

(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
2017年7月20日(20.07.2017)



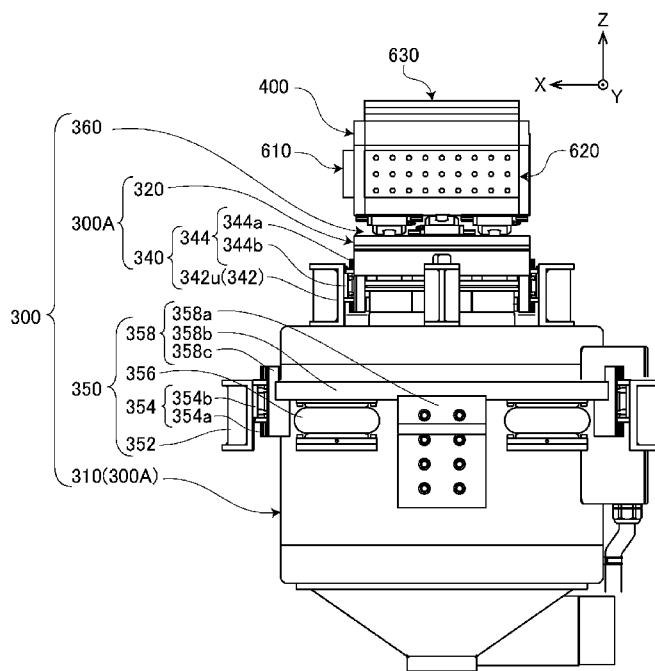
(10) 国際公開番号

WO 2017/122770 A1

- (51) 国際特許分類:
G01M 7/02 (2006.01) *B06B 1/04* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/000978
- (22) 国際出願日: 2017年1月13日(13.01.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-006691 2016年1月15日(15.01.2016) JP
特願 2016-006692 2016年1月15日(15.01.2016) JP
特願 2016-131170 2016年6月30日(30.06.2016) JP
特願 2016-205586 2016年10月19日(19.10.2016) JP
- (71) 出願人: 国際計測器株式会社(KOKUSAI KEISOKUKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒2060025 東京都多摩市永山6丁目2番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 松本 繁(MATSUMOTO, Sigeru); 〒2060025 東京都多摩市永山6丁目2番1号 国際計測器株式会社内 Tokyo (JP). 宮下 博至(MIYASHITA, Hiroshi); 〒2060025 東京都多摩市永山6丁目2番1号 国際計測器株式会社内 Tokyo (JP). 村内 一宏(MURAUCHI, Kazuhiro); 〒2060025 東京都多摩市永山6丁目2番1号 国際計測器株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 松岡 修平, 外(MATSUOKA, Shuhei et al.); 〒2060034 東京都多摩市鶴牧1丁目2番4号 1 号 新都市センタービル6F 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (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: VIBRATION APPLICATION DEVICE, AND ELECTRODYNAMIC ACTUATOR

(54) 発明の名称: 加振装置及び動電型アクチュエータ



(57) Abstract: A vibration application device according to an embodiment of the present application comprises: a vibration table; an X-axis vibration application unit that vibrates the vibration table in the X-axis direction; and a Y-axis linear guideway that connects the vibration table and the X-axis vibration application unit so as to be capable of sliding in the Y-axis direction, which is perpendicular to the X-axis direction. The Y-axis linear guideway comprises: an X-axis rail that extends in the Y-axis direction; and a Y-axis carriage that is engaged with the Y-axis rail so as to be capable of sliding in the Y-axis direction. A plurality, and at least five, load paths are formed between the Y-axis carriage and the Y-axis rail, and a plurality rolling elements rolls in each of the load paths.

(57) 要約: 本発明の一実施形態に係る加振装置は、振動テーブルと、振動テーブルをX軸方向に加振するX軸加振ユニットと、振動テーブルとX軸加振ユニットとをX軸方向と垂直なY軸方向にスライド可能に連結するY軸リニアガイドウェイと、を備え、Y軸リニアガイドウェイが、Y軸方向に延びるX軸レールと、Y軸レールとY軸方向にスライド可能に係合するY軸キャリッジと、を備え、Y軸キャリッジとY軸レールとの間に、それぞれ複数の転動体が転動する5条以上の複数の負荷経路が形成されたものである。

WO 2017/122770 A1

明 細 書

発明の名称：加振装置及び動電型アクチュエータ

技術分野

[0001] 本発明は、振動試験等に使用される加振装置及び動電型アクチュエータに関する。

背景技術

[0002] 加振対象物（例えば、振動試験における供試体）が固定される振動テーブルを直交３軸方向（Ｘ軸、Ｙ軸及びＺ軸方向）に同時に加振する３軸同時加振装置（３軸同時振動試験装置）が知られている。振動テーブルを直交３軸方向に同時に加振するためには、例えば、振動テーブルと、これをＺ軸方向に加振するＺ軸アクチュエータとを、２軸スライダ（ＸＹスライダ）を介して、Ｘ軸及びＹ軸方向にスライド可能に連結する必要がある。

[0003] 特許文献１には、２軸スライダに転がり案内式のリニアガイドウェイ（以下、単に「リニアガイド」という。）を使用すること等により、数１００Ｈｚに及ぶ周波数領域での３軸同時加振を可能にした加振装置が記載されている。

[0004] また、特許文献２には、転動体にローラーを使用してリニアガイドの剛性を高めること等により、１ｋＨｚを超える周波数領域での３軸同時加振を可能にした加振装置が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献１：国際公開第２００９／０１１４３３号

特許文献２：国際公開第２０１６／０１７７４４号

発明の概要

[0006] 車載装置等では２ｋＨｚ以上の高い周波数領域での３軸同時振動試験が望まれているが、これまで２ｋＨｚ以上の３軸同時振動試験を可能にする加振装置は実現されていなかった。本発明者の解析により、２ｋＨｚ以上の３軸

同時振動試験を実現するには、リニアガイドの剛性及び運動精度（直進性）を更に向上させて、振動ノイズをより低減させる必要があることが判明した。

[0007] 本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、リニアガイドの剛性及び運動精度を向上させることにより、振動ノイズを低減させることである。

[0008] 本発明の一実施形態に係る加振装置は、振動テーブルと、振動テーブルをX軸方向に加振するX軸加振ユニットと、振動テーブルとX軸加振ユニットとをX軸方向と垂直なY軸方向にスライド可能に連結するY軸リニアガイドウェイと、を備え、Y軸リニアガイドウェイが、Y軸方向に延びるX軸レールと、Y軸レールとY軸方向にスライド可能に係合するY軸キャリッジと、を備え、Y軸キャリッジとY軸レールとの間に、それぞれ複数の転動体が転動する5条以上の複数の負荷経路が形成されたものである。

[0009] この構成によれば、リニアガイドの剛性及び運動精度が向上し、振動ノイズを低減させることが可能になる。

[0010] 上記の加振装置において、負荷経路が8条形成された構成としてもよい。

[0011] この構成によれば、リニアガイドの剛性及び運動精度が顕著に向上し、例えば2kHz以上の周波数領域での多軸同時加振を可能にする程度にまで振動ノイズを低減させることが可能になる。

[0012] 上記の加振装置において、Y軸キャリッジに、複数の負荷経路のそれぞれに対応する複数の無負荷経路が形成され、負荷経路と無負荷経路の各対が両端同士で連結して、転動体が循環する循環経路が形成された構成としてもよい。

[0013] 上記の加振装置において、Y軸リニアガイドウェイが、転動体と共に循環経路に沿って循環し、該転動体同士の接触を防ぐ、リテーナを備えた構成としてもよい。

[0014] 上記の加振装置において、Y軸キャリッジの長さLが、70-160mmの範囲内である構成としてもよい。

- [0015] 上記の加振装置において、Y軸キャリッジの長さLが、90－140mmの範囲内である構成としてもよい。
- [0016] 上記の加振装置において、Y軸キャリッジの長さLが、110－130mmの範囲内である構成としてもよい。
- [0017] 上記の加振装置において、Y軸キャリッジの長さLと幅Wとの比であるアスペクト比 L/W が、0.65－1.5の範囲内である構成としてもよい。
- [0018] 上記の加振装置において、Y軸キャリッジの長さLと幅Wとの比であるアスペクト比 L/W が、0.7－1.4の範囲内である構成としてもよい。
- [0019] 上記の加振装置において、Y軸キャリッジの長さLと幅Wとの比であるアスペクト比 L/W が、0.75－1.35の範囲内である構成としてもよい。
- [0020] 上記の加振装置において、転動体がボール又はローラーである構成としてもよい。
- [0021] 上記の加振装置において、テーブルと、振動テーブルを第1の方向に加振する第1アクチュエータと、振動テーブルと第1アクチュエータとを、第1の方向と直交する第2の方向にスライド可能に連結する第1スライド連結機構と、第1スライド連結機構を振動テーブルに取り付けることによって生じる被加振部のアンバランスを補償する、振動テーブルに取り付けられたカウンターバランス部と、を備えた構成としてもよい。
- [0022] また、本発明の別の一実施形態に係る加振装置は、振動テーブルと、振動テーブルを第1の方向に加振する第1アクチュエータと、振動テーブルと第1アクチュエータとを、第1の方向と直交する第2の方向にスライド可能に連結する第1スライド連結機構と、第1スライド連結機構を振動テーブルに取り付けることによって生じる被加振部のアンバランスを補償する、振動テーブルに取り付けられたカウンターバランス部と、を備えたものである。
- [0023] 特許文献2に記載の加振装置は、振動テーブルの基準点（例えば振動テーブルの上面中央）に対しては十分に高い精度の加振が可能であるが、振動テーブル上の位置によって振動の状態にばらつきがあるため、基準点以外の位

置では加振精度が不十分なものとなっていた。この構成によれば、振動テーブル上の振動のばらつきを低減することが可能になる。

- [0024] 上記の加振装置において、カウンターバランス部が、錘部と、緩衝部と、を有し、錘部が、緩衝部を介して、振動テーブルに固定された構成としてもよい。
- [0025] 上記の加振装置において、錘部が平板状である構成としてもよい。
- [0026] 上記の加振装置において、緩衝部がシート状である構成としてもよい。
- [0027] 上記の加振装置において、緩衝部が、エラストマーを含む構成としてもよい。
- [0028] 上記の加振装置において、緩衝部が、錘部を振動テーブルから離して支持するスペーサーを有する構成としてもよい。
- [0029] 上記の加振装置において、カウンターバランス部が、錘部を固定する複数のボルトを備え、複数のボルトによる固定間隔が100mm以下である構成としてもよい。
- [0030] 上記の加振装置において、固定間隔が50mm以下である構成としてもよい。
- [0031] 上記の加振装置において、緩衝部が、第1錘部と、振動テーブルと第1錘部とで挟まれた第1緩衝部と、第2錘部と、第1錘部と第2錘部とで挟まれた第2緩衝部と、を有する構成としてもよい。
- [0032] 上記の加振装置において、緩衝部が、第3錘部と、第2錘部と第3錘部とで挟まれた第3緩衝部と、を有する構成としてもよい。
- [0033] 上記の加振装置において、第1錘部が第1ボルトによって振動テーブルに固定され、第2錘部が第2ボルトによって第1錘部に固定され、第3錘部が第3ボルトによって第2錘部に固定された構成としてもよい。
- [0034] また、本発明の更に別の一実施形態に係る加振装置は、第X軸、Y軸及びZ軸方向が互いに直交する3軸方向であり、振動テーブルと、振動テーブルをX軸方向に加振するX軸アクチュエータと、振動テーブルをY軸方向に加振するY軸アクチュエータと、振動テーブルをZ軸方向に加振するZ軸アク

チュエータと、振動テーブルとX軸アクチュエータとを、Y軸及びZ軸方向にスライド可能に連結するYZスライド連結機構と、振動テーブルとY軸アクチュエータとを、Z軸及びX軸方向にスライド可能に連結するZXスライド連結機構と、振動テーブルとZ軸アクチュエータとを、X軸及びY軸方向にスライド可能に連結するXYスライド連結機構と、YZスライド連結機構を振動テーブルに取り付けることによって生じる被加振部のアンバランスを補償する、振動テーブルに取り付けられたX軸カウンターバランス部と、ZXスライド連結機構を振動テーブルに取り付けることによって生じる被加振部のアンバランスを補償する、振動テーブルに取り付けられたY軸カウンターバランス部と、XYスライド連結機構を振動テーブルに取り付けることによって生じる被加振部のアンバランスを補償する、振動テーブルに取り付けられたZ軸カウンターバランス部と、を備えた構成としてもよい。

[0035] この構成によれば、加振によって被加振物に加わる力のモーメントを抑制することにより、より高精度の加振が可能になる。

[0036] 上記の加振装置において、XYスライド連結機構が、X軸方向の直線運動を案内するX軸リニアガイドウェイと、Y軸方向の直線運動を案内するY軸リニアガイドウェイと、を備え、振動テーブルとZ軸アクチュエータとが、X軸リニアガイドウェイ及びY軸リニアガイドウェイを介して連結された構成としてもよい。

[0037] 上記の加振装置において、X軸リニアガイドウェイが、X軸方向に延びるX軸レールと、X軸レールとX軸方向にスライド可能に係合するX軸キャリッジと、を備え、Y軸リニアガイドウェイが、Y軸方向に延びるY軸レールと、Y軸レールとY軸方向にスライド可能に係合するY軸キャリッジと、を備えた構成としてもよい。

[0038] 上記の加振装置において、X軸キャリッジとX軸レールとの間に、それぞれ複数の転動体が転動する8条の負荷経路が形成された構成としてもよい。

[0039] 上記の加振装置において、Y軸キャリッジがX軸キャリッジに固定されることにより、X軸リニアガイドウェイとY軸リニアガイドウェイが連結して

クロスガイドを形成し、クロスガイドのX軸レール及びY軸レール的一方が振動テーブルに取り付けられ、他方がX軸アクチュエータに取り付けられた構成としてもよい。

[0040] 上記の加振装置において、XYスライド連結機構が、複数のクロスガイドを備え、複数のクロスガイドが、X軸レールが振動テーブルに取り付けられた第1の向きのクロスガイドと、Y軸レールが振動テーブルに取り付けられた第2の向きのクロスガイドと、を含む構成としてもよい。

[0041] 上記の加振装置において、XYスライド連結機構が、複数の第1の向きのクロスガイドと、複数の第2の向きのクロスガイドと、を備え、複数の第1の向きのクロスガイドと複数の第2の向きのクロスガイドが、X軸方向及びY軸方向の2方向において交互に配置された構成としてもよい。

[0042] 上記の加振装置において、XYスライド連結機構が、第1の向きのクロスガイドと第2の向きのクロスガイドを同数備えた構成としてもよい。

[0043] 上記の加振装置において、複数のクロスガイドが、X軸方向及びY軸方向に格子状に配置された構成としてもよい。

[0044] また、本発明の更に別の一実施形態に係る加振装置は、振動テーブルと、振動テーブルを第1の方向に加振する第1アクチュエータと、振動テーブルと第1アクチュエータとを、第1の方向と直交する第2の方向にスライド可能に連結する第1スライド連結機構と、を備え、振動テーブルには予め所定のアンバランスが付与されていて、第1スライド連結機構の一部及び振動テーブルを含む被加振部の重心が振動テーブルの中心に一致するものである。

[0045] この構成によれば、被加振物を振動テーブルに取り付けたときに被加振部（被加振物、振動テーブル、第1スライド連結機構の振動テーブルに固定された部分を含む）の重心が振動テーブルの中心に一致するため、加振によって被加振部に加わる力のモーメントが抑制され、より高精度の加振が可能になる。

[0046] また、本発明の更に別の一実施形態に係る加振装置は、振動テーブルと、振動テーブルを水平方向であるX軸方向に駆動するX軸アクチュエータと、

振動テーブルとX軸アクチュエータとを、X軸方向に垂直な水平方向であるY軸方向にスライド可能に連結する第1連結機構と、を備え、第1連結機構が、鉛直方向であるZ軸方向に間隔を空けて配置された、振動テーブルとX軸アクチュエータとをY軸方向にスライド可能に連結する、一対のリニアガイドウェイを備えたものである。

[0047] この構成によれば、振動テーブルとX軸アクチュエータとをY軸方向にスライド可能に連結する第1連結機構がZ軸方向に間隔を空けて配置された一対のリニアガイドウェイを備えるため、第1連結機構のY軸まわりの剛性が高まり、加振性能が向上する。

[0048] 上記の加振装置において、振動テーブルをY軸方向に駆動するY軸アクチュエータと、振動テーブルとY軸アクチュエータとを、X軸方向にスライド可能に連結する第2連結機構と、を備え、第2連結機構が、Z軸方向に間隔を空けて配置された、振動テーブルとY軸アクチュエータとをX軸方向にスライド可能に連結する、一対のリニアガイドウェイを備えた構成としてもよい。

[0049] 上記の加振装置において、振動テーブルをZ軸方向に駆動するZ軸アクチュエータを備え、第1連結機構が、振動テーブルとX軸アクチュエータとを、Y軸方向及びZ軸方向の両方向にスライド可能に連結し、第2連結機構が、振動テーブルとY軸アクチュエータとを、X軸方向及びZ軸方向の両方向にスライド可能に連結する構成としてもよい。

[0050] 上記の加振装置において、リニアガイドウェイが、スライド方向に延びるレールと、レール上を走行するキャリッジと、を備えた構成としてもよい。

[0051] 上記の加振装置において、レールが振動テーブルに取り付けられた構成としてもよい。

[0052] キャリッジよりもレールの方が長く、また、アクチュエータの可動部の幅よりも振動テーブルの幅の方が大きい。そのため、この構成によれば、第1連結機構のY軸方向（並びに第2連結機構のX軸方向）のスライド幅をより広げることが可能になる。また、振動テーブルは、高さ（Z軸方向）よりも

幅（X軸方向、Y軸方向）の方が大きいと、連結機構が水平方向（Y軸、X軸）及び鉛直方向（Z軸）のリニアガイドウェイを備える場合、この構成（水平方向のリニアガイドウェイのレールの方を振動テーブルに取り付けること）により、連結機構のY軸方向のスライド幅をより広げることが可能になる。

[0053] 上記の加振装置において、一対のリニアガイドウェイの一方が振動テーブルの上端部に取り付けられ、一対のリニアガイドウェイの他方が振動テーブルの下端部に取り付けられた構成としてもよい。

[0054] この構成によれば、第1連結機構のY軸まわりの（並びに第2連結機構のX軸まわりの剛）力のモーメントに対する剛性がより高まり、加振性能がより向上する。

[0055] また、本発明の更に別の一実施形態に係る加振装置は、被加振物に取り付けられる振動テーブルと、振動テーブルを所定方向に加振する加振ユニットと、を備え、被加振物を振動テーブルに取り付けたときに、所定方向と垂直な投影平面上への被加振物の重心の投影が、該投影平面上への加振ユニットの可動部の投影に含まれるように構成されたものである。

[0056] この構成によれば、加振によって被加振物に加わる力のモーメントを抑制することにより、より高精度の加振を可能にする。

[0057] 上記の加振装置において、振動テーブルの重心の投影平面上への投影が、該投影平面上への加振ユニットの可動部の投影に含まれる構成としてもよい。

[0058] 上記の加振装置において、振動テーブルの重心が、該振動テーブルの外形の中心に配置された構成としてもよい。

[0059] 上記の加振装置において、振動テーブルが、被加振物を収容可能な中空部を有する構成としてもよい。

[0060] 上記の加振装置において、振動テーブルが、略箱形である構成としてもよい。

[0061] 上記の加振装置において、振動テーブルが、被加振物を中空部に出し入れ

するための第1開口が一面に形成された箱部と、第1開口を塞ぐ蓋部と、を備えた構成としてもよい。

[0062] 上記の加振装置において、中空部が、振動テーブルの中央部に形成された構成としてもよい。

[0063] 上記の加振装置において、振動テーブルが、底板と、底板の縁部から垂直に突出した枠部と、を有する構成としてもよい。

[0064] 上記の加振装置において、枠部の内部に配置された、底板から垂直に突出した格子状の中板を有する構成としてもよい。

[0065] 上記の加振装置において、中板が、底板及び枠部に接合された構成としてもよい。

[0066] 上記の加振装置において、振動テーブルが、被加振物と外部装置とを接続する長物を通される第2開口を有する構成としてもよい。

[0067] 上記の加振装置において、加振ユニットが、振動テーブルを水平方向であるX軸方向に加振するX軸加振ユニットを含む構成としてもよい。

[0068] 上記の加振装置において、加振ユニットが、振動テーブルをX軸方向に垂直な水平方向であるY軸方向に加振するY軸加振ユニットを含む構成としてもよい。

[0069] 上記の加振装置において、加振ユニットが、振動テーブルを鉛直方向であるZ軸方向に加振するZ軸加振ユニットを含む構成としてもよい。

[0070] 上記の加振装置において、振動テーブルが、底板を有し、底板に被加振物を取り付けるための取付構造が設けられた構成としてもよい。

[0071] 上記の加振装置において、振動テーブルが、壁部を有し、壁部に被加振物を取り付けるための取付構造が設けられた構成としてもよい。

[0072] また、本発明の更に別の一実施形態に係る動電型アクチュエータは、略筒状の固定部と、その少なくとも一部が固定部の中空部内に収容され、固定部の軸線方向に往復駆動される可動部と、可動部を軸線方向に往復移動可能に側方から支持する可動部支持機構と、を備え、可動部が、その先端側の部分が可動部支持機構により支持されたフレームと、フレームの後端に取り付け

られたコイルと、を備え、フレームが一体に形成されたものである。

[0073] この構成によれば、複数のフレームを連結するための構造が不要であるため、可動部の軽量化が可能になり、これにより、より高い周波数で往復駆動することが可能になる。

[0074] 上記の動電型アクチュエータにおいて、可動部支持機構がリニアガイドウェイを備え、リニアガイドウェイが固定部の軸線方向に延びるレールと、レール上を転動可能な複数の転動体と、転動体を介してレール上を移動可能なキャリッジと、を備え、レールとキャリッジとの間に、それぞれ複数の転動体が転動する8条の負荷経路が形成された構成としてもよい。

[0075] この構成によれば、リニアガイドの剛性及び運動精度が向上し、振動ノイズを低減させることが可能になる。

[0076] また、本発明の更に別の一実施形態に係る動電型アクチュエータは、略筒状の固定部と、その少なくとも一部が固定部の中空部内に収容され、固定部の軸線方向に往復駆動される可動部と、可動部を軸線方向に往復移動可能に側方から支持する可動部支持機構と、を備え、可動部支持機構がリニアガイドウェイを備え、リニアガイドウェイが固定部の軸線方向に延びるレールと、レール上を転動可能な複数の転動体と、転動体を介してレール上を移動可能なキャリッジと、を備え、レールとキャリッジとの間に、それぞれ複数の転動体が転動する8条の負荷経路が形成されたものである。

[0077] この構成によれば、リニアガイドの剛性及び運動精度が向上し、振動ノイズを低減させることが可能になる。

[0078] 上記の動電型アクチュエータにおいて、可動部が、その先端側の部分が可動部支持機構により支持されたフレームと、フレームの後端に取り付けられたコイルと、を備え、フレームが一体に形成された構成としてもよい。

[0079] 上記の動電型アクチュエータにおいて、レールが可動部に固定され、ランナーブロックが固定部に固定された構成としてもよい。

[0080] 上記の動電型アクチュエータにおいて、可動部支持機構が、中空部外に突出した部分において、可動部のフレームを支持する構成としてもよい。

- [0081] 上記の動電型アクチュエータにおいて、可動部支持機構が、固定部の軸線方向における一端面とリニアガイドウェイとを連結するガイドフレームを備えた構成としてもよい。
- [0082] 上記の動電型アクチュエータにおいて、複数のリニアガイドウェイを備え、複数のリニアガイドウェイが、可動部の軸線の周囲に、周方向に等間隔に配置された構成としてもよい。
- [0083] 上記の動電型アクチュエータにおいて、2対の可動部支持機構を備え、可動部は2対の可動部支持機構により直交2方向において両側から挟み込まれた構成としてもよい。
- [0084] また、上記の動電型アクチュエータと、動電型アクチュエータの可動部に連結された振動テーブルと、を備えた加振装置が提供される。

図面の簡単な説明

- [0085] [図1]本発明の第1実施形態に係る加振装置の正面図である。
- [図2]本発明の第1実施形態に係る加振装置の側面図である。
- [図3]本発明の第1実施形態に係る加振装置の平面図である。
- [図4]本発明の実施形態に係る加振装置の駆動制御システムのブロック図である。
- [図5]本発明の第1実施形態に係るZ軸加振ユニットの正面図である。
- [図6]本発明の第1実施形態に係るZ軸加振ユニットの側面図である。
- [図7]本発明の第1実施形態に係るZ軸加振ユニットの平面図である。
- [図8]本発明の第1実施形態に係る鉛直駆動用動電型アクチュエータの縦断面図である。
- [図9]鉛直アクチュエータの可動部の外観図である。
- [図10]拡張フレームの外観図である。
- [図11]本発明の第1実施形態に係る水平駆動用動電型アクチュエータの中立ばね機構付近を拡大した縦断面図である。
- [図12]本発明の第1実施形態に係るXYスライダの平面図である。
- [図13]本発明の実施形態に係るクロスガイドの側面図である。

[図14]本発明の実施形態に係るA型リニアガイドの平面図である。

[図15]本発明の実施形態に係るA型リニアガイドの側面図である。

[図16]本発明の実施形態に係るA型リニアガイドの正面図である。

[図17]本発明の実施形態に係るA型リニアガイドの横断面図である。

[図18]図15のI-I断面図である。

[図19]リテーナの説明図である。

[図20]本発明の第1実施形態に係るX軸加振ユニットの側面図である。

[図21]本発明の第1実施形態に係るX軸加振ユニットの正面図である。

[図22]図21におけるYZスライダを拡大した図である。

[図23]本発明の第1実施形態に係る加振装置の振動テーブル付近の平面図である。

[図24]支持ユニットのばね機構付近を拡大した側面図である。

[図25]X軸カウンターバランス部の断面図である。

[図26]Z軸カウンターバランス部の断面図である。

[図27]Z軸カウンターバランス部のボルト固定位置を示す拡大平面図である。

[図28]振動テーブル上面の四隅で測定したX軸方向の相対加速度スペクトルである。

[図29]振動テーブル上面の四隅で測定したY軸方向の相対加速度スペクトルである。

[図30]振動テーブル上面の四隅で測定したZ軸方向の相対加速度スペクトルである。

[図31]Z軸カウンターバランス部上の加速度の監視点を示した図である。

[図32]X軸カウンターバランス部の変形例の断面図である。

[図33]X軸カウンターバランス部の外観図である。

[図34]XYスライダの変形例の平面図である。

[図35]クロスガイドの挙動を説明する図である。

[図36]本発明の第1実施形態に係る振動テーブルの平面図である。

[図37]本発明の第1実施形態に係る振動テーブルの正面図である。

[図38]本発明の第1実施形態に係る振動テーブルの左側面図である。

[図39]本発明の第1実施形態に係る振動テーブルの左側面図である。

[図40]本発明の第2実施形態に係る加振装置の振動テーブル付近を拡大した斜視図である。

[図41]本発明の第3実施形態に係る加振装置の振動テーブル付近を拡大した斜視図である。

[図42]本発明の第4実施形態に係る加振装置の振動テーブル付近を拡大した正面図である。

[図43]本発明の第4実施形態に係る加振装置の振動テーブル付近を拡大した側面図である。

[図44]本発明の第4実施形態に係る加振装置の振動テーブル付近を拡大した平面図である。

[図45]本発明の第5実施形態に係る加振装置の斜視図である。

[図46]第5実施形態のZ Xスライダが取り付けられたY軸加振ユニットの先端部を示す図である。

[図47]第5実施形態のX Yスライダ近傍の側面図である。

[図48]第5実施形態のリニアガイドの横断面図である。

[図49]図48におけるI-I断面図。

[図50]第5実施形態におけるZ軸加振ユニットの可動部の天板に取り付けられるレールの配置を説明する図である。

[図51]本発明の第6実施形態に係る動電型3軸加振装置の正面図である。

[図52]本発明の第6実施形態に係るフレーム6322の斜視図である。

[図53]本発明の第6実施形態に係るフレーム6322の斜視図である。

発明を実施するための形態

[0086] 以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態について説明する。なお、以下の説明において、同一の又は対応する構成要素については、同一の又は対応する符号を付して、重複する説明を省略する。

[0087] <第1実施形態>

図1は、本発明の第1実施形態に係る動電型3軸加振装置1（以下、「加振装置1」と略記する。）の機構部10の正面図である。以下の説明において、図1における左右方向をX軸方向（左方向をX軸正方向）、上下方向をZ軸方向（上方向をZ軸正方向）、紙面に垂直な方向をY軸方向（紙面裏側から表側に向かう方向をY軸正方向）とする。なお、本実施形態において、Z軸方向は鉛直方向であり、X軸及びY軸方向は水平方向である。また、図2及び図3は、それぞれ加振装置1の機構部10の左側面図及び平面図である。

[0088] 図1に示すように、加振装置1の機構部10は、その内部に供試体（不図示）が収容された状態で固定される略箱形の振動テーブル400と、振動テーブル400をX軸、Y軸及びZ軸方向にそれぞれ加振する3つの加振ユニット（X軸加振ユニット100、Y軸加振ユニット200及びZ軸加振ユニット300）と、各加振ユニット100、200及び300が取り付けられた装置ベース500を備えている。

[0089] 各加振ユニット100、200及び300は、それぞれ動電型アクチュエータ（ボイスコイルモータ）を備えた直動加振ユニットである。

[0090] X軸加振ユニット100は、スライド連結機構である2軸スライダ（YZスライダ160）を介して振動テーブル400に連結されている。YZスライダ160は、X軸加振ユニット100の加振方向（X軸方向）と直交する2方向（Y軸及びZ軸方向）においてX軸加振ユニット100と振動テーブル400との相対移動（スライド）を許容しつつ、X軸加振ユニット100の振動を正確に振動テーブル400へ伝達可能に構成されている。同様に、Y軸加振ユニット200及びZ軸加振ユニット300は、それぞれ2軸スライダであるZXスライダ260及びXYスライダ360を介して、振動テーブル400に連結されている。この構成により、加振装置1は、各加振ユニット100、200及び300を用いて、振動テーブル400及び振動テーブル400に固定された供試体を直交3軸方向に同時且つ独立に加振するこ

とができるようになっている。

[0091] 図4は、加振装置1の駆動制御システム1aの概略構成を示すブロック図である。駆動制御システム1aは、装置全体の動作を制御する制御部20と、振動テーブル400の振動を計測する計測部30と、加振装置1の各部に電力を供給する電源部40と、外部との入出力を行うインタフェース部50を備えている。

[0092] インタフェース部50は、例えば、ユーザとの間で入出力を行うためのユーザインタフェース、LAN (Local Area Network) 等の各種ネットワークと接続するためのネットワークインタフェース、外部機器と接続するためのUSB (Universal Serial Bus) やGPIB (General Purpose Interface Bus) 等の各種通信インタフェースの一つ以上を備えている。また、ユーザインタフェースは、例えば、各種操作スイッチ、表示器、LCD (liquid crystal display) 等の各種ディスプレイ装置、マウスやタッチパッド等の各種ポインティングデバイス、タッチスクリーン、ビデオカメラ、プリンタ、スキャナ、ブザー、スピーカ、マイクロフォン、メモリーカードリーダー等各種入出力装置の一つ以上を含む。

[0093] 計測部30は、振動テーブル400に取り付けられた3軸振動センサ(3軸振動ピックアップ)32を備えており、3軸振動センサ32からの信号(例えば、加速度信号や速度信号)を増幅及びデジタル変換して制御部20へ送信する。なお、3軸振動センサ32は、X軸、Y軸及びZ軸方向の振動を独立に検出する。また、計測部30は、3軸振動センサ32の信号に基づいて、振動テーブル400の振動状態を表す各種パラメータ(例えば、速度、加速度、加加速度、加速度レベル(振動レベル)、振幅、パワースペクトル密度の一つ以上を含む)を計算して、制御部20へ送信する。制御部20は、インタフェース部50を介して入力された加振波形や計測部30から入力されたデータに基づいて、各加振ユニット100、200及び300の駆動コイル(後述)に入力する交流電流の大きさや周波数を制御することにより、所望の振幅及び周波数で振動テーブル400を加振することができる。

- [0094] 次に、各加振ユニット１００、２００及び３００の構造を説明する。後述するように、Ｘ軸加振ユニット１００及びＹ軸加振ユニット２００は、水平駆動用動電型アクチュエータ（以下、単に「水平アクチュエータ」という。）１００Ａ及び２００Ａをそれぞれ備えている。また、Ｚ軸加振ユニット３００は、鉛直駆動用動電型アクチュエータ（以下、単に「鉛直アクチュエータ」という。）３００Ａを備えている。
- [0095] 図５、図６及び図７は、それぞれＺ軸加振ユニット３００（及び振動テーブル４００）の正面図、左側面図及び平面図である。
- [0096] 鉛直アクチュエータ３００Ａは、供試体や振動テーブルの重量（静荷重）を支持するための空気ばね３３０（図８）を備えている。一方、水平アクチュエータ１００Ａ及び２００Ａは、振動テーブルを中立位置（原点、基準位置）に戻す復元力を与える中立ばね機構１３０（図１１）及び２３０（不図示）をそれぞれ備えている。水平アクチュエータ１００Ａ及び２００Ａは、空気ばね３３０の代わりに中立ばね機構１３０、２３０が設けられている点及び後述する支持ユニット３５０と支持ユニット１５０、２５０の具体的構造が相違する点を除いては、鉛直アクチュエータ３００Ａと同一構成である為、各アクチュエータを代表して鉛直アクチュエータ３００Ａについて詳細な構成を説明する。
- [0097] 図８に示すように、鉛直アクチュエータ３００Ａは、筒状体３１２を有する固定部３１０と、その下部が固定部３１０の筒内に收容された可動部３２０を備えている。可動部３２０は、固定部３１０に対して鉛直方向（Ｚ軸方向）に移動可能である。
- [0098] 図９は、可動部３２０の概略構成を示す外観図である。可動部３２０は、略円柱状のメインフレーム３２２と、メインフレーム３２２の下端部に同軸に取り付けられた駆動コイル３２１と、メインフレームの下面中央から下方に延びるロッド３２６（図８）を備えている。また、メインフレーム３２２の上端部には、メインフレーム３２２と略同径の拡張フレーム３２４が同軸に取り付けられている。

- [0099] メインフレーム 322 は、駆動方向（Z 軸方向）と垂直に配置された略円板状の天板 322 a と、天板 322 a の下面中央から垂直（駆動方向）に延びる円筒状の主柱 322 c と、主柱 322 c の外周に放射状に取り付けられた 8 枚の略矩形平板状のリブ 322 b を備えている。主柱 322 c 及び 8 枚のリブ 322 b により、メインフレーム 322 の略円筒状の胴部が形成される。8 枚のリブ 322 b は、主柱 322 c の周囲に、周方向に等間隔に配列されている。このように配置された 8 枚のリブ 322 b によって天板 322 a と主柱 322 c とを連結することにより、メインフレーム 322 に十分な剛性が与えられている。天板 322 a、リブ 322 b 及び主柱 322 c は、溶接等により互いに一体に結合している。
- [0100] リブ 322 b の下端部の外周側は、下方に突出して、コイル取付部 322 d を形成している。8 枚のリブ 322 b のコイル取付部 322 d が駆動コイル 321 の上端部に差し込まれ、駆動コイル 321 がメインフレーム 322 に取り付けられる。
- [0101] 図 8 に示されるように、主柱 322 c には、下方からロッド 326 が嵌入している。ロッド 326 の下部は、主柱 322 c から下方に突出している。また、天板 322 b には、拡張フレーム 324 が取り付けられている。
- [0102] 図 10 は、拡張フレーム 324 の外観図である。図 10 に示されるように、拡張フレーム 324 は、メインフレーム 322 と略同径の胴部 324 a と、胴部 324 a の上端に水平に取り付けられた天板 324 b を備えている。天板 324 b は、胴部 324 a の外径以上の幅（X 軸方向寸法）及び奥行（Y 軸方向寸法）を有する略矩形平板状の部材である。
- [0103] 拡張フレーム 324 の天板 324 b の上面には、X 軸方向及び Y 軸方向に格子状に延びる 6 条の溝（一对の垂直な段差 324 b 1）が形成されている。各溝の片側の段差 324 b 1 に沿って、後述する XY スライダ 360 の半数（本実施形態においては 9 本）のレール 364 a が配置される。すなわち、段差 324 b 1 はレール 364 a を天板 324 b 上の正確な位置に取り付けるための位置決め構造である。段差 324 b 1 を設けることにより、レー

ル 3 6 4 a を、単に段差 3 2 4 b 1 に沿わせて取り付けただけで、9本のレール 3 6 4 a を高い平行度／垂直度で天板 3 2 4 b 上に配置することが可能になる。なお、各溝の底面にはレール 3 6 4 a をボルトで固定するための複数のねじ穴 3 2 4 b 2 が形成されている。

[0104] 胴部 3 2 4 a の X 軸方向及び Y 軸方向における両側面には、後述する可動部支持機構 3 4 0 の Z 軸レール 3 4 4 a を位置決め固定するための段差 3 2 4 a 1 と複数のねじ穴 3 2 4 a 2 がそれぞれ形成されている。また、胴部 3 2 4 a の下面には、凹部 3 2 4 a 3 が形成されている。この凹部 3 2 4 a 3 にメインフレーム 3 2 2 の天板 3 2 2 a が嵌め込まれた状態で、拡張フレーム 3 2 4 がメインフレーム 3 2 2 にボルトで固定される。

[0105] 固定部 3 1 0 の筒状体 3 1 2 の内部には、筒状体 3 1 2 と同軸に配置された略円筒形状の内側磁極 3 1 6 が固定されている。筒状体 3 1 2 と内側磁極 3 1 6 は、共に磁性体から形成されている。内側磁極 3 1 6 の外径は駆動コイル 3 2 1 の内径よりも小さく、駆動コイル 3 2 1 は内側磁極 3 1 6 の外周面と筒状体 3 1 2 の内周面とで挟まれた隙間に配置されている。また、内側磁極 3 1 6 の筒内には、ロッド 3 2 6 を Z 軸方向のみに移動可能に支持する軸受 3 1 8 が固定されている。

[0106] 筒状体 3 1 2 の内周面 3 1 2 a には複数の凹部 3 1 2 b が形成されており、各凹部 3 1 2 b には励磁コイル 3 1 4 が収容されている。励磁コイル 3 1 4 に直流電流（励磁電流）を流すと、筒状体 3 1 2 の内周面 3 1 2 a と内側磁極 3 1 6 の外周面とが接近して対向する箇所において、筒状体 3 1 2 の半径方向に矢印 A で示すような磁界が発生する。この状態で駆動コイル 3 2 1 に駆動電流を流すと、駆動コイル 3 2 1 の軸方向、すなわち Z 軸方向にローレンツ力が発生し、可動部 3 2 0 が Z 軸方向に駆動される。

[0107] また、内側磁極 3 1 6 の筒内には、空気ばね 3 3 0 が収納されている。空気ばね 3 3 0 の下端は筒状体 3 1 2 に固定されている。また、空気ばね 3 3 0 の上面には、ロッド 3 2 6 に形成されたフランジ部が載せられている。すなわち、空気ばね 3 3 0 は、ロッド 3 2 6 を介してメインフレーム 3 2 2 を

下方から支持する。より詳しく説明すると、空気ばね３３０によって、可動部３２０と、可動部３２０に支持されるＸＹスライダ３６０、振動テーブル４００、後述するＸ軸カウンターバランス部６１０、Ｙ軸カウンターバランス部６２０及びＺ軸カウンターバランス部６３０並びに供試体の重量（静荷重）が支持される。従って、Ｚ軸加振ユニット３００に空気ばね３３０を設けることにより、Ｚ軸加振ユニット３００の駆動力（ローレンツ力）によって可動部３２０や振動テーブル４００等の重量（静荷重）を支持する必要がなくなり、可動部３２０等を振動させるための動荷重のみを与えればよくなるため、Ｚ軸加振ユニット３００に供給すべき駆動電流（すなわち消費電力）が低減する。また、必要な駆動力の低減により、駆動コイル３２１の小型化が可能になるため、可動部３２０の軽量化により、Ｚ軸加振ユニット３００をより高い周波数で駆動することが可能になる。更に、可動部３２０や振動テーブル４００等の重量を支持する為の大きな直流成分を駆動コイル３２１に供給する必要がなくなる為、電源部４０も小型で簡単な構成のものを採用することが可能になる。

[0108] また、Ｚ軸加振ユニット３００の可動部３２０を駆動すると、固定部３１０も駆動軸（Ｚ軸）方向に大きな反力（加振力）を受ける。可動部３２０と固定部３１０の間に空気ばね３３０を設けることにより、可動部３２０から固定部３１０への伝達される加振力が緩和される。そのため、例えば、可動部３２０の振動が、固定部３１０、装置ベース５００及び加振ユニット１００、２００を介して振動テーブル４００へノイズ成分として伝達されることが防止される。

[0109] ここで、水平アクチュエータ１００Ａの構成について説明する。上述したように、水平アクチュエータ１００Ａは、空気ばね３３０（図８）の替わりに中立ばね機構１３０（図１１）を備えている点及び支持ユニット１５０の具体的構造において鉛直アクチュエータ３００Ａと相違し、その他の基本的な構成において両者は共通する。なお、中立ばね機構１３０も、空気ばね３３０と同様に、水平アクチュエータ１００Ａの固定部１１０と可動部１２０

とを弾性的に連結する緩衝装置である。また、水平アクチュエータ 200A も、以下に説明する水平アクチュエータ 100A と同一構成のものである。

[0110] 図 11 は、中立ばね機構 130 付近を拡大した、水平アクチュエータ 100A の縦断面図である。破線枠内は、X 軸正方向に向かって見た中立ばね機構 130 の背面図である。

[0111] 中立ばね機構 130 は、U 形ステー 131、ロッド 132、ナット 133 及び一对の圧縮コイルばね 134、135（弾性要素）を備えている。U 形ステー 131 は、その U 字の両端に形成されたフランジ部 131a において、固定部 110 の底部（図 11 における右端部）に固定されている。また、U 形ステー 131 の底部 131b（図 11 における左端部）の中央には、X 軸方向に延びるロッド 132 が通される貫通穴 131b1 が設けられている。

[0112] ロッド 132 は、その一端（図 11 における左端）にフランジ部 132b が設けられており、フランジ部 132b を介して、可動部 120 のロッド 126 の先端（図 11 における右端）に接続されている。また、ロッド 132 の他端部（図 11 における右端部）には、ナット 133 が嵌められるおねじ部 132a が形成されている。

[0113] 一对のコイルばね 134、135 は、ロッド 132 に被せられている。一方のコイルばね 134 は、ナット 133 のフランジ部 133a と U 形ステー 131 の底部 131b（弾性要素支持プレート）とで挟み込まれて保持されている。他方のコイルばね 135 は、U 形ステー 131 の底部 131b とロッド 132 のフランジ部 132b とで挟み込まれて保持されている。ナット 133 の締め付けにより、一对のコイルばね 134、135 には予荷重が与えられている。一对のコイルばね 134、135 の復元力が釣り合う位置が、水平アクチュエータ 100A の可動部 120 の可動方向（X 軸方向）における中立位置（あるいは、原点若しくは基準位置）となる。可動部 120 が中立位置から離れると、中立ばね機構 130（直接的には、一对のコイルばね 134、135）により、可動部 120 を中立位置へ戻す方向の復元力が

可動部 120 に作用する。これにより、可動部 120 は、常に中立位置を基準とした X 軸方向への往復駆動を行うことが可能になり、作動中に可動部 120 の位置が揺らぐという問題が解消される。

[0114] 次に、鉛直アクチュエータ 300A の説明に戻り、可動部 320 の上部を軸線方向にスライド可能に側方から支持する可動部支持機構 340 の構成を説明する。

[0115] 図 6 及び図 8 に示すように、鉛直アクチュエータ 300A の可動部 320 は、その外周に等間隔に配置された 4 つの可動部支持機構 340 により、駆動方向（Z 軸方向）のみに移動可能に側方から支持されている。

[0116] 本実施形態の可動部支持機構 340 は、アングルプレート 342 及び Z 軸リニアガイド 344 を備えている。また、Z 軸リニアガイド 344 は、Z 軸レール 344a 及び Z 軸キャリッジ 344b を備えている。なお、本実施形態では、Z 軸リニアガイド 344 には、後述する A 型リニアガイド 364 / A（図 14-19）と同一構成のものが使用される。なお、リニアガイドは、直線運動を案内する機構であり、Z 軸リニアガイド 344 は Z 軸方向の直線運動を案内する。

[0117] 可動部 320 の拡張フレーム 324 の胴部 324a の側面には、4 組の可動部支持機構 340 の Z 軸方向に延びる Z 軸レール 344a が、周方向において等間隔に取り付けられている。なお、本実施形態では、図 3 及び図 7 に示すように、2 対の可動部支持機構 340 が、それぞれ X 軸方向及び Y 軸方向と 45° を成す水平方向において対向するように配置されているが、説明の便宜上、その他の図面では、2 対の可動部支持機構 340 がそれぞれ X 軸方向及び Y 軸方向において対向するように図示している。また、可動部支持機構 340 の数量や配置は本実施形態の構成に限定されないが、例えば、可動部 320 の周囲に略等間隔に配置された 3 組以上の可動部支持機構 340 によって可動部 320 を支持する構成が望ましい。

[0118] 固定部 310（筒状体 312）の上面には、筒状体 312 の内周面に沿って等間隔（90° 間隔）に 4 つのアングルプレート 342 が固定されている

。アングルプレート342は、リブで補強された断面がU字状（若しくはL字状）の固定部材である。各アングルプレート342の直立部342uには、Z軸レール344aと係合するZ軸キャリッジ344bが固定されている。

[0119] Z軸キャリッジ344bは、転動体である多数のボールRE（後述）を内蔵し、Z軸レール344aと共に転がり案内であるZ軸リニアガイド344を構成する。すなわち、可動部320は、その上部の拡張フレーム324において、アングルプレート342及びZ軸リニアガイド344からなる4組の支持構造（可動部支持機構340）によってZ軸方向のみにスライド可能に側方から支持され、X軸及びY軸方向には移動できないようになっている。そのため、可動部320がX軸及びY軸方向に振動することによるクロストークの発生が防止される。また、Z軸リニアガイド344（転がり案内）の使用により、可動部320はZ軸方向へスムーズに移動可能になっている。更に、可動部320は、上述のように、その下部においても軸受318によってZ軸方向のみに移動可能に支持されている為、X軸、Y軸及びZ軸周りの回転も規制され、不要な振動（Z軸方向への制御された並進運動以外の振動）が発生し難くなっている。

[0120] また、リニアガイドの通常の使用態様においては、レールが固定側に取り付けられ、キャリッジが可動側に取り付けられる。しかしながら、本実施形態では、通常の使用態様とは逆に、可動部320にZ軸レール344aが取り付けられて、アングルプレート342にZ軸キャリッジ344bが取り付けられている。このような特異な取付構造を採用することにより、不要な振動が抑制されている。これは、Z軸キャリッジ344bよりもZ軸レール344aの方が、軽量であり、駆動方向（Z軸方向）の寸法が長く（従って単位長さ当たりの質量が小さく）、尚且つ駆動方向の質量分布が均一である為、可動部320にZ軸レール344aを固定した方が、Z軸加振ユニット300を駆動したときの質量分布の変動が少なく、従って、質量分布の変動に伴って生じる振動を低く抑えることができるからである。また、Z軸キャリ

ッジ 344b よりも Z 軸レール 344a の方が、重心が低い（すなわち設置面から重心までの距離が短い）為、可動側に Z 軸レール 344a を固定した方が、慣性モーメントが小さくなる。従って、この構成により、固定部 310 の共振周波数を加振周波数帯（例えば、0～2000Hz 以上）よりも十分に高くすることが可能になり、共振による加振精度の低下が抑制される。

[0121] 次に、Z 軸加振ユニット 300 と振動テーブル 400 とを連結する XY スライダ 360 の構成について説明する。

[0122] 図 12 は、XY スライダ 360 の構成を説明する平面図である。図 5、図 6 及び図 12 に示すように、本実施形態の XY スライダ 360 は、X 軸方向及び Y 軸方向に等間隔に配列した 9 つのクロスガイド 364（364L1～L3、364M1～M3、364R1～R3）から構成されている。これらの 9 つのクロスガイド 364 は、それぞれ Z 軸加振ユニット 300（具体的には、鉛直アクチュエータ 300A の可動部 320）と振動テーブル 400 とを X 軸方向及び Y 軸方向に低抵抗でスライド可能に連結する。

[0123] 図 13 は、クロスガイド 364 の側面図である。クロスガイド 364 は、A 型リニアガイド 364/A と B 型リニアガイド 364/B とを、可動方向が互いに直交するように、キャリッジ上面同士を重ね合わせて固定したものである。後述するように、A 型リニアガイド 364/A 及び B 型リニアガイド 364/B のキャリッジは、走行方向に少し長く形成されているため、長さ（L）方向における質量分布と幅（W）方向における質量分布が異なり、これが加振装置 1 の加振性能に方向性を与える一因となり得る。本実施形態では、A 型リニアガイド 364/A と B 型リニアガイド 364/B のキャリッジ同士を、一方の長さ方向を他方の幅方向に向けて、直接固定することでクロスキャリッジ（クロスガイド 364 のキャリッジ）が形成されている。これにより、A 型リニアガイド 364/A と B 型リニアガイド 364/B の質量分布の方向性が相当程度相殺され、質量分布の方向性の少ないクロスキャリッジが得られる。このようなクロスキャリッジを使用することにより、加振装置 1 の加振性能の方向性が軽減されている。A 型リニアガイド 364

／A及びB型リニアガイド364／Bの詳細については、後述する。

[0124] 図12では、各クロスガイド364を構成する一対のリニアガイド（X軸方向にスライド可能なX軸リニアガイド364X及びY軸方向にスライド可能なY軸リニアガイド364Y）のうち、振動テーブル400側に配置されたものを実線で示し、Z軸加振ユニット300側に配置されたものを破線で示している。実線で示した振動テーブル400側のリニアガイドに着目すると、X軸リニアガイド364Xが振動テーブル400に取り付けられた第1の向きのクロスガイド364P（クロスガイド364M1、364L2、364R2、364M3）と、Y軸リニアガイド364Yが振動テーブル400に取り付けられた第2の向きのクロスガイド364（クロスガイド364L1、364R1、364M2、364L3、364R3）が混在していることが分かる。そして、X軸方向及びY軸方向の各方向において、隣り合うクロスガイド364の向きが互い違いになっている。すなわち、第1の向きのクロスガイド364Pと第2の向きのクロスガイド364とが、X軸方向及びY軸方向の各方向において、交互に並べられている。このように、向きを交互に替えてクロスガイド364を配列することにより、クロスガイド364の質量分布の方向性が平均化され、より方向性の少ない加振性能が実現している。

[0125] 次に、クロスガイド364を構成するA型リニアガイド364／A及びB型リニアガイド364／Bの詳細を説明する。

[0126] 図14、図15及び図16は、それぞれA型リニアガイド364／A（B型リニアガイド364／B）の平面図、側面図及び正面図である。A型リニアガイド364／A（B型リニアガイド364／B）は、レール364aとA型キャリッジ364b／A（B型キャリッジ364b／B）とを備えている。

[0127] A型キャリッジ364b／A（B型キャリッジ364b／B）には、キャリッジ上面の四隅に、ボルト固定用の4つのねじ穴（キリ穴）である取付穴HA（取付穴HB）が設けられている。A型キャリッジ364b／AとB型

キャリッジ 3 6 4 b / B とは、取付穴 H A、H B の種類を除いて互いに同一の構造を有している。

[0128] 4つの取付穴 H A、H B は、それらの中心線がキャリッジ上面における正方形 S q（図 1 4 に鎖線で示す）の各頂点を通るように形成されている。すなわち、A 型キャリッジ 3 6 4 b / A の取付穴 H A が形成される間隔（正方形 S q の辺の長さ）は、B 型キャリッジ 3 6 4 b / B の取付穴 H B が形成される間隔と一致しており、取付穴 H A、H B の配置は、それぞれ 4 回回転対称性を有している。

[0129] そのため、A 型キャリッジ 3 6 4 b / A と B 型キャリッジ 3 6 4 b / B とを、互いに走行方向を 90 度ずらして重ね合わせても、4 つの取付穴 H A と 4 つの取付穴 H B とがそれぞれ連絡し、4 本のボルトによって A 型キャリッジ 3 6 4 b / A と B 型キャリッジ 3 6 4 b / B とを連結することができるように構成されている。

[0130] また、A 型キャリッジ 3 6 4 b / A の取付穴 H A をねじ穴とし、B 型キャリッジ 3 6 4 b / B の取付穴 H B をキリ穴としているため、連結板を介さずに A 型キャリッジ 3 6 4 b / A と B 型キャリッジ 3 6 4 b / B とを直接連結することができる。これにより、クロスガイド 3 6 4 の小型化及び軽量化が可能になっている。このように、連結板を省いてクロスガイド 3 6 4 を小型・軽量化することにより、クロスガイド 3 6 4 の剛性が高く（すなわち固有振動数が高く）なり、加振装置 1 の加振性能が向上する。具体的には、より高い周波数まで振動ノイズの少ない加振が可能になる。また、軽量化により、クロスガイド 3 6 4 の加振に（すなわち機構部 10 の駆動に）必要な電力も低減する。

[0131] A 型キャリッジ 3 6 4 b / A（B 型キャリッジ 3 6 4 b / B）のキャリッジ上面における四隅には、それぞれ L 字状の切欠部 C 1 が形成されている。更に、A 型キャリッジ 3 6 4 b / A（B 型キャリッジ 3 6 4 b / B）の幅方向（図 1 4 における上下方向）両側の下部には、走行方向に伸びる一対の L 字状の切欠部 C 2 が形成されている。すなわち、取付穴 H A（取付穴 H B）

が形成される幅方向両側から張り出したフランジ部Fを除いて、A型キャリッジ364b/A（B型キャリッジ364b/B）の幅方向両端部が削ぎ落とされている。これにより、A型キャリッジ364b/A（B型キャリッジ364b/B）の軽量化が実現されている。

[0132] このように、クロスガイド364は、クロスガイド専用のA型リニアガイド364/A、B型リニアガイド364/B及びこれらを連結する4本のボルトのみから構成されるため、小型、軽量かつ高剛性なものとなっている。これにより、クロスガイド364は共振周波数が高く、振動ノイズの少ないXYスライダ（スライド連結機構）の実現を可能にしている。

[0133] また、上述したように、A型キャリッジ364b/AとB型キャリッジ364b/Bとは、取付穴HA、HBを除いて互いに同一の構造を有している。そのため、A型リニアガイド364/AとB型リニアガイド364/Bとを互いに走行方向を90度ずらして連結することにより、長さ（L）方向及び幅（W）方向における各リニアガイドの質量分布の方向性が相殺され、質量分布の方向性が小さいクロスガイド364が実現している。

[0134] また、各キャリッジ364b/A、364b/Bは、それぞれ上下方向（図14において紙面に垂直な方向）の軸周りに略2回回転対称性を有しているが、4回回転対称性は有していない。そのため、各キャリッジ364b/A、364b/Bは、走行方向（図14における左右方向）と横方向（図14における上下方向）とで、外力に対する応答特性が異なる。

[0135] それぞれ実質的に2回回転対称性を有し、質量分布が互いに略等しいA型キャリッジ364b/AとB型キャリッジ364b/Bとを上下方向の軸（回転対称軸）の周りに90度回転させて連結させたクロスガイド364のキャリッジ（クロスキャリッジ）は、略4回回転対称を獲得し、2つの走行方向（X軸方向とY軸方向）の間で外力に対する応答特性がより均質なものとなっている。

[0136] クロスガイド364を介して、Z軸加振ユニット300の可動部320と振動テーブル400とを連結することにより、振動テーブル400は、Z軸

加振ユニット３００の可動部３２０に対してＸ軸方向及びＹ軸方向にスライド可能に連結される。

[0137] 次に、クロスガイド３６４を構成する各リニアガイドの内部構造について、Ａ型リニアガイド３６４／Ａを例に挙げて説明する。

[0138] 図１７は、Ａ型リニアガイド３６４／Ａの横断面図である。また、図１８は、図１７のⅠ－Ⅰ断面図である。本実施形態のＡ型リニアガイド３６４／Ａは、転動体であるボールＲＥの外径を通常の半分程度にまで小さくして、転動体の負荷経路の数を通常の２倍の８条とすることにより、レールとキャリッジとの間に介在するボールＲＥの数（有効ボール数）を通常の２倍以上に増やしたものである。これにより、通常の２倍以上の数のボールＲＥに荷重が分配されるため、ボールＲＥ１個当たりの負荷が半減して、リニアガイドの剛性が著しく向上する。また、有効ボール数を増やしたことにより、より均質な転がり案内が可能になり、その結果、キャリッジの運動精度が向上（具体的には、走行時に生じるキャリッジの姿勢変動や振動が低減）している。

[0139] Ａ型キャリッジ３６４ｂ／Ａは、メインブロック３６４ｂ１／Ａと、メインブロック３６４ｂ１／Ａの走行方向両端に取り付けられた一対のエンドブロック３６４ｂ２と、走行方向においてメインブロック３６４ｂ１／Ａを貫通する４つの円柱状の貫通穴ｈ１、ｈ２、ｈ３、ｈ４にそれぞれ挿し込まれた４つのロッド部材Ｒ１、Ｒ２、Ｒ３、Ｒ４を備えている。本実施形態のロッド部材Ｒ１、Ｒ２、Ｒ３、Ｒ４は、同一構成の部材である。

[0140] 本実施形態では、メインブロック３６４ｂ１／Ａは金属部材（例えばステンレス鋼）であり、エンドブロック３６４ｂ２及びロッド部材Ｒ１、Ｒ２、Ｒ３、Ｒ４は樹脂部材である。なお、Ａ型キャリッジ３６４ｂ／Ａを構成する各部材の材質は、本実施形態のものに限定されず、金属、樹脂、セラミックス又は各種複合材料（例えば繊維強化プラスチック）等から適宜選択される。

[0141] 図１７に示すように、レール３６４ａの両側面（右側面ＳＲ、左側面ＳＬ

）には、それぞれ長さ方向に伸びる溝G aが2条ずつ近接して形成されている。また、レール3 6 4 aの上面の左右の部分（右上面T R、左上面T L）にも、それぞれ長さ方向に伸びる溝G aが2条ずつ近接して形成されている。

[0142] 一方、A型キャリッジ3 6 4 b／Aのメインブロック3 6 4 b 1／Aには、8条（2条×4組）の溝G bが、各溝G aと対向する位置にそれぞれ形成されている。対向する溝G aと溝G bの各対により、負荷経路P a（P a 1、P a 2、P a 3、P a 4）及び負荷経路P b（P b 1、P b 2、P b 3、P b 4）がそれぞれ形成される。ここで、負荷経路とは、転動体の経路のうち、転動体に荷重が加わる部分をいう。

[0143] 負荷経路P a 1及びP b 1（負荷経路対P 1）は、レール3 6 4 aの右側面S Rとメインブロック3 6 4 b 1／Aとの間に互いに近接して形成されている。負荷経路P a 2及びP b 2（負荷経路対P 2）は、レール3 6 4 aの右上面T Rとメインブロック3 6 4 b 1／Aとの間に互いに近接して形成されている。負荷経路P a 3及びP b 3（負荷経路対P 3）は、レール3 6 4 aの左上面T Lとメインブロック3 6 4 b 1／Aとの間に互いに近接して形成されている。負荷経路P a 4及びP b 4（負荷経路対P 4）は、レール3 6 4 aの左側面S Lとメインブロック3 6 4 b 1／Aとの間に互いに近接して形成されている。このように互いに平行に近接して形成された転動体の経路の対を以下「経路対」という。

[0144] また、レール3 6 4 aの右側面S R、右上面T R、左上面T L、左側面S Lとメインブロック3 6 4 b 1／Aの間には、それぞれ隙間G s 1、G s 2、G s 3、G s 4が形成されている。負荷経路対P 1、P 2、P 3、P 4は、それぞれ隙間P c 1、P c 2、P c 3、P c 4内に形成されている。

[0145] 4つの貫通穴h 1、h 2、h 3、h 4は、4対の負荷経路対P 1、P 2、P 3、P 4のそれぞれと対向する位置に平行に形成されている。

[0146] ロッド部材R 1、R 2、R 3、R 4には、横断面が略矩形状の貫通穴Q c（Q c 1、Q c 2、Q c 3、Q c 4）が、それぞれ長さ方向に貫通している

。各貫通穴 Q_c の内周面（具体的には、狭い間隔で対向する2つの面）には、貫通穴 Q_c の延長方向に延びる対向する2対の溝 G_c 、 G_e （貫通穴 Q_c 2のみに符号を付す。）からなる無負荷経路 Q_a （ Q_{a1} 、 Q_{a2} 、 Q_{a3} 、 Q_{a4} ）及び Q_b （ Q_{b1} 、 Q_{b2} 、 Q_{b3} 、 Q_{b4} ）がそれぞれ形成されている。

[0147] 図18に示すように、ロッド部材 R_3 の両端には、メインブロック364b1/Aの貫通穴 h_3 から突き出たU字状の突出部 R_{p3} が設けられている。各突出部 R_{p3} の外周面には、上述した一对の一对の平行な溝 G_{cu} が形成されている。他のロッド部材 R_1 、 R_2 、 R_4 にも、それぞれ一对のU字状の溝 G_c が形成された突出部 R_{p1} 、 R_{p2} 、 R_{p4} （不図示）が設けられている。

[0148] エンドブロック364b2には、各突出部 R_p （ R_{p1} 、 R_{p2} 、 R_{p3} 、 R_{p4} ）を収容する4つの凹部 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 （凹部 D_3 のみを図示する。）が形成されている。凹部 D_3 には、突出部 R_{p3} に形成された一对の溝 G_{cu} とそれぞれ対向する一对の溝 G_e が形成されている。対向する二対の溝 G_c 、 G_e により、二つのU字状の折り返し経路 U_{a3} 、 U_{b3} （経路 U_{a3} のみを図示する。）が構成される。同様に、他の3つの凹部 D_1 、 D_2 、 D_4 にも一对の溝 G_e が形成されており、対応する突出部 R_{p1} 、 R_{p2} 、 R_{p4} に形成された一对の溝 G_c との間に、それぞれ一对の折り返し経路 U_{a1} と U_{b1} 、 U_{a2} と U_{b2} 、 U_{a4} と U_{b4} が構成されている。

[0149] また、突出部 R_{p1} 、 R_{p2} 、 R_{p3} 、 R_{p4} と凹部 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 との間には、それぞれ隙間 G_{u1} 、 G_{u2} 、 G_{u3} 、 G_{u4} （不図示）が形成されている。折り返し経路 U_{a1} と U_{b1} 、 U_{a2} と U_{b2} 、 U_{a3} と U_{b3} 、 U_{a4} と U_{b4} は、それぞれ隙間 G_{u1} 、 G_{u2} 、 G_{u3} 、 G_{u4} に形成されている。

[0150] 折り返し経路 U_a 、 U_b は、一端が負荷経路 P_a 、 P_b に、他端が無負荷経路 Q_a 、 Q_b にそれぞれ接続されている。すなわち、8条の負荷経路 P_a

1、P b 1、P a 2、P b 2、P a 3、P b 3、P a 4、P b 4と、8条の無負荷経路Q a 1、Q b 1、Q a 2、Q b 2、Q a 3、Q b 3、Q a 4、Q b 4とが、8対の折り返し経路U a 1、U b 1、U a 2、U b 2、U a 3、U b 3、U a 4、U b 4により環状に連結されて、8条の循環経路が形成されている。

[0151] また、隙間G s (G s 1、G s 2、G s 3、G s 4)と、貫通穴Q c (Q c 1、Q c 2、Q c 3、Q c 4)とが、一对のU字状の隙間G u (G u 1、G u 2、G u 3、G u 4)により環状に連結されて、4つの環状隙間C Gが形成されている。この4つの環状隙間C Gに、上記の4対(8条)の循環経路C Pがそれぞれ形成されている。

[0152] 8条の循環経路C Pには、それぞれ多数のステンレス鋼製のボールR E (転動体)が一行に整列して収容されている。また、4つの環状隙間C Gには、それぞれ1つの無端ベルト状のリテーナR Tが通されている。

[0153] 図19は、リテーナR Tの一部を示す斜視図である。リテーナR Tは、可撓性を有する樹脂部材であり、多数の貫通穴R T hが長さ方向に一定間隔で2列に形成されている。貫通穴R T hの2つの列の間隔は、各環状隙間C Gに設けられた2条の循環経路C P(経路対)と同じ間隔となっている。リテーナR Tの2列の貫通穴R T hには、同じ環状隙間C G内の経路対に配置された多数のボールR Eが、それぞれ回転可能に嵌め込まれる。そして、リテーナR Tは、多数のボールR Eと共に、環状隙間C G内を循環する。リテーナR Tは、ボールR E同士の接触を防ぎ、ボールR E同士の摩擦に基づく振動ノイズやボールR Eの摩耗を低減させる。

[0154] 図14に示すように、本実施形態のA型キャリッジ364b/A(及びB型キャリッジ364b/B)は、長さLを125mm以下(約120mm)として、アスペクト比(長さLと幅Wとの比L/W)が1.35以下(約1.32)に抑えられている。

[0155] キャリッジを長くすると、走行精度(ウェービング特性等)や剛性が向上するが、重量が増加して加振(加速)性能が低下するというデメリットがあ

る。加振装置に使用する8条列型のキャリッジの長さLは、70－160 mmの範囲内（より好ましくは90－140 mmの範囲内、更に好ましくは110－130 mmの範囲内）とすることが望ましい。

[0156] また、各軸方向の加振性能を均一にするため、アスペクト比 L/W は1に近い方が良い。本実施形態のような8条列型のキャリッジのアスペクト比 L/W は、0.65－1.5の範囲内（より好ましくは0.7－1.4の範囲内、更に好ましくは0.75－1.35の範囲内）とすることが望ましい。

[0157] このように、X軸方向及びY軸方向に少ない抵抗でスライド可能なXYスライダ360を介してZ軸加振ユニット300と振動テーブル400とを連結することにより、X軸加振ユニット100及びY軸加振ユニット200により振動テーブル400をX軸方向及びY軸方向にそれぞれ振動させても、振動テーブル400のX軸方向及びY軸方向の振動成分はZ軸加振ユニット300へ伝達されることがない。

[0158] また、Z軸加振ユニット300の駆動によって、振動テーブル400にX軸及びY軸方向の力はほとんど加わらない。そのため、クロストークの少ない加振が可能になる。

[0159] また、上述したように、本実施形態のA型リニアガイド364/Aは、ボールREの外径を通常の半分程度にまで小さくすることで、循環経路CPの条数を通常の2倍の8条としている。また、各負荷経路に配列されるボールREの数も、通常の2倍近くにまで増やされている。その結果、A型キャリッジ364b/Aは、従来の2倍以上（4倍近く）の数のボールREによって、より分散して支持されている。その結果、剛性の向上と走行精度の向上（低ウェーピング化）が実現している。

[0160] A型リニアガイド364/Aのような8条列型のリニアガイドは、これまでは工作機械等における位置精度の向上を目的とした使用に限られていたため、従来の8条列型リニアガイドは、キャリッジ長Lが180 mm以上と大きく、また、アスペクト比も2.3以上と重量バランスの低いものとなっていた。その結果、従来の8条列型リニアガイドは、加振装置等の高速駆動を

行う機構には適さないものとなっていた。本実施形態のA型リニアガイド364/A(B型リニアガイド364/B)は、キャリッジの長さLとアスペクト比を小さくすることにより、8条列型リニアガイドを加振装置にも適用可能なものとなっている。また、A型リニアガイド364/Aを使用することにより、従来は困難であった2kHzを超える周波数での加振が可能になった。

[0161] 次に、X軸加振ユニット100と振動テーブル400とを連結するYZスライダ160の構成を説明する。

[0162] 図20は、X軸加振ユニット100及び振動テーブル400の側面図である。

図21は、X軸加振ユニット100の正面図である。

図22は、YZスライダ160の正面図である。

図23は、振動テーブル400付近の平面図である。

[0163] 図20に示すように、YZスライダ160は、X軸加振ユニット100の可動部120(拡張フレーム124)の先端面に固定された連結アーム162と、連結アーム162と振動テーブル400とをY軸方向及びZ軸方向にスライド可能に連結するクロスガイド部164とを備えている。

[0164] 図22に示すように、クロスガイド部164は、2本のY軸レール164a/Y(164a/Y1、164a/Y4)と、6本のZ軸レール164a/Z(164a/Z1、164a/Z2、164a/Z3、164a/Z4、164a/Z5、164a/Z6)と、Y軸レール164a/YとZ軸レール164a/ZとをY軸及びZ軸方向にスライド可能に連結する6個のクロスキャリッジ164b(164b/1、164b/2、164b/3、164b/4、164b/5、164b/6)を備えている。6個のクロスキャリッジ164bは、格子状(Y軸方向:3列、Z軸方向:2列)に配置されている。

[0165] 上段の3本のZ軸レール164a/Z1、164a/Z2、164a/Z3と下段の1本のY軸レール164a/Y4は、連結アーム162の先端面

に固定されている。また、残りの下段の3本のZ軸レール164a/Z4、
/Z5、/Z6と上段の1本のY軸レール164a/Y1は、振動テーブル
400の側面に固定されている。

[0166] クロスキャリッジ164b/1は、Y軸レール164a/Y1と係合する
Y軸キャリッジ164b/Y1と、Z軸レール164a/Z1と係合するZ
軸キャリッジ164b/Z1とを背中合わせに重ねて（すなわち、キャリッ
ジ上面同士を重ね合わせて）固定したものである。Y軸キャリッジ164b
/Y1及びZ軸キャリッジ164b/Z1の一方は上述のA型キャリッジ3
64b/Aと同一構成のものであり、他方は上述のB型キャリッジ364b
/Bと同一構成のものである。クロスガイド364のクロスキャリッジと同
様に、Y軸キャリッジ164b/Y1とZ軸キャリッジ164b/Z1とは
、取付板を介さずに、4本のボルトのみで直接固定されている。

[0167] 上段の3個のクロスキャリッジ164b/1、164b/2、164b/
3は、いずれも上段の1本のY軸レール164a/Y1と係合し、また、上
段の3個のZ軸レール164a/Z1、164a/Z2、164a/Z3と
それぞれ係合している。

[0168] 同様に、下段の3個のクロスキャリッジ164b/4、164b/5、1
64b/6は、いずれも下段の1本のY軸レール164a/Y4と係合し、
また、下段の3個のZ軸レール164a/Z4、164a/Z5、164a
/Z6とそれぞれ係合している。

[0169] 以上に説明したYZスライダ160の構成により、振動テーブル400は
、X軸加振ユニット100の可動部120に対してY軸方向及びZ軸方向に
スライド可能に連結されている。

[0170] このようにY軸方向及びZ軸方向に小さな抵抗でスライド可能なYZスラ
イダ160を介してX軸加振ユニット100と振動テーブル400とを連結
することにより、Y軸加振ユニット200及びZ軸加振ユニット300によ
り振動テーブル400をY軸方向及びZ軸方向にそれぞれ振動させても、振
動テーブル400のY軸方向及びZ軸方向の振動成分はX軸加振ユニット1

00へ伝達されることがない。

[0171] また、X軸加振ユニット100の駆動によって、振動テーブル400にY軸及びZ軸方向の力はほとんど加わらない。そのため、クロストークの少ない加振が可能になる。

[0172] また、Y軸加振ユニット200と振動テーブル400とを連結するZXスライダ260も、YZスライダ160と同一の構成を有しており、振動テーブル400は、Y軸加振ユニット200の可動部220に対してZ軸方向及びX軸方向にスライド可能に連結されている。従って、やはりZ軸加振ユニット300及びX軸加振ユニット100により振動テーブル400をZ軸方向及びX軸方向にそれぞれ振動させても、振動テーブル400のZ軸方向及びX軸方向の振動成分はY軸加振ユニット200へ伝達されることがない。

[0173] また、Y軸加振ユニット200の駆動によって、振動テーブル400にZ軸及びX軸方向の力はほとんど加わらない。そのため、クロストークの少ない加振が可能になる。

[0174] 以上のように、各加振ユニット100、200及び300は、互いに干渉することなく、振動テーブル400を各駆動方向に正確に加振することができる。また、各加振ユニット100、200及び300は、可動部が可動部支持機構により駆動方向のみに移動可能に支持されている為、非駆動方向へは振動し難くなっている。その為、制御されていない非駆動方向の振動が各加振ユニット100、200及び300から振動テーブル400に加わることもない。従って、振動テーブル400の各軸方向の振動は、対応する各加振ユニット100、200及び300の駆動によって正確に制御される。

[0175] 振動テーブル400は、不要な回転運動（回転振動）の発生を抑えるために、重心が外形寸法の中心位置に略一致するように構成されている。しかしながら、振動テーブル400の各軸方向における片側に2軸スライダ（YZスライダ160、ZXスライダ260、XYスライダ360）が取り付けられると、2軸スライダの一部が振動テーブル400に固定される（より正確には、振動テーブル400に拘束されて、振動テーブル400と共に運動す

る)ため、被加振部(振動テーブル400及び2軸スライダの一部)の重心が振動テーブル400の中心からずれる。この被加振部の重心の偏りが、振動テーブル400の回転振動を誘起し、その結果として、振動テーブル400上の位置による振動状態(例えば加速度)のばらつきを生じさせていた。

[0176] そこで、本実施形態では、2軸スライダの反対側において、2軸スライダによって生じる不釣り合いを補償するカウンターバランス部を振動テーブル400に設けて、被加振部(振動テーブル400、カウンターバランス部及び2軸スライダの一部)の重心が振動テーブル400の中心位置と略一致するように構成されている。

[0177] 図1-3及び図5-7に示すように、振動テーブル400のYZスライダ160が取り付けられた側面とは反対側の側面(すなわち、X軸正方向側の側面)には、X軸カウンターバランス部610(第1カウンターバランス部)が設けられている。

[0178] また、振動テーブル400のZXスライダ260が取り付けられた側面とは反対側の側面(すなわち、Y軸正方向側の側面)には、Y軸カウンターバランス部620(第2カウンターバランス部)が設けられている。なお、本実施形態のY軸カウンターバランス部620は、X軸カウンターバランス部610と同一構成のものである。

[0179] 更に、振動テーブル400のXYスライダ360が取り付けられた下面と反対側の上面(すなわち、Z軸正方向側の側面)には、Z軸カウンターバランス部630(第3カウンターバランス部)が設けられている。

[0180] 図25は、X軸カウンターバランス部610(及びY軸カウンターバランス部620)の断面図である。なお、X軸カウンターバランス部610は、緩衝層611(緩衝部)と、錘板612(錘部)を備えている。緩衝層611は、錘板612と振動テーブル400の側面との間に挟み込まれて、締め付けられる。

[0181] 錘板612は、振動テーブル400に2軸スライダを取り付けることによって生じる被加振部の不釣り合いを補償するための質量を与える部材である。

本実施形態の錘板 6 1 2 の厚さは 2 0 m m である。

[0182] 緩衝層 6 1 1 は、錘板 6 1 2 と振動テーブル 4 0 0 との間での加振周波数よりも高い周波数成分の振動ノイズの伝達を遮断する。また、緩衝層 6 1 1 は、振動テーブル 4 0 0 と錘板 6 1 2 との間でのびびり振動 (chattering) の発生を防止する。

[0183] 錘板 6 1 2 及び緩衝層 6 1 1 は、複数のボルト 6 1 3 によって振動テーブル 4 0 0 の側面に取り付けられる。振動テーブル 4 0 0 の側面には、ねじ穴 4 0 0 h が形成され、錘板 6 1 2 には貫通穴 6 1 2 c が形成されている。ボルト 6 1 3 を貫通穴 6 1 2 c に通して、ねじ穴 4 0 0 h に挿入することで、錘板 6 1 2 及び緩衝層 6 1 1 が振動テーブル 4 0 0 の側面に締め付けられる。なお、緩衝層 6 1 1 にも、貫通穴 6 1 2 c 及びねじ穴 4 0 0 h と連絡する貫通穴が形成されている。

[0184] 図 3 3 (a) に示すように、X 軸カウンターバランス部 6 1 0 には、複数の貫通穴 6 1 2 c が格子点状に直交 2 方向 (Y 軸方向及び Z 軸方向) に等間隔 P で形成されている。本実施形態では、貫通穴 6 1 2 c の間隔 P が 5 0 m m となっている。貫通穴 6 1 2 c の間隔 P を短くする (好ましくは 1 0 0 m m 以下、より好ましくは 5 0 m m 以下にする) ことにより、びびり振動の発生が効果的に抑制される。

[0185] 次に、Z 軸カウンターバランス部 6 3 0 の構成を説明する。図 2 6 は、Z 軸カウンターバランス部 6 3 0 の断面図である。また、図 2 7 は、Z 軸カウンターバランス部 6 3 0 のボルト固定位置を示す拡大平面図である。なお、図 2 6 は、図 2 7 における J - J 断面図である。

[0186] Z 軸カウンターバランス部 6 3 0 は、第 1 緩衝層 6 3 1 (第 1 緩衝部) 、第 1 錘板 6 3 2 (第 1 錘部) 、第 2 緩衝層 6 3 4 (第 2 緩衝部) 、第 2 錘板 6 3 5 (第 2 錘部) 、第 3 緩衝層 6 3 7 (第 3 緩衝部) 及び第 3 錘板 6 3 8 (第 3 錘部) を備えている。第 1 緩衝層 6 3 1 、第 1 錘板 6 3 2 、第 2 緩衝層 6 3 4 、第 2 錘板 6 3 5 、第 3 緩衝層 6 3 7 及び第 3 錘板 6 3 8 は、この順序で振動テーブル 4 0 0 の上面に積み重ねられている。

- [0187] 第1 錘板6 3 2、第2 錘板6 3 5 及び第3 錘板6 3 8 は、振動テーブル4 0 0 に2 軸スライダを取り付けることによって生じる被加振部の不釣合いを補償するための質量を与える部材であり、本実施形態ではアルミニウム合金の板材である。本実施形態では、第1 錘板6 3 2、第2 錘板6 3 5 及び第3 錘板6 3 8 の厚さは、それぞれ3 0 mm、2 0 mm 及び1 0 mm である。なお、本実施形態の振動テーブル4 0 0 の幅（X 軸方向）及び奥行（Y 軸方向）はそれぞれ5 0 0 mm であり、Z 軸カウンターバランス部6 3 0 の幅及び奥行はそれぞれ約4 0 0 mm である。
- [0188] 第1 緩衝層6 3 1、第2 緩衝層6 3 4 及び第3 緩衝層6 3 7 は、それぞれ第1 錘板6 3 2 と振動テーブル4 0 0 との間又は隣接する錘板6 3 2、6 3 5、6 3 8 の間での加振周波数よりも高い周波数成分の振動ノイズの伝達を低減させる。また、第1 緩衝層6 3 1、第2 緩衝層6 3 4 及び第3 緩衝層6 3 7 は、振動テーブル4 0 0 と第1 錘板6 3 2 との間又は隣接する錘板6 3 2、6 3 5、6 3 8 の間でのびびり振動の発生を防止する。
- [0189] 第1 錘板6 3 2 には、複数の貫通穴6 3 2 c 及び複数のねじ穴6 3 2 t がそれぞれ格子点状に直交2 方向（X 軸方向及びY 軸方向）に等間隔（本実施形態では、X 軸カウンターバランス部6 1 0 の貫通穴6 1 2 c と同じ間隔P）で形成されている。なお、図2 7 に示すように、貫通穴6 3 2 c とねじ穴6 3 2 t の位置は、各配列方向において $P/2$ ずれている。すなわち、平面視において、4 つの貫通穴6 3 2 c の中間位置にねじ穴6 3 2 t が形成されている。ボルト6 3 3 を貫通穴6 3 2 c に通して、振動テーブル4 0 0 の上面に形成されたねじ穴4 0 0 h に挿入することで、錘板6 3 2 及び第1 緩衝層6 3 1 が振動テーブル4 0 0 の上面に締め付けられる。
- [0190] 第2 錘板6 3 5 にも、複数の貫通穴6 3 5 c 及び複数のねじ穴6 3 5 t がそれぞれ格子点状に直交2 方向（X 軸方向及びY 軸方向）に等間隔P で形成されている。貫通穴6 3 5 c とねじ穴6 3 5 t の位置は、各配列方向において $P/2$ ずれている。ボルト6 3 6 を貫通穴6 3 5 c に通して、第1 錘板6 3 2 の上面に形成されたねじ穴6 3 2 t に挿入することで、第2 錘板6 3 5

及び第2緩衝層634が第1錘板632の上面に締め付けられる。

[0191] 第3錘板638には、貫通穴638cのみが形成されている。ボルト639を貫通穴638cに通して、第2錘板635の上面に形成されたねじ穴635tに挿し込むことで、第3錘板638及び第3緩衝層637が第2錘板635の上面に締め付けられる。

[0192] Z軸カウンターバランス部630は、このように、錘板と緩衝層を3層重ねた構成とすることにより、その上に重量物である供試体を載せても、振動ノイズを効果的に抑制することが可能になっている。

[0193] また、3層の錘板と緩衝層を一本のボルトで振動テーブル400に直接固定（共締め）するのではなく、隣り合う錘板同士（第1錘板632と第2錘板635、第2錘板635と第3錘板638）を順次個別にボルトで固定する構成を採用することにより、振動テーブル400から第3錘板638への振動ノイズの伝達が効果的に抑制される。

[0194] 各錘板612、632、635、638の形状は、矩形平板状に限らず、様々な形状に形成することができる。例えば、2軸スライダの形状（質量分布）に対応する形状とすることで、不釣合いを高い精度で補償することが可能になる。

[0195] また、各錘板632、635、638の厚さは、供試体の重量や加振条件等に応じて変更してもよい。例えば、錘板632、635及び638を全て同じ厚さとしてもよい。また、上層の錘板ほど厚くしてもよいし、中間の錘板635を最も厚くしてもよい。

[0196] また、各錘板612、632、635、638の材質としては、アルミニウム合金や鋼鉄等の一般的な構造材料の他に、振動吸収性を有する鉛、銅、発泡金属、樹脂（プラスチック、ゴムを含む）、繊維強化樹脂等を使用してもよい。

[0197] 各緩衝層611、631、634、637の厚さは、錘板の質量、緩衝層の材質・特性、加振装置1のサイズ、試験条件等に応じて0.5mmから2mmの範囲内で決定される。緩衝層を厚くし過ぎると、錘板が共振し易くな

り、低い周波数領域における加振性能が低下してしまう。また、緩衝層を薄くし過ぎると、振動ノイズを抑制する効果が十分得られない。

[0198] 緩衝層 611、631、634、637 には、各種合成樹脂（例えば、ポリオレフィン、ポリ塩化ビニル、ポリアミド、PEEK (polyether ether ketone)、ポリカーボネート、ポリ四フッ化エチレン等のプラスチック）、各種エラストマー（天然ゴムや各種合成ゴム等の加硫ゴム、ウレタンゴムやシリコンゴム等の熱硬化性エラストマー、熱可塑性エラストマー）、シリコーンゲル（低架橋密度シリコーン樹脂）、各種ポリマーアロイ、繊維強化プラスチック、発泡樹脂、鉛等の柔らかい金属、発泡金属等の各種材料のシートやフェルト（不織布）等を使用することができる。

[0199] また、振動テーブル 400 と錘板 612、632 との間（又は隣接する錘板 632、635、638 の間）に隙間を設けて、この隙間に接着剤やコーキング材を充填して硬化させることで緩衝層を形成してもよい。

[0200] また、本実施形態の Z 軸カウンターバランス部 630 は、緩衝層と錘板を 3 層交互に積層したものであるが、2 層又は 4 層以上積層させた構成としてもよい。また、層毎に緩衝層や錘板の材質や厚さを変更してもよい。

[0201] 次に、本実施形態の加振装置 1 の加振均一性について説明する。図 28-30 は、振動テーブル 400 上（より正確には、Z 軸カウンターバランス部 630）の 4 箇所 で測定した相対加速度のスペクトル特性を示すグラフである。また、図 31 は、Z 軸カウンターバランス部 630 上の監視点（加速度の測定点）を示した図である。

[0202] 加振装置 1 は、Z 軸カウンターバランス部 630 の上面中央である基準点 MPO が指示値と同じ加速度で振動する（すなわち、基準点 MPO における加速度の測定値に基づく一点制御を行う）ように設計されている。なお、基準点 MPO を含む 5 つの監視点のうちの 2 箇所以上における加速度等の振動状態を表わすパラメータの測定結果（例えば、複数の監視点における測定値の平均値）に基づいて振動を制御する多点制御を行う構成としてもよい。加振装置 1 の加振均一性は、基準点 MPO との加速度の差異が最も大きくなる

と考えられるZ軸カウンターバランス部630の四隅の領域（監視点MP1、MP2、MP3、MP4）における相対加速度レベル L_a を測定することによって評価した。ここで、相対加速度レベル L_a とは、基準点MP0における加速度に対する各監視点MP1～MP4における相対的な加速度レベルであり、次の数式1により定義される。

[0203] [数1]

$$La = 20 \log \frac{a}{a_0} \quad [\text{dB}]$$

ここで、

L_a : 各監視点における相対加速度レベル

a : 各監視点（MP1～MP4）における加速度

a_0 : 基準点MP0における加速度

[0204] また、監視点MP1、MP2、MP3、MP4は、図31に示すように、Z軸カウンターバランス部630の上面を格子状に4×4分割した16領域のうちの4隅の4領域の中央に設定した。

[0205] また、加振均一性の評価は、サイン波形で加振した場合と、ランダム波形で加振した場合について、それぞれ全ての加振方向（X軸方向、Y軸方向、Z軸方向）について行った。

[0206] 図28、図29及び図30は、それぞれX軸方向、Y軸方向及びZ軸方向の測定結果を示すグラフである。各図の上段（a）はサイン波形で加振した場合の測定結果であり、下段（b）はランダム波形で加振した場合の測定結果である。なお、サイン波形については周波数200～2000Hzの範囲で測定し、ランダム波形については5～2000Hzの範囲で測定した。

[0207] 図28～30に示すように、いずれの条件においても、1kHz以下の周波数領域では相対加速度レベルが±3dB未満に抑えられていた。また、2kHz以下の周波数領域では、一部の測定条件を除いて相対加速度レベルが±6dB未満に抑えられており、全ての測定条件において相対加速度レベルが±10dB未満に抑えられていた。カウンターバランス部を装着しない状

態では、2 kHz以下の周波数領域においては、いずれの測定条件でも相対加速度レベルが±10 dBを超えており、カウンターバランス部の装着による加振均一性の顕著な向上が確認された。

[0208] 図32は、X軸カウンターバランス部610の第1変形例610Aの断面図である。この変形例610Aでは、緩衝層611の替わりにスペーサー611a（例えば、平座金）が使用される。スペーサー611aが介在する固定点を除き、錘板612と振動テーブル400との間には隙間が設けられ、錘板612は振動テーブル400と非接触に保持される。そのため、振動テーブル400と錘板612との間で振動が伝達し難くなっている。また、振動テーブル400と錘板612との間でのびびり振動の発生も防止される。

[0209] スペーサー611aには、ステンレス鋼等の各種鋼鉄や、アルミニウム合金、黄銅等の銅合金、チタン合金等の各種非鉄金属の他、上述した緩衝層611に使用可能な材料を使用することができる。

[0210] また、スペーサー611aは、振動テーブル400又は錘板612と一体にボス状の突起部として形成してもよい。また、振動テーブル400と錘板612との間の隙間に充填剤（例えば、シリコン樹脂）を充填してもよい。

[0211] また、Z軸カウンターバランス部630の緩衝層631、634、637の一つ以上をスペーサー611aに変更してもよい。

[0212] 図33は、X軸カウンターバランス部の外観図である。（a）は第1実施形態のX軸カウンターバランス部610を示し、（b）及び（c）はそれぞれ第2変形例610B及び第3変形例610Cを示す。第1実施形態のX軸カウンターバランス部610は、1枚の錘板612（及び1枚の緩衝層611）から1体に形成されている。これに対して、（b）の第2変形例610Bでは、錘板612及び緩衝層611が長さ方向（図中左右方向）に4分割されている。また、（c）の第3変形例610Cでは、錘板612及び緩衝層611が更に幅方向（図中上下方向）にも2分割され、合計8分割されている。X軸カウンターバランス部610を小さな要素に分割することにより

、共振周波数が高くなり、試験周波数領域における振動ノイズの発生が低減される。なお、第1変形例610Aの構成を、第2変形例610Bや第3変形例610Cに適用してもよい。

[0213] また、本実施形態では、X軸カウンターバランス部610、Y軸カウンターバランス部620及びZ軸カウンターバランス部630が全て振動テーブル400の外面に取り付けられているが、これらの一つ以上を振動テーブル400の内側に取り付けても良い。

[0214] また、本実施形態では、振動テーブル400自体は不釣合いを有していないが、2軸スライダを装着した状態で釣合いが取れる（振動テーブルの重心が外形中心に一致する）ように、振動テーブル400に予め初期不釣合いを与えてもよい。初期不釣合いは、例えば、箱状の振動テーブルの肉厚や振動テーブル内部の補強リブの配置を不均一にすることにより付与することができる。

[0215] 次に、各加振ユニットの固定部を装置ベース500に取り付ける構造について説明する。

[0216] 図1-3及び図5-7に示すように、Z軸加振ユニット300の固定部310は、Z軸加振ユニット300のY軸方向両側に配置された一对の支持ユニット350（固定部支持機構、フローティング機構又は弾性支持機構ともいう。）を介して、装置ベース500の上面に取り付けられている。

[0217] 図5及び図7に示すように、各支持ユニット350は、可動ブロック358、一对のアングルプレート（固定ブロック）352及び一对のリニアガイド354を備えている。可動ブロック358は、Z軸加振ユニット300の固定部310の側面に固定された支持部材である。一对のアングルプレート352は、可動ブロック358のX軸方向両端面とそれぞれ対向して配置されており、装置ベース500の上面に固定されている。可動ブロック358のX軸方向両端と各アングルプレート352とは、リニアガイド354によって、それぞれZ軸方向にスライド可能に連結されている。

[0218] リニアガイド354は、レール354aと、レール354aと係合するキ

ャリッジ３５４ｂを備えている。可動ブロック３５８のＸ軸方向両端面には、レール３５４ａが取り付けられている。また、各アングルプレート３５２には、対向するレール３５４ａと係合するキャリッジ３５４ｂが取り付けられている。また、可動ブロック３５８と装置ベース５００との間には、一对の空気ばね３５６がＸ軸方向に並べて配置されており、可動ブロック３５８は一对の空気ばね３５６を介して装置ベース５００に支持されている。

[0219] このように、Ｚ軸加振ユニット３００は、その固定部３１０がリニアガイド３５４及び空気ばね３５６を備えた支持ユニット３５０により装置ベース５００に対して駆動方向（Ｚ軸方向）に弾性的に支持されているため、Ｚ軸加振ユニット３００の駆動時に固定部３１０に加わるＺ軸方向の強い反力（加振力）は、装置ベース５００には直接伝達されず、空気ばね３５６によって特に高周波成分が大きく減衰される。そのため、Ｚ軸加振ユニット３００から装置ベース５００及び他の加振ユニット１００、２００を介して振動テーブル４００に伝達される振動ノイズが大きく低減される。

[0220] 図２０－２１に示すように、水平アクチュエータ１００Ａの固定部１１０は、Ｘ軸加振ユニット１００のＹ軸方向両側に配置された一对の支持ユニット１５０を介して、装置ベース５００の上面に取り付けられている。各支持ユニット１５０は、装置ベース５００の上面に固定された逆Ｔ字状の固定ブロック１５２と、Ｘ軸加振ユニット１００の固定部１１０の側面に取り付けられた略直方体状の可動ブロック１５８と、固定ブロック１５２と可動ブロック１５８とをＸ軸方向にスライド可能に連結するリニアガイド１５４と、可動ブロック１５８と固定ブロック１５２とを弾性的に連結するばね機構１５６を備えている。

[0221] リニアガイド１５４は、固定ブロック１５２の上面に取り付けられたＸ軸方向に延びるレール１５４ａと、可動ブロック１５８の下面に取り付けられた、レール１５４ａと係合する一对のキャリッジ１５４ｂを備えている。また、固定ブロック１５２のＸ軸負方向側の側面には、上方に延びるＬ字状のアーム１５５が固定されている。可動ブロック１５８とアーム１５５とは、

ばね機構 156 によって連結されている。

[0222] 図 24 は、支持ユニット 150 のばね機構 156 付近を拡大した側面図である。ばね機構 156 は、ボルト 156 a、固定板 156 b、リング 156 c、ナット 156 d、防振ばね 156 e、緩衝板 156 f、ワッシャ 156 g 及びナット 156 h を備えている。アーム 155 の上部には X 軸方向に延びる貫通穴 155 h が設けられていて、この貫通穴 155 h にボルト 156 a が通されている。ボルト 156 a の先端は、固定板 156 b を介して可動ブロック 158 に固定されている。また、ボルト 156 a の先端部は、円筒状のリング 156 c を貫通している。

[0223] リング 156 c は、ボルト 156 a に振じ込まれたナット 156 d と固定板 156 b との間で挟み込まれて固定されている。また、ボルト 156 a の先端側は、円筒状の防振ばね 156 e の中空部に挿し込まれている。防振ばね 156 e は、固定板 156 b とアーム 155 との間で挟み込まれて保持されている。また、防振ばね 156 e の中空部の一端側にはリング 156 c が嵌め込まれている。

[0224] なお、防振ばね 156 e は、鋼製の圧縮コイルばねをアクリル樹脂等の粘弾性体（ダンパー）に埋め込んだ円筒状の部材である。防振ばね 156 e の替わりにコイルばね単体を使用してもよい。また、コイルばねと直列又は並列に別体のダンパー（例えば防振ゴムやオイルダンパー）を設けてもよい。

[0225] ボルト 156 a の頭部側には、2 つのナット 156 h が取り付けられている。また、ボルト 156 a は、緩衝板 156 f 及びワッシャ 156 g にそれぞれ設けられた貫通穴に通されている。緩衝板 156 f は、2 つのナット 156 h で支持されたワッシャ 156 g とアーム 155 との間で挟み込まれて保持されている。緩衝板 156 f は、例えば防振ゴムやポリウレタン等の樹脂（すなわち、ゴム弾性体及び／又は粘弾性体）から形成されている。

[0226] ボルト 156 a の締め付けにより、防振ばね 156 e 及び緩衝板 156 f には予荷重（X 軸方向の圧縮荷重）が与えられている。そして、可動ブロック 158 に固定された水平アクチュエータ 100 A は、防振ばね 156 e と

緩衝板 1 5 6 f の復元力が釣り合う中立位置に保持される。すなわち、ばね機構 1 5 6 も、中立ばね機構として機能する。

[0227] X軸加振ユニット 1 0 0 が振動テーブル 4 0 0 を X 軸方向に加振すると、その反力が支持ユニット 1 5 0 の可動ブロック 1 5 8 に伝わり、更にばね機構 1 5 6（防振ばね 1 5 6 e、緩衝板 1 5 6 f）及びアーム 1 5 5 を介して固定ブロック 1 5 2 に伝わる。防振ばね 1 5 6 e 及び緩衝板 1 5 6 f は、その低い共振周波数よりも大きな周波数の振動を減衰するため、支持ユニット 1 5 0 によって X 軸加振ユニット 1 0 0 から装置ベース 5 0 0 への振動ノイズの伝達が抑制される。

[0228] なお、支持ユニット 1 5 0 に加わる X 軸正方向の反力は X 軸負方向の反力よりも小さい。そのため、本実施形態では X 軸正方向の反力を受ける弾性要素として、小型で安価な緩衝板 1 5 6 f が使用されている。X 軸正方向の反力が大きくなる場合には、緩衝板 1 5 6 f に替えて防振ばねやコイルばねを使用してもよい。また、いずれの方向の反力も低い場合には、防振ばね 1 5 6 e に替えて緩衝板を使用してもよい。

[0229] 上記の構成により、X 軸加振ユニット 1 0 0 の固定部 1 1 0 は、リニアガイド 1 5 4 及びばね機構 1 5 6 を備えた支持ユニット 1 5 0 により、装置ベース 5 0 0 に対して駆動方向（X 軸方向）に柔らかく弾性的に支持されるため、X 軸加振ユニット 1 0 0 の駆動時に固定部 1 1 0 に加わる X 軸方向の強い反力（加振力）は、装置ベース 5 0 0 に直接伝達されず、ばね機構 1 5 6 によって特に高周波成分が減衰されてから装置ベース 5 0 0 に伝達される。そのため、X 軸加振ユニット 1 0 0 から振動テーブル 4 0 0 に伝達される振動ノイズが軽減する。

[0230] Y 軸加振ユニット 2 0 0 も、水平アクチュエータ 1 0 0 A と同一構成の水平アクチュエータ 2 0 0 A を備えている。水平アクチュエータ 2 0 0 A の固定部 2 1 0 も、一对の支持ユニット 2 5 0（図 2）により Y 軸方向において装置ベース 5 0 0 に弾性的に支持されている。支持ユニット 2 5 0 は、X 軸加振ユニット 1 0 0 の支持ユニット 1 5 0 と同一構成のものであるため、重

複する細部の説明は省略する。

[0231] 以上のように、各加振ユニット100、200、300を、弾性要素（空気ばね又はばね機構）を備えた支持ユニット150、250、350により弾性的に支持する構成を採用することにより、装置ベース500を介した加振ユニット間の特に高周波数成分の振動（ノイズ）の伝達が抑制されるため、より高精度の加振が可能になっている。

[0232] なお、Z軸加振ユニット300を支持する支持ユニット350には、供試体及び振動テーブル400を加振するための動荷重に加えて、Z軸加振ユニット300、振動テーブル400及び供試体の重量（静荷重）が加わる。そのため、比較的に小型で大荷重の支持が可能な空気ばね356が採用されている。一方、X軸加振ユニット100を支持する支持ユニット150及びY軸加振ユニット200を支持する支持ユニット250には、大きな静荷重が加わらないため、比較的に小型で構成が単純なコイルばねが使用されている。

[0233] 本実施形態では、加振性能を大きく左右する2軸スライダ（YZスライダ160、ZXスライダ260、XYスライダ360）に低ウェービングの8条列リニアガイドを使用することで、振動テーブル400の回転振動が抑制され、その結果、振動テーブル400上の振動状態（加速度）の均一性が著しく向上した。従来は基準点（振動テーブル上面中央）のみでしか加振性能の仕様を規定することができなかったが、この均一性の向上により、振動テーブル上の広い領域で加振性能の仕様の規定が可能になった。

[0234] 更に、カウンターバランス部を設ける（あるいは、予め所定の不釣り合いを振動テーブルに付与する）ことで、被加振部（振動テーブル及び2軸スライダの一部を含む）の重心を振動テーブルの中心に合わせることで、振動テーブル上の振動（加速度）のばらつきを、1kHzまでの周波数領域で3dB以下、2kHzまでの周波数領域で略6dB以下まで低減することが可能になった。

[0235] <XYスライダの変形例>

図34は、XYスライダの変形例360Aの構成を説明する平面図である。本変形例は、上述した第1実施形態（図12）のXYスライダ360から、中央に配置された第2の向きのクロスガイド364M2を取り除いたものである。本変形例のXYスライダ360Aにおいては、X軸リニアガイド364Xが振動テーブル400に取り付けられた第1の向きのクロスガイド364P（クロスガイド364M1、364L2、364R2、364M3）と、Y軸リニアガイド364Yが振動テーブル400に取り付けられた第2の向きのクロスガイド364S（クロスガイド364L1、364R1、364L3、364R3）とが同数になっている。

[0236] ここで、クロスガイド364の加振方向による挙動の違いについて説明する。図35（a）は第1の向きのクロスガイド364Pの正面図であり、（b）はその左側面図である。

[0237] 図35（a）に示すように、振動テーブル400がX軸方向に加振される場合、振動テーブル400にX軸リニアガイド364X（X軸レール364a/X）が取り付けられた第1の向きのクロスガイド364Pにおいては、振動テーブル400に固定されたX軸レール364a/Xのみ（実線）が振動テーブル400と共にX軸方向に加振され、クロスキャリッジ364c及びY軸レール364a/Y（破線）はX軸方向に加振されない。

[0238] 他方、図35（b）に示すように、振動テーブル400がY軸方向に加振される場合、第1の向きのクロスガイド364Pにおいては、X軸レール364a/X及びクロスキャリッジ364c（実線）が振動テーブル400と共にY軸方向に加振され、Y軸レール364a/Yのみ（破線）がY軸方向に加振されない。

[0239] また、振動テーブル400にY軸リニアガイド364Y（Y軸レール364a/Y）が取り付けられた第2の向きのクロスガイド364Sにおいては、上述した第1の向きのクロスガイド364Pとは逆に、振動テーブル400がX軸方向に加振される場合、Y軸レール364a/Y及びクロスキャリッジ364c（実線）が振動テーブル400と共にX軸方向に加振され、X

軸レール 3 6 4 a / X のみ（破線）が X 軸方向には加振されない。また、振動テーブル 4 0 0 が Y 軸方向に加振される場合には、Y 軸レール 3 6 4 a / Y のみ（実線）が振動テーブル 4 0 0 と共に Y 軸方向に加振され、クロスキャリッジ 3 6 4 c 及び X 軸レール 3 6 4 a / X（破線）は Y 軸方向に加振されない。

[0240] 表 1 は、上述したクロスガイド 3 6 4 の取付方向及び振動テーブル 4 0 0 の加振方向とクロスガイド 3 6 4 の被加振部（振動テーブル 4 0 0 と共に加振されるクロスガイド 3 6 4 の構成要素）との関係を整理したものである。

[0241] [表1]

クロスガイドの取付方向	クロスガイドの被加振部	
	X軸方向加振	Y軸方向加振
第1の向きのクロスガイド	X軸レール	X軸レール クロスキャリッジ
第2の向きのクロスガイド	Y軸レール クロスキャリッジ	Y軸レール

[0242] このように、クロスガイド 3 6 4 は、加振方向と取り付ける向きによって、振動テーブル 4 0 0 と共に加振される部分が異なる。例えば、振動テーブル 4 0 0 が X 軸方向に加振される場合、上述したように、第 1 の向きのクロスガイド 3 6 4 P においては、X 軸レール 3 6 4 a / X のみが X 軸方向に加振されるが、第 2 の向きのクロスガイド 3 6 4 S においては、Y 軸レール 3 6 4 a / Y 及びクロスキャリッジ 3 6 4 c が X 軸方向に加振される。そして、加振方向とクロスガイド 3 6 4 の被加振部の要素の数（すなわち被加振部の質量）との関係は、第 1 の向きのクロスガイド 3 6 4 P と第 2 の向きのクロスガイド 3 6 4 S とで真逆になる。

[0243] 表 1 に示すように、一方の取付方向のクロスガイド 3 6 4（例えば第 1 の向きのクロスガイド 3 6 4 P）のみで X Y スライダを構成すると、振動テーブル 4 0 0 を X 軸方向に加振したときと Y 軸方向に加振したときとで、クロスガイド 3 6 4 の被加振部の質量が変化する。これにより、加振装置 1 の加振性能に方向性が生じることになる。しかし、第 1 の向きのクロスガイド 3 6 4 P と第 2 の向きのクロスガイド 3 6 4 S を同数（複数対）設けることに

より、X軸及びY軸方向のいずれの方向に加振した場合でも、クロスガイド364の被加振部の質量の合計が一定となるため、加振性能の方向性が軽減される。

[0244] 従って、4対の第1の向きのクロスガイド364Pと第2の向きのクロスガイド364Sから構成された本変形例のXYスライダ360Aは、第2の向きのクロスガイド364Sが第1の向きのクロスガイド364Pよりも一つ多い第1実施形態のXYスライダ360よりも方向性が少なく、均一な加振を可能にする。

[0245] また、XYスライダ360Aに含まれるクロスガイド364の総数が第1実施形態のXYスライダ360よりも少ないため、被加振部が軽量化し、より高い周波数の加振が可能になる。

[0246] また、二つの取付方向のクロスガイド364P、364Sを各方向に交互に（均一に）配置することにより、各クロスガイド364P、364Sの挙動の方向性や質量分布の偏りが効果的に打ち消されるため、振動テーブル400の各部をより均一に加振することが可能になる。

[0247] 次に、振動テーブル400について説明する。

[0248] 図1-3に示されるように、振動テーブル400のX軸負方向側の側面（図1における右側面）の略全面が、スライド連結機構160（具体的には、スライド連結機構160が備える複数のリニアガイドウェイ）及びX軸加振ユニット100の可動部120によって、略均等に支持されている。これにより、振動テーブル400のX軸負方向側の側面全体がX軸加振ユニット100によって略均等な加振力を受けることができるように構成されている。

[0249] 同様に、振動テーブル400のY軸負方向側の側面（図2における左側面）の略全面が、スライド連結機構260及びY軸加振ユニット200の可動部220によって、略均等に支持されている。これにより、振動テーブル400のY軸負方向側の側面全体がY軸加振ユニット200によって略均等な加振力を受けることができるように構成されている。

[0250] また、図5及び図6に示されるように、振動テーブル400の下面の略全

面が、スライド連結機構 360（具体的には、スライド連結機構 360 が備える複数のリニアガイドウェイ）及び Z 軸加振ユニット 300 の可動部 320 によって、略均等に支持されている。これにより、振動テーブル 400 の下面全体が Z 軸加振ユニット 300 によって略均等な加振力を受けることができるように構成されている。

[0251] そのため、全被加振部（被加振物及び被加振物と共に加振される振動テーブル 400 等の加振装置 1 の一部）の重心が振動テーブル 400 の内部にある場合は、全被加振部に大きな力のモーメントを与えずに加振することができる。これにより、全被加振部に加わる力のモーメントに起因する不要な振動成分（振動ノイズ）の発生が低減され、より高精度の加振が可能になる。

[0252] 図 36、図 37 及び図 38 は、それぞれ被加振物 T1 が取り付けられた状態の本発明の実施形態に係る振動テーブル 400 の平面図、正面図及び左側面図である。本実施形態の振動テーブル 400 は、その内部に被加振物を収容した状態で被加振物の加振を行えるように構成されている。

[0253] 図 37 及び図 38 に示されるように、振動テーブル 400 は、上面に開口を有する箱部 400a と、箱部 400a の開口を塞ぐ蓋部 400b とを備える。なお、図 36 は、蓋部 400b が取り外された状態を示す。蓋部 400b は、箱部 400a（より具体的には、後述の枠部 420）の上面に設けられた雌螺子 421 と嵌合するボルト（不図示）によって、箱部 400a に着脱可能に取り付けられている。振動テーブル 400 は、その重心が外形の略中央に位置するように構成されている。

[0254] 箱部 400a は、底板 450 と、底板 450 の周縁から上方に垂直に突出した枠部（壁部）420 を有する。図 36 に示されるように、底板 450 は、正方形の四隅が隅切りされた形状に形成されている。

[0255] 枠部 420 の内側には、枠部 420 の各壁面（隅切り部を除く）と平行な複数の中板 430 及び 440 が格子状に設けられている。中板 430 は Y 軸方向（図 36 における左右方向）に延び、中板 440 は X 軸方向（図 36 における上下方向）に延びる。中板 430 及び 440 は、その一端（又は両端

）において、底板４５０及び枠部４２０に接合されている。

[0256] 振動テーブル４００の中央部には、中板（壁部）４３０及び４４０が形成されていない中空部である収容空間Ｓが設けられている。被加振物は、この収容空間Ｓに収容される。

[0257] 収容空間Ｓを仕切る中板４３０ａ及び４４０ａの延長方向（水平方向）中央部には、他の部分よりも厚い厚板部４３１及び４４１がそれぞれ設けられている。厚板部４３１及び４４１には、被加振物を固定するためのボルトＢが通される貫通穴４３２及び４４２がそれぞれ形成されている。図３６－３８では、被加振物Ｔ１を振動テーブル４００に取り付けるための取付部品４６０が、貫通穴４３２に通されたボルトＢによって、左右両側の中板４４０ａに固定されている。

[0258] また、被加振物Ｔ１は、収容空間Ｓの略中央に配置されている。これにより、被加振物Ｔ１の重心が振動テーブル４００の中央付近に位置することになる。

[0259] 本実施形態の振動テーブル４００は、回転軸を有する被加振物（例えば、エンジン、モータ、ディファレンシャルギア等の動力伝達装置）を、回転軸を回転させた状態で加振を行うことが可能に構成されている。本実施形態の被加振物Ｔ１（及び後述する被加振物Ｔ２）は、ハイブリッド車用の発電機である。

[0260] 図３７及び図３８に示されるように、枠部４２０の左側面には、動力を伝達する駆動ベルトＤＢを通すための開口４２２が形成されている。また、左側の中板４４０にも、開口４２２と対向する位置に、駆動ベルトＤＢを通すための開口４４３が形成されている。本実施形態では、駆動ベルトＤＢは外部の駆動装置の駆動プーリ（不図示）と被加振物Ｔ１に取り付けられた従動プーリＦＰとに掛け渡されていて、加振中に外部から振動テーブル４００内の被加振物Ｔ１に駆動力を与えて、被加振物Ｔ１を回転させながら被加振物Ｔ１を加振することができるようになっている。

[0261] なお、駆動ベルトＤＢの代わりに（或いは駆動ベルトＤＢに加えて）、油

圧や空圧を被加振物Ｔ１に供給するためパイプ、電力を供給するための電力ケーブル、外部の情報処理装置と被加振物（又は被加振物に取り付けられたセンサや計測装置）とを通信可能に接続する通信ケーブル等、被加振物Ｔ１と外部装置とを接続する他の種類の長物を開口４２２及び４４３に通すこともできる。また、開口４２２及び４４３の他に、これらのパイプやケーブルを通すための開口を振動テーブル４００に設けてもよい。

[0262] また、例えば被加振物がエンジンである場合には、駆動ベルトＤＢによって被加振物と外部の計測装置とを連結し、被加振物を加振しながら被加振物が発生する動力を計測することもできる。

[0263] また、振動テーブル４００の底板４５０には、被加振物を固定するための複数の雌螺子４５１が設けられている。

[0264] 図３９は、底部に固定用の貫通穴を有する被加振物Ｔ２が取り付けられた状態の振動テーブル４００の左側面図である。被加振物Ｔ２の固定用の貫通穴に通されたボルトＢが雌螺子４５１に振じ込まれることで、被加振物Ｔ２が振動テーブル４００の底板４５０に固定されている。

[0265] 被加振物Ｔ２も、收容空間Ｓの略中央に取り付けられている。これにより、被加振物Ｔ２の重心が振動テーブル４００の中央付近に位置することになる。なお、図３９では、被加振物Ｔ２が振動テーブル４００の底板４５０に直接固定されているが、被加振物Ｔ２の重心が低い場合には、スペーサー等を介して被加振物Ｔ２を底板４５０に固定して、被加振物Ｔ２の重心が振動テーブル４００の中央に位置するようにしてもよい。また、被加振物の重心が高い場合には、例えば被加振物を蓋部４００ｂに固定して、上下を逆にして被加振物Ｔ２を振動テーブル４００に取り付けてもよい。

[0266] 以上に説明したように、本実施形態では、被加振物を振動テーブル４００の内部に收容した状態で被加振物及び振動テーブル４００が加振される。被加振物を振動テーブル４００の内部に收容することにより、全被加振部の重心が必ず振動テーブル４００内に配置されるようになるため、全被加振部の力のモーメントの発生を確実に低減することが可能になる。

[0267] なお、上記の実施形態の振動テーブル４００は、蓋付き箱形に構成されているが、被加振物を取り付けたときに全被加振部の重心が振動テーブル４００内（より正確には、Ｚ軸加振ユニット３００の可動部３２０〔スライド連結機構３６０〕をＺ軸方向に延長した空間と、Ｘ軸加振ユニット１００の可動部１２２〔スライド連結機構１６０〕をＸ軸方向に延長した空間とが交わる領域内）に配置されるように構成されていればよい。言い換えれば、Ｚ軸と垂直なＸＹ平面上への全被加振部の重心の投影がＸＹ平面上へのＺ軸加振ユニット３００の可動部３２０（スライド連結機構３６０）の投影に含まれ、また、Ｘ軸と垂直なＹＺ平面上への全被加振部の重心の投影がＹＺ平面上へのＸ軸加振ユニット１００の可動部１２２（スライド連結機構１６０）の投影に含まれるように構成されていればよい。例えば、枠部４２０のスライド連結機構１６０が取り付けられる面と、Ｚ軸加振ユニット３００が取り付けられる底板４５０のみを有する構成としてもよい。

[0268] また、本実施形態では、収容空間Ｓ（収容空間Ｓを仕切る中板４３０ａ及び４４０ａ）を振動テーブル４００の中央に設けることにより、被加振物の重心を振動テーブル４００の中央により確実に近づけることが可能になっている。

[0269] ＜第２実施形態＞

次に、本発明の第２実施形態について説明する。第２実施形態は、２軸スライダ（スライド連結機構）の構成のみが第１実施形態と相違する。以下の第２実施形態の説明では、主に第１実施形態との相違点を中心に説明し、第１実施形態と共通する構成については説明を省略する。

[0270] 図４０は、本発明の第２実施形態に係る加振装置２０００の振動テーブル２４００付近を拡大した斜視図（一部透視図）である。なお、図４０において、振動テーブル２４００は輪郭線のみを二点鎖線で示す。また、各カウンターバランス部の図示を省略する。

[0271] 本実施形態の各２軸スライダ（ＹＺスライダ２１６０、ＺＸスライダ２２６０、ＸＹスライダ２３６０）は、第１実施形態のＸＹスライダ３６０と同

様に、格子状（３行３列）に等間隔で配置された９個のクロスガイド２１６４、２２６４、２３６４から構成される。クロスガイド２１６４、２２６４、２３６４は、第１実施形態のＸＹスライダ３６０のクロスガイド３６４と同一構成のものである。

[0272] 本実施形態のＸＹスライダ２３６０は、第１実施形態のＸＹスライダ３６０（図１２）と同じ構成のものである。すなわち、Ｘ軸方向又はＹ軸方向において隣り合う任意の２つのクロスガイド２３６４が、互いに上下（Ｚ軸方向）逆向きに配置されている。すなわち、Ｘ軸方向又はＹ軸方向において隣り合う任意の２つのクロスガイド２３６４の一方のＸ軸レール２３６４ａ／Ｘが可動部２３２０の先端面（天板２３２４ｂ）に固定され、他方のＸ軸レール２３６４ａ／Ｙが振動テーブル２４００の下面に固定されている。この配置により、個々のクロスガイド２３６４が有する質量分布や運動特性の方向性が平均化され、方向性（或いは、方向性の斑）の少ない加振性能が得られる。

[0273] また、振動テーブル２４００の下面の略全面が、均等に密に配置された９つのクロスガイド２３６４を介して一様に加振されるため、振動テーブル２４００内での振動状態の斑が少ない、均一な加振が可能になる。

[0274] 本実施形態では、ＹＺスライダ２１６０のクロスガイド２１６４及びＺＸスライダ２２６０のクロスガイド２２６４にも、第１実施形態と同じクロスガイド３６４（第１の向きのクロスガイド３６４Ｐ、第２の向きのクロスガイド３６４Ｓ）の配置構成が採用されている。

[0275] 具体的には、ＹＺスライダ２１６０については、Ｙ軸方向又はＺ軸方向において隣り合う任意の２つのクロスガイド２１６４の一方のＹ軸レール２１６４ａ／Ｙは可動部２１２０の先端面（天板２１２４ｂ）に固定され、他方のＹ軸レール２１６４ａ／Ｚは振動テーブル２４００の側面に固定されている。

[0276] また、ＺＸスライダ２２６０については、Ｚ軸方向又はＸ軸方向において隣り合う任意の２つのクロスガイド２２６４の一方のＺ軸レール２２６４ａ

／Xは可動部2220の先端面（天板2224b）に固定され、他方のX軸レール2264a／Xは振動テーブル2400の側面に固定されている。

[0277] このように、直交3方向において、上述したXYスライダ2360と同じ構成により、振動テーブル2400の各面が均一に加振される。そのため、振動テーブル2400の全体に亘って、振動状態の斑が少ない、均一な加振が可能になる。また、直交3方向において、同じ構成の2軸スライダ（YZスライダ2160、ZXスライダ2260、XYスライダ2360）を介して振動テーブル2400を加振するため、より方向性の少ない加振が可能になる。

[0278] なお、振動テーブル2400の高さが短い場合は、第2実施形態の3行3列に配列された9個のクロスガイド2164、2264のうち、最上段又は最下段の3個を除いた、2行3列に配列された6個のクロスガイド2164、2264によりYZスライダ2160及びZXスライダ2260を構成してもよい。この場合、変形例360A（図34）と同様に、同数の第1の向きのクロスガイドと第2の向きのクロスガイドが直交2方向において交互に配置された構成となるため、加振性能の方向性が軽減されると共に、振動テーブル2400の各部をより均一に加振することが可能になる。

<第3実施形態>

図41は、本発明の第3実施形態に係る加振装置3000の振動テーブル3400付近を拡大した斜視図（一部透視図）である。なお、図41において、振動テーブル3400は輪郭線のみを二点鎖線で示す。また、各カウンターバランス部の図示を省略する。

[0279] 本実施形態は、上述したXYスライダの変形例360A（図34）におけるクロスガイド364（第1の向きのクロスガイド364P、第2の向きのクロスガイド364S）の配置構成を、各2軸スライダ（YZスライダ3160、ZXスライダ3260、XYスライダ3360）に適用したものである。

[0280] 本実施形態のYZスライダ3160及びZXスライダ3260は、第1実

施形態のＹＺスライダ１６０及びＺＸスライダ２６０よりも多くのクロスガイド３１６４及び３２６４により振動テーブル４００と各水平アクチュエータ３１００Ａ及び３２００Ａとを連結するため、振動テーブル４００をより均一に加振することができる。また、本実施形態のＹＺスライダ３１６０及びＺＸスライダ３２６０は、変形例３６０Ａ（図３４）と同様に、同数の第１の向きのクロスガイドと第２の向きのクロスガイドを交互に配置した構成を有しているため、加振性能の方向性が軽減されると共に、振動テーブル３４００の各部をより均一に加振することが可能になる。

[0281] ＜第４実施形態＞

次に、本発明の第４実施形態について説明する。第４実施形態は、２軸スライダ（スライド連結機構）の構成のみににおいて、上述した第１実施形態と相違する。以下の第４実施形態の説明では、主に第１実施形態との相違点について説明し、第１実施形態と共通する構成については説明を省略する。

[0282] 図４２、図４３及び図４４は、それぞれ本発明の第４実施形態に係る加振装置４０００の振動テーブル４４００付近を拡大した正面図、側面図及び平面図である。

[0283] 本実施形態は、２軸スライダ（ＹＺスライダ４１６０、ＺＸスライダ４２６０、ＸＹスライダ４３６０）のクロスガイド部４１６４、４２６４、４３６４において、リニアガイドの連結に連結プレート４１６４ｃ、４２６４ｃ、４３６４ｃを使用してクロスキャリッジ部の剛性を高めている点で、第１実施形態の構成と相違する。

[0284] 図４３－２５に示すように、本実施形態のＹＺスライダ４１６０は、３つのＹ軸リニアガイド４１６４／Ｙ（Ｙ軸レール４１６４ａ／Ｙ及びＹ軸キャリッジ４１６４ｂ／Ｙ）と、５つのＺ軸リニアガイド４１６４／Ｚ（Ｚ軸レール４１６４ａ／Ｚ及びＺ軸キャリッジ４１６４ｂ／Ｚ）と、全てのＹ軸リニアガイド４１６４／ＹとＺ軸リニアガイド４１６４／Ｚを連結する連結プレート４１６４ｃを備えている。Ｙ軸キャリッジ４１６４ｂ／Ｙ及びＺ軸キャリッジ４１６４ｂ／Ｚは、第１実施形態のＡ型キャリッジ３６４ｂ／Ａと

同じく 8 条列型のキャリッジであるが、A 型キャリッジ 3 6 4 b / A とは異なり低アスペクト比化（短尺化）や、切欠部 C 1、C 2 の形成による軽量化は施されていない。なお、Y 軸キャリッジ 4 1 6 4 b / Y 及び Z 軸キャリッジ 4 1 6 4 b / Z として A 型キャリッジ 3 6 4 b / A を使用してもよい。また、他の実施形態における A 型キャリッジ 3 6 4 b / A に替えて Y 軸キャリッジ 4 1 6 4 b / Y（Z 軸キャリッジ 4 1 6 4 b / Z）と同じキャリッジを使用してもよい。

[0285] 図 4 4 に示すように、Y 軸リニアガイド 4 1 6 4 / Y は、1 本の Y 軸レール 4 1 6 4 a / Y と 2 個の Y 軸キャリッジ 4 1 6 4 b / Y から構成される。

[0286] 図 4 3 に示すように、3 つの Y 軸リニアガイド 4 1 6 4 / Y の Y 軸キャリッジ 4 1 6 4 b / Y は、Z 軸方向に略隙間無く並べられ、連結アーム 4 1 6 2 の先端面に固定されている。また、Y 軸レール 4 1 6 4 a / Y は連結プレート 4 1 6 4 c の一面に固定されている。なお、3 つの Y 軸リニアガイド 4 1 6 4 / Y を Z 軸方向に間隔を空けて配置してもよい。この場合、Y Z スライダ 4 1 6 0 に十分な剛性を与えるために、Y 軸リニアガイド 4 1 6 4 / Y の間隔は、Y 軸キャリッジ 4 1 6 4 b / Y の幅（Z 軸方向のサイズ）よりも狭くすることが望ましい。

[0287] 質量の大きい Y 軸キャリッジ 4 1 6 4 b / Y を、2 軸（X 軸、Y 軸）方向に加振される連結プレート 4 1 6 4 c ではなく、X 軸方向のみに加振される連結アーム 4 1 6 2 に取り付けることにより、加振性能が高められている。

[0288] また、Y 軸レール 4 1 6 4 a / Y は、Y 軸方向において質量分布が均一であるため、Y 軸方向に加振したときに重量分布の変動によって生じる振動の発生が少ない。そのため、Y 軸方向に加振される連結プレート 4 1 6 4 c に Y 軸レール 4 1 6 4 a / Y を取り付けることにより、振動ノイズの発生が軽減する。

[0289] 一方、Z 軸リニアガイド 4 1 6 4 / Z は、1 本の Z 軸レール 4 1 6 4 a / Z と 1 個の Z 軸キャリッジ 4 1 6 4 b / Z から構成される。

[0290] 図 4 4 に示すように、5 つの Z 軸リニアガイド 4 1 6 4 / Z の Z 軸キャリ

ッジ 4 1 6 4 b / Z は、Y 軸方向に略隙間無く並べられ、連結プレート 4 1 6 4 c の他面に固定されている。また、Z 軸レール 4 1 6 4 a / Z は振動テーブル 4 4 0 0 の側面に固定されている。なお、3 つの Z 軸リニアガイド 4 1 6 4 / Z を Y 軸方向に間隔を空けて配置してもよい。この場合、Y Z スライダ 4 1 6 0 に十分な剛性を与えるために、Z 軸リニアガイド 4 1 6 4 / Z の間隔は、Z 軸キャリッジ 4 1 6 4 b / Z の幅（Y 軸方向のサイズ）よりも狭くすることが望ましい。

[0291] 本実施形態では、3 つの Y 軸リニアガイド 4 1 6 4 / Y が Z 軸方向に隙間なく並べられている。同様に、3 つの Z 軸リニアガイド 4 1 6 4 / Z も Y 軸方向に隙間なく並べられている。また、全ての Y 軸レール 4 1 6 4 a / Y と Z 軸キャリッジ 4 1 6 4 b / Z が、十分に剛性の高い連結プレート 4 1 6 4 c に直接固定されている。この構成により、Y Z スライダ 4 1 6 0（特に、連結プレート 4 1 6 4 c、Y 軸レール 4 1 6 4 a / Y 及び Z 軸キャリッジ 4 1 6 4 b / Z が一体に固定された連結部）の剛性が高められ、共振周波数が高くなっている。

[0292] 質量の大きい Z 軸キャリッジ 4 1 6 4 b / Z を、3 軸（X 軸、Y 軸、Z 軸）方向に加振される振動テーブル 4 4 0 0 ではなく、2 軸（X 軸、Y 軸）方向のみに加振される連結プレート 4 1 6 4 c に取り付けることにより、加振性能が高められている。

[0293] また、Z 軸方向に加振される振動テーブル 4 4 0 0 に Z 軸レール 4 1 6 4 a / Z を取り付けることにより、振動ノイズの発生が軽減する。

[0294] またに、連結プレート 4 1 6 4 c の一面には、略全面に亘って複数の Y 軸レール 4 1 6 4 a / Y が敷き詰められている。そして、連結プレート 4 1 6 4 c の一面を均等に覆う複数の Y 軸レール 4 1 6 4 a / Y を介して、連結プレート 4 1 6 4 c が X 軸方向に加振される。そのため、連結プレート 4 1 6 4 c 全体が X 軸方向に一様に加振される。また、各 Y 軸リニアガイド 4 1 6 4 / Y から伝達された加振力が剛性の高い連結プレート 4 1 6 4 c によって平均化され、より均一な加振力として Z 軸リニアガイド 4 1 6 4 / Z を介し

て振動テーブル4400に伝達される。

[0295] 同様に、振動テーブル4400の、X軸加振ユニットの可動部120と対向する側面には、略全面に亘って複数のZ軸レール4164a/Zが敷き詰められている。そして、この側面を均等に覆う複数のZ軸レール4164a/Zを介して、振動テーブル4400がX軸方向に加振される。そのため、振動テーブル4400全体がX軸方向に均等に加振され、振動テーブル4400内での加速度や加加速度の斑が少ない均一な加振が可能になる。

[0296] ZXスライダ4260は、上述したYZスライダ4160と同一構成であるため、詳しい説明は省略する。

[0297] 図42-24に示すように、本実施形態のXYスライダ4360は、3つのX軸リニアガイド4364/X（X軸レール4364a/X及びX軸キャリッジ4364b/X）と、3つのY軸リニアガイド4364/Y（Y軸レール4364a/Y及びY軸キャリッジ4364b/Y）と、全てのX軸リニアガイド4364/XとY軸リニアガイド4364/Yを連結する連結プレート4364cを備えている。X軸キャリッジ4364b/X及びY軸キャリッジ4364b/Yは、Y軸キャリッジ4164b/Y及びZ軸キャリッジ4164b/Zと同一構成のものである。

[0298] 図43に示すように、X軸リニアガイド4364/Xは、1本のX軸レール4364a/Xと2個のX軸キャリッジ4364b/Xから構成される。

[0299] また、図42に示すように、3つのX軸リニアガイド4364/XのX軸レール4364a/Xは、Y軸方向に等間隔で並べられ、Z軸加振ユニット300の可動部320の先端面に固定されている。X軸キャリッジ4364b/Xは連結プレート4364cの下面に固定されている。

[0300] Y軸リニアガイド4364/Yも、1本のY軸レール4364a/Yと2個のY軸キャリッジ4364b/Yから構成される。

[0301] また、図43に示すように、3つのY軸リニアガイド4364/YのY軸レール4364a/Yは、X軸方向に等間隔で並べられ、連結プレート4364cの上面に固定されている。Y軸キャリッジ4364a/Zは振動テ-

ブル4400の下面に固定されている。

[0302] 本実施形態では、3つのX軸リニアガイド4364/Xは、X軸キャリッジ4364b/Xの幅（Y軸方向のサイズ）よりも狭い間隔で配置されている。同様に、3つのY軸リニアガイド4364/Yも、Y軸キャリッジ4364b/Yの幅（X軸方向のサイズ）よりも狭い間隔で配置されている。また、全てのX軸キャリッジ4364b/XとY軸レール4364a/Yが、十分に剛性の高い連結プレート4364cに直接固定されている。この構成により、XYスライダ4360（特に、連結プレート4364c、X軸キャリッジ4364b/X及びY軸レール4364a/Yが一体に固定された連結部）の剛性が高められ、共振周波数が高くなっている。

[0303] なお、本実施形態では、XYスライダ4360のX軸リニアガイド4364/X及びY軸リニアガイド4364/Yが間隔を空けて並べられているが、YZスライダ4160のY軸リニアガイド4164/YやZ軸リニアガイド4164/Zと同様に、X軸リニアガイド4364/X及びY軸リニアガイド4364/Yを略隙間無く並べる構成としてもよい。

[0304] また、本実施形態の連結プレート4364c、4264c、4364cは、ステンレス鋼から形成されているが、より高い周波数の加振性能が必要な場合は、ジュラルミン等のアルミニウム合金やマグネシウム合金、炭素繊維複合材料等の軽量の構造材料を使用して2軸スライダのイナーシャを低減させてもよい。

[0305] <第5実施形態>

次に、本発明の第5実施形態について説明する。図45は、本発明の第5実施形態に係る加振装置5000の外観図である。第5実施形態は、2軸スライダ（スライド連結機構）、可動部支持機構及び固定部支持機構において使用されるリニアガイドの構成並びに2軸スライダの構成が第1実施形態と相違する。以下の第5実施形態の説明では、主に第1実施形態との相違点を中心に説明し、第1実施形態と共通する構成については説明を省略する。

[0306] 先ず、Y軸加振ユニット5200と振動テーブル5400とを連結するZ

Xスライダ5260の構成について説明する。

- [0307] 図46は、ZXスライダ5260が取り付けられたY軸加振ユニット5200の先端部を示した図である。ZXスライダ5260は、2つのZ軸レール5264a/Z、4つのZ軸キャリッジ5264b/Z、4つのX軸キャリッジ5264b/X、2つのX軸レール5264a/X及び連結アーム5262を備えている。連結アーム5262は、延長フレーム5224の天板5224bに固定された支持部材である。
- [0308] Z軸方向に延びる2つのZ軸レール5264a/Zは、X軸方向に所定の間隔を空けて配置され、連結アーム5262に固定されている。各Z軸レール5264a/Zには、これとスライド可能に係合する2つのZ軸キャリッジ5264b/Zが装着されている。
- [0309] また、X軸方向に延びる2つのX軸レール5264a/Xは、Z軸方向に所定の間隔を空けて配置され、振動テーブル5400（図45）のY軸加振ユニット5200と対向する側面に取り付けられている。各X軸レール5264a/Xには、これとスライド可能に係合する2つのX軸キャリッジ5264b/Xが装着されている。
- [0310] 各Z軸キャリッジ5264b/Zは、X軸キャリッジ5264b/Xの一つとキャリッジ上面同士を重ね合わせた状態でボルトによって一体に固定され、クロスキャリッジ5264を形成している。
- [0311] 一对のZ軸レール5264a/Zと一对のX軸レール5264a/Xは、井桁状に配置され、互いに交差する位置においてクロスキャリッジ5264によって連結されている。その結果、Y軸加振ユニット5200の可動部5220と振動テーブル5400とが、X軸及びZ軸方向の両方向にスライド可能に連結されている。
- [0312] 上述したように、本実施形態のZXスライダ5260は、それぞれ幅方向（Z軸レール5264a/ZにおいてはX軸方向、X軸レール5264a/XにおいてはZ軸方向）に間隔を空けて配置された各一对のZ軸レール5264a/Z及びX軸レール5264a/Xを備えている。この構成により、

各レールの延長軸周りの力のモーメントに対するZ Xスライダ5 2 6 0の剛性が向上し、より高い周波数での加振が可能になる。

[0313] 各レール対の配置間隔は、可能な限り広い方が有利である。本実施形態では、X軸レール5 2 6 4 a / Xの間隔は、振動テーブル5 4 0 0の高さによって制限されている。そのため、一方のX軸レール5 2 6 4 a / Xは振動テーブル5 4 0 0の側面の上端部に取り付けられ、他方のX軸レール5 2 6 4 a / Xは振動テーブル5 4 0 0の側面の上端部に取り付けられている。また、Z軸レール5 2 6 4 a / Zの配置間隔は、Y軸加振ユニット5 2 0 0の可動部5 2 2 0（天板5 2 2 4 b）の直径によって制限されている。そのため、図4 6に示されるように、一对のZ軸レール5 2 6 4 a / Zの間隔は、各Z軸レール5 2 6 4 a / Zが可動部5 2 2 0の外周面をY軸方向に延長した円柱面から外に出ない範囲で最大の間隔となっている。

[0314] 次に、Z軸レール5 2 6 4 a / ZとZ軸キャリッジ5 2 6 4 b / Zから構成されるZ軸リニアガイド5 2 6 4 / Zの内部構造について説明する。なお、加振装置5 0 0 0で使用される他のリニアガイドも、Z軸リニアガイド5 2 6 4 / Zと同一の構造を有している。

[0315] 図4 8は、Z Xスライダ5 2 6 0のZ軸レール5 2 6 4 a / Z及びZ軸キャリッジ5 2 6 4 b / Zを、Z軸レール5 2 6 4 a / Zの長軸と垂直な一面（すなわちX Y平面）で切断した縦断面図である。また、図4 9は、図4 8のI - I矢視図である。本実施形態のZ軸リニアガイド5 2 6 4 / Zは、転動体としてローラーを使用したものである。転動体としてローラーを使用することにより、高い位置精度と剛性が得られる。なお、転動体としてボールを使用したリニアガイドを使用することもできる。

[0316] 図4 8におけるZ軸レール5 2 6 4 a / ZのY軸方向両側面には、それぞれZ軸方向に伸びる、断面が台形状の溝G Rが形成されている。また、図4 8及び図4 9に示すように、Z軸キャリッジ5 2 6 4 b / ZにはZ軸レール5 2 6 4 a / Zを囲むように、Z軸方向に伸びる溝G Rが形成されている。溝G Rの各側壁には、Z軸レール5 2 6 4 a / Zの溝G Rに沿って延びる突

出部PRが形成されている。突出部PRには、Z軸レール5264a/Zの台形状の溝GRの各斜面と平行な、一对の斜面が形成されている。一对の溝GRの合計4つの斜面と、対向する突出部PRの斜面との間には、それぞれ隙間が形成されている。この4つの隙間には、それぞれ多数のステンレス鋼製のローラーRE' (RE' h、RE' i、RE' j、RE' k) と、ローラーを回転自在に保持して連結する樹脂製のリテーナRT' が収納されている。ローラーRE' は、それぞれ溝GRの斜面と突出部PRの斜面とで挟み込まれて保持されている。

[0317] また、Z軸キャリッジ5264b/Zの内部には、上記4つの隙間とそれぞれ平行に4つの無負荷経路〔ローラー退避路〕Q' (Q' a、Q' b、Q' c、Q' d) が形成されている。図49に示すように、無負荷経路Q' a、Q' b、Q' c、Q' dは、その両端において、対応する隙間と連絡する。これにより、ローラーRE' (RE' h、RE' i、RE' j、RE' k) 及びリテーナRT' を循環させるための循環路が形成される。

[0318] Z軸キャリッジ5264b/ZがZ軸レール5264a/Zに対してZ軸方向に移動すると、多数のローラーRE' h、RE' i、RE' j、RE' k がリテーナRT' と共に各循環経路CP' a、CP' b、CP' c、CP' d内をそれぞれ循環する。このため、Z軸方向とは異なる方向に大荷重が加わっていたとしても、多数のローラーでキャリッジを支持可能であると共にローラーRE' (RE' h、RE' i、RE' j、RE' k) が転がることによりZ軸方向の抵抗が小さく保たれるので、Z軸キャリッジ5264b/ZをZ軸レール5264a/Zに対してスムーズに移動させることができる。

[0319] 図49に示すように、複数のローラー（例えばローラーRE' k）を連結するリテーナRT' は、ローラーRE' k間に配置される複数のスペーサー部RTs' と、複数のスペーサー部RTs' を連結する一对のバンドRTb' を有している。各スペーサー部RTs' の両端が一对のバンドRTb' にそれぞれ固定され、梯子状のリテーナRT' が形成される。隣接する一对の

スペーサー部 RTs' と一対のバンド RTb' とで囲まれた空間に各ローラー $RE'k$ が保持される。

[0320] また、ローラー $RE'k$ 間に硬度の低いリテーナ RT' のスペーサー部 RTs' を介在させることで、ローラー $RE'k$ 同士が非常に狭い接触面積で直接接触することによって生じる油膜切れや摩耗が防止され、摩擦抵抗が少なくなり、寿命も大幅に延びる。

[0321] このように X 軸方向及び Z 軸方向に非常に小さな摩擦抵抗でスライド可能な ZX スライダ 5260 を介して Y 軸加振ユニット 5200 と振動テーブル 5400 とを連結することにより、 X 軸加振ユニット 5100 及び Z 軸加振ユニット 5300 により振動テーブル 5400 を X 軸方向及び Z 軸方向に振動させても、振動テーブル 5400 の X 軸方向及び Z 軸方向の振動成分は Y 軸加振ユニット 5200 へ伝達されることがない。また、 Y 軸加振ユニット 5200 の駆動によって、振動テーブル 5400 が Z 軸方向及び X 軸方向の力をほとんど受けることが無いため、クロストークの少ない加振が可能になる。

[0322] また、 X 軸加振ユニット 5100 と振動テーブル 5400 とを連結する YZ スライダ 5160 も、 ZX スライダ 5260 と同一の構成を有しており、振動テーブル 5400 は、 X 軸加振ユニット 5100 の可動部に対して Y 軸方向及び Z 軸方向にスライド可能に連結されている。従って、やはり Y 軸加振ユニット 5200 及び Z 軸加振ユニット 5300 により振動テーブル 5400 を Y 軸方向及び Z 軸方向に振動させても、振動テーブル 5400 の Y 軸方向及び Z 軸方向の振動成分は X 軸加振ユニット 5100 へ伝達されることがない。また、 X 軸加振ユニット 5100 の駆動によって、振動テーブル 5400 が Y 軸方向及び Z 軸方向の力をほとんど受けることが無いため、クロストークの少ない加振が可能になる。

[0323] 次に、 Z 軸加振ユニット 5300 と振動テーブル 5400 とを連結する XY スライダ 5360 の構成について説明する。

[0324] 図 47 は、 XY スライダ 5360 近傍の側面図である。図 50 は、 Z 軸加

振ユニット5300の可動部5320の天板5324bbに取り付けられるXYスライダ5360のレールの配置を説明する図である。

- [0325] XYスライダ5360は、4つのクロスガイド364を備えている。このクロスガイド364（364P、364S）は、1つのX軸リニアガイド5364/X（5364/XL、5364/XH）と1つのY軸リニアガイド5364/Y（5364/YH、5364/YL）を備えている。X軸リニアガイド5364/Xは、1つのX軸レール5364a/X（5364a/XL、5364a/XH）と1つのX軸キャリッジ5364b/X（5364b/XL、5364b/XH）から構成され、Y軸リニアガイド5364/Yは、1つのY軸レール5364a/Y（5364a/YH、5364a/YL）と1つのY軸キャリッジ5364b/Y（5364b/YH、5364b/YL）から構成される。
- [0326] X軸キャリッジ5364b/XとY軸キャリッジ5364b/Yは、キャリッジ上面同士を重ね合わせた状態でボルトによって一体に固定され、クロスキャリッジを形成している。このクロスキャリッジは、上述したZXスライダ5260のクロスキャリッジ5264と同一構成のものである。
- [0327] クロスガイド364には、X軸リニアガイド5364/Xが振動テーブル5400に取り付けられた第1の向きのクロスガイド364Pと、Y軸リニアガイド5364/Yが振動テーブル5400に取り付けられた第2の向きのクロスガイド364Sとが含まれる。クロスガイド364PのX軸レール5364a/XLは天板5324bの上面に取り付けられ、Y軸レール5364a/YHは振動テーブル5400の下面に取り付けられている。また、クロスガイド364SのY軸レール5364a/YLは天板5324bの上面に取り付けられ、X軸レール5364a/XHは振動テーブル5400の下面に取り付けられている。すなわち、各クロスガイド364は、Z軸加振ユニット5300の可動部5320と振動テーブル5400とを、X軸方向及びY軸方向にスライド可能に連結している。
- [0328] なお、天板5324bに取り付けられたX軸リニアガイド5364/X及

びY軸リニアガイド5364/Yを、それぞれ低位X軸リニアガイド5364/XL（低位X軸レール5364a/XL、低位X軸キャリッジ5364b/XL）及び低位Y軸リニアガイド5364/YL（低位Y軸レール5364a/YL、低位Y軸キャリッジ5364b/YL）と称する。また、振動テーブル5400に取り付けられたX軸リニアガイド5364/X及びY軸リニアガイド5364/Yを、それぞれ高位X軸リニアガイド5364/XH（高位X軸レール5364a/XH、高位X軸キャリッジ5364b/XH）及び高位Y軸リニアガイド5364/YH（高位Y軸レール5364a/YH、高位Y軸キャリッジ5364b/YH）と称する。

[0329] 図50に示されるように、4つのクロスガイド364は、略正形状の天板5324bの上面の四隅に取り付けられている。また、クロスガイド364Pと364Sは、Z軸加振ユニット5300の中心軸Axの周りに交互に配置されている。すなわち、クロスガイド364P及び364Sの配置は、中心軸Axの周りに4回対称の回転対称性を有している。このクロスガイド5364の配置により、XYスライダ5360の中心軸Ax回りの質量分布が平準化されている。その結果、XYスライダ5360のX軸方向とY軸方向の振動に対する応答特性がより均質なものとなっている。

[0330] また、X軸キャリッジ5364b/XとY軸キャリッジ5364b/Yとは、取付穴の種類（X軸キャリッジ5364b/Xには4つの貫通穴が形成され、Y軸キャリッジ5364b/Yには4つの螺子穴が形成されている。）を除いて、互いに同一の構造を有している。また、X軸レール5364a/XとY軸レール5364a/Yも同一のものである。各リニアガイド（X軸リニアガイド5364/X、Y軸リニアガイド5364/Y）は、X軸方向とY軸方向とで質量分布が異なる。しかしながら、これら2つを連結してクロスガイド5364とすることにより、X軸方向とY軸方向の質量分布が平準化される。この構成によっても、XYスライダ5360のX軸方向とY軸方向の振動に対する応答特性がより均質なものとなっている。

[0331] また、各加振ユニット（X軸加振ユニット5100、Y軸加振ユニット5

200、Z軸加振ユニット5300)は、それぞれ一对の支持ユニット5150、210、310(固定部支持機構)を介して装置ベース5500に取り付けられている。支持ユニット5150、210、310は、各加振ユニット5100、5200、5300を弾性的に支持する弾性要素(コイルばね又は空気ばね)を備えた緩衝装置であり、各加振ユニットの加振方向における振動(特に高い周波数成分)の装置ベース5500への伝達を抑制する。支持ユニット5150、5250、5350を介して各加振ユニット5100、5200、5300を装置ベース5500に取り付けることにより、加振ユニット5100、5200、5300間の振動の伝達が抑制され、クロストークの少ない、より高精度の3軸加振が可能になる。

[0332] <第6実施形態>

次に本発明の第6実施形態について説明する。第6実施形態は、各動電型アクチュエータ(X軸方向及びY軸方向の各水平アクチュエータ、鉛直アクチュエータ6300A)の可動部のフレーム構造において第1実施形態と相違する。以下の第6実施形態の説明では、主に第1実施形態との相違点を中心に説明し、第1実施形態と共通する構成については説明を省略する。

[0333] 図51は、本発明の第6実施形態に係る動電型3軸加振装置6000(Z軸加振ユニット6300、振動テーブル400、X軸カウンターバランス部610、Y軸カウンターバランス部620及びZ軸カウンターバランス部630のみを示す。)の正面図である。第6実施形態の鉛直アクチュエータ6300Aの可動部6320は、フレーム6322を備えている。

[0334] 図52及び図53は、それぞれフレーム6322の外観を示した斜視図である。図52はフレーム6322を正面側(振動テーブル400側)から見た図であり、図53は背面側から見た図である。フレーム6322は、全体として、駆動方向(Z軸方向)に延びる中心軸を有する略円柱状に形成されている。

[0335] 本実施形態のフレーム6322は、アルミニウム合金の鋳造及び切削加工により形成されたものであるが、フレーム6322の材質及び加工方法はこ

れに限定されない。フレーム6322は、例えばステンレス鋼、チタン合金又はマグネシウム合金等のその他の金属材料、若しくは、ガラス繊維強化樹脂（GFRP）や炭素繊維強化樹脂（CFRP）等の樹脂材料から形成してもよい。また、フレーム6322は、溶接、溶着、接着、射出成形、3次元造形（3Dプリンター）等により一体に形成してもよい。

[0336] フレーム6322は、駆動方向に延びる略円筒状の主柱6322aと、主柱6322aの外周面から放射状に延びる8枚の板状のリブ6322b（6322b1、6322b2）と、正面側において8枚のリブ6322bの先端部を連結する円環状の正面周縁部6322cと、背面側において8枚のリブ6322bの先端部を連結する略円環状の背面周縁部6322dと、正面側において8枚のリブ6322bの半径方向（放射方向）における中間部分を連結する円筒状の中間連結部6322eを備えている。なお、主柱6322aには、下方からロッド326（図8参照）が嵌入する。

[0337] 正面周縁部6322c、背面周縁部6322d及び中間連結部6322eにより8枚のリブ6322bを環状に連結する構成を採用することにより、フレーム6322の高い剛性と軽量化の両立が可能になっている。また、中間連結部6322eを設けることにより、ベースプレート6362をより均一に（面的に）支持することが可能になっている。

[0338] フレーム6322（具体的には、リブ6322b、正面周縁部6322c及び中間連結部6322e）の正面には、ベースプレート6362を取り付けるための複数のタップ穴6322ftが形成されている。また、フレーム6322（具体的には、背面周縁部6322d）の背面には、駆動コイル321を取り付けるための複数のねじ穴6322rtが形成されている。

[0339] 8枚のリブ6322bのうちの4枚のリブ6322b1の端面（外周面）には可動部支持機構340のZ軸レール344aを取り付けるためのねじ穴6322btの列が形成されている。また、残りの4枚のリブ6322b2の端面にはコイル取付部322dと嵌合する嵌合溝6322bgが形成されている。リブ6322b1とリブ6322b2とは、周方向に交互に配置さ

れている。

[0340] 正面周縁部 6 3 2 2 c の外周の正面側には、可動部支持機構 3 4 0 の Z 軸キャリッジ 3 4 4 b と干渉しないように、リブ 6 3 2 2 b の近傍に凹部 6 3 2 2 c a が形成されている。凹部 6 3 2 2 c a の底面には、穴 6 3 2 2 b t の列に沿って、Z 軸レール 3 4 4 a を水平方向に位置決めするための段差 6 3 2 2 c b が形成されている。リブ 6 3 2 2 b 1 の端面も、Z 軸レール 3 4 4 a が取り付けられる正面側の部分が、凹部 6 3 2 2 c a の底面と同じ深さまで支柱 6 3 2 2 a 側にオフセットして、レール取付面 6 3 2 2 b r が形成されている。また、リブ 6 3 2 2 b 1 の端面には、レール取付面 6 3 2 2 b r の境界において、Z 軸レール 3 4 4 a を鉛直方向に位置決めするための段差 6 3 2 2 b s が形成されている。

[0341] 上述した第 1 実施形態の可動部 3 2 0 は、メインフレーム 3 2 2 に延長フレーム 3 2 4 をボルトで連結した、2 分割形 (two-piece) のフレームを備えている。2 分割形のフレーム構造を採用することにより、メインフレーム 3 2 2 のみを有する標準仕様の動電型アクチュエータに可動部支持機構 3 4 0 を追加装備することが可能となっている。

[0342] しかしながら、2 分割形のフレーム構造は、2 つの部分（メインフレーム 3 2 2、延長フレーム 3 2 4）を連結する構造が必要になり、また、フレーム全体の構造を最適化することができない（すなわち、既存のメインフレーム 3 2 2 を前提とした設計にせざるを得ない）ため、フレームの重量を大きくし、重量バランスを崩していた。その結果、2 分割形のフレーム構造が、動電型アクチュエータの加振性能を制限する一因となっていた。また、2 分割形のフレームは、2 つの部分の連結する工程を必要とし、組み立てに多くの工数を要した。

[0343] 本実施形態においては、第 1 実施形態のメインフレーム 3 2 2 及び拡張フレーム 3 2 4 に換えて、一体形 (one-piece) のフレーム 6 3 2 2 が使用される。この構成により、フレームの複数部分を連結するための構造を設ける必要がなくなり、また、設計の自由度を高めることができるため、より軽量で

、より剛性が高く、より重量バランスが良好で、より少ない工数で組み立て可能なフレーム 6 3 2 2 が実現する。

[0344] なお、第 1 実施形態では、拡張フレーム 3 2 4 に X Y スライダ 3 6 0 を取り付けるための天板 3 2 2 b（本実施形態のベースプレート 6 3 6 2 に相当する。）が一体に形成されているが、本実施形態では、フレーム 6 3 2 2 とベースプレート 6 3 6 2 が別部材となっている。これにより、X Y スライダ 3 6 0 の設計に応じてフレーム 6 3 2 2 の設計を変える必要が無くなり、フレーム 6 3 2 2 の設計及び製造の管理が容易になる。また、第 1 実施形態と同様に、フレーム 6 3 2 2 とベースプレート 6 3 6 2 とを一体化してもよい。

[0345] なお、本実施形態のフレーム 6 3 2 2 は、第 1 ～ 第 5 実施形態に適用することもできる。

[0346] 以上が本発明の例示的な実施形態の説明である。本発明の実施形態は、上記に説明したものに限定されず、特許請求の範囲の記載により表現された技術的思想の範囲内において様々な変形が可能である。例えば本明細書中に例示的に明示された実施形態等の構成及び／又は本明細書中の記載から当業者に自明な実施形態等の構成を適宜組み合わせた構成も本願の実施形態に含まれる。

[0347] 上記の各実施形態は、本発明を動電型の加振装置に適用した例であるが、本発明はこの構成に限定されず、他の方式の加振ユニット（例えば、回転電動機や油圧回転モータと送りねじ機構等の回転→直動変換機構とを組み合わせた直動加振ユニット、リニアモータ等）を使用した加振装置にも本発明を適用することができる。例えば、特許文献 1 に記載のサーボモータとボールねじ機構を使用した加振ユニットに本発明を適用することができる。

[0348] また、上記の各実施形態は、動電型 3 軸同時加振装置に本発明を適用した例であるが、当然ながら本発明は 1 軸又は 2 軸の加振装置にも適用することができる。

[0349] また、第 1 実施形態では、支持ユニット 3 5 0（固定部支持機構）の振動

を減衰する緩衝手段として空気ばねが使用されているが、防振効果のある他の種類のばね（例えば鋼製のコイルばね）や弾性体（防振ゴム等）を使用する構成とすることもできる。

[0350] スライド連結機構の各軸のリニアガイドの数（１本、２本、３本、４本、５本以上）や配置は、振動テーブルの大きさ、供試体の大きさや質量分布、試験条件（周波数、振幅）等に応じて、適宜選択される。また、第１実施形態のXYスライダ３６０や、第３実施形態のYZスライダ２１６０、ZXスライダ２２６０、XYスライダ２３６０が備えるクロスガイドの数も、９つに限らず、振動テーブルの大きさや供試体の荷重、試験条件等に応じて、３つ以上の任意の数量とすることができる。

[0351] 上記の各実施形態（但し、第５実施形態を除く。）では、リニアガイドの転動体としてボールＲＥ（玉）が使用されているが、ローラ（ころ）を転動体として使用してもよい。

[0352] 上記の各実施形態（但し、第５実施形態を除く。）では、リニアガイドに８条の負荷経路が形成されているが、５条、６条、７条又は９条以上の多数の負荷経路を設けてもよい。また、上記の各実施形態（但し、第５実施形態を除く。）のリニアガイドには、近接して形成された経路対が複数対設けられているが、必ずしも経路対を基本単位として負荷経路を設ける必要はない。複数の負荷経路を均等な間隔で設けてもよいし、あるいは全く不均等な間隔で設けてもよい。なお、従来の４条の負荷経路を有する４条列型のリニアガイドを使用することも可能である。

[0353] 上記の各実施形態では、鉛直方向をＺ軸方向と称しているが、鉛直方向をＹ軸方向又はＸ軸方向と称しても良い。また、各加振方向を水平方向又は垂直方向とすることが望ましいが、３軸の加振方向の２軸以上を非垂直且つ非水平な方向となるように加振装置を配置してもよい。

[0354] 上記の各実施形態では、クロスガイドが直交２方向に等間隔に正方格子状に配置されているが、六方格子状に配置（正三角形配列）してもよい。例えば、XYスライダにおいて、XY平面上の正三角形の周期構造（単位格子）

の重心に第1の向きのクロスガイドを配置し、該正三角形の各頂点に第2の向きのクロスガイドを配置する構成とすることができる。

[0355] 上記の第1実施形態では、被加振物を振動テーブル400内に出し入れるための開口が箱部400aの上面に形成されているが、この開口を箱部の側面に設けてもよい。

[0356] 上記の第1実施形態では、振動テーブル400に被加振物を取り付けるための雌螺子421や貫通穴432、442が設けられているが、被加振物を取り付けるための他の種類の取付構造（例えば、固定バンド、クランプ、電磁石等）を振動テーブル400に設けても良い。

[0357] 上記の第1実施形態は、本発明を動電型の加振装置に適用した例であるが、本発明はこの構成に限定されず、他の種類の加振ユニット（例えば、回転電動機や油圧回転モータと送りねじ機構等の回転→直動変換機構とを組み合わせた直動加振ユニット、リニアモータ、油圧シリンダ等）を使用した加振装置にも本発明を適用することができる。

[0358] また、上記の第1実施形態の加振装置1は、2軸加振装置に本発明を適用した例であるが、本発明は1軸及び3軸加振装置に適用することもできる。

[0359] 上記の各実施形態は、本発明を動電型の加振装置に適用した例であるが、本発明はこの構成に限定されず、他の方式の加振ユニット（例えば、回転電動機や油圧回転モータと送りねじ機構等の回転→直動変換機構とを組み合わせた直動加振ユニット、リニアモータ等）を使用した加振装置にも本発明を適用することができる。例えば、国際公開第2009/011433号に記載のサーボモータとボールねじ機構を使用した加振ユニットに本発明を適用することができる。

[0360] また、上記の各実施形態は、動電型3軸同時加振装置に本発明を適用した例であるが、当然ながら本発明は1軸又は2軸の加振装置にも適用することができる。

[0361] また、第1実施形態では、支持ユニット350（固定部支持機構）の振動を減衰する緩衝手段として空気ばねが使用されているが、防振効果のある他

の種類のばね（例えば鋼製のコイルばね）や弾性体（防振ゴム等）を使用する構成とすることもできる。

[0362] スライド連結機構の各軸のリニアガイドの数（１本、２本、３本、４本、５本以上）や配置は、振動テーブルの大きさ、供試体の大きさや質量分布、試験条件（周波数、振幅）等に応じて、適宜選択される。また、第１実施形態のXYスライダ３６０や、第３実施形態のYZスライダ２１６０、ZXスライダ２２６０、XYスライダ２３６０が備えるクロスガイドの数も、９つに限らず、振動テーブルの大きさや供試体の荷重、試験条件等に応じて、３つ以上の任意の数量とすることができる。

[0363] 上記の実施形態では、リニアガイドの転動体としてボールＲＥ（玉）が使用されているが、ローラ（ころ）を転動体として使用してもよい。

[0364] 上記の実施形態では、リニアガイドに８条の負荷経路が形成されているが、５条、６条、７条又は９条以上の多数の負荷経路を設けてもよい。また、上記の実施形態のリニアガイドには、近接して形成された経路対が複数対設けられているが、必ずしも経路対を基本単位として負荷経路を設ける必要はない。複数の負荷経路を均等な間隔で設けてもよいし、あるいは全く不均等な間隔で設けてもよい。

[0365] また、上述した各実施形態の構成要素の一部を除いたもの、上述した各実施形態を複数組み合わせたもの、及び、上述した二以上の実施形態の構成要素の一部又は全部を組み合わせたものも、本発明の範囲に含まれる。

[0366] <補遺>

振動テーブルに固定された供試品を直交３軸方向に加振する３軸加振装置が知られている。直交３軸方向に加振するためには、例えば、振動テーブルをＸ軸方向に加振するＸ軸アクチュエータと振動テーブルとを、２軸スライダにより、Ｘ軸と直交する２方向（Ｙ軸及びＺ軸方向）にスライド可能に連結する必要がある。特開２０１２－２３７７３６号公報には、転動体を備えた転がり軸受式のリニアガイドウェイ（以下、「リニアガイド」と略記する。）を使用した２軸スライダを採用することにより、高周波数領域での３軸

加振を可能にした加振装置が記載されている。

- [0367] 特開 2012-237736 号公報に記載の加振装置では、振動テーブルと水平方向に駆動するアクチュエータ（X 軸アクチュエータ、Y 軸アクチュエータ）とを連結する水平駆動用のスライド連結機構（YZ スライダ、ZX スライダ）が、1 本の Y 軸又は X 軸レールを介して振動テーブルに接続されている。
- [0368] すなわち、特許文献 1 に記載の加振装置は、水平駆動用のスライド連結機構に加わる Y 軸（又は X 軸）まわりの力のモーメントを、一本の細い Y 軸レール（又は X 軸レール）のみで受ける構成となっているため、Y 軸（又は X 軸）まわりの力のモーメントに対する剛性が Z 軸まわりの力のモーメントに対する剛性に比べて低くなっている。このことが、加振装置の高精度化（特に高い周波数領域における加振性能の向上）を妨げる一因となっていた。
- [0369] 本発明の一側面は、上記の事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、スライド連結機構の剛性を高めることにより、加振性能を向上させる点にある。

請求の範囲

- [請求項1] 振動テーブルと、
 前記振動テーブルをX軸方向に加振するX軸加振ユニットと、
 前記振動テーブルと前記X軸加振ユニットとを前記X軸方向と垂直なY軸方向にスライド可能に連結するY軸リニアガイドウェイと、
 を備え、
 前記Y軸リニアガイドウェイが、
 前記Y軸方向に延びるX軸レールと、
 前記Y軸レールと前記Y軸方向にスライド可能に係合するY軸キャリアッジと、
 を備え、
 前記Y軸キャリアッジと前記Y軸レールとの間に、それぞれ複数の転動体が転動する5条以上の複数の負荷経路が形成された、
 加振装置。
- [請求項2] 前記負荷経路が8条形成された、
 請求項1に記載の加振装置。
- [請求項3] 前記Y軸キャリアッジに、前記複数の負荷経路のそれぞれに対応する複数の無負荷経路が形成され、
 前記負荷経路と前記無負荷経路の各対が両端同士で連結して、前記転動体が循環する循環経路が形成された、
 請求項1又は請求項2に記載の加振装置。
- [請求項4] 前記Y軸リニアガイドウェイが、
 前記転動体と共に前記循環経路に沿って循環し、該転動体同士の接触を防ぐ、リテーナを備えた、
 請求項3に記載の加振装置。
- [請求項5] 前記Y軸キャリアッジの長さLが、70－160mmの範囲内である、
 請求項1から請求項4のいずれか一項に記載の加振装置。

- [請求項6] 前記Y軸キャリッジの長さLが、90－140mmの範囲内である、
請求項1から請求項4のいずれか一項に記載の加振装置。
- [請求項7] 前記Y軸キャリッジの長さLが、110－130mmの範囲内である、
請求項1から請求項4のいずれか一項に記載の加振装置。
- [請求項8] 前記Y軸キャリッジの長さLと幅Wとの比であるアスペクト比 L/W が、0.65－1.5の範囲内である、
請求項1から請求項7のいずれか一項に記載の加振装置。
- [請求項9] 前記Y軸キャリッジの長さLと幅Wとの比であるアスペクト比 L/W が、0.7－1.4の範囲内である、
請求項1から請求項7のいずれか一項に記載の加振装置。
- [請求項10] 前記Y軸キャリッジの長さLと幅Wとの比であるアスペクト比 L/W が、0.75－1.35の範囲内である、
請求項1から請求項7のいずれか一項に記載の加振装置。
- [請求項11] 前記転動体がボールである、
請求項1から請求項10のいずれか一項に記載の加振装置。
- [請求項12] 前記転動体がローラーである、
請求項1から請求項10のいずれか一項に記載の加振装置。
- [請求項13] 振動テーブルと、
前記振動テーブルを第1の方向に加振する第1アクチュエータと、
前記振動テーブルと前記第1アクチュエータとを、前記第1の方向と直交する第2の方向にスライド可能に連結する第1スライド連結機構と、
前記第1スライド連結機構を前記振動テーブルに取り付けることによって生じる被加振部のアンバランスを補償する、前記振動テーブルに取り付けられたカウンターバランス部と、
を備えた、

加振装置。

[請求項14] 前記カウンターバランス部が、
錘部と、
緩衝部と、を有し、
前記錘部が、前記緩衝部を介して、前記振動テーブルに固定された、

請求項13に記載の加振装置。

[請求項15] 前記錘部が平板状である、
請求項14に記載の加振装置。

[請求項16] 前記緩衝部がシート状である、
請求項14又は請求項15に記載の加振装置。

[請求項17] 前記緩衝部が、エラストマーを含む、
請求項14から請求項15のいずれか一項に記載の加振装置。

[請求項18] 前記緩衝部が、前記錘部を振動テーブルから離して支持するスペーサーを有する、
請求項14から請求項17のいずれか一項に記載の加振装置。

[請求項19] 前記カウンターバランス部が、
前記錘部を固定する複数のボルトを備え、
前記複数のボルトによる固定間隔が100mm以下である、
請求項14から請求項18のいずれか一項に記載の加振装置。

[請求項20] 前記固定間隔が50mm以下である、
請求項19に記載の加振装置。

[請求項21] 前記緩衝部が、
第1錘部と、
前記振動テーブルと前記第1錘部とで挟まれた第1緩衝部と、
第2錘部と、
前記第1錘部と前記第2錘部とで挟まれた第2緩衝部と、
を有する、

請求項 13 から請求項 20 のいずれか一項に記載の加振装置。

[請求項22] 前記緩衝部が、
第3 錘部と、
前記第2 錘部と前記第3 錘部とで挟まれた第3 緩衝部と、
を有する、
請求項 21 に記載の加振装置。

[請求項23] 前記第1 錘部が第1 ボルトによって前記振動テーブルに固定され、
前記第2 錘部が第2 ボルトによって前記第1 錘部に固定され、
前記第3 錘部が第3 ボルトによって前記第2 錘部に固定された、
請求項 22 に記載の加振装置。

[請求項24] X 軸、Y 軸及びZ 軸方向が互いに直交する3 方向であり、
振動テーブルと、
前記振動テーブルを前記X 軸方向に加振するX 軸アクチュエータと
、
前記振動テーブルを前記Y 軸方向に加振するY 軸アクチュエータと
、
前記振動テーブルを前記Z 軸方向に加振するZ 軸アクチュエータと
、
前記振動テーブルと前記X 軸アクチュエータとを、前記Y 軸及び前
記Z 軸方向にスライド可能に連結するYZ スライド連結機構と、
前記振動テーブルと前記Y 軸アクチュエータとを、前記Z 軸及び前
記X 軸方向にスライド可能に連結するZX スライド連結機構と、
前記振動テーブルと前記Z 軸アクチュエータとを、前記X 軸及び前
記Y 軸方向にスライド可能に連結するXY スライド連結機構と、
前記YZ スライド連結機構を前記振動テーブルに取り付けることによ
って生じる被加振部のアンバランスを補償する、前記振動テーブル
に取り付けられたX 軸カウンターバランス部と、
前記ZX スライド連結機構を前記振動テーブルに取り付けることに

よって生じる被加振部のアンバランスを補償する、前記振動テーブルに取り付けられたＹ軸カウンターバランス部と、

前記ＸＹスライド連結機構を前記振動テーブルに取り付けることによって生じる被加振部のアンバランスを補償する、前記振動テーブルに取り付けられたＺ軸カウンターバランス部と、
を備えた加振装置。

[請求項25]

前記ＸＹスライド連結機構が、

Ｘ軸方向の直線運動を案内するＸ軸リニアガイドウェイと、

Ｙ軸方向の直線運動を案内するＹ軸リニアガイドウェイと、

を備え、

前記振動テーブルと前記Ｚ軸アクチュエータとが、前記Ｘ軸リニアガイドウェイ及び前記Ｙ軸リニアガイドウェイを介して連結された、請求項２４に記載の加振装置。

[請求項26]

前記Ｘ軸リニアガイドウェイが、

前記Ｘ軸方向に延びるＸ軸レールと、

前記Ｘ軸レールと前記Ｘ軸方向にスライド可能に係合するＸ軸キャリッジと、

を備え、

前記Ｙ軸リニアガイドウェイが、

前記Ｙ軸方向に延びるＹ軸レールと、

前記Ｙ軸レールと前記Ｙ軸方向にスライド可能に係合するＹ軸キャリッジと、

を備えた、

請求項２５に記載の加振装置。

[請求項27]

前記Ｘ軸キャリッジと前記Ｘ軸レールとの間に、それぞれ複数の転動体が転動する８条の負荷経路が形成された、

請求項２６に記載の加振装置。

[請求項28]

前記Ｙ軸キャリッジが前記Ｘ軸キャリッジに固定されることにより

、前記X軸リニアガイドウェイと前記Y軸リニアガイドウェイが連結してクロスガイドを形成し、

前記クロスガイドのX軸レール及びY軸レールの一方が前記振動テーブルに取り付けられ、他方が前記X軸アクチュエータに取り付けられた、

請求項26又は請求項27に記載の加振装置。

[請求項29] 前記XYスライド連結機構が、複数の前記クロスガイドを備え、
前記複数のクロスガイドが、
前記X軸レールが前記振動テーブルに取り付けられた第1の向きのクロスガイドと、
前記Y軸レールが前記振動テーブルに取り付けられた第2の向きのクロスガイドと、を含む、
請求項28に記載の加振装置。

[請求項30] 前記XYスライド連結機構が、
複数の前記第1の向きのクロスガイドと、
複数の前記第2の向きのクロスガイドと、
を備え、
前記複数の第1の向きのクロスガイドと前記複数の第2の向きのクロスガイドが、前記X軸方向及び前記Y軸方向の2方向において交互に配置された、
請求項29に記載の加振装置。

[請求項31] 前記XYスライド連結機構が、前記第1の向きのクロスガイドと前記第2の向きのクロスガイドを同数備えた、
請求項30に記載の加振装置。

[請求項32] 前記複数のクロスガイドが、前記X軸方向及び前記Y軸方向に格子状に配置された、
請求項31に記載の加振装置。

[請求項33] 振動テーブルと、

前記振動テーブルを第1の方向に加振する第1アクチュエータと、
前記振動テーブルと前記第1アクチュエータとを、前記第1の方向と直交する第2の方向にスライド可能に連結する第1スライド連結機構と、
を備え、

前記振動テーブルには予め所定のアンバランスが付与されていて、
前記第1スライド連結機構の一部及び前記振動テーブルを含む被加振部の重心が前記振動テーブルの中心に一致する、
加振装置。

[請求項34]

振動テーブルと、
前記振動テーブルを水平方向であるX軸方向に駆動するX軸アクチュエータと、
前記振動テーブルと前記X軸アクチュエータとを、前記X軸方向に垂直な水平方向であるY軸方向にスライド可能に連結する第1連結機構と、
を備え、
前記第1連結機構が、鉛直方向であるZ軸方向に間隔を空けて配置された、前記振動テーブルと前記X軸アクチュエータとを前記Y軸方向にスライド可能に連結する、一対のリニアガイドウェイを備えた、
加振装置。

[請求項35]

前記振動テーブルを前記Y軸方向に駆動するY軸アクチュエータと、
、
前記振動テーブルと前記Y軸アクチュエータとを、前記X軸方向にスライド可能に連結する第2連結機構と、
を備え、
前記第2連結機構が、前記Z軸方向に間隔を空けて配置された、前記振動テーブルと前記Y軸アクチュエータとを前記X軸方向にスライド可能に連結する、一対のリニアガイドウェイを備えた、

請求項 3 4 に記載の加振装置。

[請求項36] 前記振動テーブルを前記 Z 軸方向に駆動する Z 軸アクチュエータを備え、

前記第 1 連結機構が、前記振動テーブルと前記 X 軸アクチュエータとを、前記 Y 軸方向及び前記 Z 軸方向の両方向にスライド可能に連結し、

前記第 2 連結機構が、前記振動テーブルと前記 Y 軸アクチュエータとを、前記 X 軸方向及び前記 Z 軸方向の両方向にスライド可能に連結する、

請求項 3 4 又は請求項 3 5 のいずれか一項に記載の加振装置。

[請求項37] 前記リニアガイドウェイが、
スライド方向に延びるレールと、
前記レール上を走行するキャリッジと、
を備えた、

請求項 3 4 から請求項 3 6 のいずれか一項に記載の加振装置。

[請求項38] 前記レールが前記振動テーブルに取り付けられた、
請求項 3 7 に記載の加振装置。

[請求項39] 前記一対のリニアガイドウェイの一方が前記振動テーブルの上端部に取り付けられ、

前記一対のリニアガイドウェイの他方が前記振動テーブルの下端部に取り付けられた、

請求項 3 8 に記載の加振装置。

[請求項40] 被加振物に取り付けられる振動テーブルと、
前記振動テーブルを所定方向に加振する加振ユニットと、
を備え、

前記被加振物を前記振動テーブルに取り付けたときに、前記所定方向と垂直な投影平面上への前記被加振物の重心の投影が、該投影平面上への前記加振ユニットの可動部の投影に含まれるように構成された

、
加振装置。

[請求項41] 前記振動テーブルの重心の前記投影平面上への投影が、該投影平面上への前記加振ユニットの可動部の投影に含まれる、
請求項40に記載の加振装置。

[請求項42] 前記振動テーブルの重心が、該振動テーブルの外形の中心に配置された、
請求項40又は請求項41に記載の加振装置。

[請求項43] 前記振動テーブルが、前記被加振物を収容可能な中空部を有する、
請求項40から請求項42のいずれか一項に記載の加振装置。

[請求項44] 前記振動テーブルが、略箱形である、
請求項43に記載の加振装置。

[請求項45] 前記振動テーブルが、
前記被加振物を前記中空部に出し入れするための第1開口が一面に形成された箱部と、
前記第1開口を塞ぐ蓋部と、を備えた、
請求項44に記載の加振装置。

[請求項46] 前記中空部が、前記振動テーブルの中央部に形成された、
請求項43又は請求項44に記載の加振装置。

[請求項47] 前記振動テーブルが、
底板と、
前記底板の縁部から垂直に突出した枠部と、を有する、
請求項43から請求項46のいずれか一項に記載の加振装置。

[請求項48] 前記枠部の内部に配置された、前記底板から垂直に突出した格子状の中板を有する、
請求項47に記載の加振装置。

[請求項49] 前記中板が、前記底板及び前記枠部に接合された、
請求項48に記載の加振装置。

- [請求項50] 前記振動テーブルが、
前記被加振物と外部装置とを接続する長物が通される第2開口を有する、
請求項43から請求項49のいずれか一項に記載の加振装置。
- [請求項51] 前記加振ユニットが、
前記振動テーブルを水平方向であるX軸方向に加振するX軸加振ユニットを含む、
請求項40から請求項50のいずれか一項に記載の加振装置。
- [請求項52] 前記加振ユニットが、
前記振動テーブルを前記X軸方向に垂直な水平方向であるY軸方向に加振するY軸加振ユニットを含む、
請求項51に記載の加振装置。
- [請求項53] 前記加振ユニットが、
前記振動テーブルを鉛直方向であるZ軸方向に加振するZ軸加振ユニットを含む、
請求項40から請求項52のいずれか一項に記載の加振装置。
- [請求項54] 前記振動テーブルが、底板を有し、
前記底板に前記被加振物を取り付けるための取付構造が設けられた、
請求項40から請求項53のいずれか一項に記載の加振装置。
- [請求項55] 前記振動テーブルが、壁部を有し、
前記壁部に前記被加振物を取り付けるための取付構造が設けられた、
請求項40から請求項54のいずれか一項に記載の加振装置。
- [請求項56] 略筒状の固定部と、
その少なくとも一部が前記固定部の中空部内に收容され、前記固定部の軸線方向に往復駆動される可動部と、
前記可動部を前記軸線方向に往復移動可能に側方から支持する可動

部支持機構と、

を備え、

前記可動部が、

その先端側の部分が前記可動部支持機構により支持されたフレームと、

前記フレームの後端に取り付けられたコイルと、を備え、

前記フレームが一体に形成された、

動電型アクチュエータ。

[請求項57]

前記可動部支持機構がリニアガイドウェイを備え、

前記リニアガイドウェイが

前記固定部の軸線方向に延びるレールと、

前記レール上を転動可能な複数の転動体と、

前記転動体を介して前記レール上を移動可能なキャリッジと、
を備え、

前記レールと前記キャリッジとの間に、それぞれ複数の前記転動体が転動する8条の負荷経路が形成された、

請求項56に記載の動電型アクチュエータ。

[請求項58]

略筒状の固定部と、

その少なくとも一部が前記固定部の中空部内に收容され、前記固定部の軸線方向に往復駆動される可動部と、

前記可動部を前記軸線方向に往復移動可能に側方から支持する可動部支持機構と、

を備え、

前記可動部支持機構がリニアガイドウェイを備え、

前記リニアガイドウェイが

前記固定部の軸線方向に延びるレールと、

前記レール上を転動可能な複数の転動体と、

前記転動体を介して前記レール上を移動可能なキャリッジと、

を備え、

前記レールと前記キャリッジとの間に、それぞれ複数の前記転動体が転動する 8 条の負荷経路が形成された、

動電型アクチュエータ。

[請求項59]

前記可動部が、

その先端側の部分が前記可動部支持機構により支持されたフレームと、

前記フレームの後端に取り付けられたコイルと、を備え、

前記フレームが一体に形成された、

請求項 5 8 に記載の動電型アクチュエータ。

[請求項60]

前記レールが前記可動部に固定され、

前記ランナーブロックが前記固定部に固定された、

請求項 5 7 から請求項 5 9 のいずれか一項に記載の動電型アクチュエータ。

[請求項61]

前記可動部支持機構が、前記中空部外に突出した部分において、前記可動部のフレームを支持する、

請求項 5 6 から請求項 6 0 のいずれか一項に記載の動電型アクチュエータ。

[請求項62]

前記可動部支持機構が、

前記固定部の軸線方向における一端面と前記リニアガイドウェイとを連結するガイドフレームを備えた、

請求項 5 6 から請求項 6 1 のいずれか一項に記載の動電型アクチュエータ。

[請求項63]

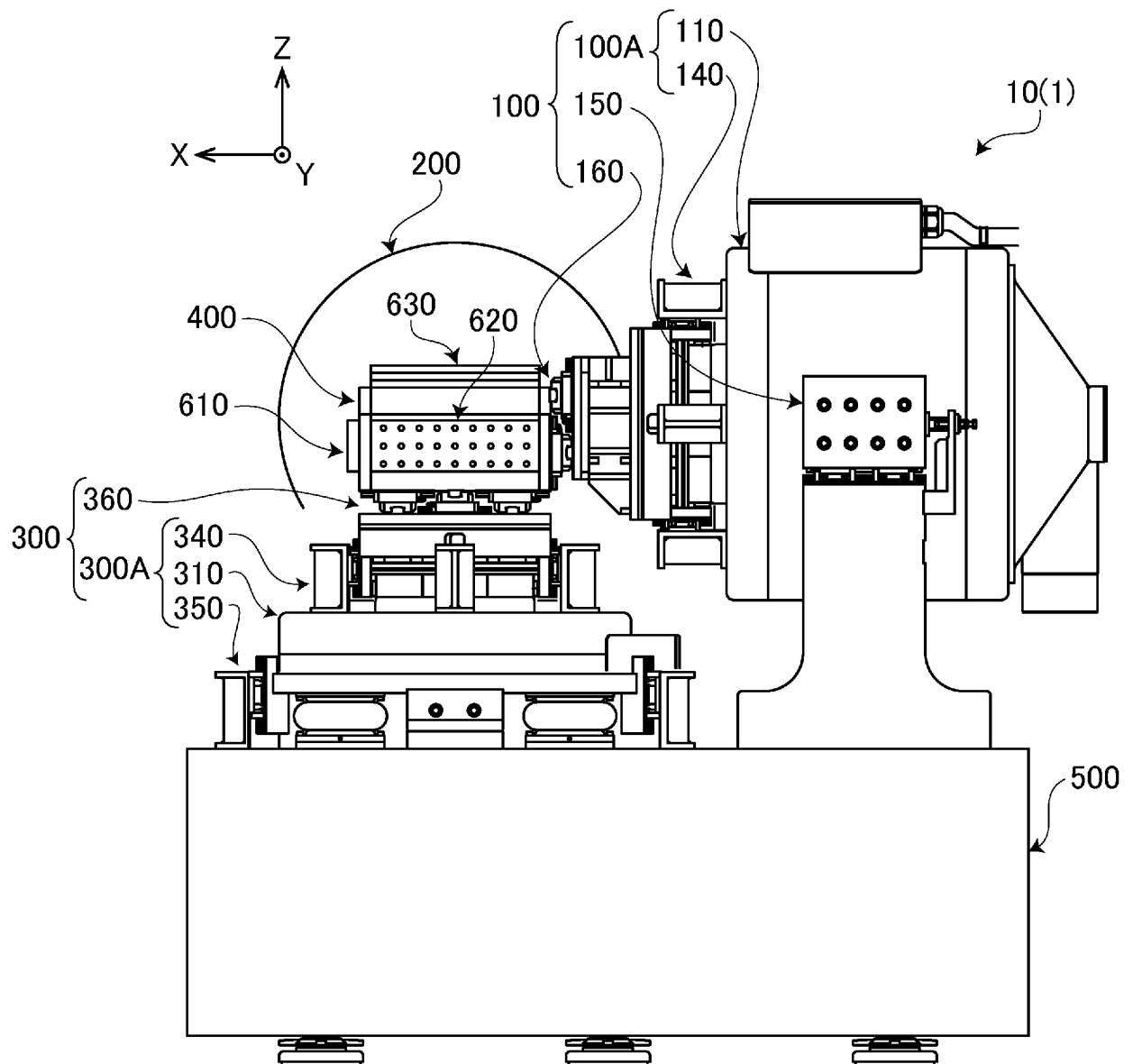
複数の前記リニアガイドウェイを備え、

前記複数のリニアガイドウェイが、前記可動部の軸線の周囲に、周方向に等間隔に配置された、

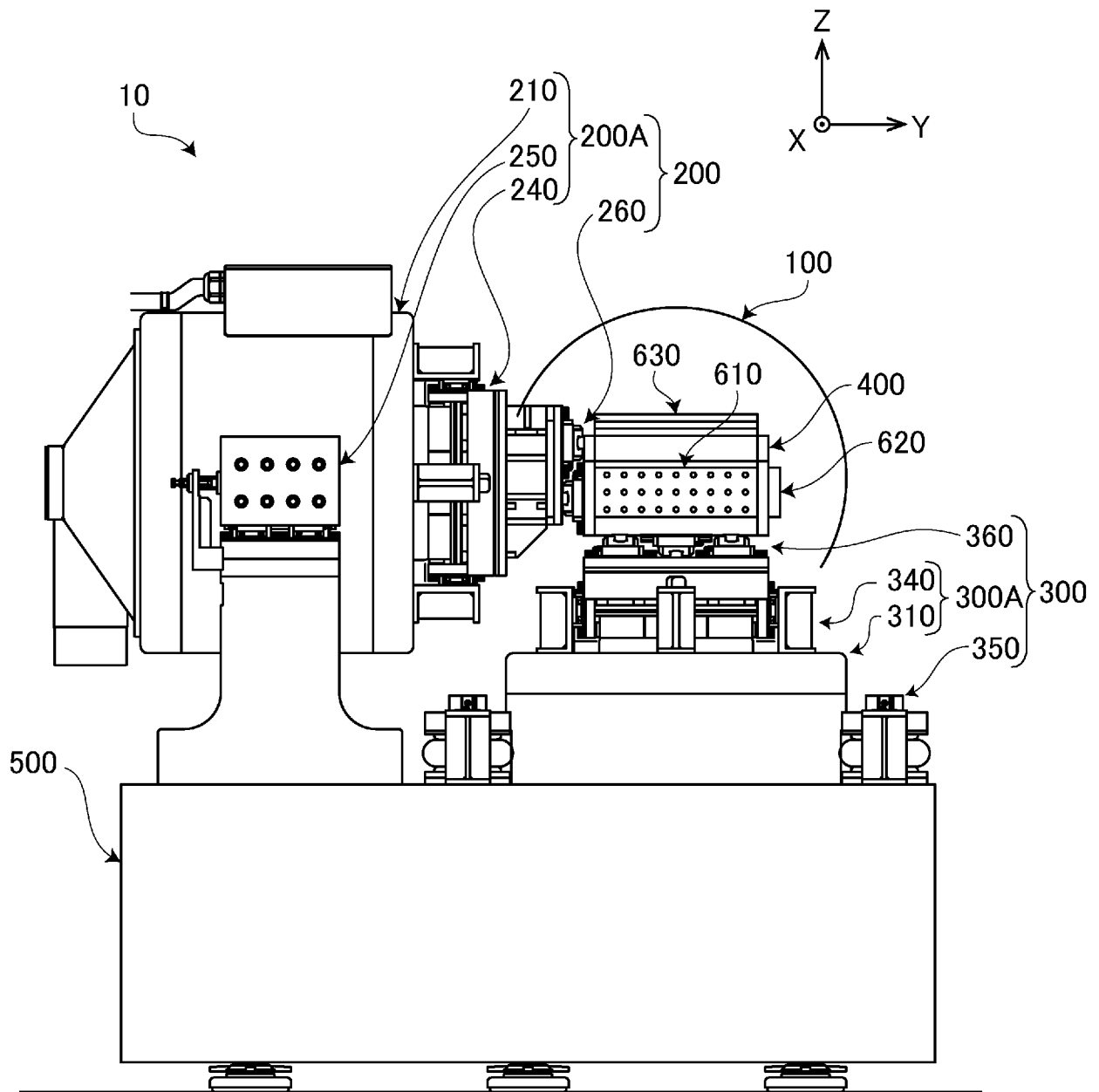
請求項 5 6 から請求項 6 2 のいずれか一項に記載の動電型アクチュエータ。

- [請求項64] 2対の前記可動部支持機構を備え、
前記可動部は前記2対の可動部支持機構により直交2方向において
両側から挟み込まれた、
請求項56から請求項63のいずれか一項に記載の動電型アクチュエータ。
- [請求項65] 請求項63から請求項64のいずれか一項に記載の動電型アクチュエータと、
前記動電型アクチュエータの可動部に連結された振動テーブルと、
を備えた動電型加振装置。

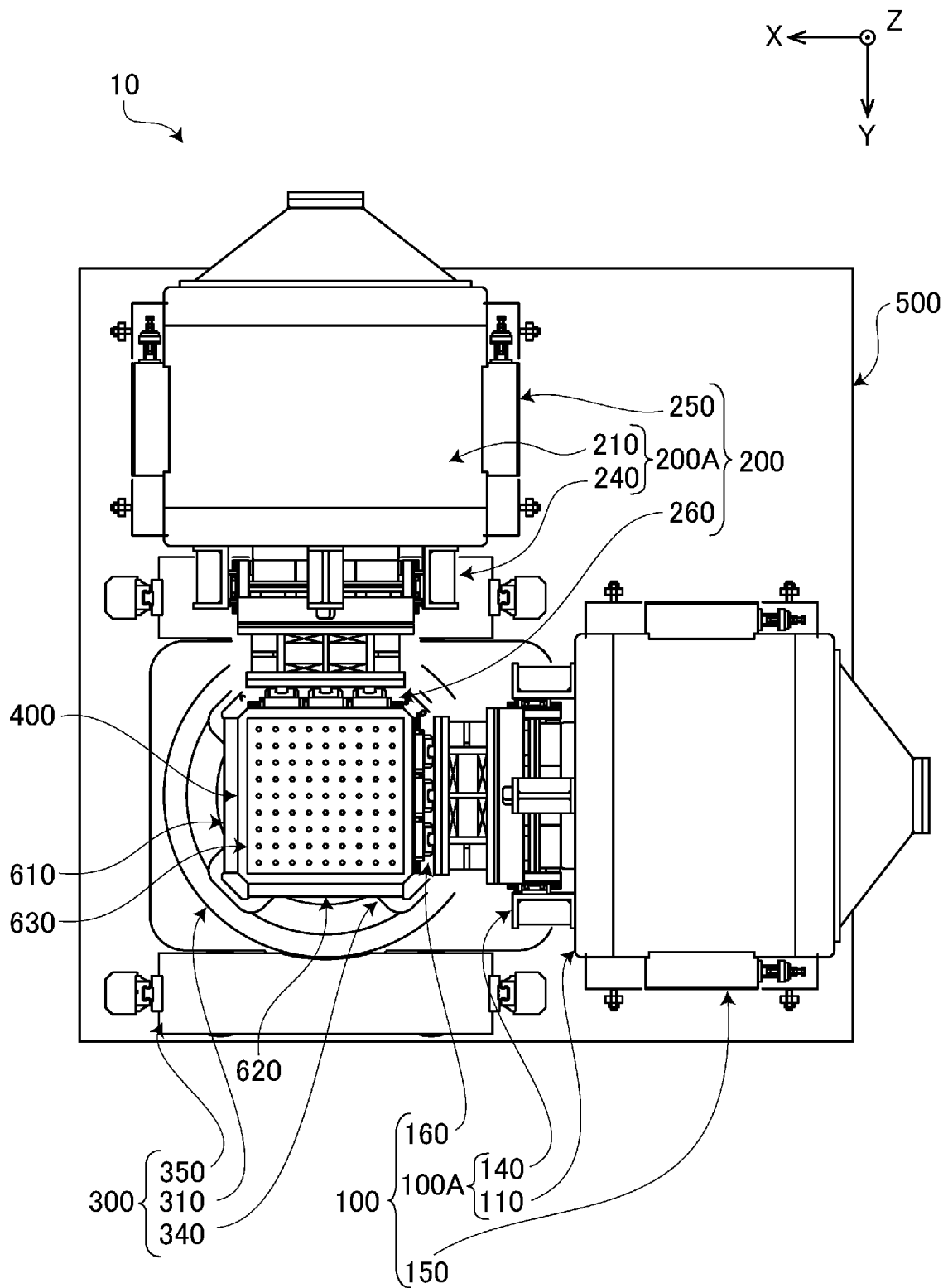
[図1]



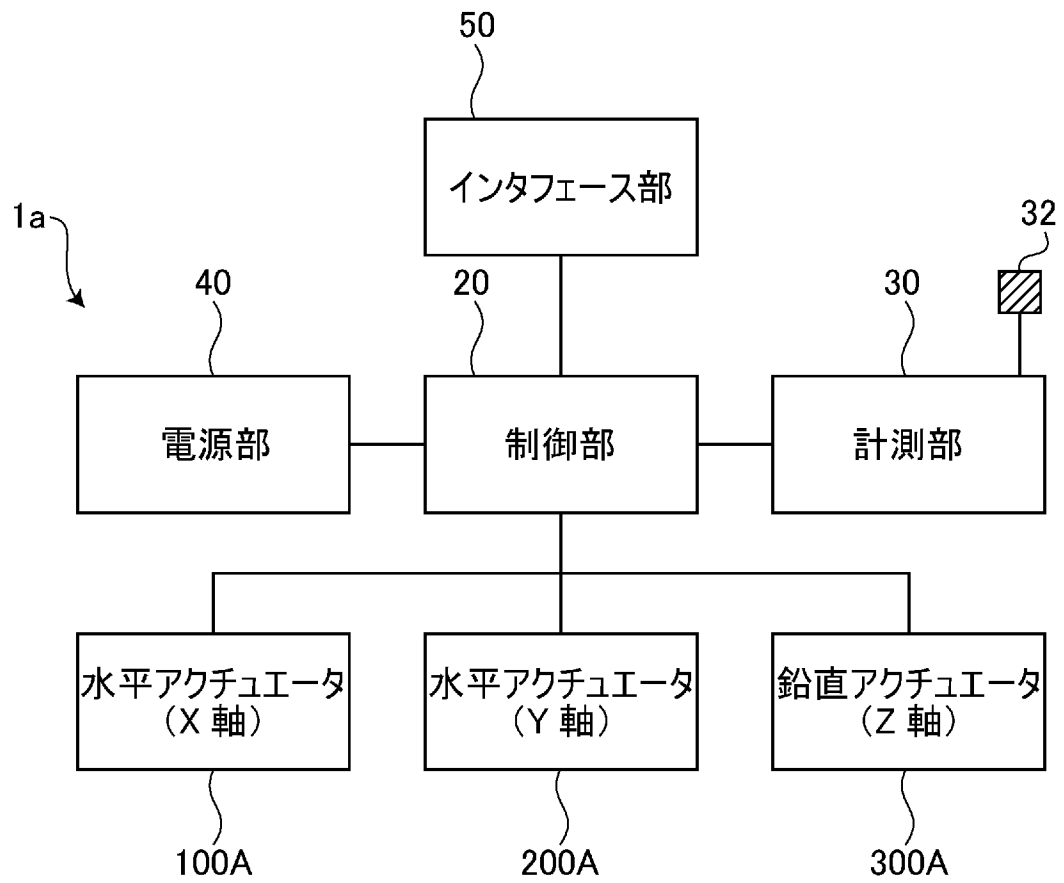
[図2]



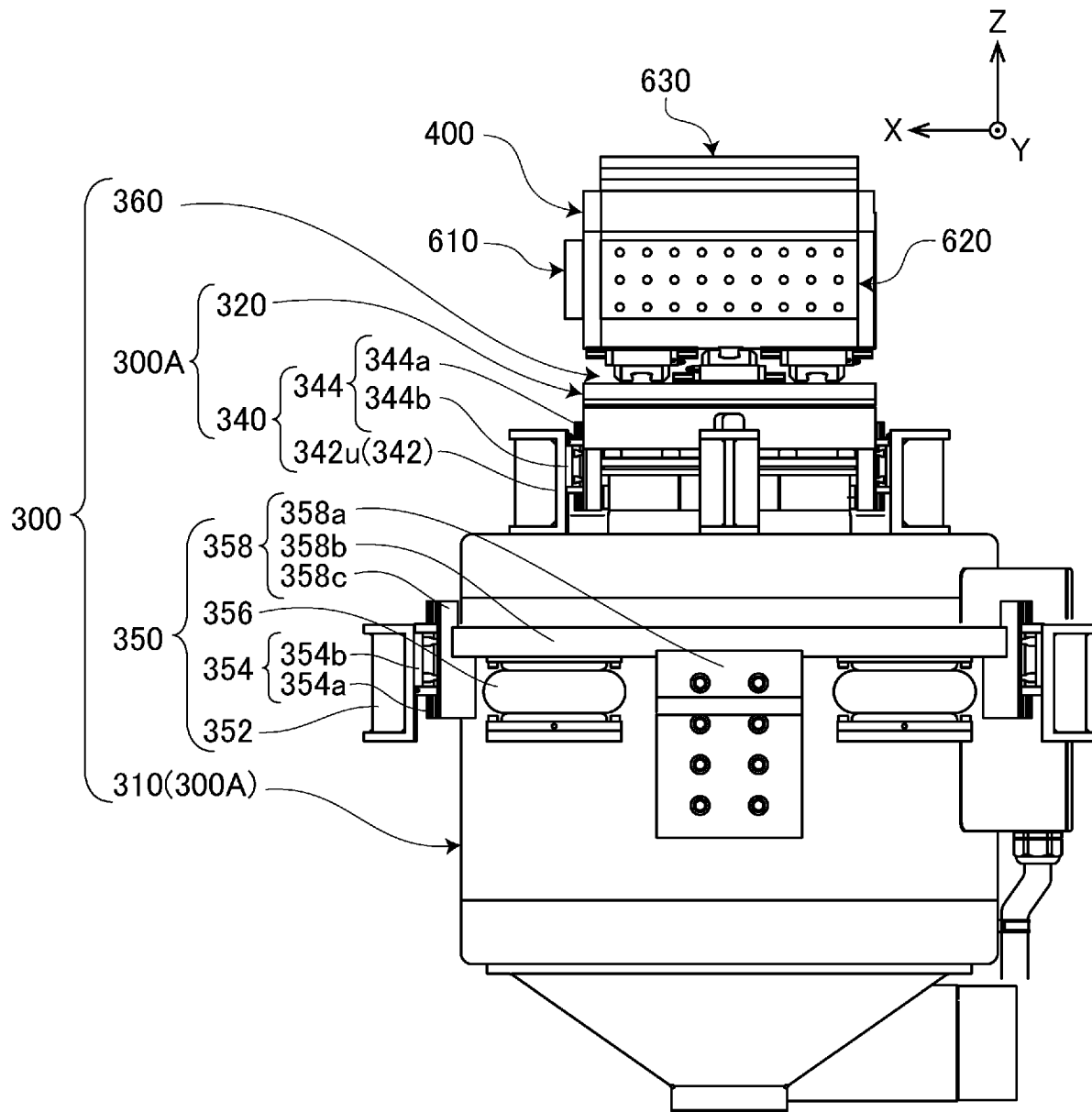
[図3]



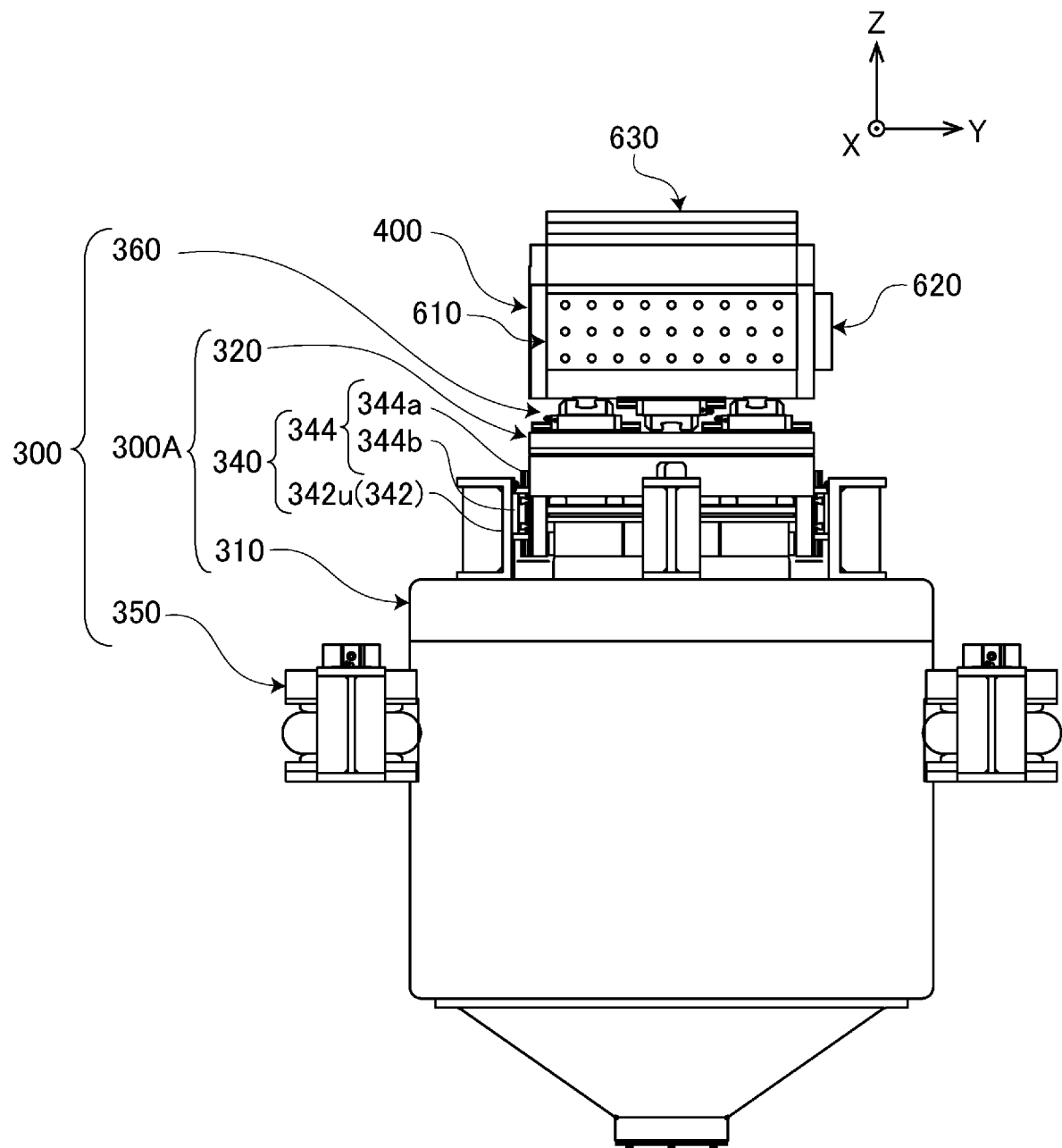
[図4]



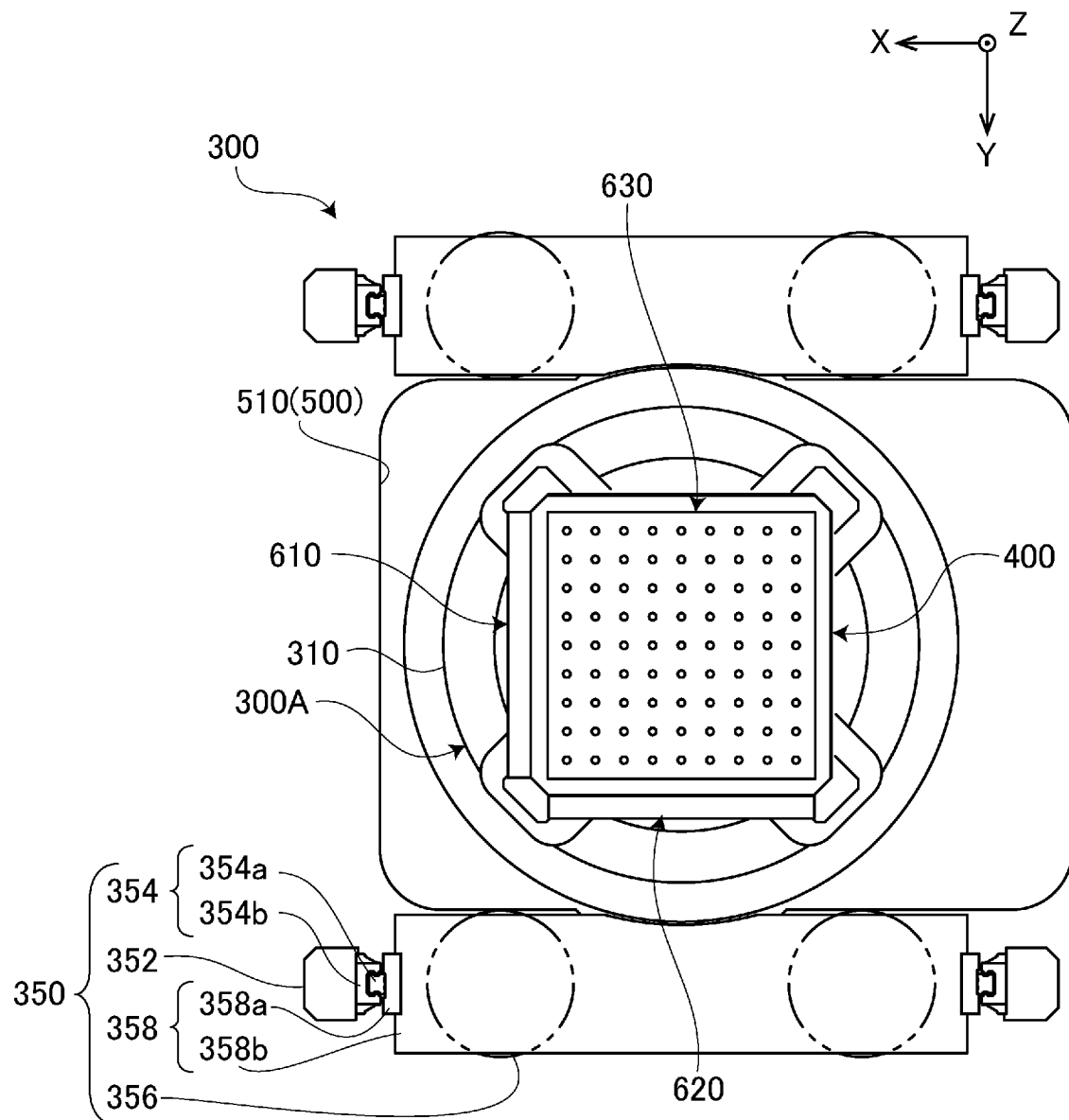
[図5]



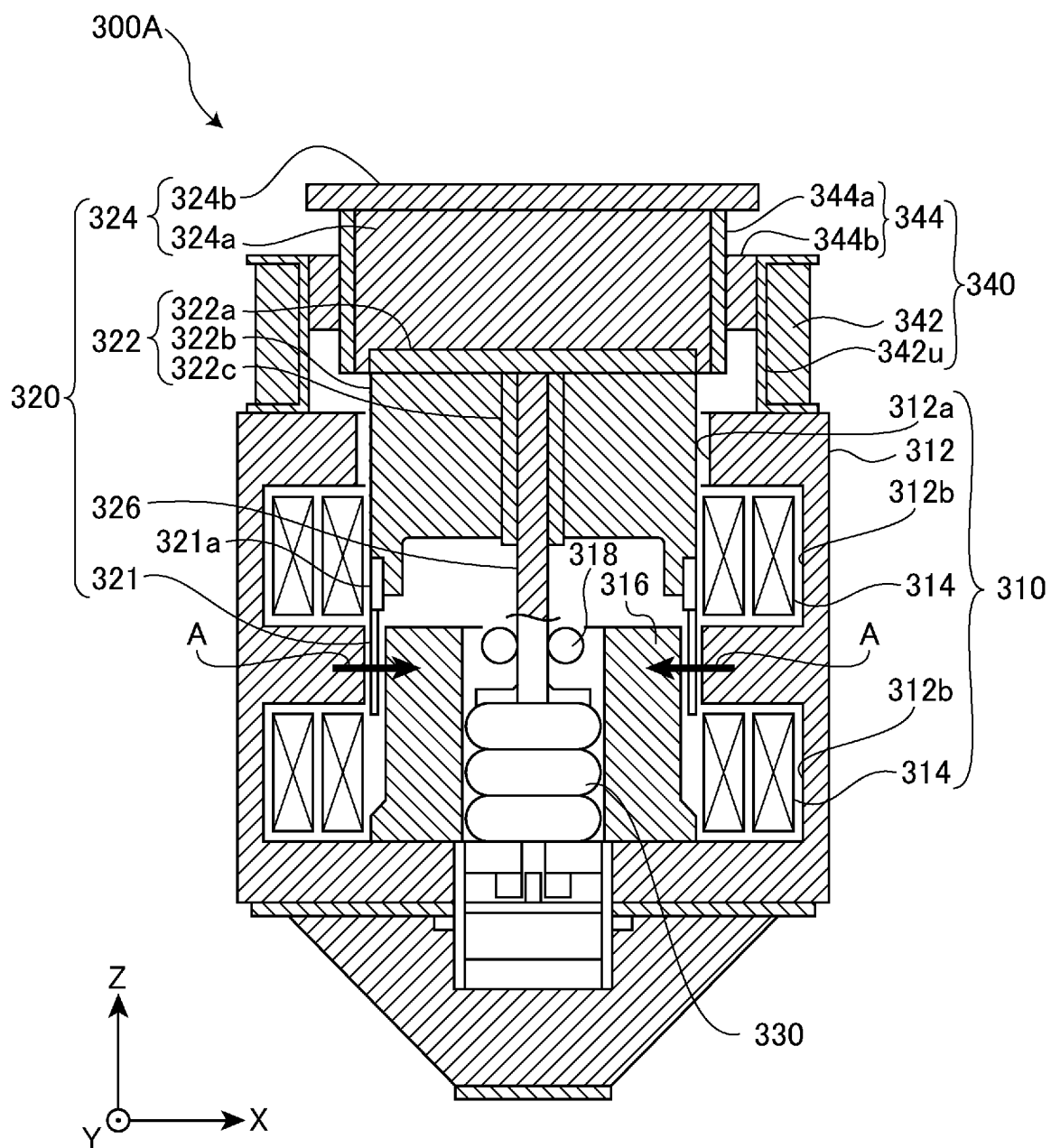
[図6]



[図7]



[図8]



[図11]

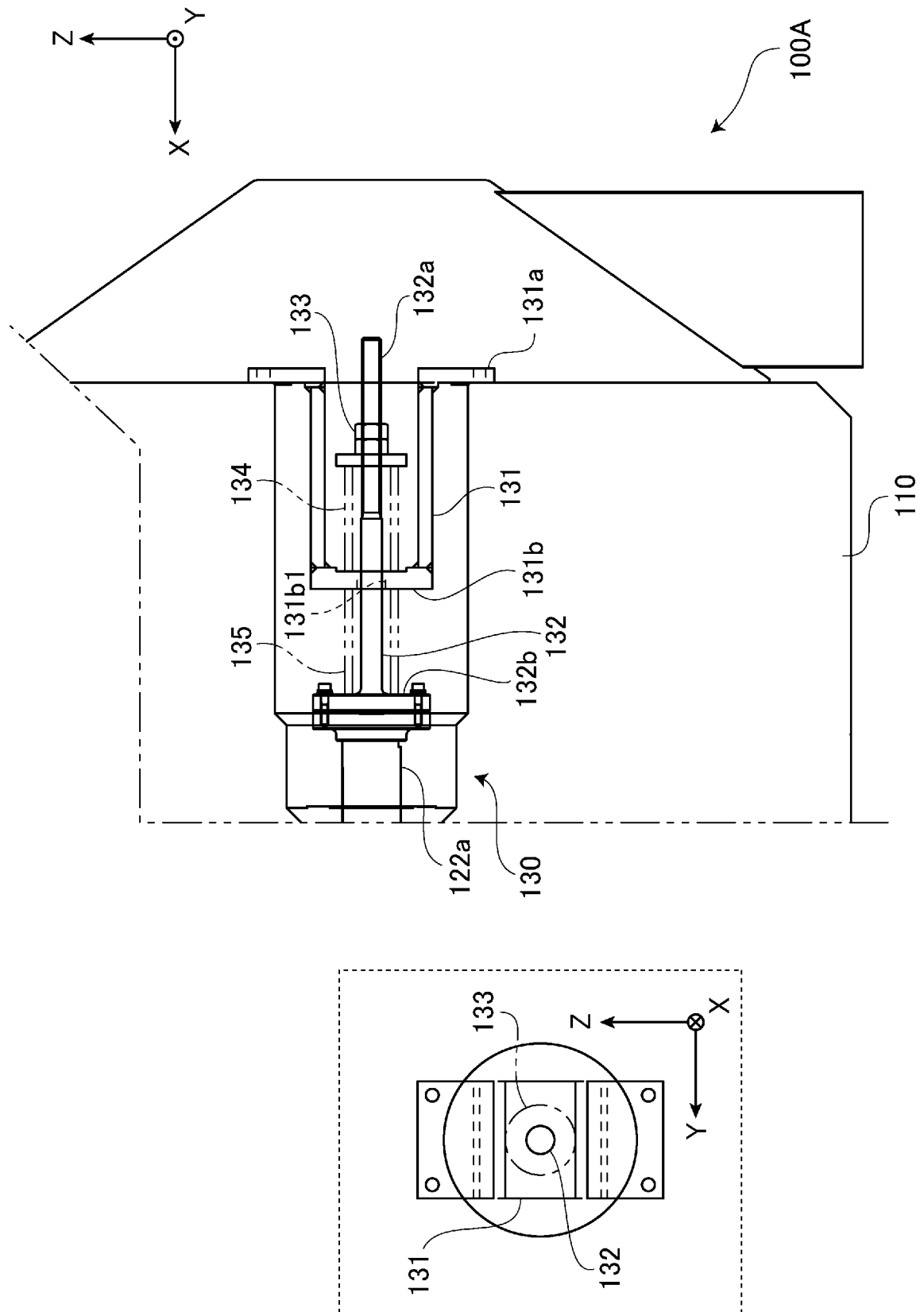
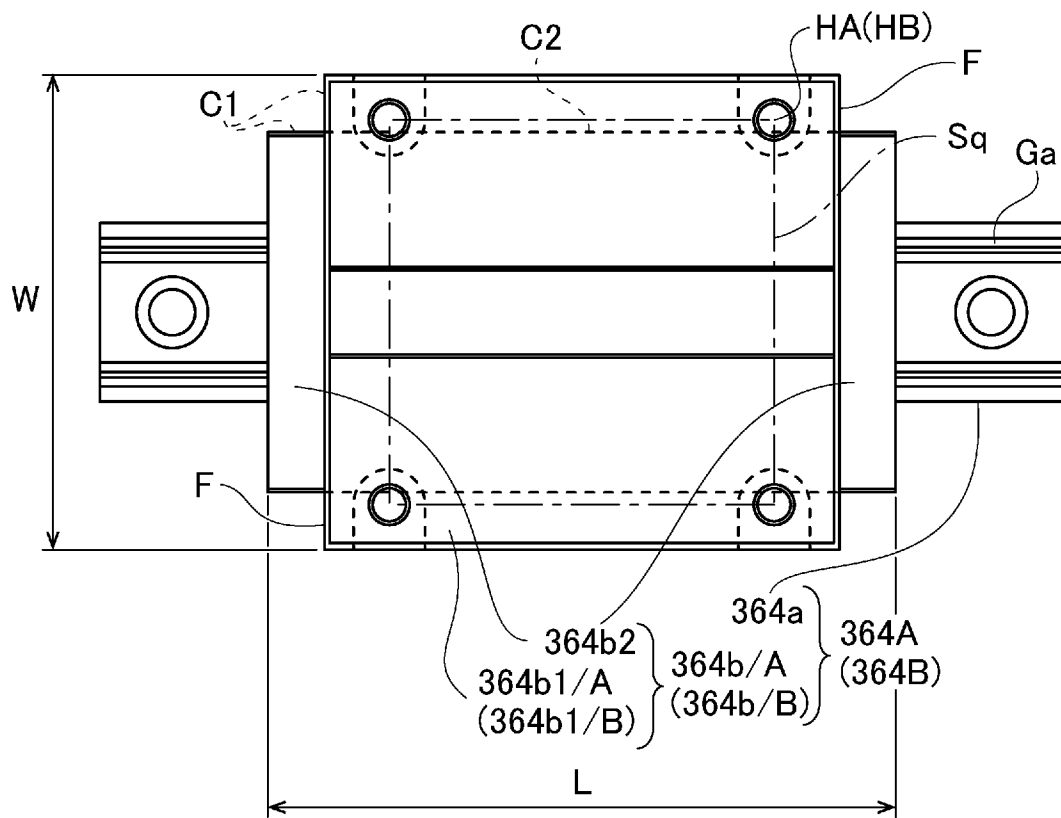
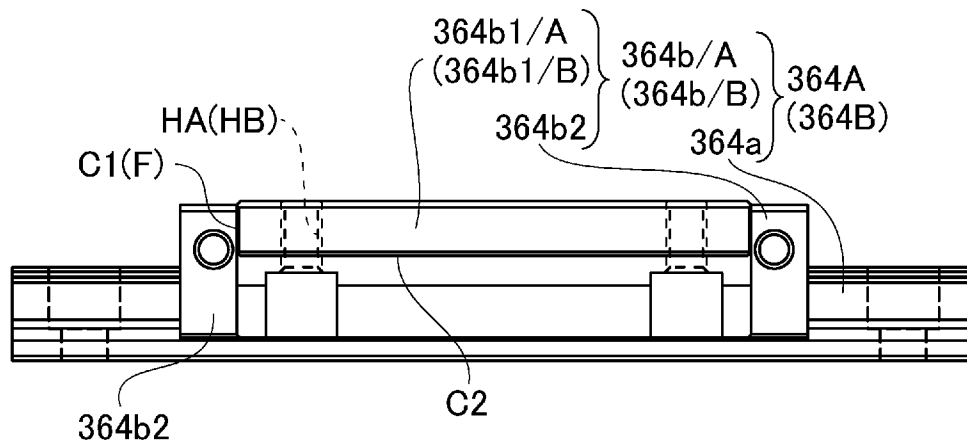


FIG. 10 is a cross-sectional view of a second embodiment of the device. It shows a similar structure to FIG. 9, with a central component 364 having a different internal profile. Labels include C1, C2, HB, HA, 364a/B, 364b/B, 364B, 364b/A, 364a/A, and 364A.

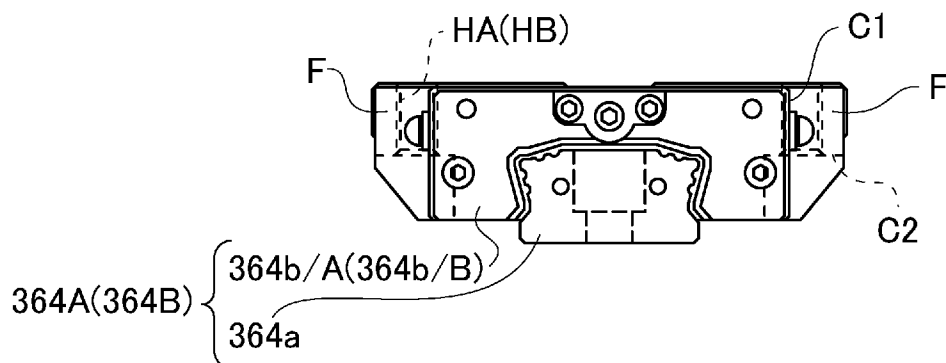
[図14]



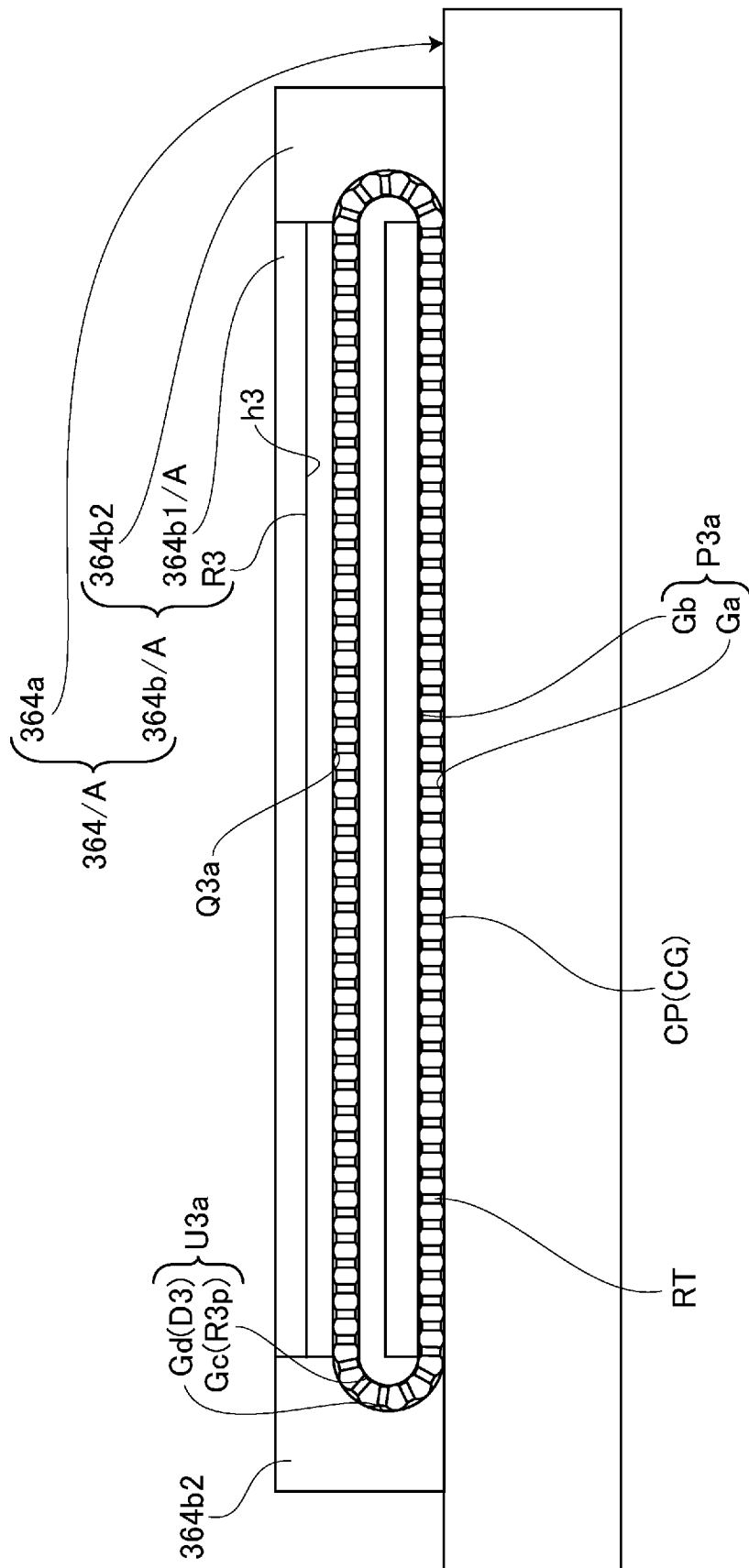
[図15]



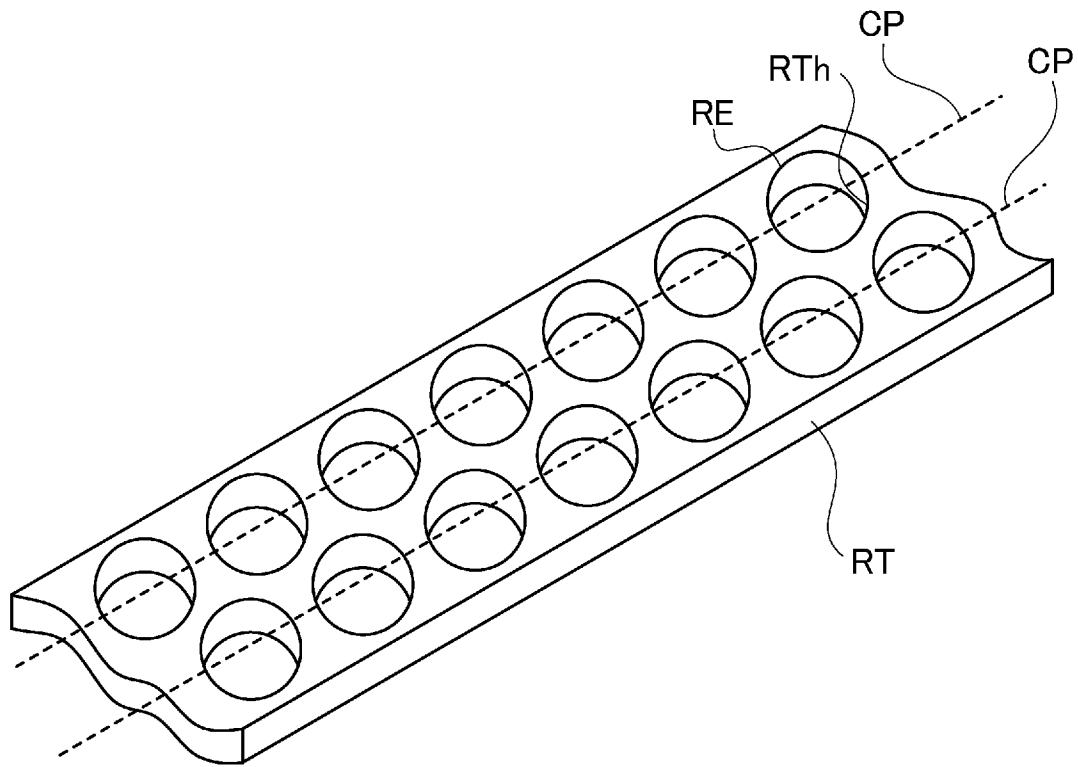
[図16]



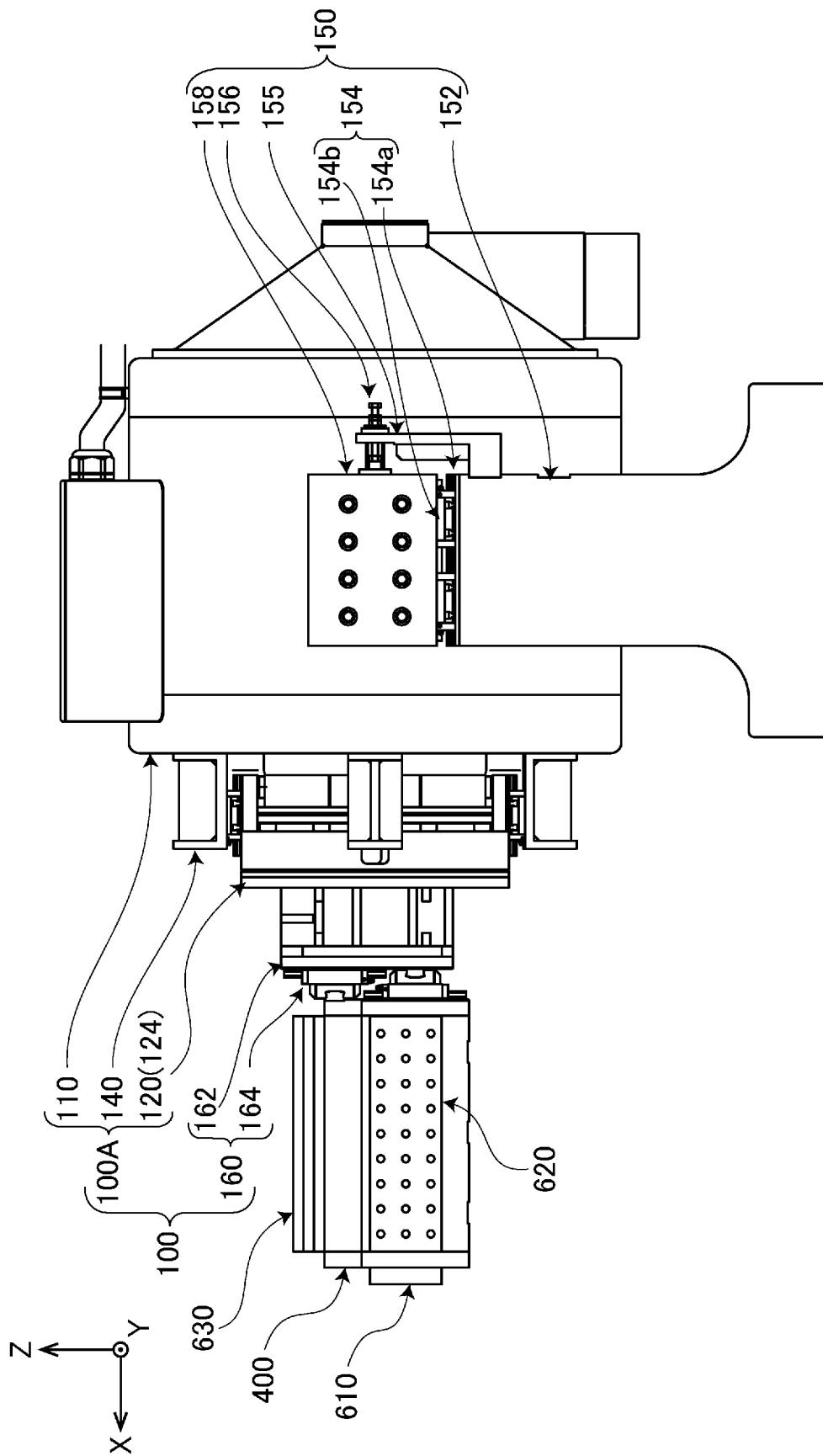
[図18]



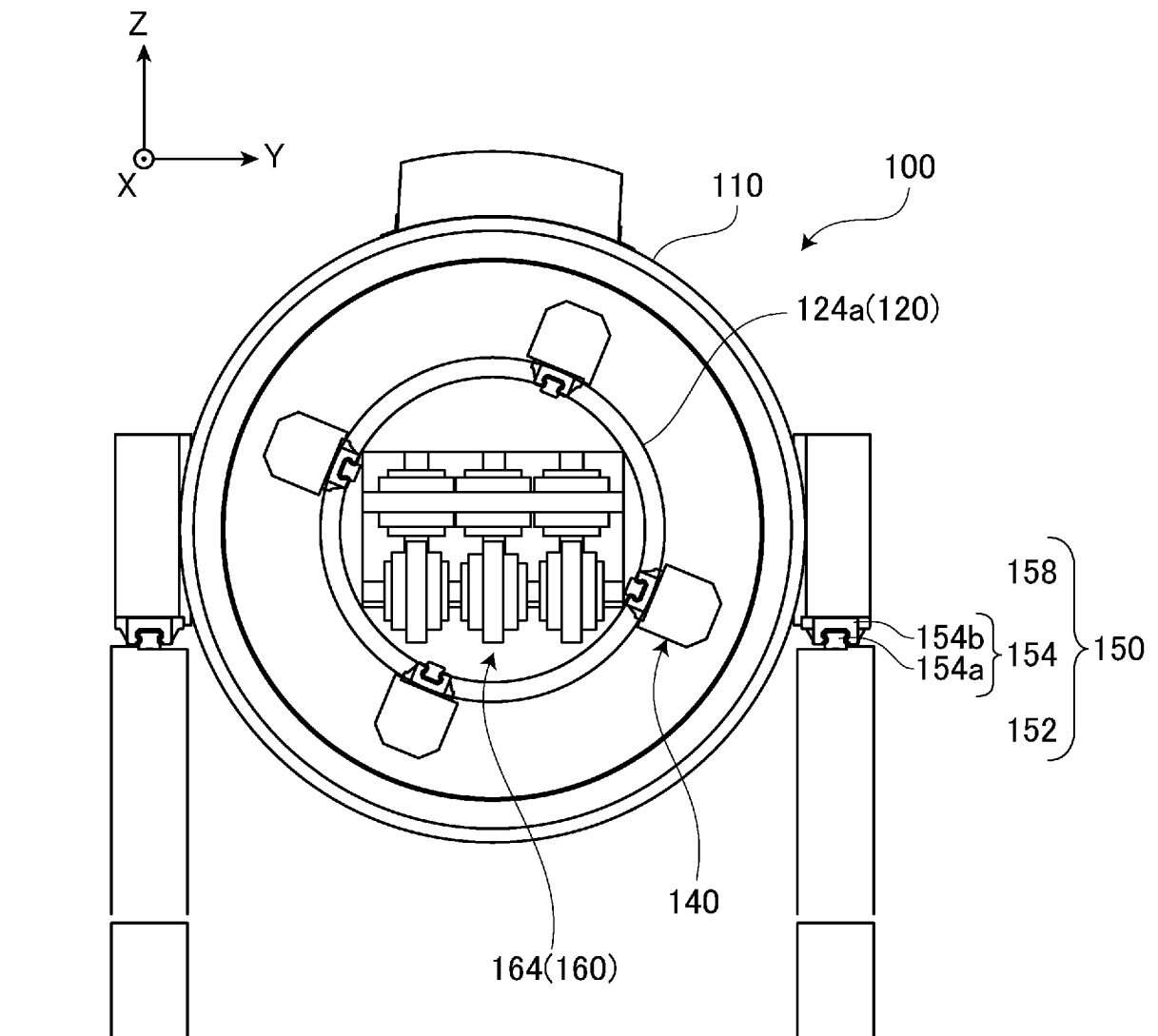
[図19]



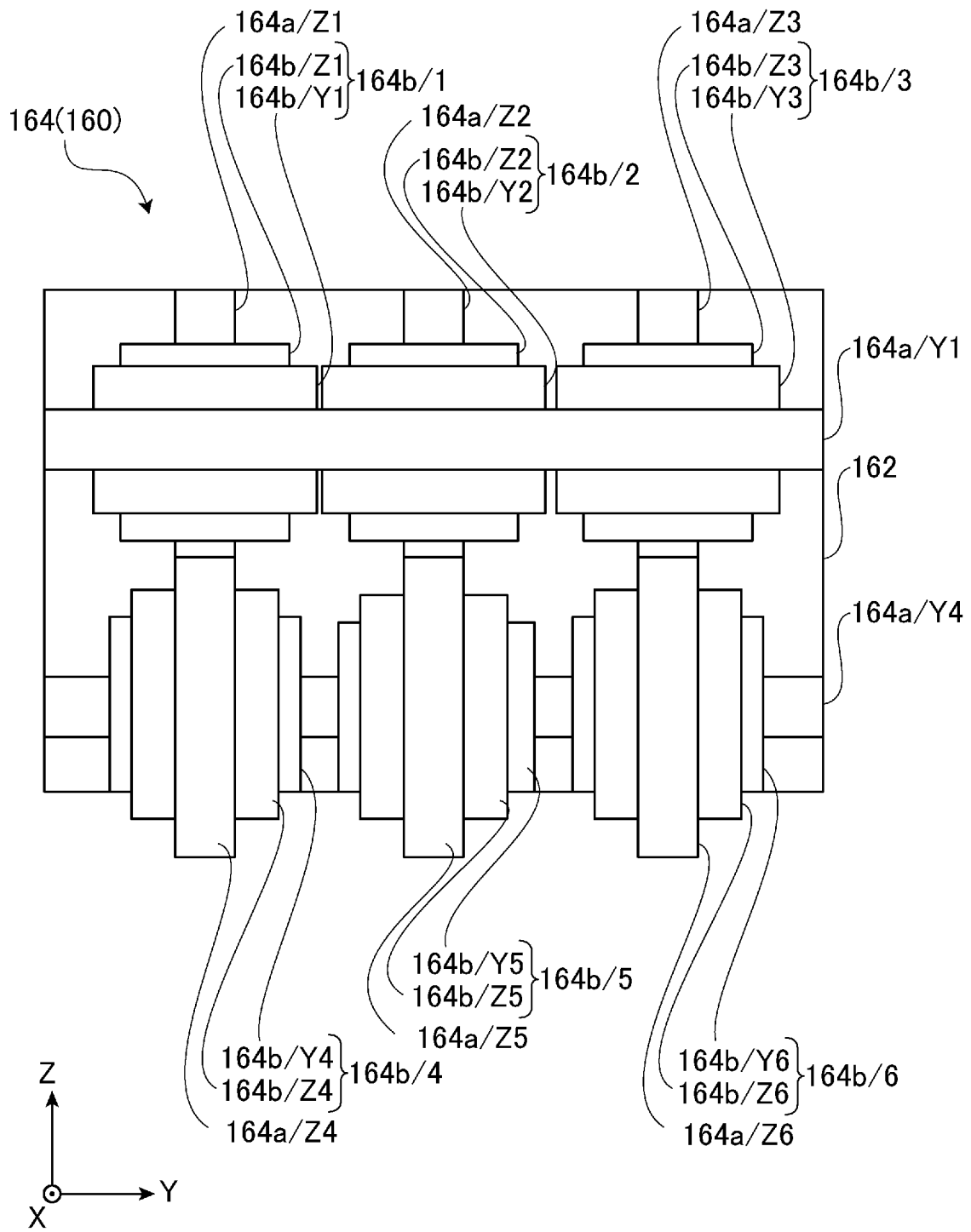
[図20]



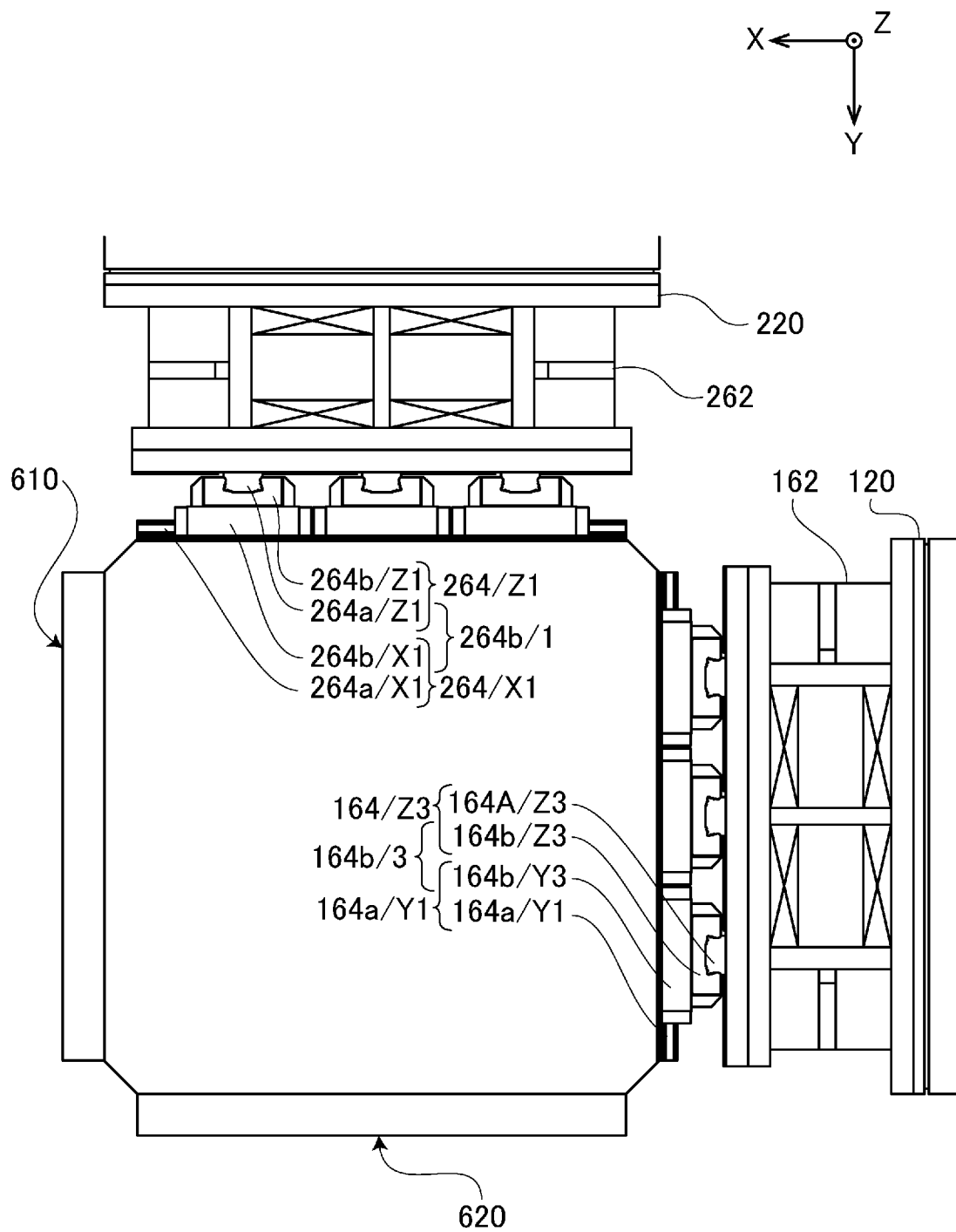
[図21]



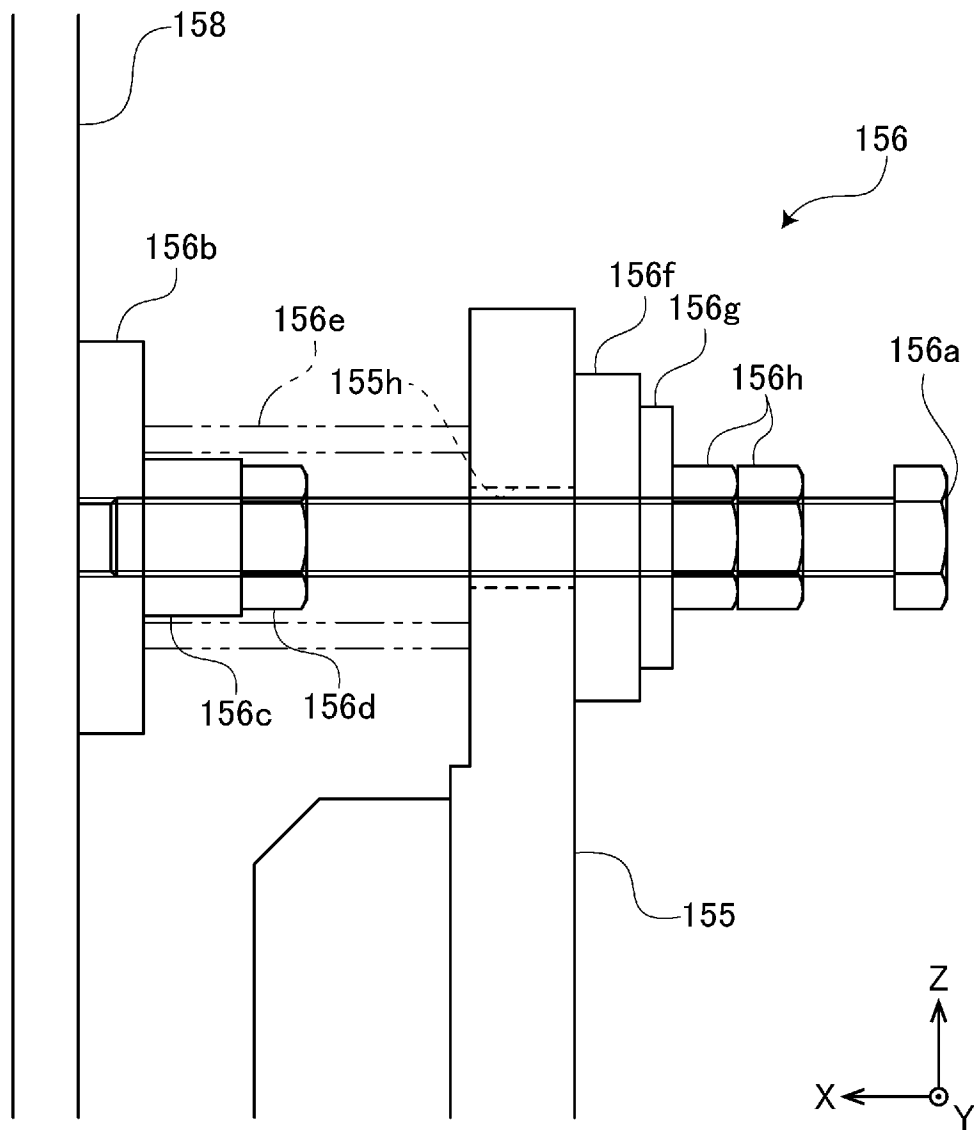
[図22]



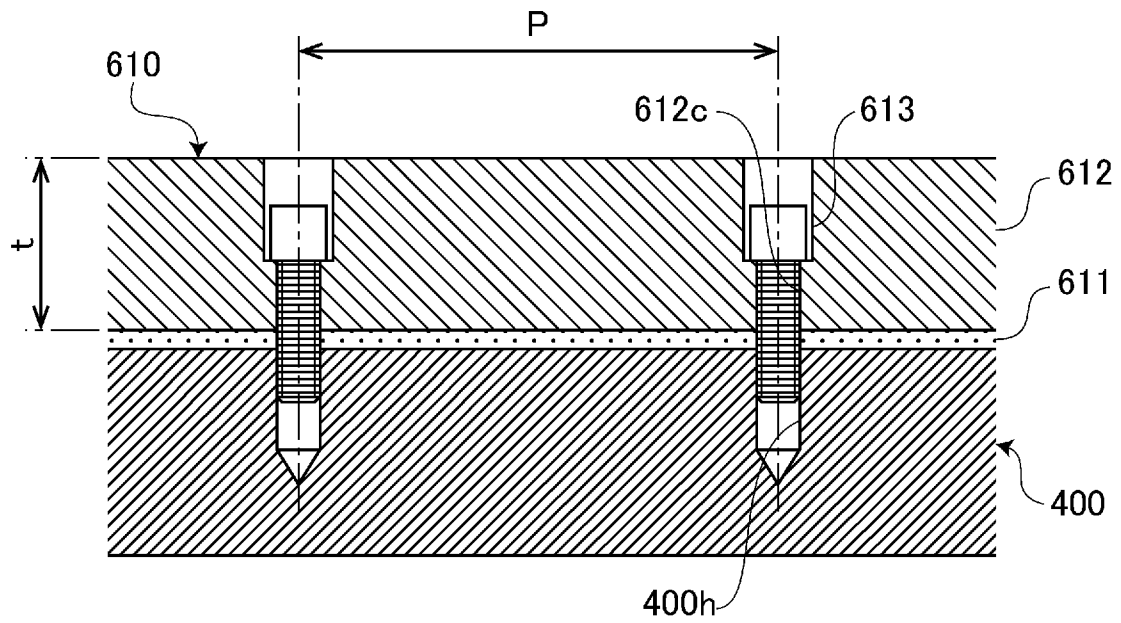
[図23]



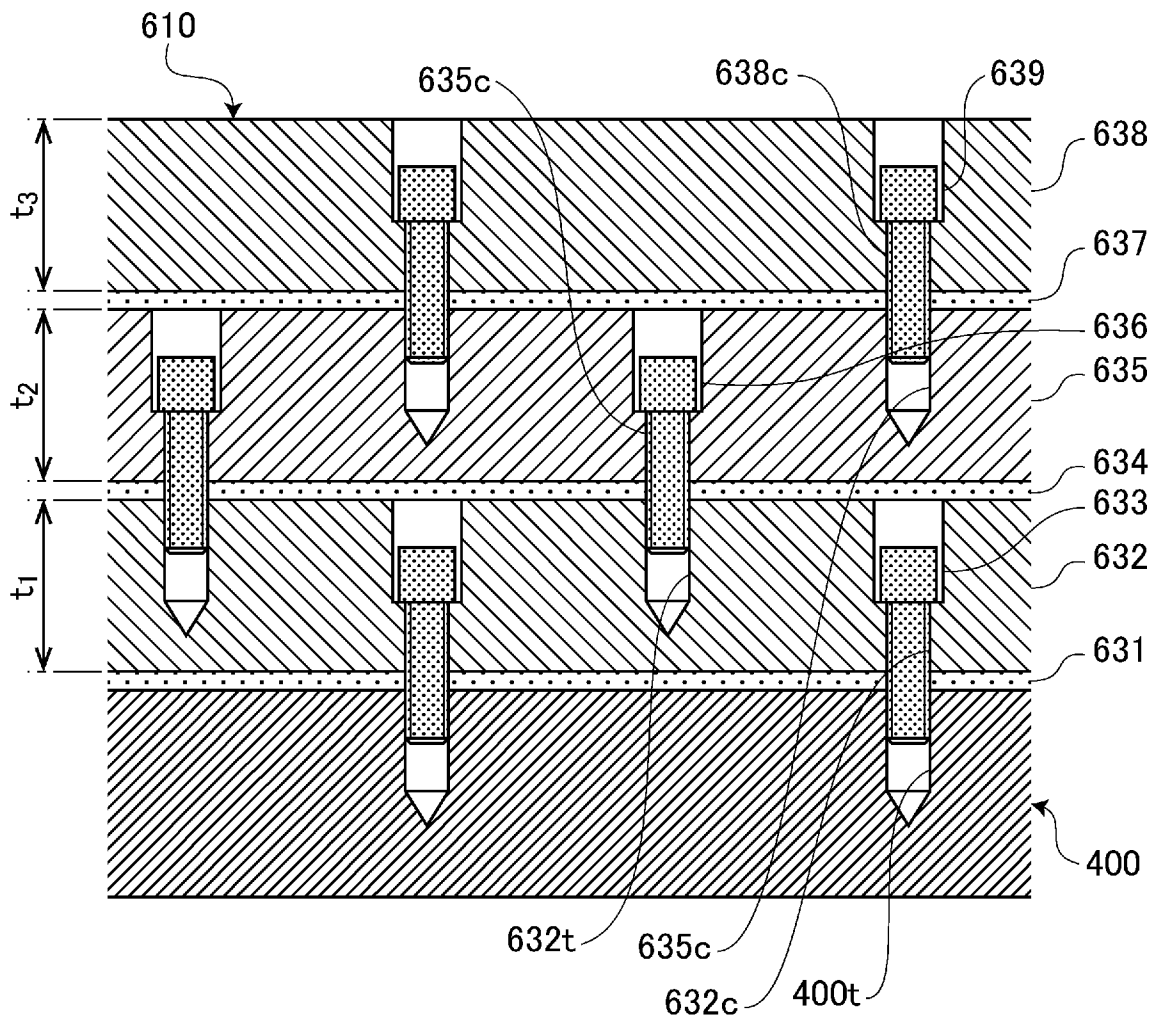
[図24]



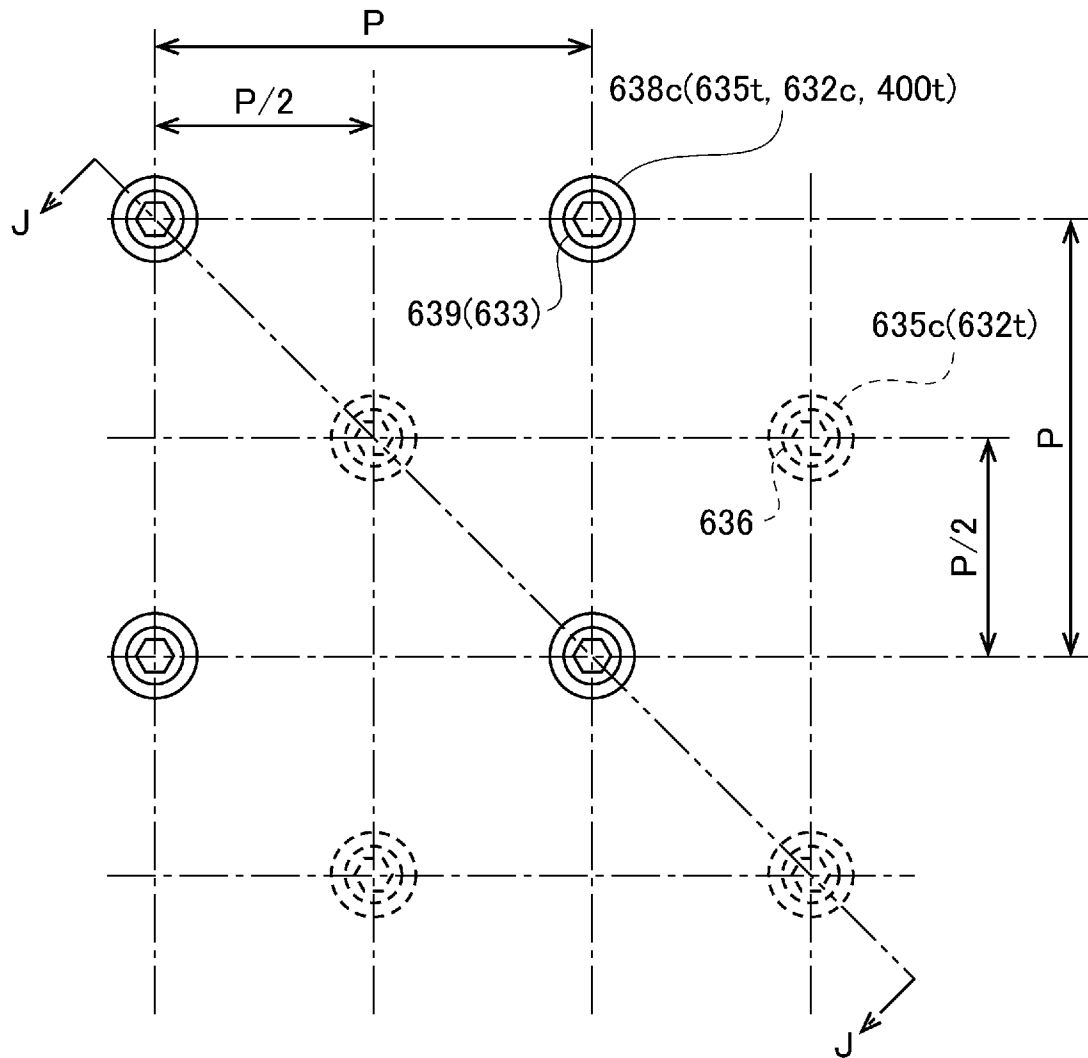
[図25]



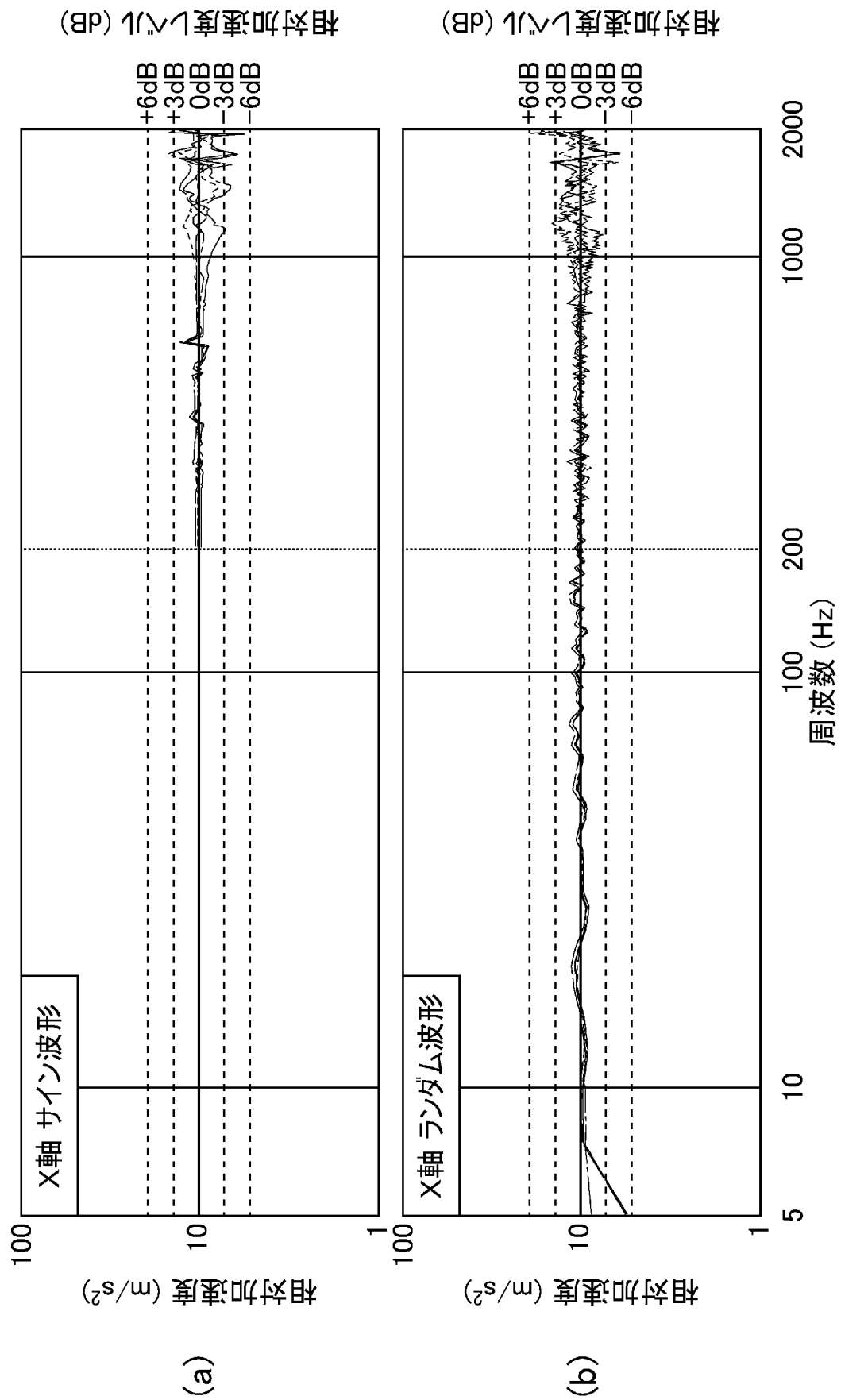
[図26]



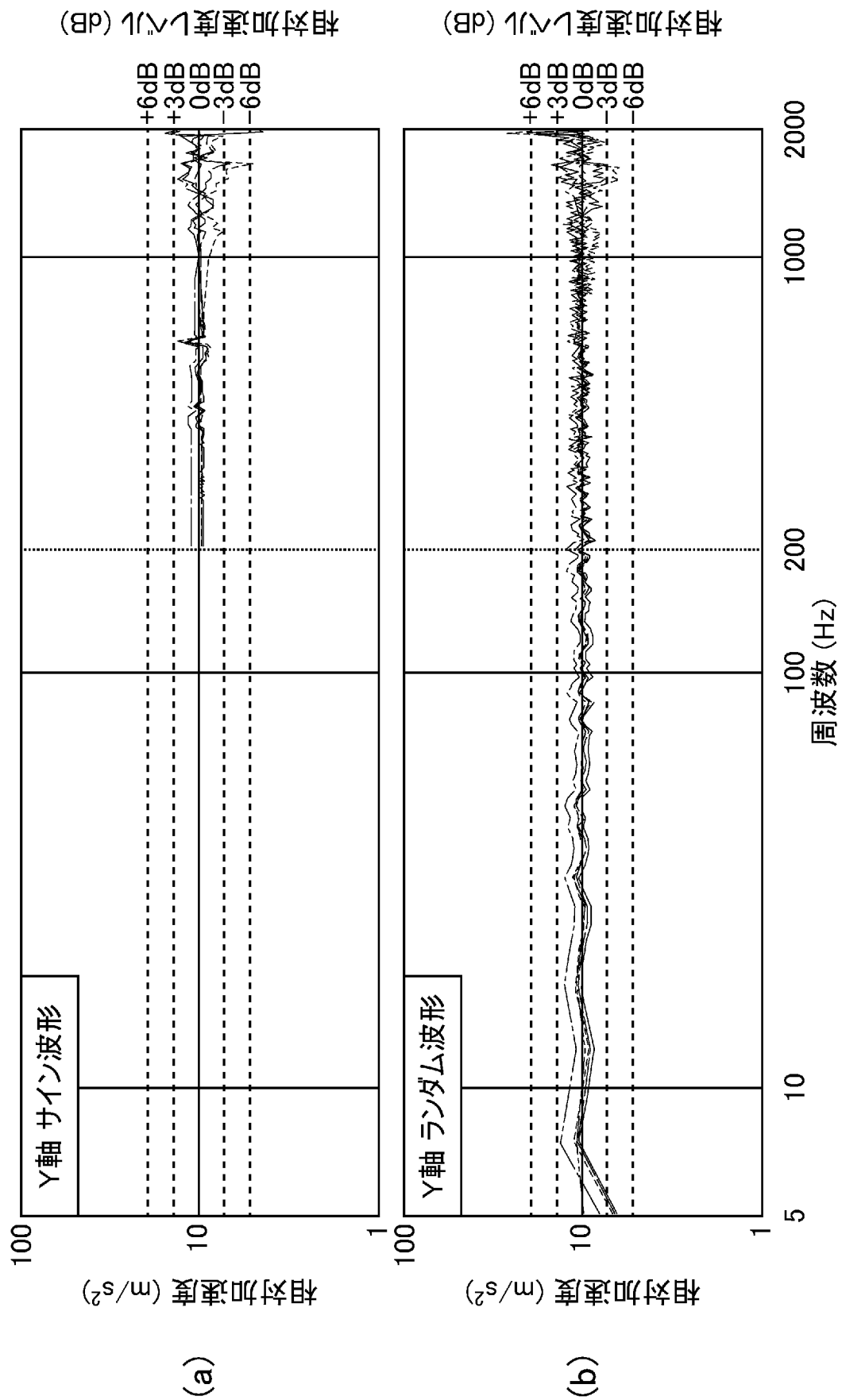
[図27]



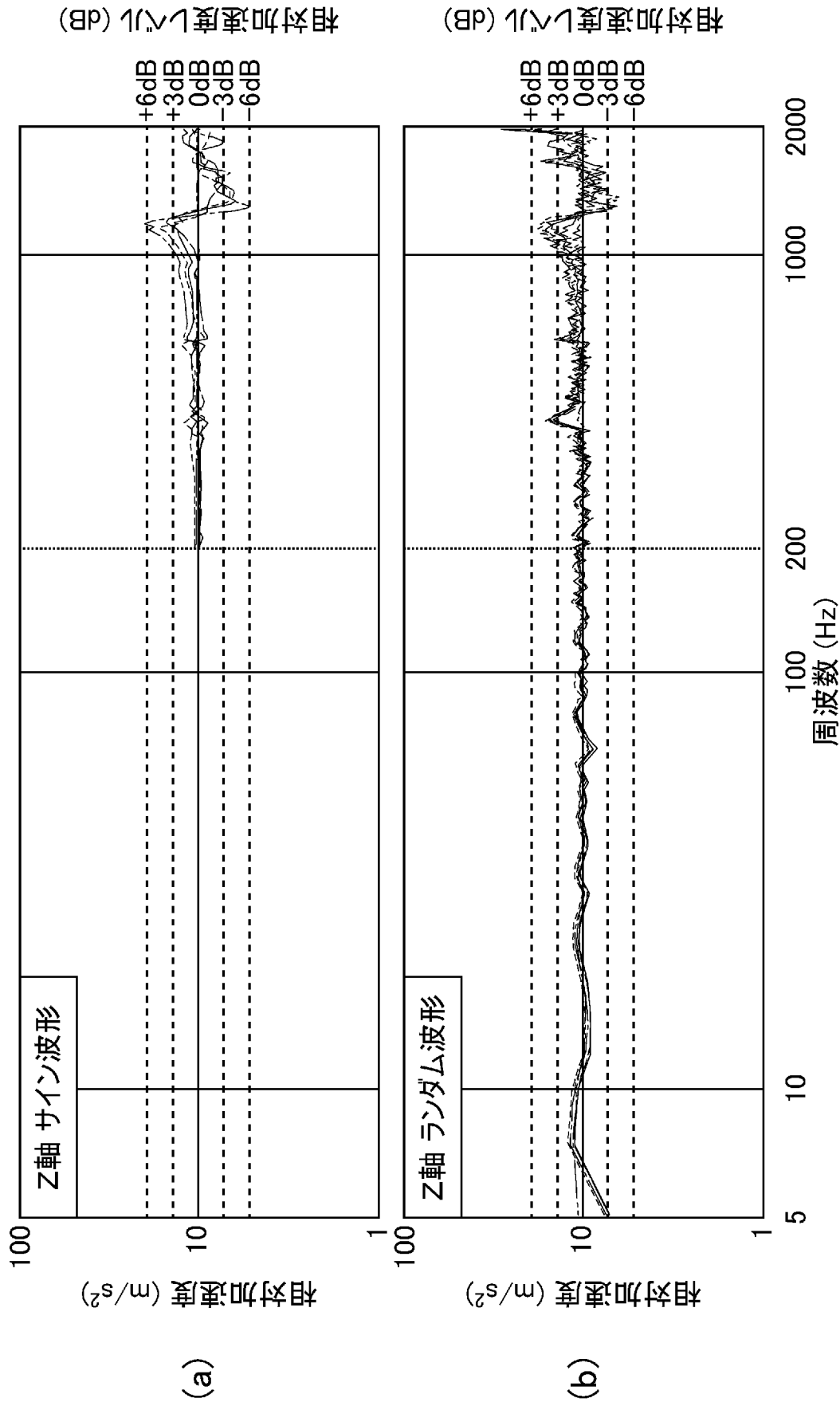
[図28]



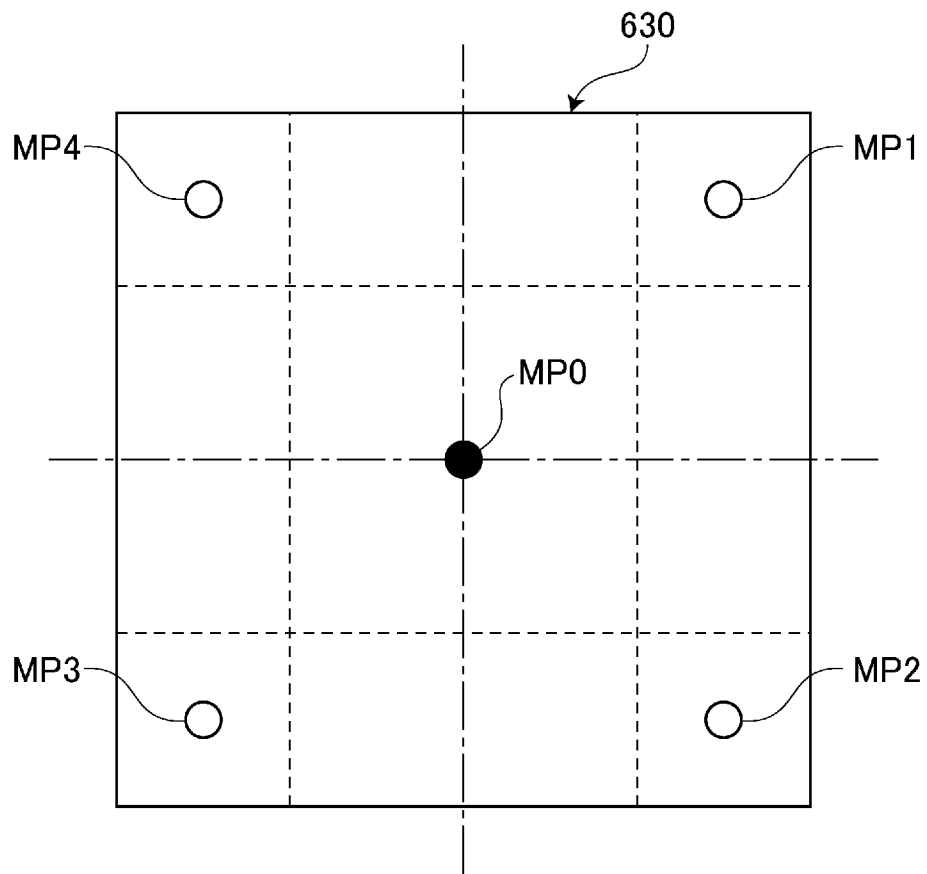
[図29]



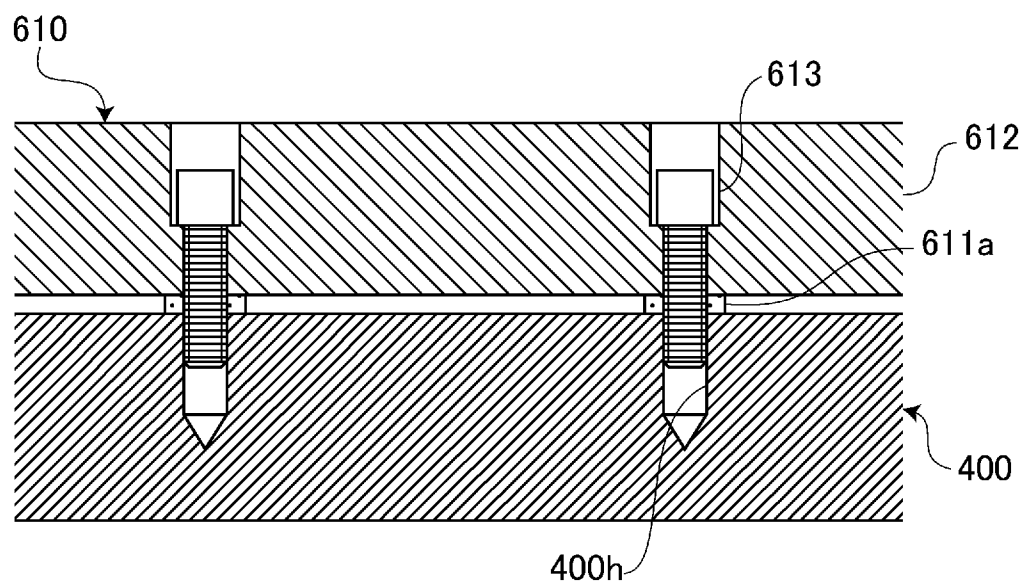
[図30]



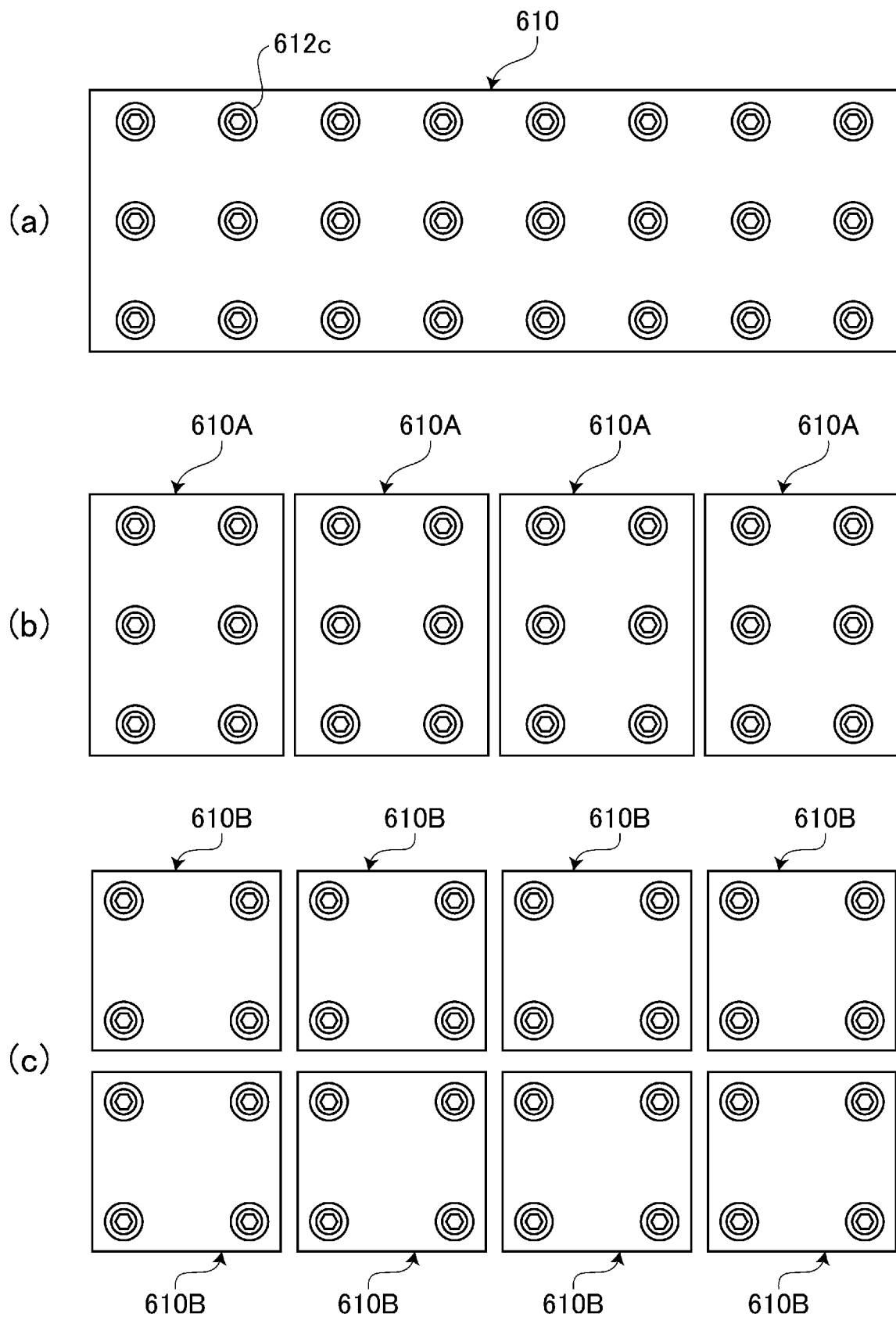
[図31]



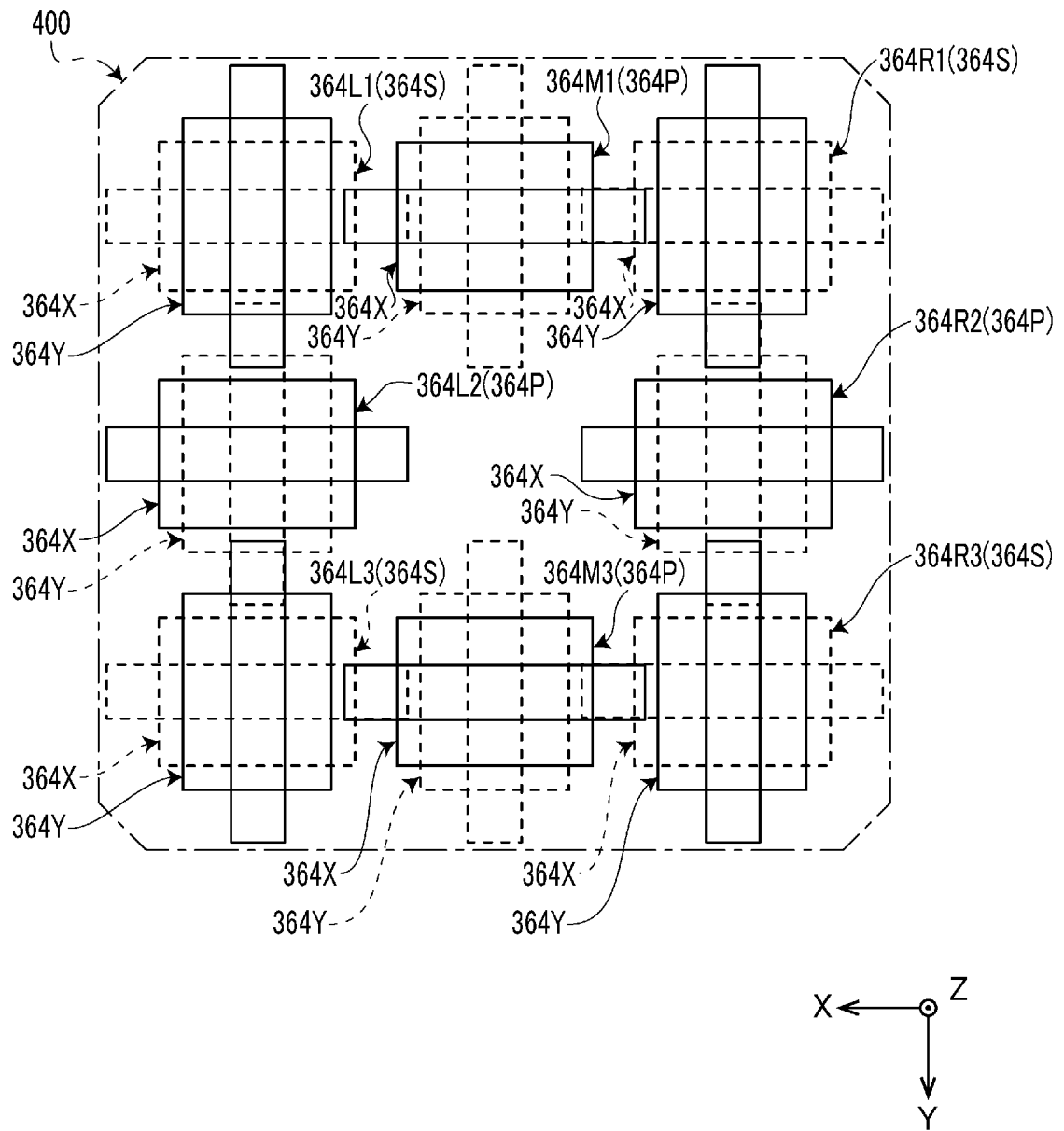
[図32]



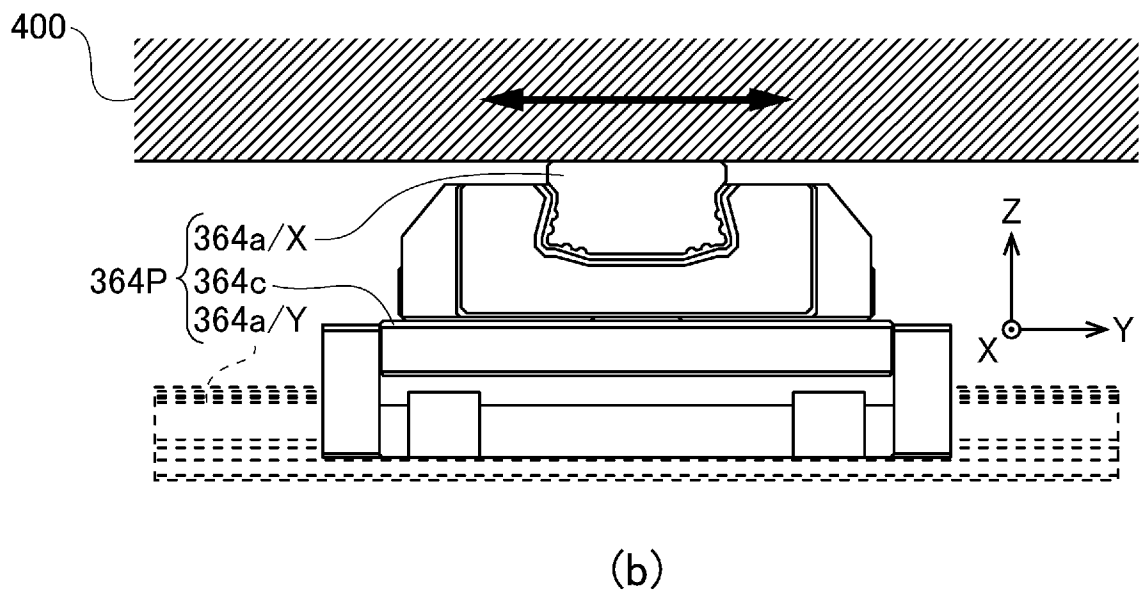
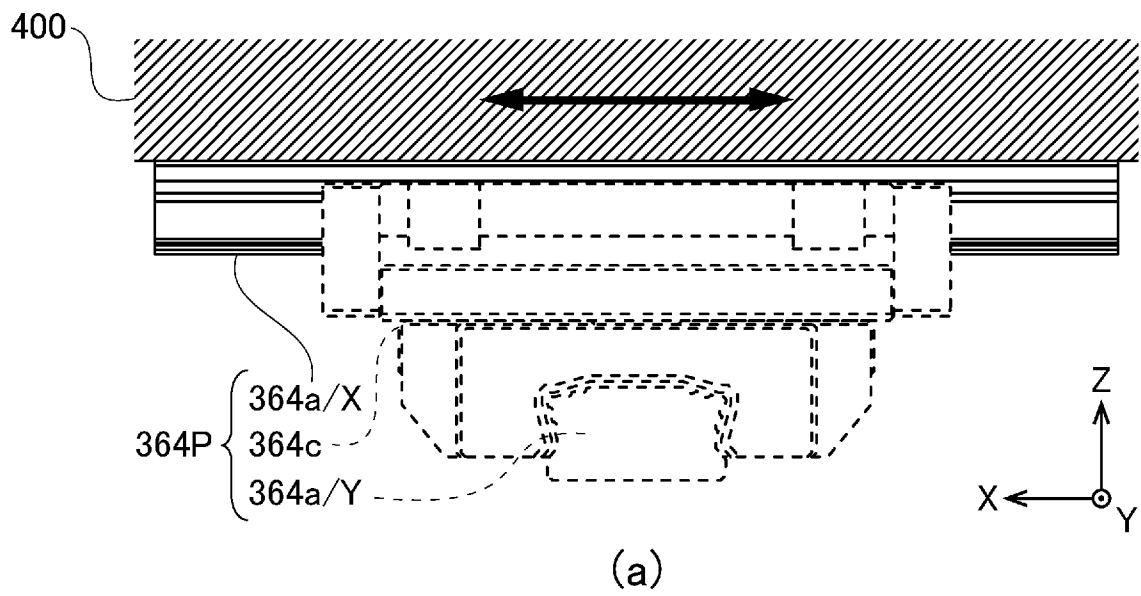
[図33]

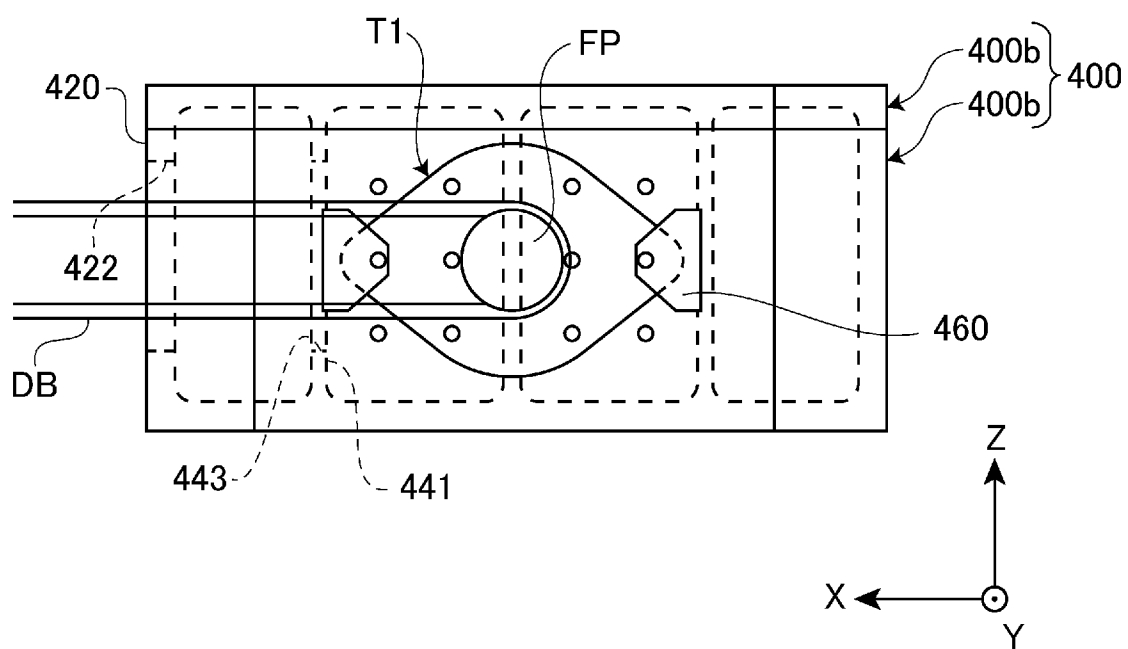
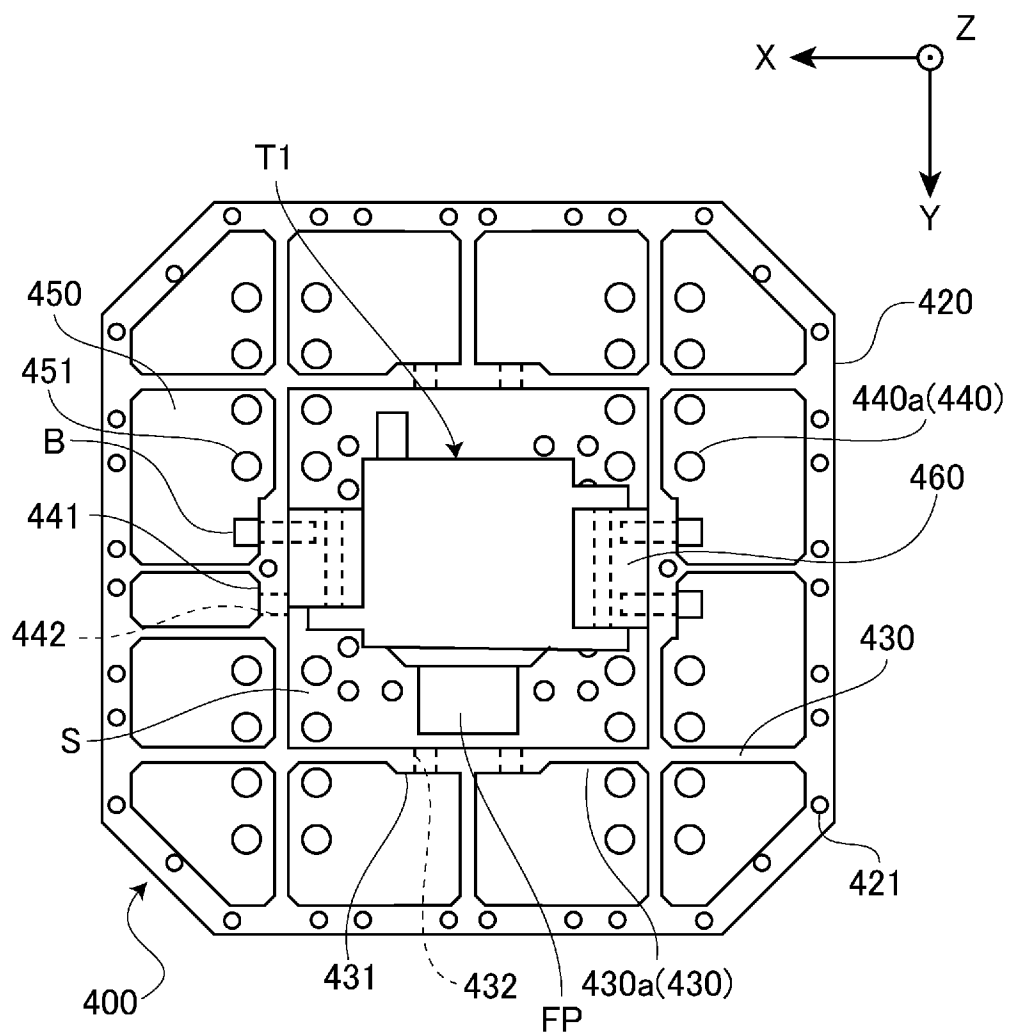


[図34]

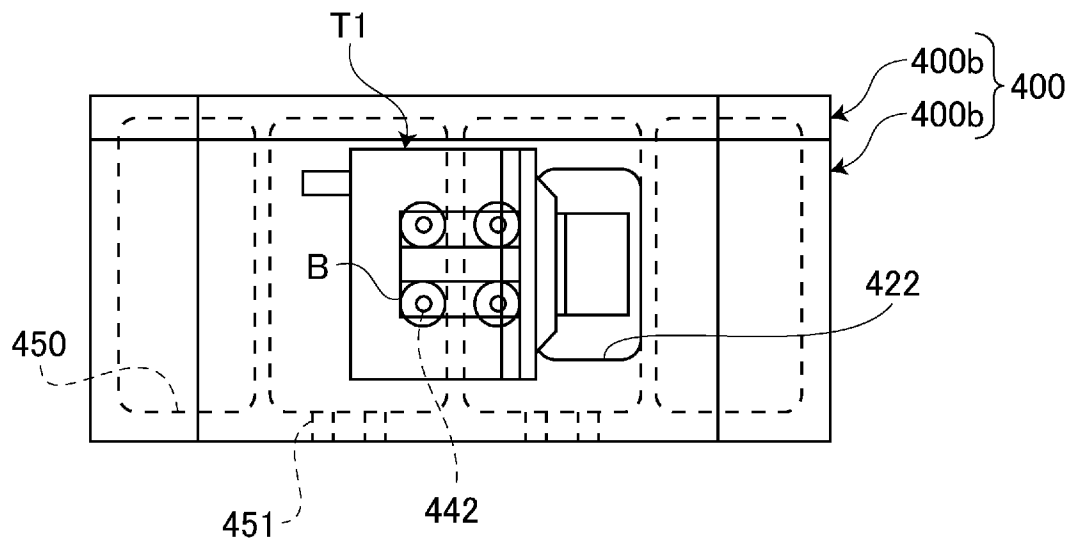


[図35]

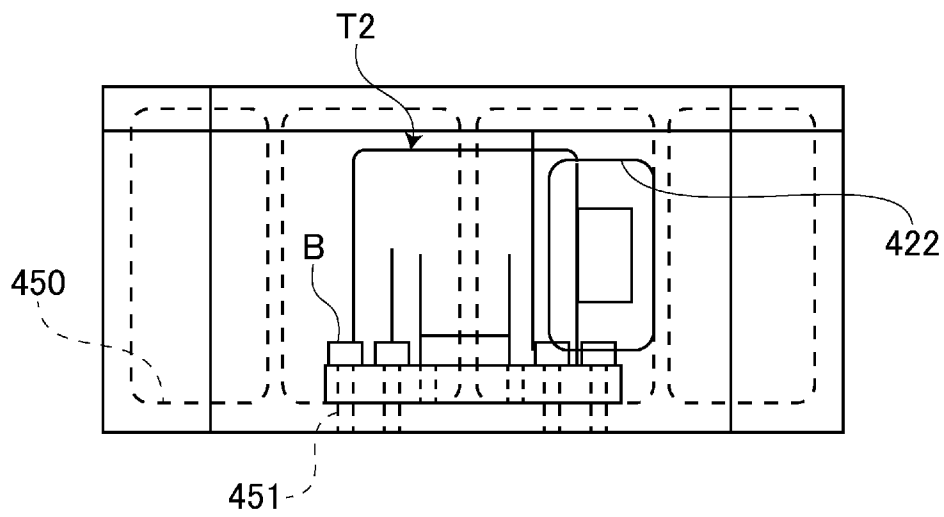




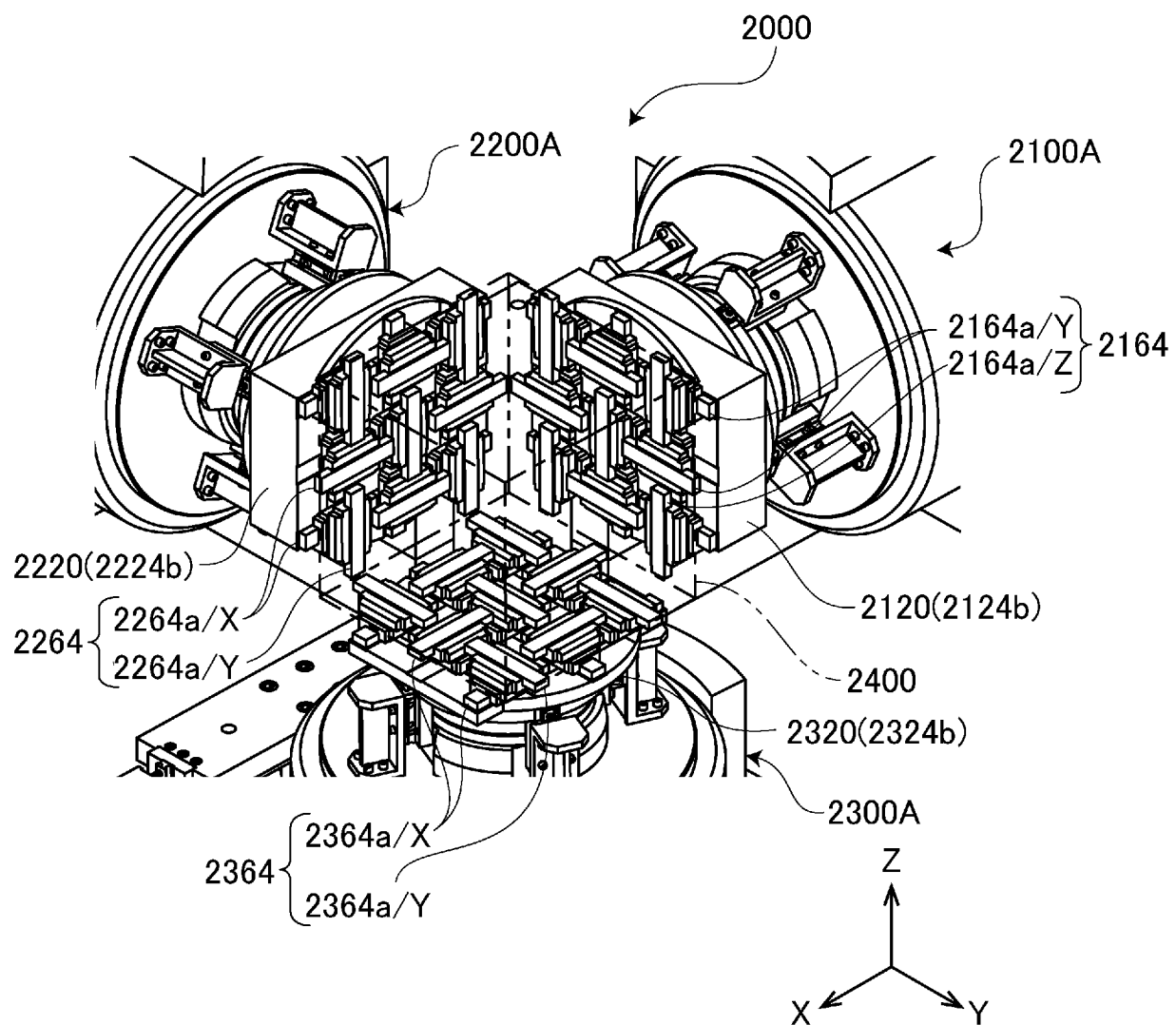
[図38]



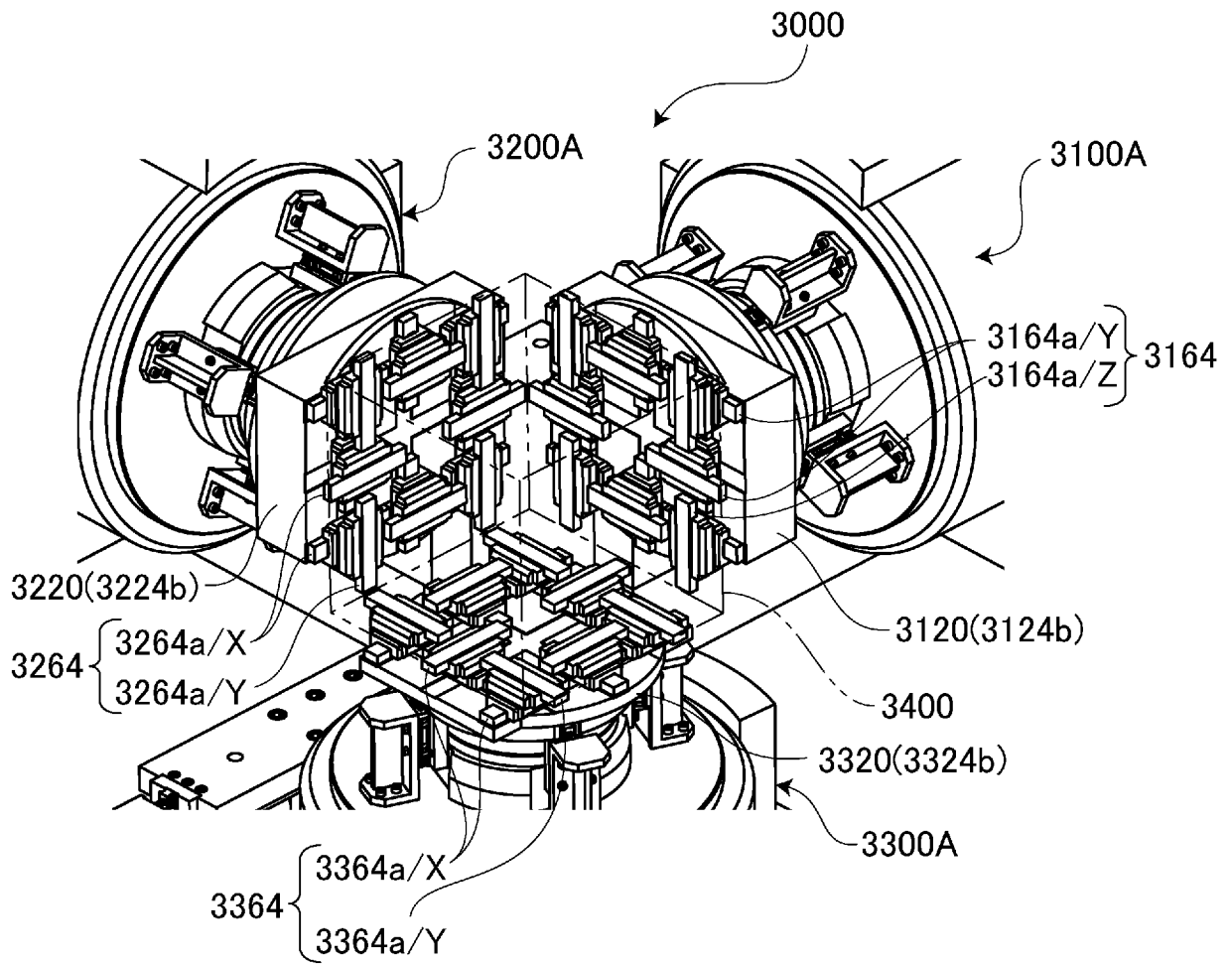
[図39]



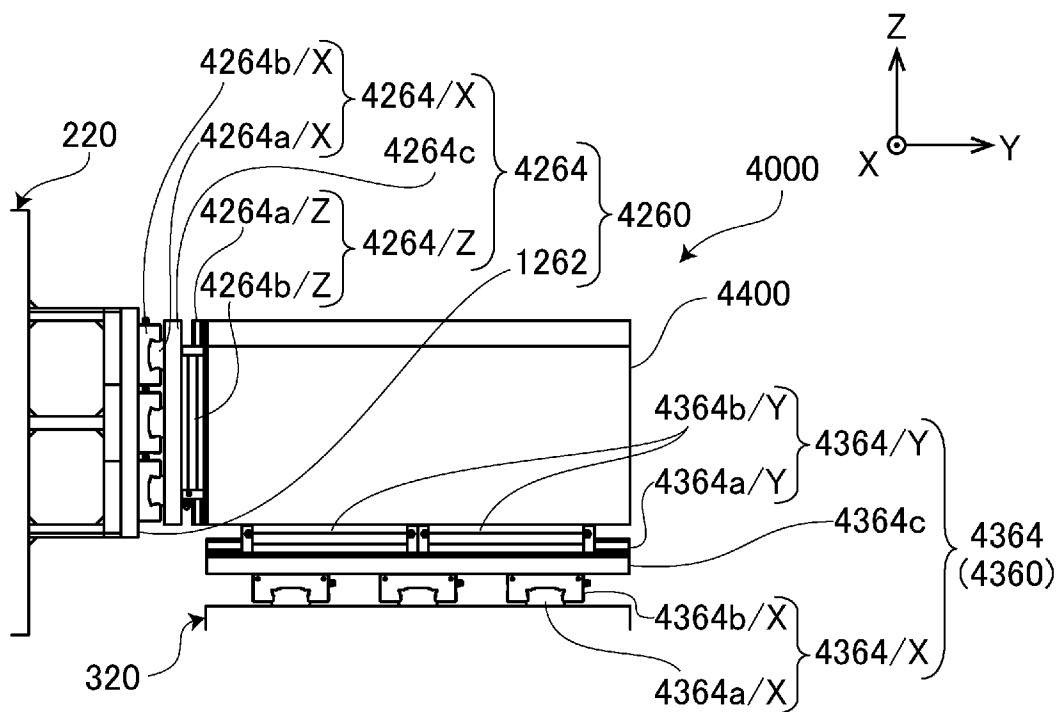
[図40]



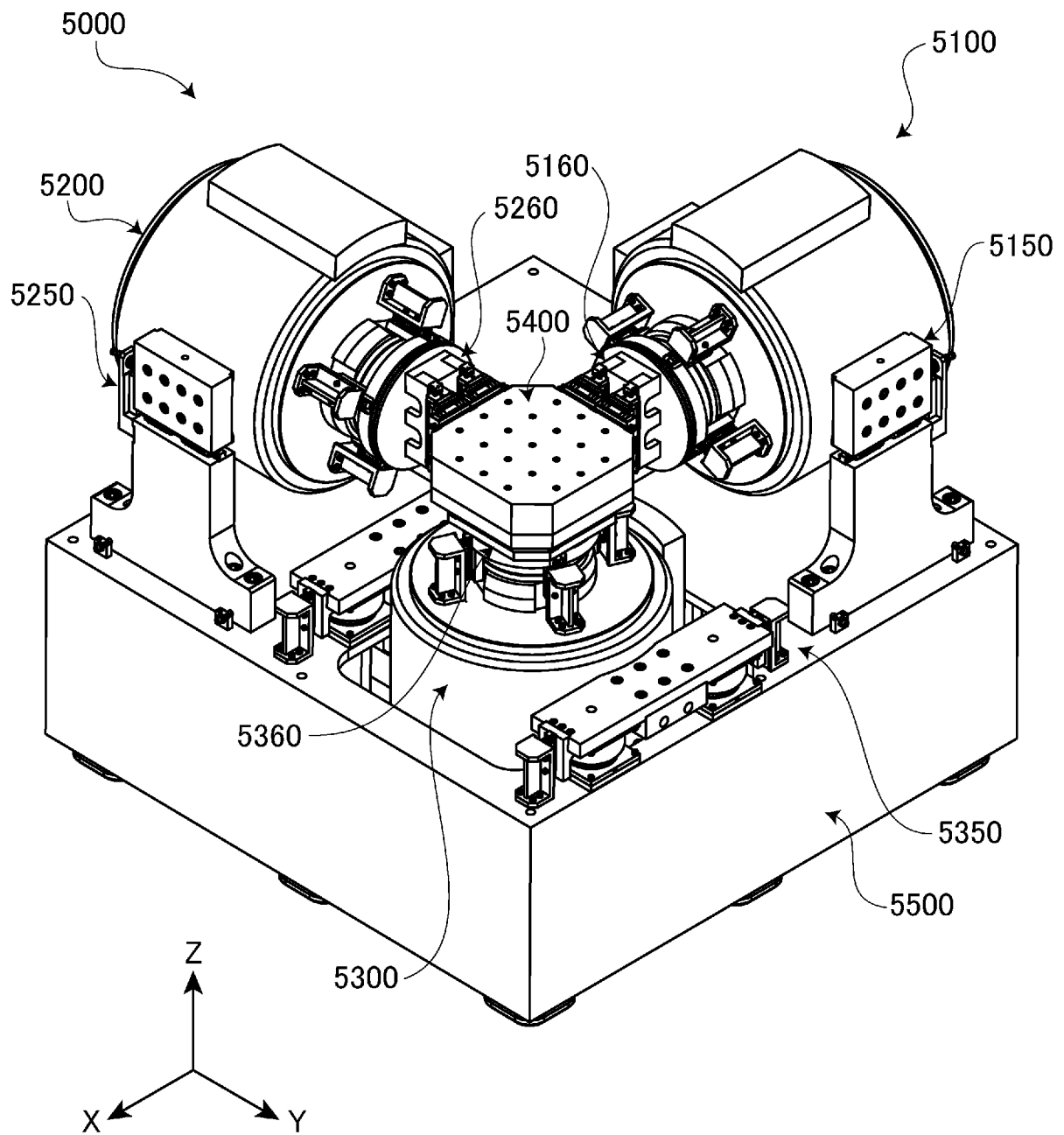
[図41]



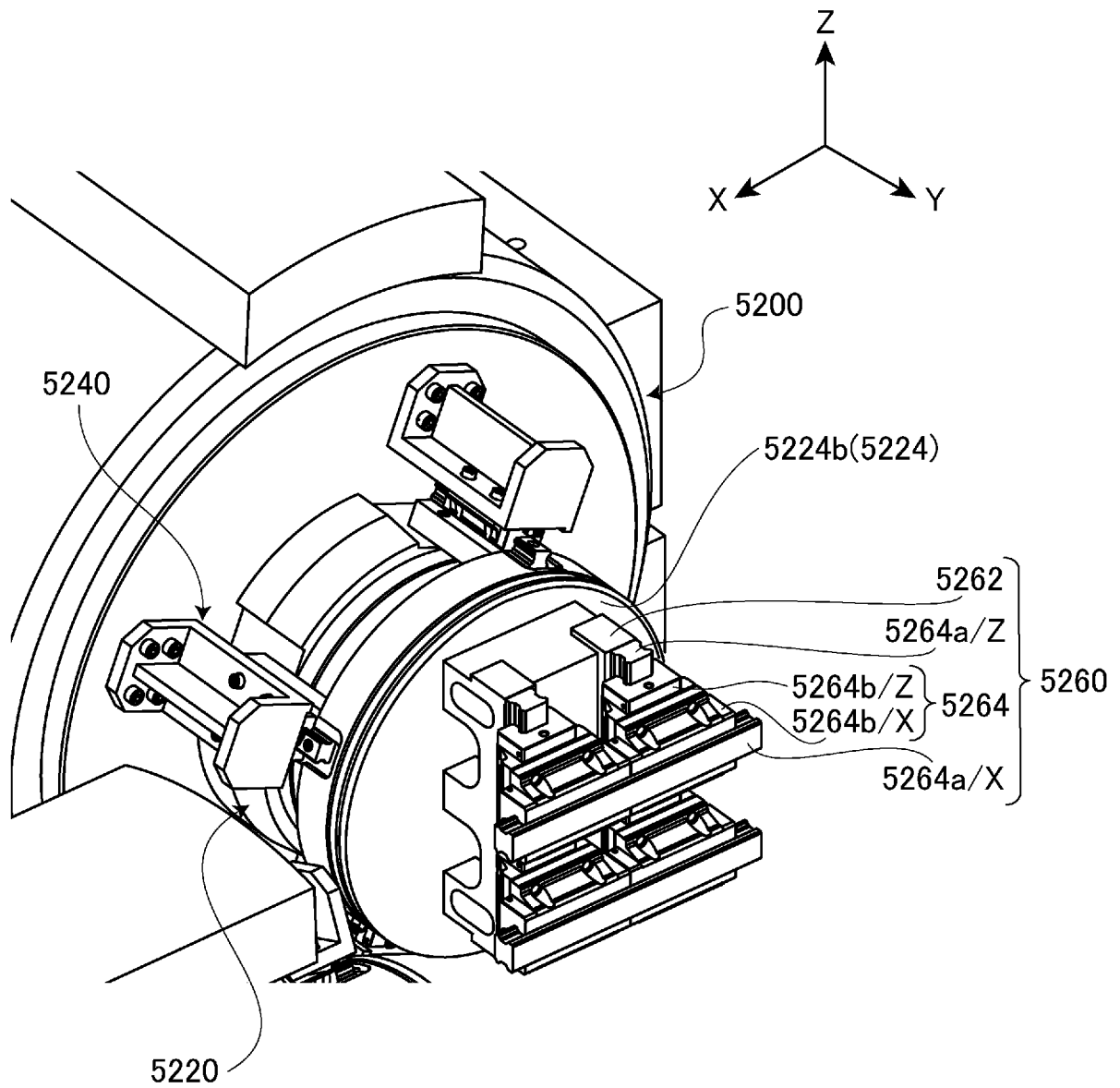
[図42]



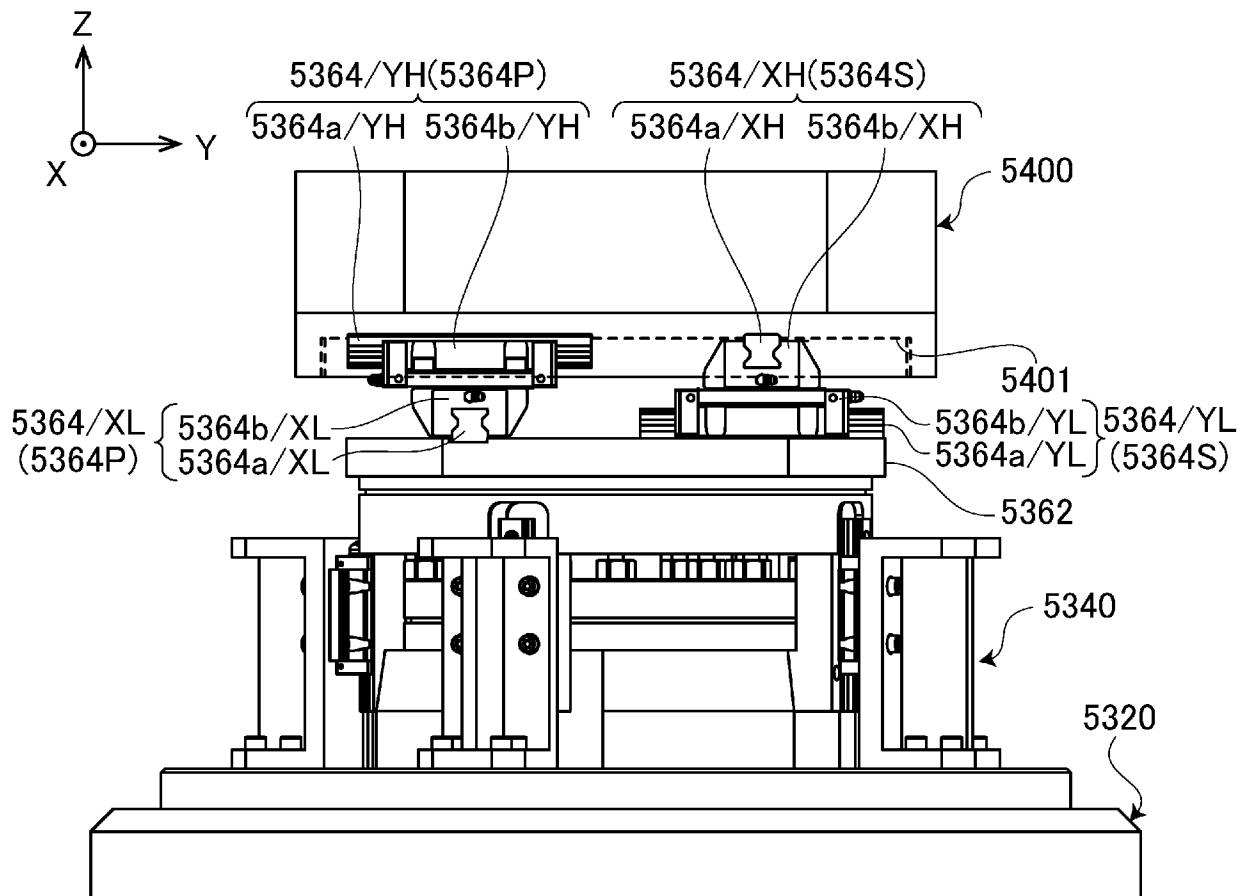
[図45]



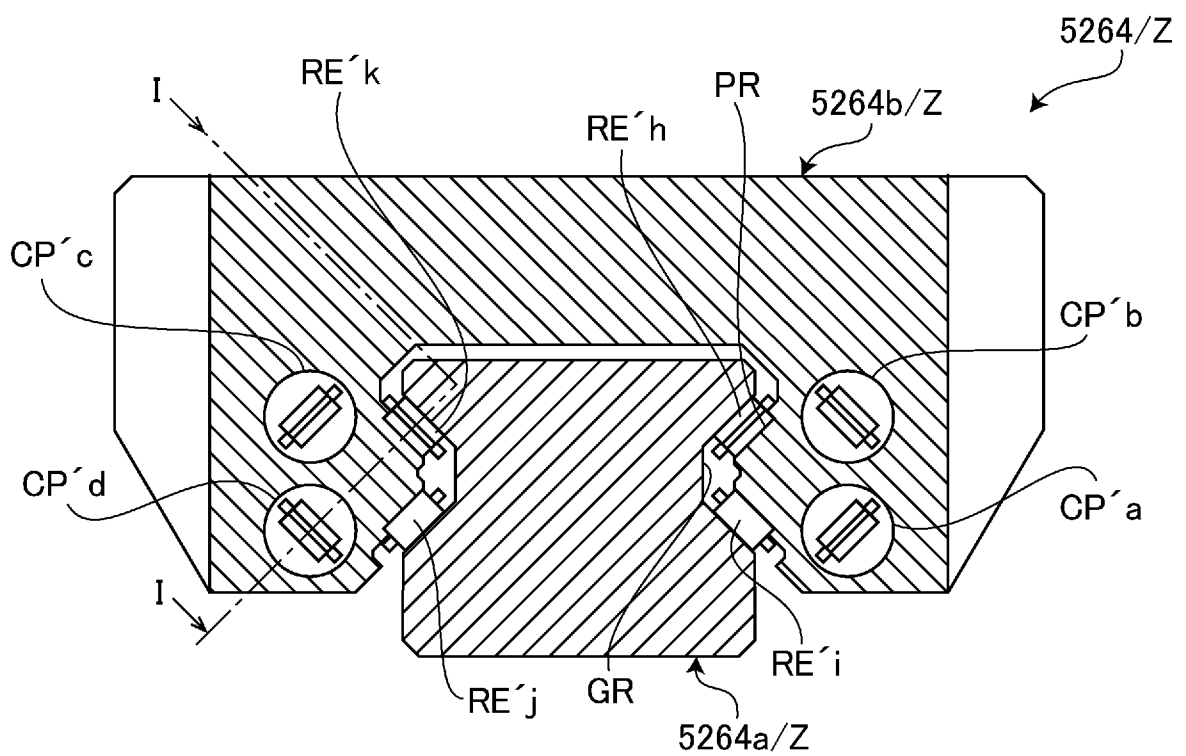
[図46]



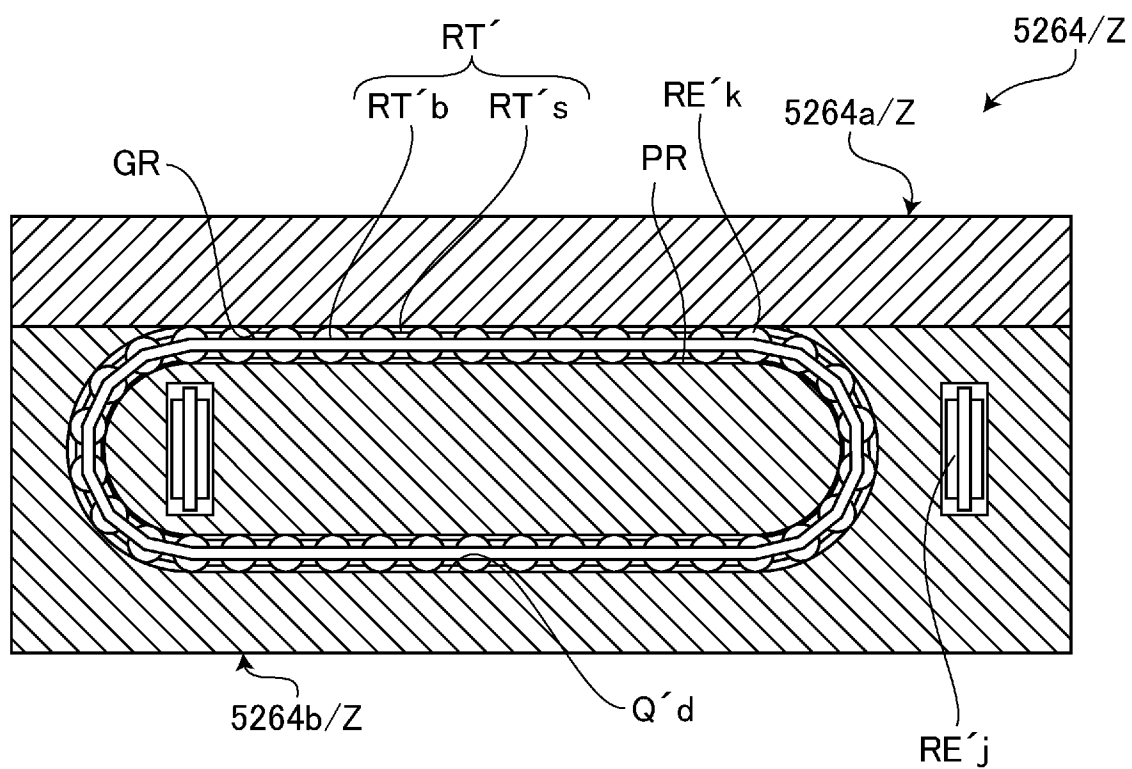
[図47]



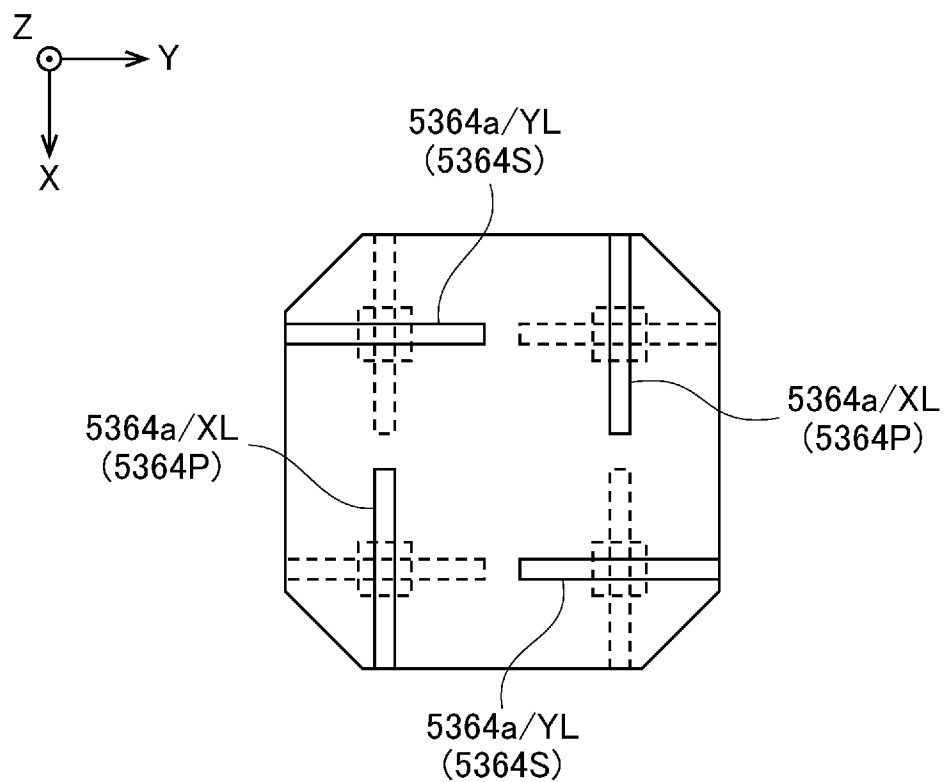
[図48]



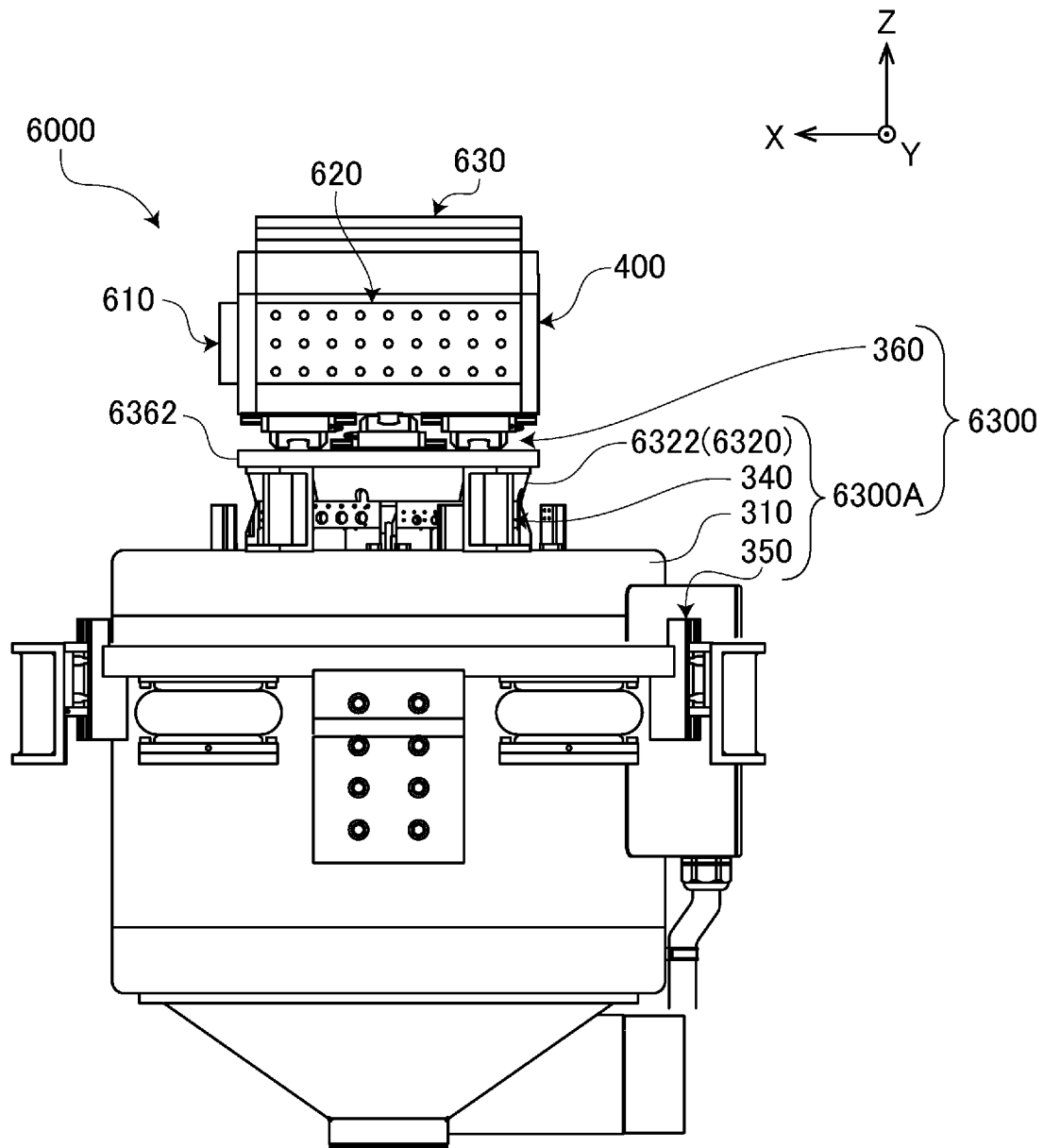
[図49]



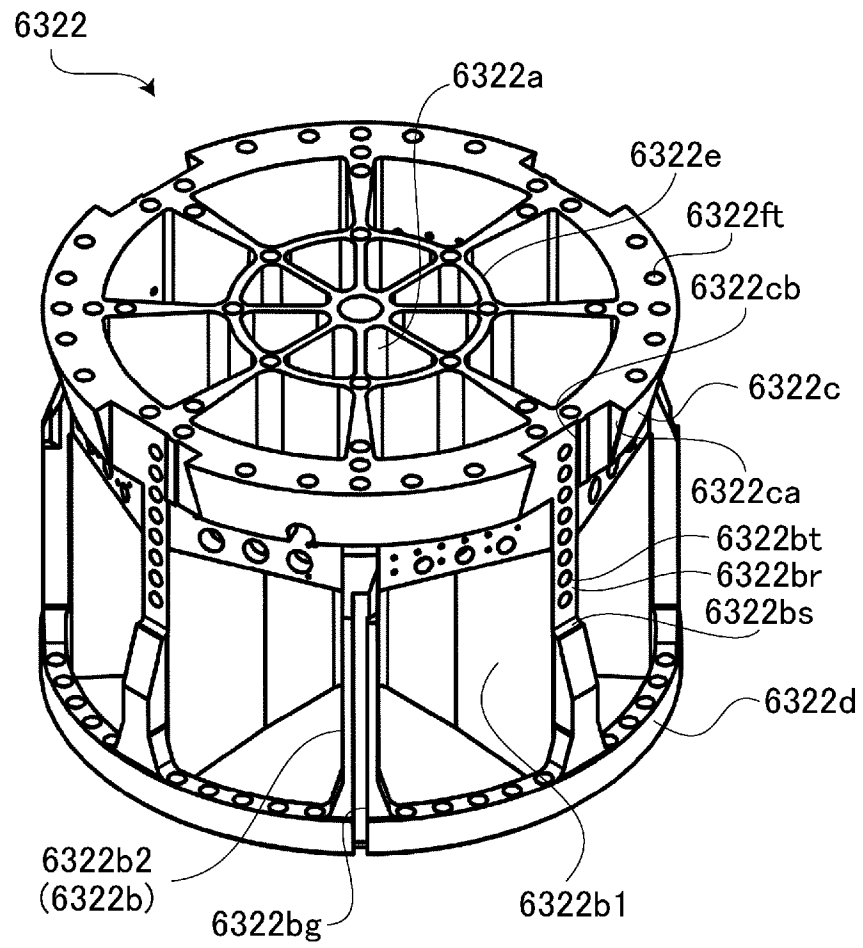
[図50]



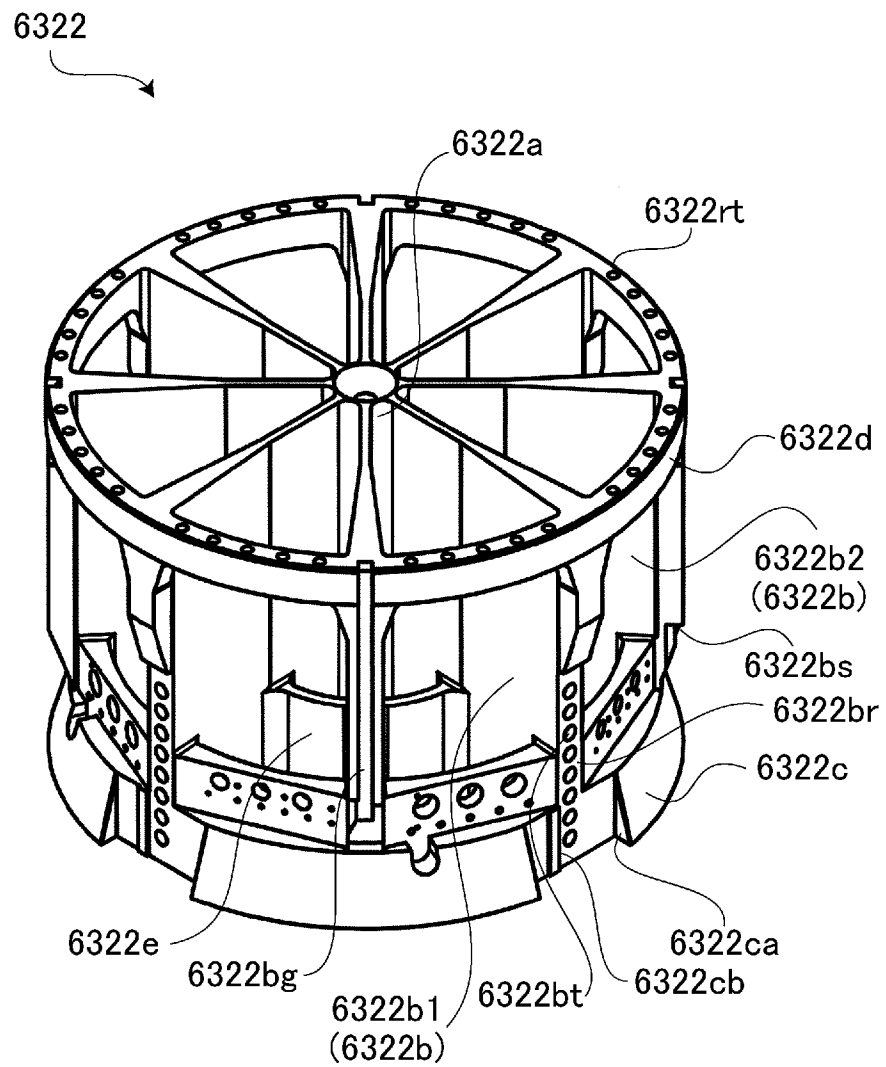
[図51]



[図52]



[図53]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/000978

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01M7/02(2006.01)i, B06B1/04(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)

G01M7/02, B06B1/04

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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 A	WO 2012/147607 A1 (Kokusai Co., Ltd.), 01 November 2012 (01.11.2012), 1st carrying-out mode & US 2014/0049122 A1 First Embodiment & EP 2713487 A1 & CN 103609009 A & KR 2014-0028024 A & TW 201249548 A	34-39, 56 1-12, 40-42, 51-53, 57-65 13-33, 45, 48-50
Y	WO 2015/155928 A1 (THK Co., Ltd.), 15 October 2015 (15.10.2015), paragraphs [0012] to [0038] & US 2017/0030447 A1 paragraphs [0025] to [0051] & DE 112015001731 T & CN 106164510 A & TW 201600744 A	1-12, 57-65

☒ 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
24 March 2017 (24.03.17)

Date of mailing of the international search report
04 April 2017 (04.04.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/000978

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2011-112487 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 09 June 2011 (09.06.2011), paragraphs [0062] to [0070] (Family: none)	40-42, 51-53 13-33
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 37681/1988(Laid-open No. 141441/1989) (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 28 September 1989 (28.09.1989), examples; Effects of the Device (Family: none)	40-42, 51-53
X	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 095743/1976(Laid-open No. 14557/1978) (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 07 February 1978 (07.02.1978), specification, page 3, line 2 to page 3, line 20 (Family: none)	40-44, 46
X	JP 2002-236074 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 23 August 2002 (23.08.2002), paragraphs [0031] to [0034] (Family: none)	40-44, 46-47, 54-55
A	JP 4-332839 A (Fujitsu Ltd.), 19 November 1992 (19.11.1992), entire text; all drawings (Family: none)	40-55

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/000978

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
See column of supplementation.

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/000978

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

(Continuation of Box No. III, with respect to unity of invention)
(Document 1) WO 2012/147607 A1 (Kokusai Co., Ltd.), 01 November 2012 (01.11.2012), first embodiment & US 2014/0049122 A1, First Embodiment & EP 2713487 A1 & CN 103609009 A & KR 2014-0028024 A & TW 201249548 A
(Invention 1) claims 1-12 and 57-65

Claims 1 to 12 and 57 to 65 have a special technical feature, namely "an excitation device in which a plurality of load paths in each of which a plurality of rolling elements roll are formed between a carriage and a rail", and are therefore classified into Invention 1.

(Invention 2) claims 13-33

Claims 13 to 33 have a technical feature common with claim 1 classified into Invention 1, namely "an excitation device provided with: a vibration table; an X-axis excitation unit (first actuator) which excites the vibration table in an X-axis direction; and a Y-axis linear guideway (first slide coupling mechanism) which couples the vibration table and the X-axis excitation unit slidably in a Y-axis direction perpendicular to the X-axis direction".

However, the above-said technical feature cannot be considered to be a special technical feature, since the technical feature does not make a contribution over the prior art in the light of the contents disclosed in the document 1.

Further, there is no other same or corresponding special technical feature between claims 13-33 and claim 1.

In addition, claims 13-33 are not dependent on claim 1.

Further, claims 13-33 have no relationship such that these claims are substantially same as or equivalent to any claim classified into Invention 1.

Consequently, claims 13-33 cannot be classified into Invention 1.

Then claims 13 to 33 have a special technical feature, namely "an excitation device including a counterbalance portion (a given unbalance) which is attached to the vibration table and which compensates for an unbalance of an excited portion arising from the attachment of the slide coupling mechanism to the vibration table", and are therefore classified into Invention 2.

(Invention 3) claims 34-39

Claims 34 to 39 have a technical feature common with claim 1 classified into Invention 1 and claim 13 classified into Invention 2, namely "an excitation device provided with: a vibration table; an X-axis excitation unit (X-axis actuator) which excites the vibration table in an X-axis direction; and a Y-axis linear guideway (first coupling mechanism) which couples the vibration table and the X-axis excitation unit slidably in a Y-axis direction perpendicular to the X-axis direction".

However, the above-said technical feature cannot be considered to be a special technical feature, since the technical feature does not make a contribution over the prior art in the light of the contents disclosed in the document 1.

Further, there is no other same or corresponding special technical feature between claims 34-39 and claims 1, 13.

In addition, claims 34-39 are not dependent on either claim 1 or 13.

Further, claims 34-39 have no relationship such that these claims are substantially same as or equivalent to any claim classified into Inventions 1, 2.

Consequently, claims 34-39 cannot be classified into Inventions 1, 2.

(Continued to next extra sheet)

Then claims 34 to 39 have a special technical feature, namely "an excitation device including a counterbalance portion (a given unbalance) which is attached to the vibration table and which compensates for an unbalance of an excited portion arising from the attachment of the slide coupling mechanism to the vibration table", and are therefore classified into Invention 3.

(Invention 4) claims 40-55

Claims 40 to 55 have a technical feature common with claim 1 classified into Invention 1, claim 13 classified into Invention 2, and claim 34 classified into Invention 3, namely "an excitation device provided with: a vibration table; and an X-axis excitation unit (excitation unit) which excites the vibration table in an X-axis direction".

However, the above-said technical feature cannot be considered to be a special technical feature, since the technical feature does not make a contribution over the prior art in the light of the contents disclosed in the document 1.

Further, there is no other same or corresponding special technical feature between claims 40-55 and claims, 1, 13, 34.

In addition, claims 40-55 are not dependent on claims 1, 13, 34.

Further, claims 40-55 have no relationship such that these claims are substantially same as or equivalent to any claim classified into Inventions 1-3.

Consequently, claims 40-55 cannot be classified into Inventions 1-3.

Then claims 40 to 55 have a special technical feature, namely "when the object being excited is attached to the vibration table, the projection of the center of gravity of the object being excited onto a projection plane perpendicular to the prescribed direction is included in the projection onto the projection plane of a movable portion of the excitation unit", and are therefore classified into Invention 4.

(Invention 5) claim 56

Claim 56 has a technical feature common with claim 1 classified into Invention 1, claim 13 classified into Invention 2, claim 34 classified into Invention 3, and claim 40 classified into Invention 4, namely providing an actuator.

However, the above-said technical feature cannot be considered to be a special technical feature, since the technical feature does not make a contribution over the prior art in the light of the contents disclosed in the document 1.

Further, there is no other same or corresponding special technical feature between claim 56 and claims 1, 13, 34, 40.

In addition, claim 56 is not dependent on claims 1, 13, 34, 40.

Further, claim 56 has no relationship such that said claim 55 is substantially same as or equivalent to any claim classified into Inventions 1-4.

Consequently, claim 56 cannot be classified into Invention 5.

Then claim 56 has a special technical feature, namely "an electrodynamic actuator which is provided with: a substantially cylindrical fixed portion; a movable portion at least part of which is accommodated in a hollow portion of the fixed portion and which reciprocates in the axial direction of the fixed portion; and a movable portion support mechanism which supports the movable portion from the side such that the movable portion is capable of reciprocating in said axial direction; wherein the movable portion is provided with a frame of which a distal end part is supported by the movable portion support mechanism, and a coil attached to the rear end of the frame, and wherein the frame is formed integrally.", and is therefore classified into Invention 5.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01M7/02 (2006.01)i, B06B1/04 (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（IPC））

Int.Cl. G01M7/02, B06B1/04

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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	W0 2012/147607 A1（国際計測器株式会社）2012.11.01, 第1実施形態 & US 2014/0049122 A1 [First Embodiment] & EP 2713487 A1 & CN 103609009 A & KR 2014-0028024 A & TW 201249548 A	34-39, 56
Y		1-12, 40-42, 5
A		1-53, 57-65
		13-33, 45, 48-50
Y	W0 2015/155928 A1（THK株式会社）2015.10.15, [0012] - [0038] & US 2017/0030447 A1 [0025]-[0051] & DE 112015001731 T & CN 106164510 A & TW 201600744 A	1-12, 57-65

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

24.03.2017

国際調査報告の発送日

04.04.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

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）

田中 秀直

2 J

3409

電話番号 03-3581-1101 内線 3252

C (続き) . 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
Y A	JP 2011-112487 A (三菱重工業株式会社) 2011.06.09, [0062] ー [0070] (ファミリーなし)	40-42, 51-53 13-33
Y	日本国実用新案登録出願 63-37681 号(日本国実用新案登録出願公開 1-141441 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマ イクロフィルム (三菱重工業株式会社) 1989.09.28, (実施例)、(考 案の効果) (ファミリーなし)	40-42, 51-53
X	日本国実用新案登録出願 51-095743 号(日本国実用新案登録出願公開 53-14557 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマ イクロフィルム (三菱重工業株式会社) 1978.02.07, 明細書第 3 頁 第 2 行ー第 3 頁第 20 行 (ファミリーなし)	40-44, 46
X	JP 2002-236074 A (三菱重工業株式会社) 2002.08.23, [0031] ー [0034] (ファミリーなし)	40-44, 46-47, 54-55
A	JP 4-332839 A (富士通株式会社) 1992.11.19, 全文全図 (ファミリ ーなし)	40-55

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってP C T 規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。
補充欄参照。

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☒ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

(第Ⅲ欄のつづき、発明の単一性について)

(文献 1) WO 2012/147607 A1 (国際計測器株式会社) 2012.11.01, 第 1 実施形態 & US 2014/0049122 A1 [First Embodiment] & EP 2713487 A1 & CN 103609009 A & KR 2014-0028024 A & TW 201249548 A

(発明 1) 請求項 1-12, 57-65

請求項 1-12, 57-65 は、「キャリッジとレールとの間に複数の転動体が転動する複数の負荷経路が形成された加振装置」という特別な技術的特徴を有しているので、発明 1 に区分する。

(発明 2) 請求項 13-33

請求項 13-33 は、発明 1 に区分された請求項 1 と、「振動テーブルと、前記振動テーブルを X 軸方向に加振する X 軸加振ユニットと (第 1 アクチュエータ)、前記振動テーブルと前記 X 軸加振ユニットとを前記 X 軸方向と垂直な Y 軸方向にスライド可能に連結する Y 軸リニアガイドウェイと (第 1 スライド連結機構)、を備える加振装置」という共通の技術的特徴を有している。

しかしながら、当該技術的特徴は、文献 1 の開示内容に照らして、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、特別な技術的特徴であるとはいえない。また、請求項 13-33 と請求項 1 との間に、他に同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。

さらに、請求項 13-33 は請求項 1 の従属請求項ではない。また、請求項 13-33 は、発明 1 に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項 13-33 は発明 1 に区分できない。

そして、請求項 13-33 は、「スライド連結機構を振動テーブルに取り付けることによって生じる被加振部のアンバランスを補償する、振動テーブルに取り付けられたカウンターバランス部 (所与のアンバランス) を有する加振装置」という特別な技術的特徴を有しているので、発明 2 に区分する。

(発明 3) 請求項 34-39

請求項 34-39 は、発明 1 に区分された請求項 1 及び発明 2 に区分された請求項 13 と、「振動テーブルと、前記振動テーブルを X 軸方向に加振する X 軸加振ユニットと (X 軸アクチュエータ)、前記振動テーブルと前記 X 軸加振ユニットとを前記 X 軸方向と垂直な Y 軸方向にスライド可能に連結する Y 軸リニアガイドウェイと (第 1 連結機構)、を備える加振装置」という共通の技術的特徴を有している。

しかしながら、当該技術的特徴は、文献 1 の開示内容に照らして、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、特別な技術的特徴であるとはいえない。また、請求項 34-39 と請求項 1、13 との間に、他に同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。

さらに、請求項 34-39 は請求項 1、13 のいずれ従属請求項でもない。また、請求項 34-39 は、発明 1、2 に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項 34-39 は発明 1、2 に区分できない。

そして、請求項 34-39 は、「スライド連結機構を振動テーブルに取り付けることによって生じる被加振部のアンバランスを補償する、振動テーブルに取り付けられたカウンターバランス部 (所与のアンバランス) を有する加振装置」という特別な技術的特徴を有しているので、発明 3 に区分する。

(発明4) 請求項40-55

請求項40-55は、発明1に区分された請求項1、発明2に区分された請求項13及び発明3に区分された請求項34と、「振動テーブルと、前記振動テーブルをX軸方向に加振するX軸加振ユニットと（加振ユニット）、を備える加振装置」という共通の技術的特徴を有している。

しかしながら、当該技術的特徴は、文献1の開示内容に照らして、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、特別な技術的特徴であるとはいえない。また、請求項40-55と請求項1、13、34との間に、他に同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。

さらに、請求項40-55は請求項1、13、34の従属請求項ではない。また、請求項40-55は、発明1-3に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項40-55は発明1-3に区分できない。

そして、請求項40-55は、「前記被加振物を前記振動テーブルに取り付けたときに、前記所定方向と垂直な投影平面上への前記被加振物の重心の投影が、該投影平面上への前記加振ユニットの可動部の投影に含まれる」という特別な技術的特徴を有しているので、発明4に区分する。

(発明5) 請求項56

請求項56は、発明1に区分された請求項1、発明2に区分された請求項13、発明3に区分された請求項34及び発明4に区分された請求項40と、アクチュエータであるという共通の技術的特徴を有している。

しかしながら、当該技術的特徴は、文献1の開示内容に照らして、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、特別な技術的特徴であるとはいえない。また、請求項56と請求項1、13、34、40との間に、他に同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。

さらに、請求項56は請求項1、13、34、40の従属請求項ではない。また、請求項56は、発明1-4に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項56は発明5に区分できない。

そして、請求項56は、「略筒状の固定部と、その少なくとも一部が前記固定部の中空部内に收容され、前記固定部の軸線方向に往復駆動される可動部と、前記可動部を前記軸線方向に往復移動可能に側方から支持する可動部支持機構と、を備え、前記可動部が、その先端側の部分が前記可動部支持機構により支持されたフレームと、前記フレームの後端に取り付けられたコイルと、を備え、前記フレームが一体に形成された、動電型アクチュエータ。」という特別な技術的特徴を有しているので、発明5に区分する。