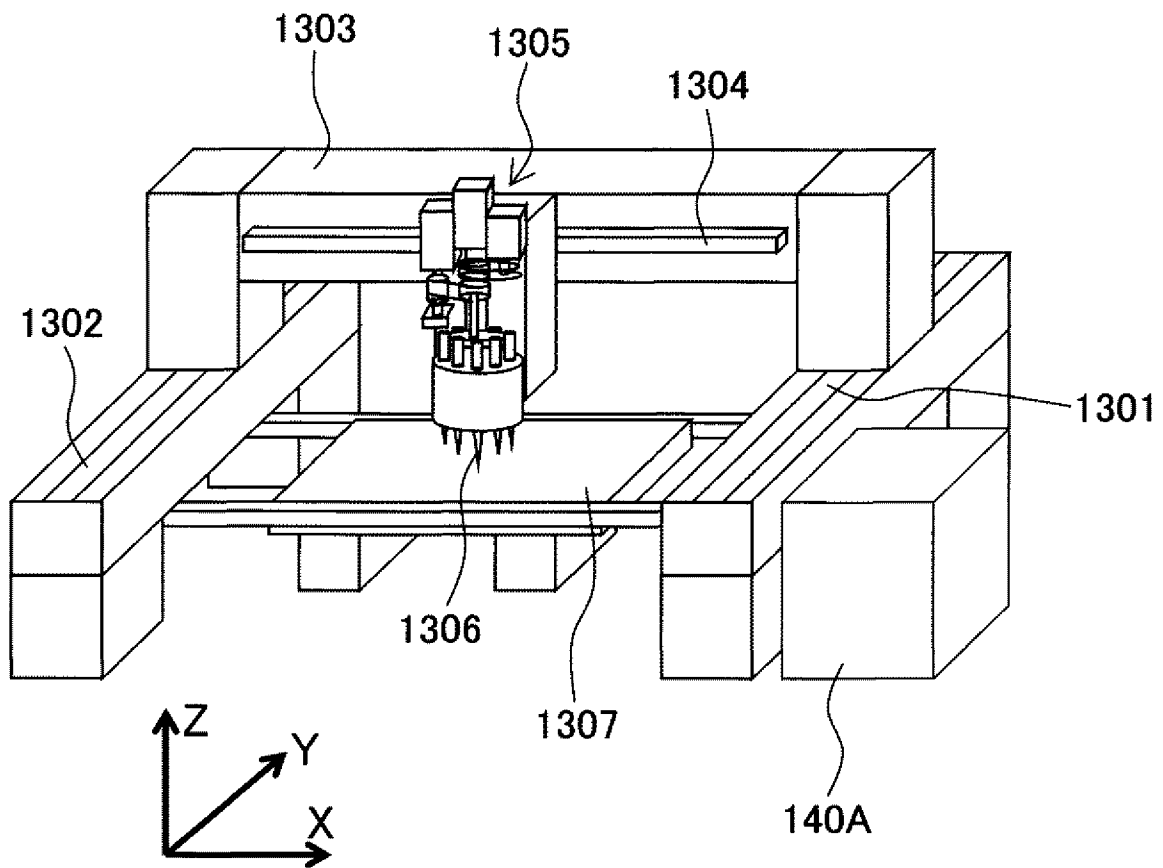
[図11]



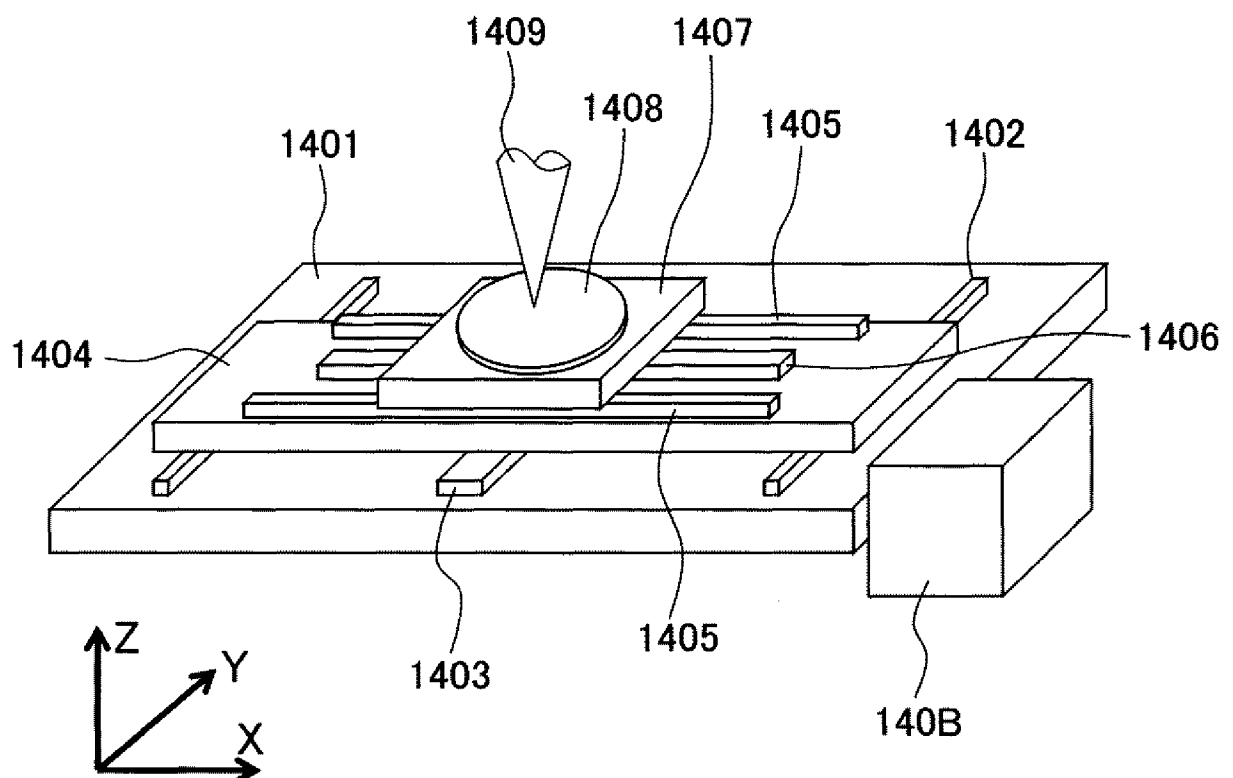
[図12]



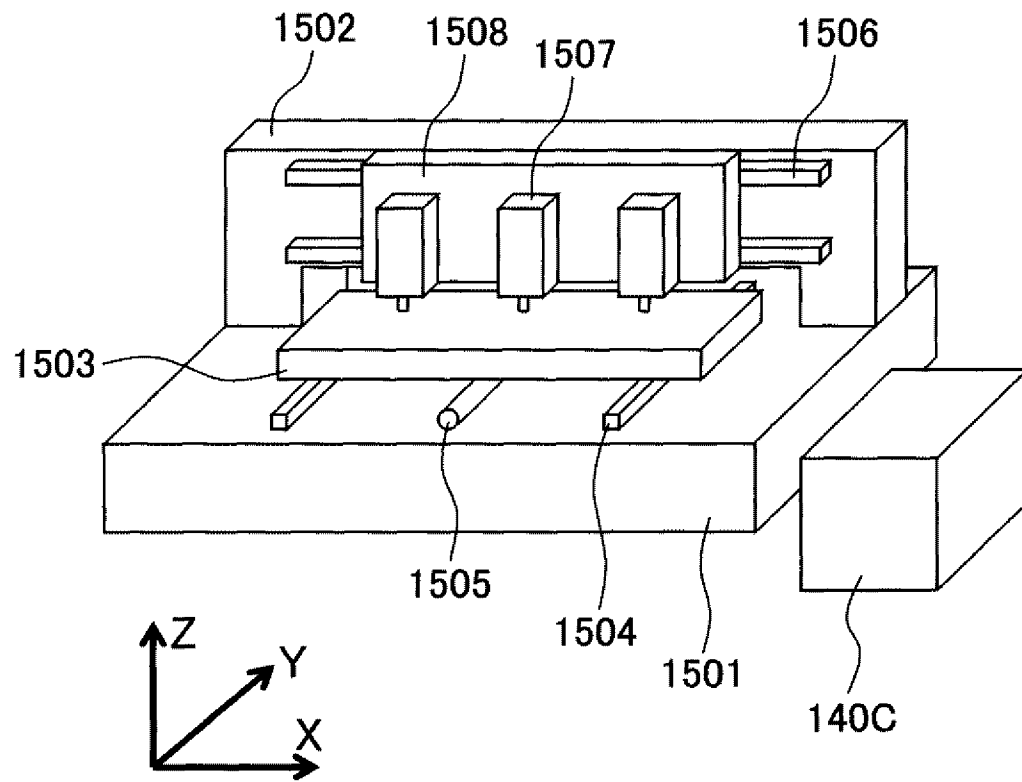
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/051288

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05D3/12 (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)

G05D3/12

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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.
X Y	JP 2009-122779 A (Mitsubishi Electric Corp.), 04 June 2009 (04.06.2009), paragraphs [0011] to [0079]; 1-10-2 (Family: none)	1-6, 9-11 7-8
Y	JP 8-194503 A (Omron Corp.), 30 July 1996 (30.07.1996), paragraph [0066] (Family: none)	7
Y	JP 2010-257314 A (Takenaka Corp.), 11 November 2010 (11.11.2010), paragraphs [0058] to [0062]; fig. 2 (Family: none)	8

☐ 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
06 February, 2013 (06.02.13)

Date of mailing of the international search report
19 February, 2013 (19.02.13)

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. G05D3/12(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. G05D3/12

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 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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
X Y	JP 2009-122779 A (三菱電機株式会社) 2009.06.04, 【0011】 - 【0079】, 第1-10-2 (ファミリーなし)	1-6, 9-11 7-8
Y	JP 8-194503 A (オムロン株式会社) 1996.07.30, 【0066】 (フ ァミリーなし)	7
Y	JP 2010-257314 A (株式会社竹中工務店) 2010.11.11, 【0058】 - 【0062】, 第2図 (ファミリーなし)	8

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

0 6 . 0 2 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 9 . 0 2 . 2 0 1 3

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)

青山 純

3 U

4 4 8 0

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 2 4