

(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
2018年5月3日(03.05.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/079672 A1

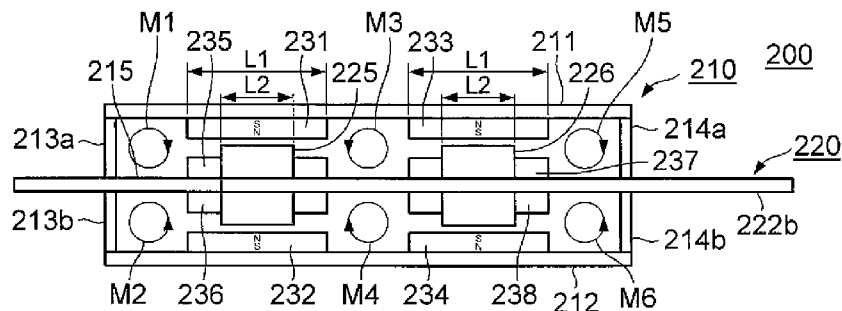
- (51) 国際特許分類:
H02K 33/18 (2006.01) B25J 19/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/038748
- (22) 国際出願日: 2017年10月26日(26.10.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-213848 2016年10月31日(31.10.2016) JP
- (71) 出願人: ヤマハ株式会社 (YAMAHA CORPORATION) [JP/JP]; 〒4308650 静岡県浜松市中区中沢町10番1号 Shizuoka (JP).
- (72) 発明者: 野呂 正夫 (NORO, Masao); 〒4308650 静岡県浜松市中区中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内 Shizuoka (JP).
- (74) 代理人: 立花 顕治, 外 (TACHIBANA, Kenji et al.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島6-2-40 中之島インテス21階 Osaka (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, JO, 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), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,

(54) Title: ACTUATOR

(54) 発明の名称: アクチュエータ



(57) Abstract: Provided is a lightweight actuator that is capable of highly accurately controlling driving force. The actuator is provided with: a coil that has a hollow space penetrating the coil in an axial direction and a flat part formed by a coil wiring line; an external yoke that is opposed to the flat part of the coil; an internal yoke that is opposed to the flat part of the coil and that penetrates the hollow space of the coil; and a planar external permanent magnet that is fixed to the external yoke such that magnetic poles of the permanent magnet oppose the internal yoke, and that generates a magnetic flux which passes through a magnetic path including the coil, the internal yoke, and the external yoke.

(57) 要約: 軽量であり、高い精度で駆動力を制御することができるアクチュエータが提供される。前記アクチュエータは、コイル配線により形成される平面部を有し、軸方向に貫通する中空空間を有するコイルと、前記コイルの平面部と対向する外側ヨークと、前記コイルの中空空間を貫通し、前記コイルの平面部と対向する内側ヨークと、前記内側ヨークに磁極を対向させて前記外側ヨークに固定され、前記コイル、前記内側ヨークおよび前記外側ヨークを含む磁路を通過する磁束を発生する平板状の外側永久磁石とを具備する。

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：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

明 細 書

発明の名称 : アクチュエータ

技術分野

[0001] この発明は、アクチュエータに関し、特にロボットの可動部を駆動するアクチュエータに関する。この発明は、ロボット技術の分野において好ましく利用可能である。

背景技術

[0002] ロボットやパワーアシスト装置等に関連した各種の分野において、可動部を駆動するための手段として、高精度な位置制御が可能な各種のアクチュエータが利用されている（特許文献1 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2016-6345号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、楽器演奏をロボットに行わせるのに適したアクチュエータは未だ提供されていない。その理由は次の通りである。

[0005] まず、楽器演奏は音を出すのが目的であるので、それに使用するアクチュエータは、それ自身の動作音が極めて小さい必要がある。この条件があるため、楽器演奏に使用可能なアクチュエータの範囲がかなり絞られる。

[0006] また、人間らしい楽器演奏を行わせるためには、感度よく駆動力の制御を行うことが可能であり、かつ、脱力の制御も可能なアクチュエータが必要になる。例えば「太鼓をたたく」という動作の場合、実際に人間が太鼓をたたいている映像からバチの先端の軌跡を分析し、その動作をロボットアームで再現することはかなりの精度で可能であると考えられる。

[0007] しかし、そのようなバチの先端の位置制御を行うだけでは、人間が太鼓を叩いたような音は響かない。何故ならば、バチの軌跡は、すべてが人間の意

思で動いているのではなく、多くの部分が太鼓側のリアクションによって作られているためである。バチの軌跡の最初の部分は、人間の意思で太鼓の皮に向かって力を込めてバチに運動エネルギーを与えることにより形成される。このとき筋肉は硬直した固いばねのような状態となる。このままの状態ではバチが皮にあたるまでバチを振り続けると、音は出るものの、バチを皮に押し付けた状態になるので、皮の自由振動が妨げられる。このため、バチによる打撃音がミュートされ、太鼓特有の音の余韻が得られない。ロボットアームによる打撃もこれに近い状態になると考えられる。

[0008] 実際の演奏では、バチに力を与えて加速したあと、皮にあたる直前に筋肉の力を抜く（脱力する）ことで、バチに運動エネルギーを与え、バチの先端を皮にぶつける。そうすることでバチの質量と皮のバネ性との間で連成共振を起こさせ、バチの運動エネルギーを効率よく皮の振動エネルギーに変えて音を発生させる。その後、演奏者は、バチが皮の反発力で跳ね返されたタイミングに合わせて筋肉に力を入れてバチを受け止める。この一連の動作の中で、人間の筋肉の力が関与しているのは最初の加速時と最後の静止時となる。音が出るタイミングの前後は、基本的に完全に脱力しているため、バチの動きはバチと太鼓の皮で決定されており、良い音を出すには筋肉がこの動きを妨げないようにすることが重要である。

[0009] このような脱力の制御をアクチュエータに行わせるためには、アクチュエータは、駆動（通電）していないときに無負荷（無抵抗）な状態とならなければならない。ここで、磁界中に置かれた導体のローレンツ力を利用する動電タイプのアクチュエータは、常時掛かる引力がなく、制動状態をコントロールすることができる。従って、この種のアクチュエータは、楽器演奏用のアクチュエータとして検討する余地がある。

[0010] この動電タイプのアクチュエータは、スピーカに使用されている。ここで、スピーカは、最終的に空気を振動させるものである。従って、スピーカにおいては、振動系（ムービング・コイル）の軽量化が最重要ファクタである。従って、スピーカでは、巨大な磁気回路と軽量なムービング・コイルとを

組み合わせて大きな駆動力を得ることが多い。

[0011] しかしながら、ロボットには多数の筋肉を内蔵させる必要があり、それぞれの筋肉にスピーカのような巨大な磁気回路を持たせることはできない。また、スピーカのボイスコイルは円筒形である。このような円筒形のボイスコイルは、大きな変換効率が得られる点において有利である。しかし、ボイスコイルが円筒形であると、磁気ギャップもそれに合わせて円筒形にする必要があり、それには磁路形成のために鉄などの磁性体を多く使うことになる。このため、スピーカの磁気回路は非常に重いものになる。このため、スピーカに用いられている動電タイプのアクチュエータは、楽器演奏を行うロボット用のアクチュエータとして適切なものではなかった。

[0012] この発明は以上のような事情に鑑みてなされたものであり、軽量であり、高い精度で駆動力を制御することができるアクチュエータを提供することを目的としている。なお、この発明のアクチュエータは、楽器演奏を行うロボットを駆動するためのものとして好ましく使用可能であるが、その他の様々な用途にも使用可能である。

課題を解決するための手段

[0013] この発明の第1観点に係るアクチュエータは、コイル配線により形成される平面部を有し、軸方向に貫通する中空空間（中空領域）を有するコイルと、前記コイルの平面部と対向する外側ヨークと、前記コイルの中空空間を貫通し、前記コイルの平面部と対向する内側ヨークと、前記内側ヨークに磁極を対向させて前記外側ヨークに固定され、前記コイル、前記内側ヨークおよび前記外側ヨークを含む磁路を通過する磁束を発生する平板状の外側永久磁石とを具備する。

[0014] この発明の第2観点に係るアクチュエータは、第1観点に係るアクチュエータであって、前記外側ヨークとして、各々の間に前記コイルを挟むように配置される第1外側ヨーク及び第2外側ヨークを具備する。前記外側永久磁石として、前記第1外側ヨークに固定された第1外側永久磁石及び前記第2外側ヨークに固定された第2外側永久磁石からなる外側永久磁石対を具備す

る。前記第 1 外側永久磁石及び前記第 2 外側永久磁石は、各々の間に前記内側ヨークを挟むように配置され、同一極性の磁極を互いに対向させる。

[0015] この発明の第 3 観点に係るアクチュエータは、第 2 観点に係るアクチュエータであって、前記コイルとして、前記軸方向に沿って離間した第 1 コイル及び第 2 コイルを具備する。前記外側永久磁石として、複数の前記外側永久磁石対を具備する。前記複数の前記外側永久磁石対は、前記第 1 コイルと前記第 2 コイルとの間隔に対応した間隔で配置される。

[0016] この発明の第 4 観点に係るアクチュエータは、第 1 観点から第 3 観点のいずれかに係るアクチュエータであって、前記外側永久磁石の前記軸方向の長さ、と、前記コイルの前記軸方向の長さが異なる。

[0017] この発明の第 5 観点に係るアクチュエータは、第 1 観点から第 4 観点のいずれかに係るアクチュエータであって、前記外側ヨークに磁極を対向させて前記内側ヨークに固定され、前記コイル、前記内側ヨークおよび前記外側ヨークを含む磁路を通過する磁束を発生する平板状の内側永久磁石をさらに具備する。

[0018] この発明の第 6 観点に係るアクチュエータは、第 5 観点に係るアクチュエータであって、前記外側永久磁石及び前記内側永久磁石は、異なる極性の磁極を互いに対向させる。

[0019] この発明の第 7 観点に係るアクチュエータは、第 5 観点又は第 6 観点に係るアクチュエータであって、前記内側永久磁石として、第 1 内側永久磁石及び第 2 内側永久磁石からなる内側永久磁石対を具備する。前記第 1 内側永久磁石及び前記第 2 内側永久磁石は、各々の間に前記内側ヨークを挟むように配置される。

[0020] この発明の第 8 観点に係るアクチュエータは、第 1 観点から第 7 観点のいずれかに係るアクチュエータであって、前記外側ヨークは、平板状である。

[0021] この発明の第 9 観点に係るアクチュエータは、第 1 観点から第 8 観点のいずれかに係るアクチュエータであって、前記内側ヨークは、平板状である。

[0022] この発明の第 10 観点は、コイル配線が平面部をなし、軸方向に貫通する

中空領域を有するコイルと、前記コイルの平面部と対向する外側ヨークと、前記コイルの中空領域を貫通し、前記コイルの平面部と対向する内側ヨークと、前記内側ヨークに磁極を対向させて前記外側ヨークに固定され、前記コイル、前記内側ヨークおよび前記外側ヨークを含む磁路を通過する磁束を発生する平板状の永久磁石とを具備することを特徴とするアクチュエータを提供する。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]この発明の第1実施形態によるアクチュエータを適用したロボットアームの構成を示す図である。

[図2]同アクチュエータの組み立て図である。

[図3]同アクチュエータの側面図である。

[図4]同アクチュエータの平面図である。

[図5]この発明の第2実施形態によるアクチュエータの組み立て図である。

[図6]同アクチュエータの側面図である。

[図7]同アクチュエータの平面図である。

[図8]同アクチュエータのコイル保持部の側面図である。

[図9]同コイル保持部の平面図である。

[図10]この発明の他の実施形態によるアクチュエータの側面図である。

[図11]同アクチュエータの平面図である。

[図12]さらに別の実施形態による同アクチュエータの組み立て図である。

[図13]同アクチュエータの側面図である。

[図14]さらに別の実施形態による同アクチュエータの組み立て図である。

[図15]同アクチュエータの側面図である。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態について説明する。

[0025] <第1実施形態>

図1はこの発明の第1実施形態によるアクチュエータ200の適用例であるロボットアーム300を示す図である。このロボットアーム300は、ド

ラム演奏に用いられる。図１に示すように、ロボットアーム３００は、上腕部３０１と、下腕部３０２とを有する。ここで、下腕部３０２の先端にはドラムスティック３０４が固定されている。上腕部３０１の先端には、関節３０３が設けられている。この関節３０３は、下腕部３０２のドラムスティック３０４と反対側の端部の近傍部分を貫通する軸（図示略）を備えている。下腕部３０２は、この関節３０３を支点として回動可能である。

[0026] 本実施形態によるアクチュエータ２００は、上腕部３０１の下面に固定されている。下腕部３０２のドラムスティック３０４と反対側の端部は、連結棒２９９を介して、このアクチュエータ２００のコイル保持体（図１では図示略）に連結されている。

[0027] 図２は本実施形態によるアクチュエータ２００の組み立て図、図３は同アクチュエータ２００を図１の紙面垂直方向から見た側面図、図４は同アクチュエータ２００を図１の左斜め下方から見た平面図である。なお、以下では、説明の便宜のため、「軸方向」という言葉を用いるが、この「軸方向」は図３および図４における左右方向を意味する。

[0028] 図２～図４に示すように、アクチュエータ２００は、筐体部２１０と、コイル保持体２２０とを有する。筐体部２１０は、上下の壁をなす外側ヨーク２１１および２１２と、前後の壁をなす外側ヨーク２１３ａ、２１３ｂ、２１４ａ、２１４ｂとにより囲まれ、側方が吹き抜け状態の略直方体の筐体である。ここで、外側ヨーク２１１、２１２、２１３ａ、２１３ｂ、２１４ａ、２１４ｂは、各々矩形平板状の磁性体により構成されている。なお、図２では、図面が煩雑になるのを防ぐため、外側ヨーク２１４ａ、２１４ｂの図示が省略されている。

[0029] 外側ヨーク２１１および２１２は、互いに平行であり、所定間隔を空けて対向した平面部を各々有している。この外側ヨーク２１１および２１２の平面部間の空間の中央に矩形平板状の磁性体からなる内側ヨーク２１５が位置している。この内側ヨーク２１５は、外側ヨーク２１３ａ、２１３ｂの外側から外側ヨーク２１３ａおよび２１３ｂ間の隙間を貫通し、外側ヨーク２１

4 a および 2 1 4 b 間の隙間に至っている。この内側ヨーク 2 1 5 の表裏 2 面の各平面部は、外側ヨーク 2 1 1 および 2 1 2 の各平面部に対向している。外側ヨーク 2 1 3 a、2 1 3 b から突出した内側ヨーク 2 1 5 の端部は、図示しないボルト等の固定手段により図 1 の上腕部 3 0 1 に固定される。

[0030] コイル保持体 2 2 0 は、2 本の平行な棒部 2 2 2 a および 2 2 2 b と、コイル 2 2 5 および 2 2 6 と、橋絡部 2 2 3 とを有する。ここで、コイル 2 2 5 および 2 2 6 は、各々直方体形状の空芯のコイルであり、軸方向に貫通する直方体形状の中空領域（中空空間）を内包している。このコイル 2 2 5 および 2 2 6 は、軸方向に所定間隔を空けて棒部 2 2 2 a および 2 2 2 b 間に固定されている。そして、内側ヨーク 2 1 5 は、このコイル保持体 2 2 0 のコイル 2 2 5 および 2 2 6 内の中空領域を貫通している。コイル保持体 2 2 0 は、この内側ヨーク 2 1 5 に沿って軸方向に移動可能である。また、橋絡部 2 2 3 は、棒部 2 2 2 a および 2 2 2 b の先端間に固定されており、図 1 の連結棒 2 9 9 の端部に連結される。

[0031] コイル 2 2 5 および 2 2 6 において、外側ヨーク 2 1 1 に面した側には、外側ヨーク 2 1 1 に平行なコイル配線の束からなる平面部がある。また、コイル 2 2 5 および 2 2 6 において、外側ヨーク 2 1 2 に面した側にも、外側ヨーク 2 1 2 に平行なコイル配線の束からなる平面部がある。

[0032] 図 2 ～図 4 に示すように、アクチュエータ 2 0 0 は、8 個の平板状の永久磁石 2 3 1 ～2 3 8 を有する。ここで、永久磁石 2 3 1 および 2 3 3 は、軸方向に間隔を空け、磁極面を内側ヨーク 2 1 5 に対向させて外側ヨーク 2 1 1 に固定されている。また、永久磁石 2 3 2 および 2 3 4 は、軸方向に間隔を空け、磁極面を内側ヨーク 2 1 5 に対向させて外側ヨーク 2 1 2 に固定されている。また、永久磁石 2 3 5 および 2 3 7 は、軸方向に間隔を空け、外側ヨーク 2 1 1 に磁極面を対向させて内側ヨーク 2 1 5 に固定されている。また、永久磁石 2 3 6 および 2 3 8 は、軸方向に間隔を空け、磁極面を外側ヨーク 2 1 2 に対向させて内側ヨーク 2 1 5 に固定されている。

[0033] 図 3 および図 4 に示すように、永久磁石 2 3 1 および 2 3 3 の中心間の間

隔、永久磁石 2 3 2 および 2 3 4 の中心間の間隔、永久磁石 2 3 5 および 2 3 7 の中心間の間隔、永久磁石 2 3 6 および 2 3 8 の中心間の間隔は、コイル 2 2 5 および 2 2 6 の中心間の間隔と等しい。また、永久磁石 2 3 1 ~ 2 3 8 の軸方向の長さ L 1 および磁極表面積は互いに等しく、コイル 2 2 5 および 2 2 6 の軸方向の長さ L 2 および巻回数も互いに等しい。そして、本実施形態では、永久磁石 2 3 1 ~ 2 3 8 の軸方向の長さ L 1 は、コイル 2 2 5 および 2 2 6 の軸方向の長さ L 2 よりも長い。

[0034] また、永久磁石 2 3 1 ~ 2 3 4 の各磁極の関係は次のようになっている。図 3 において、永久磁石 2 3 1 は上が S 極、下が N 極、永久磁石 2 3 5 は、上が S 極、下が N 極、永久磁石 2 3 6 は上が N 極、下が S 極、永久磁石 2 3 2 は、上が N 極、下が S 極である。また、永久磁石 2 3 3 は上が N 極、下が S 極、永久磁石 2 3 7 は、上が N 極、下が S 極、永久磁石 2 3 8 は上が S 極、下が N 極、永久磁石 2 3 4 は、上が S 極、下が N 極である。このように本実施形態では、軸方向の位置が同じである永久磁石に着目した場合、内側ヨーク 2 1 5 の外側ヨーク 2 1 1 側と外側ヨーク 2 1 2 側とで永久磁石の磁極の向きが逆向きになっており、内側ヨーク 2 1 5 の一方の側（例えば外側ヨーク 2 1 1 側）に着目した場合、軸方向に隣り合う永久磁石の磁極の向きが逆向きになっている。このため、アクチュエータ 2 0 0 では、次の 6 つの異なった磁路 M 1 ~ M 6 を各々通過する磁束流が発生する。

第 1 の磁路 M 1 : 永久磁石 2 3 1 → 永久磁石 2 3 5 → 内側ヨーク 2 1 5 → 外側ヨーク 2 1 3 a → 外側ヨーク 2 1 1 → 永久磁石 2 3 1 という磁路

第 2 の磁路 M 2 : 永久磁石 2 3 2 → 永久磁石 2 3 6 → 内側ヨーク 2 1 5 → 外側ヨーク 2 1 3 b → 外側ヨーク 2 1 2 → 永久磁石 2 3 2 という磁路

第 3 の磁路 M 3 : 永久磁石 2 3 1 → 永久磁石 2 3 5 → 内側ヨーク 2 1 5 → 永久磁石 2 3 7 → 永久磁石 2 3 3 → 外側ヨーク 2 1 1 → 永久磁石 2 3 1 という磁路

第 4 の磁路 M 4 : 永久磁石 2 3 2 → 永久磁石 2 3 6 → 内側ヨーク 2 1 5 → 永久磁石 2 3 8 → 永久磁石 2 3 4 → 外側ヨーク 2 1 1 → 永久磁石 2 3 2 という

磁路

第5の磁路M5：永久磁石233→外側ヨーク211→外側ヨーク214a
→内側ヨーク215→永久磁石237→永久磁石233という磁路

第6の磁路M6：永久磁石234→外側ヨーク212→外側ヨーク214b
→内側ヨーク215→永久磁石238→永久磁石234という磁路

以上が本実施形態の構成である。

[0035] 本実施形態では、互いに逆向きの電流をコイル225および226に流すことにより、コイル保持体220に軸方向の力を発生させ、コイル保持体220を内側ヨーク215に沿って並進運動させることが可能である。コイル225および226に電流を流さない状態では、コイル225および226に駆動力は発生せず、脱力状態となる。

[0036] そして、本実施形態によれば、平板状の永久磁石231～238により、平板状の外側ヨーク211および212の各々と、平板状の内側ヨーク215との各間に、平等磁界が発生する。また、この磁界中に直方体形状のコイル225および226が配置されるため、軽量で高い駆動力の得られるアクチュエータ200を実現することができる。

[0037] 仮に既存のスピーカ用のアクチュエータのようにコイル225および226を円筒形にしたとする。この場合、それに合わせて、外側ヨーク、内側ヨークおよび永久磁石からなる磁気回路を円筒形状にする必要があり、そのためには重量の大きな磁性材料が必要になる。

[0038] しかしながら、本実施形態では、上述のように直方体形状のコイル225および226が採用される。そのため、磁気回路を構成する永久磁石231～238、外側ヨーク211および212、内側ヨーク215を全て平板状とすることができ、少ない磁性材料により軽量のアクチュエータ200を実現することができる。

[0039] また、本実施形態におけるコイル225および226は、図2～図4に示すように外側ヨーク211および212と対向する上下の平面部を有する扁平な直方体形状をなしている。このため、磁路M1～M6を通過する磁束と

直交し、駆動力の発生に寄与する平面部のコイル巻線の総巻線長が、平面部に垂直な側面部のコイル巻線の総巻線長よりも長く、高い駆動力を発生することができる。

[0040] また、本実施形態では、永久磁石 231～238 の軸方向の長さ L_1 が、コイル 225 および 226 の軸方向の長さ L_2 よりも長い。従って、コイル 225 (226) を軸方向に移動させた場合において、コイル 225 (226) と永久磁石 231、235、232、236 (233、237、238、234) との重複領域の面積が同一となる範囲において、コイル保持体 220 のコイルに流す電流とコイル保持体 220 に働く力との関係をリニアに保つことができる。

[0041] また、本実施形態では、図 3 に示すように、アクチュエータ 200 の筐体部 210 を軸方向に 3 分割した各区間のうち図中左側の区間に磁路 M1 および M2 が、真中の区間に磁路 M3 および M4 が、右側の区間に磁路 M5 および M6 が生じる。そのため、磁路 M1～M6 の各磁路長を短くすることができる。従って、各磁路 M1～M6 の磁気抵抗を下げるために、各磁路 M1～M6 の断面積を大きくする必要がない。従って、本実施形態では、この意味においても、磁性材料を少なくしてアクチュエータ 200 を軽量化することができる。

[0042] また、本実施形態では、軸方向に並んだ 2 個のコイル 225 および 226 によりコイル保持体 220 に対する駆動力を発生するので、高い駆動力を得ることができる。

[0043] 以上のように、本実施形態によれば、軽量であり、かつ、高い駆動力が得られ、脱力の制御が可能なアクチュエータ 200 を実現することができる。従って、このアクチュエータ 200 により楽器演奏が可能なロボットを実現することができる。

[0044] <第 2 実施形態>

図 5 はこの発明の第 2 実施形態によるアクチュエータ 200A の組み立て図、図 6 は同アクチュエータ 200A の側面図、図 7 は同アクチュエータ 2

00Aの平面図である。

[0045] 本実施形態は、次の点において上記第1実施形態（図2～図4）と異なる。まず、本実施形態では、内側ヨーク215に永久磁石235～238が固定されていない。また、本実施形態では、上記第1実施形態のコイル保持体220がコイル保持体220Aに置き換えられている。

[0046] コイル保持体220Aは、長手方向に貫通する中空領域を内包した直方体形状の本体221を有する。また、コイル保持体220Aは、この本体221の長手方向一端の幅方向両端の2箇所から長手方向に突き出した2本の棒部222a'および222b'と、この棒部222a'および222b'の端部に挟まれた橋絡部223とをさらに有する。上記第1実施形態と同様、橋絡部223は、図1の連結棒299の端部に連結される。また、本体221の長手方向両端付近の各領域にはコイル225'および226'が巻回されている。内側ヨーク215は、この本体221内の中空領域を貫通している。本体221は、この内側ヨーク215に沿って長手方向に移動可能である。

[0047] 図8はコイルが巻回されていない状態のコイル保持体220Aを示す側面図、図9は同コイル保持体220Aの平面図である。図示のようにコイル保持体220Aの本体221の長手方向両端には、本体221の中心軸廻りに1周する凹部227および228が形成されている。この凹部227および228に図5～図7のコイル225'および226'が巻回される。他の点は上記第1実施形態と同様である。

以上が本実施形態の構成である。

[0048] 本実施形態においても上記第1実施形態と同様の効果が得られる。また、本実施形態によれば、永久磁石235～238がないため、コイル225'および226'の平面部間の厚みを減らし、駆動力の発生に寄与しないコイル225'および226'の側面の面積を減らすことができる。また、本実施形態によれば、永久磁石235～238がないため、外側ヨーク211および212と内側ヨーク215との間の距離を短くすることができる。従って、上記第1実施形態よりも薄型軽量であり、かつ、高い駆動力の得られるアクチ

ュエータを実現することができる。

[0049] <他の実施形態>

以上、この発明の第1および第2実施形態について説明したが、この発明には他にも実施形態が考えられる。例えば次の通りである。

[0050] (1) 図10はこの発明の他の実施形態であるアクチュエータ200Bの側面図、図11は同アクチュエータ200Bの平面図である。上記第1および第2実施形態では、永久磁石の軸方向の長さ L_1 をコイルの軸方向の長さ L_2 よりも長くした。これに対し、本実施形態は、上記第2実施形態を変形したものであり、コイルの軸方向の長さ L_2 を永久磁石の軸方向の長さ L_1 よりも長くしている。本実施形態においても、上記第1および第2実施形態と同様、永久磁石とコイルとの重複領域の面積が同一となる軸方向の範囲において、良好なりニアリティを得ることができる。

[0051] (2) 上記各実施形態では、永久磁石およびコイルの組を軸方向に沿って2組配置したが、永久磁石およびコイルの組を1組あるいは3組以上配置してもよい。

[0052] (3) 上記各実施形態では、内側ヨーク215を挟んで永久磁石の対、外側ヨークの対を配置した。しかしながら、図12～図15に示すように、内側ヨーク215の片側に永久磁石および外側ヨークを配置してもよい。なお、図12及び図13は、第1実施形態のアクチュエータ200において、内側ヨーク215の一方の側の永久磁石及び外側ヨークを省略し、もう一方の側にのみ永久磁石及び外側ヨークを配置した例である。また、図14及び図15は、第2実施形態のアクチュエータ200Aにおいて、内側ヨーク215の一方の側の永久磁石及び外側ヨークを省略し、もう一方の側にのみ永久磁石及び外側ヨークを配置した例である。

[0053] <特徴>

上記実施形態によれば、軽量であり、高い精度で駆動力を制御することができるアクチュエータを実現することができる。また、永久磁石の磁極と対向している平面部のコイル配線の電流がコイルに対する駆動力の発生に寄与

する。従って、少ない磁性材料により構成される外側ヨーク、内側ヨークを用いて、軽量であり、高い精度で駆動力を制御することができるアクチュエータを実現することができる。

符号の説明

[0054] 200, 200A, 200B……アクチュエータ、210……筐体、211, 212, 213a, 213b, 214a, 214b……外側ヨーク、215……内側ヨーク、231～238……永久磁石、222a, 222b, 222a', 222b……棒部、225, 226, 225', 226'……コイル、223……橋絡部、M1～M6……磁路、221……本体、227, 228……凹部。

請求の範囲

- [請求項1] コイル配線により形成される平面部を有し、軸方向に貫通する中空空間を有するコイルと、
 前記コイルの平面部と対向する外側ヨークと、
 前記コイルの中空空間を貫通し、前記コイルの平面部と対向する内側ヨークと、
 前記内側ヨークに磁極を対向させて前記外側ヨークに固定され、前記コイル、前記内側ヨークおよび前記外側ヨークを含む磁路を通過する磁束を発生する平板状の外側永久磁石とを具備する、アクチュエータ。
- [請求項2] 前記外側ヨークとして、各々の間に前記コイルを挟むように配置される第1外側ヨーク及び第2外側ヨークを具備し、
 前記外側永久磁石として、前記第1外側ヨークに固定された第1外側永久磁石及び前記第2外側ヨークに固定された第2外側永久磁石からなる外側永久磁石対を具備し、
 前記第1外側永久磁石及び前記第2外側永久磁石は、各々の間に前記内側ヨークを挟むように配置され、同一極性の磁極を互いに対向させる、請求項1に記載のアクチュエータ。
- [請求項3] 前記コイルとして、前記軸方向に沿って離間した第1コイル及び第2コイルを具備し、
 前記外側永久磁石として、複数の前記外側永久磁石対を具備し、
 前記複数の前記外側永久磁石対は、前記第1コイルと前記第2コイルとの間隔に対応した間隔で配置される、請求項2に記載のアクチュエータ。
- [請求項4] 前記外側永久磁石の前記軸方向の長さ、と、前記コイルの前記軸方向の長さが異なる、請求項1から3のいずれかに記載のアクチュエータ。
- [請求項5] 前記外側ヨークに磁極を対向させて前記内側ヨークに固定され、前

記コイル、前記内側ヨークおよび前記外側ヨークを含む磁路を通過する磁束を発生する平板状の内側永久磁石をさらに具備する、請求項 1 から 4 のいずれかに記載のアクチュエータ。

[請求項6] 前記外側永久磁石及び前記内側永久磁石は、異なる極性の磁極を互いに対向させる、請求項 5 に記載のアクチュエータ。

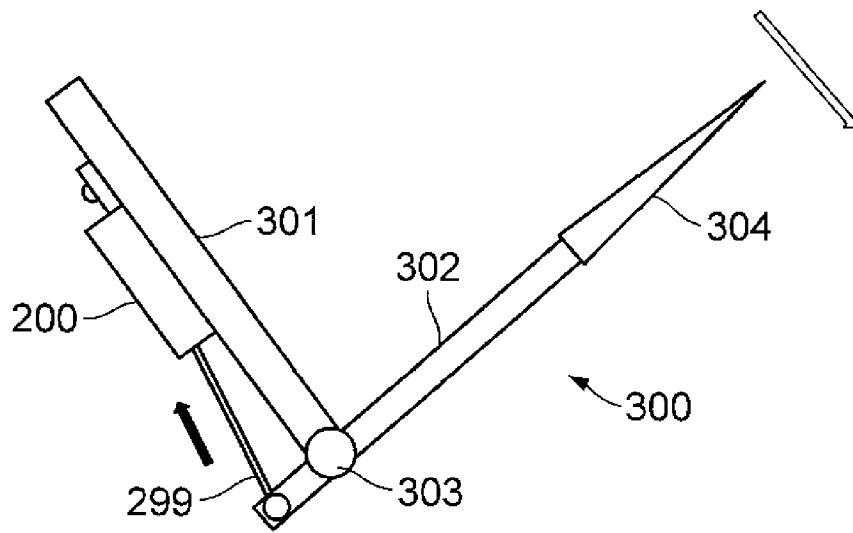
[請求項7] 前記内側永久磁石として、第 1 内側永久磁石及び第 2 内側永久磁石からなる内側永久磁石対を具備し、

前記第 1 内側永久磁石及び前記第 2 内側永久磁石は、各々の間に前記内側ヨークを挟むように配置される、請求項 5 または 6 に記載のアクチュエータ。

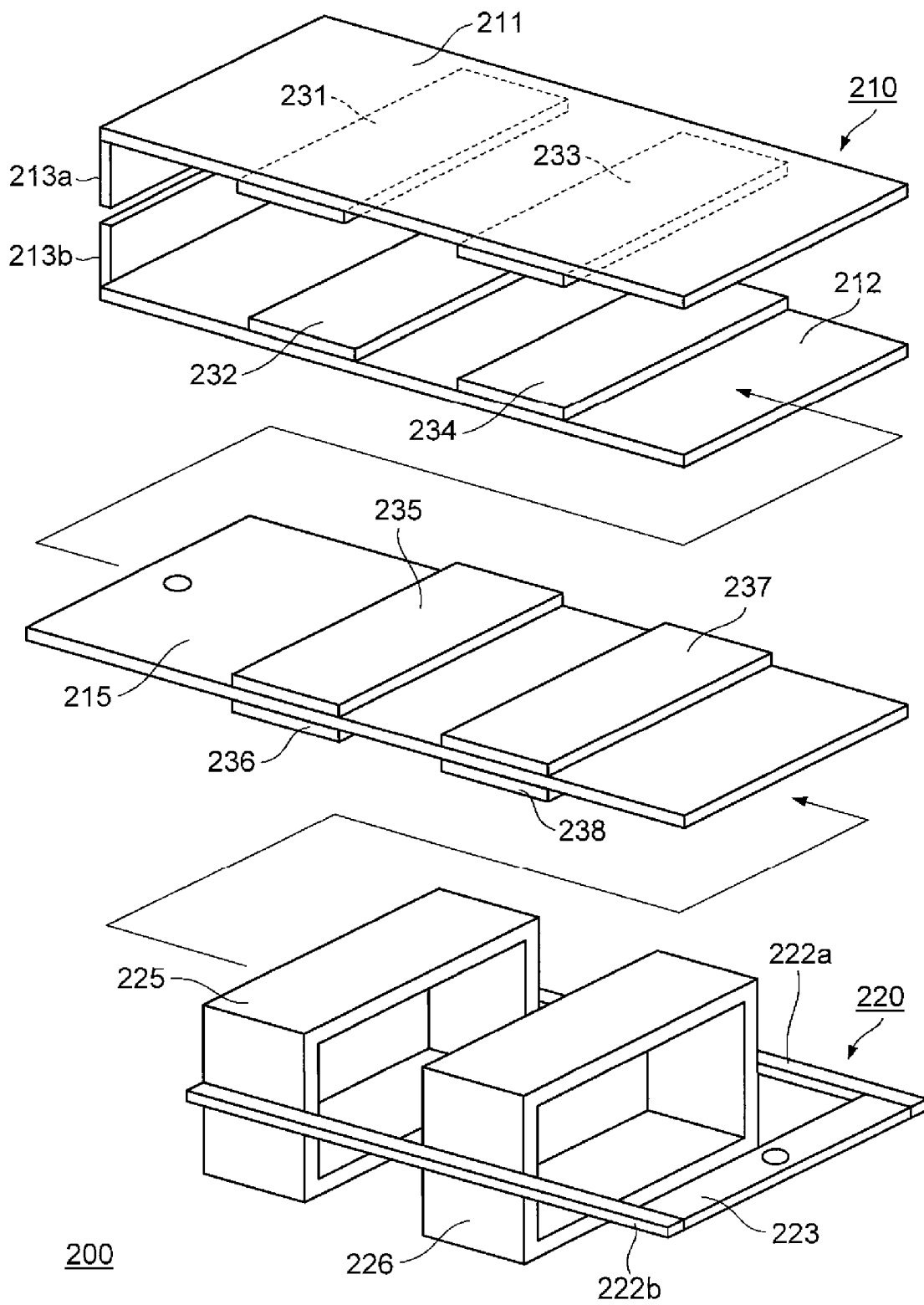
[請求項8] 前記外側ヨークは、平板状である、請求項 1 から 7 のいずれかに記載のアクチュエータ。

[請求項9] 前記内側ヨークは、平板状である、請求項 1 から 8 のいずれかに記載のアクチュエータ。

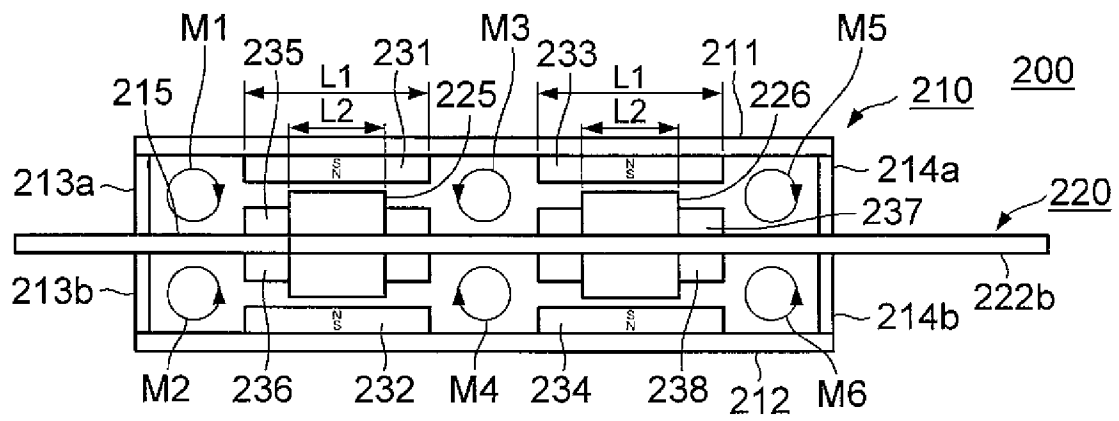
[図1]



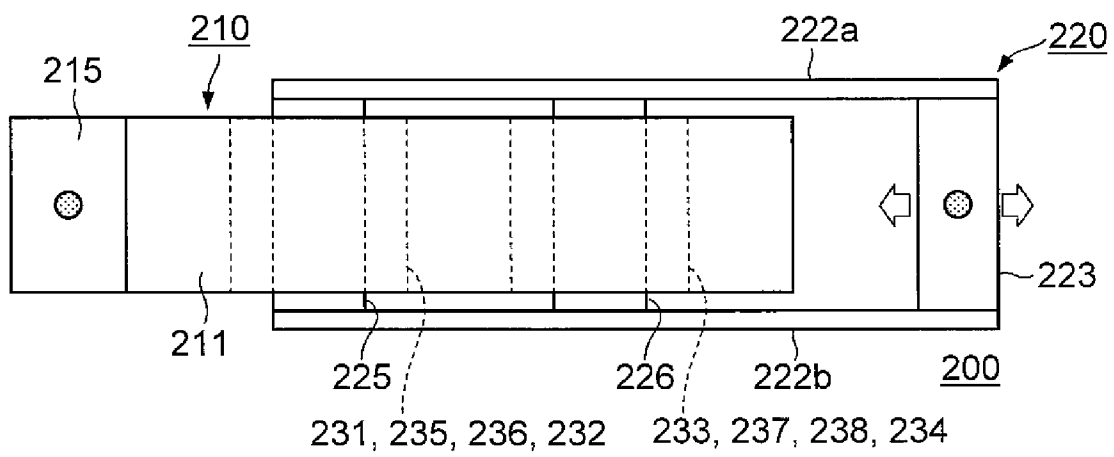
[図2]



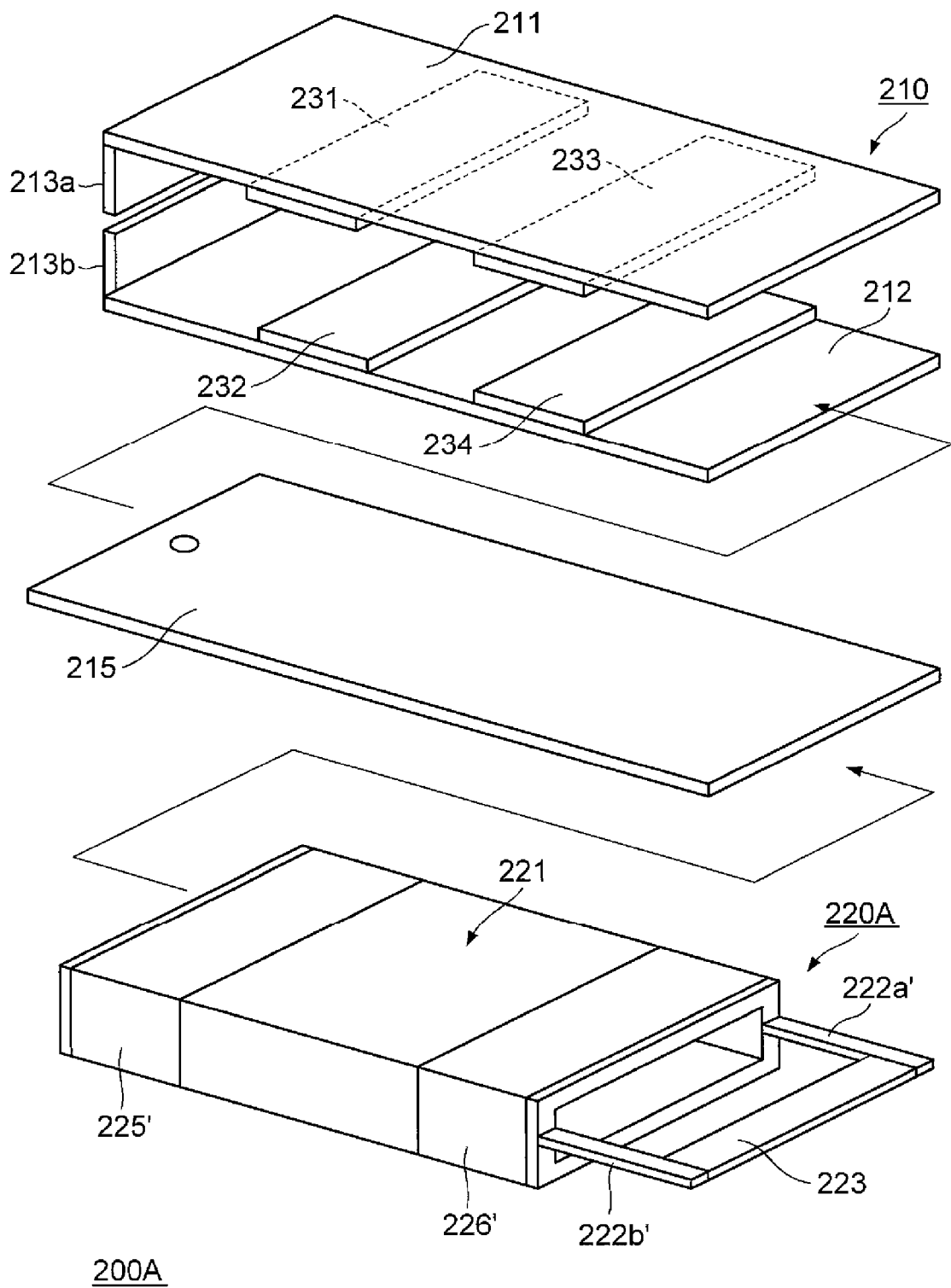
[図3]



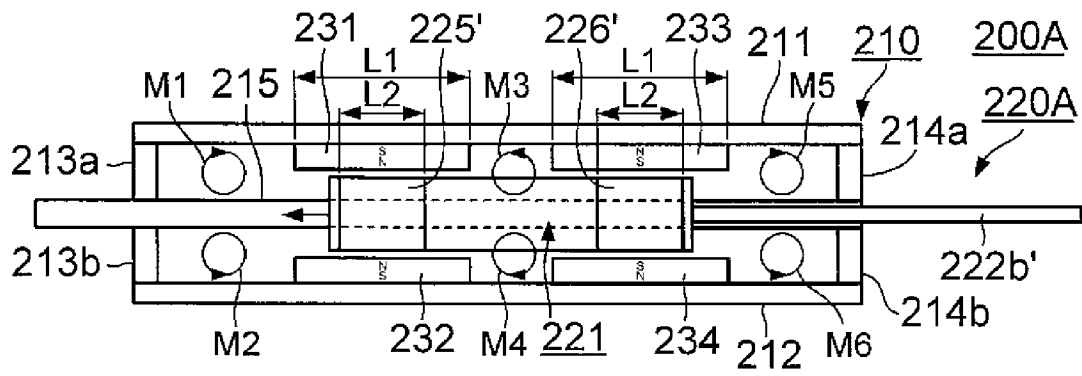
[図4]



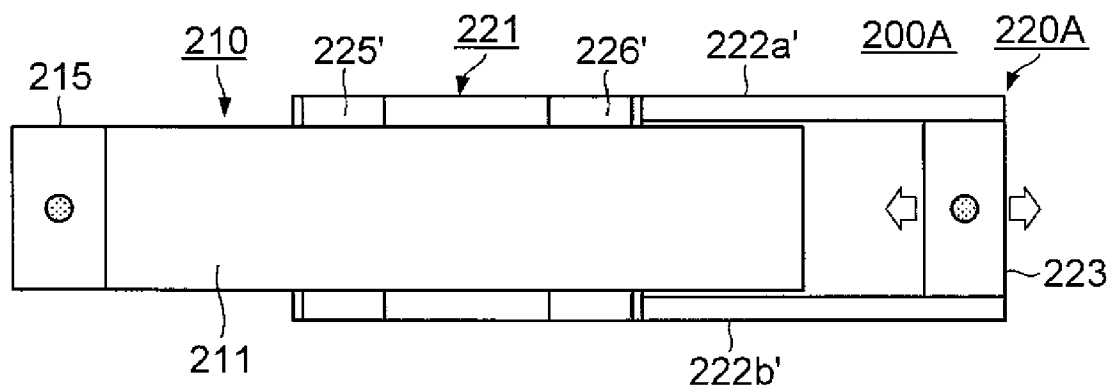
[図5]



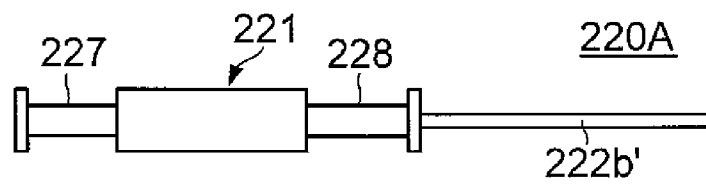
[図6]



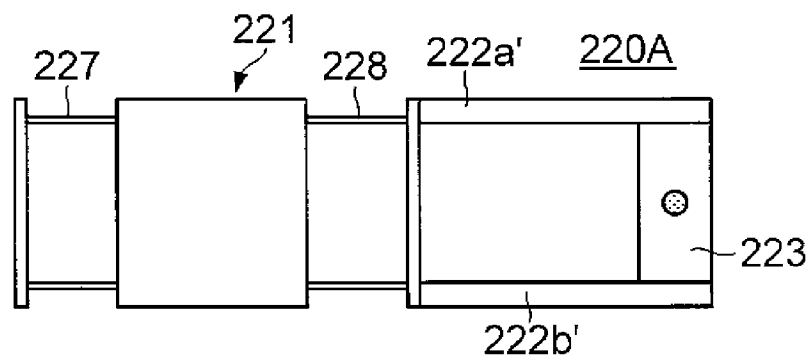
[図7]



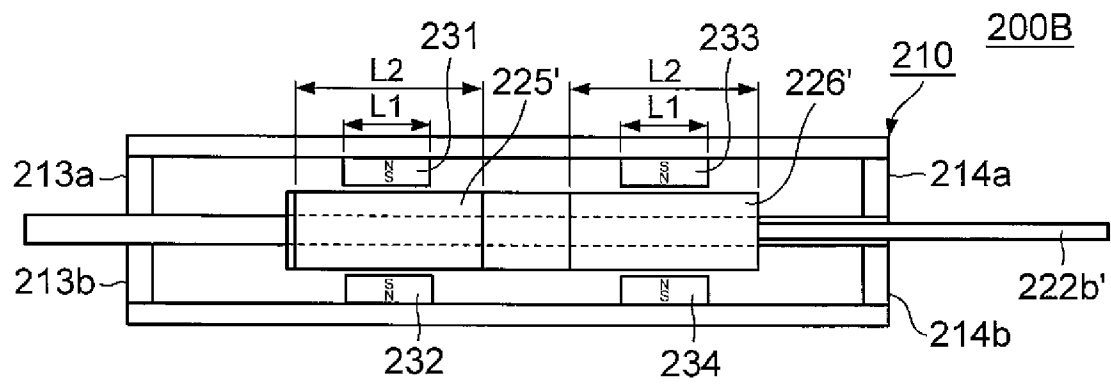
[図8]



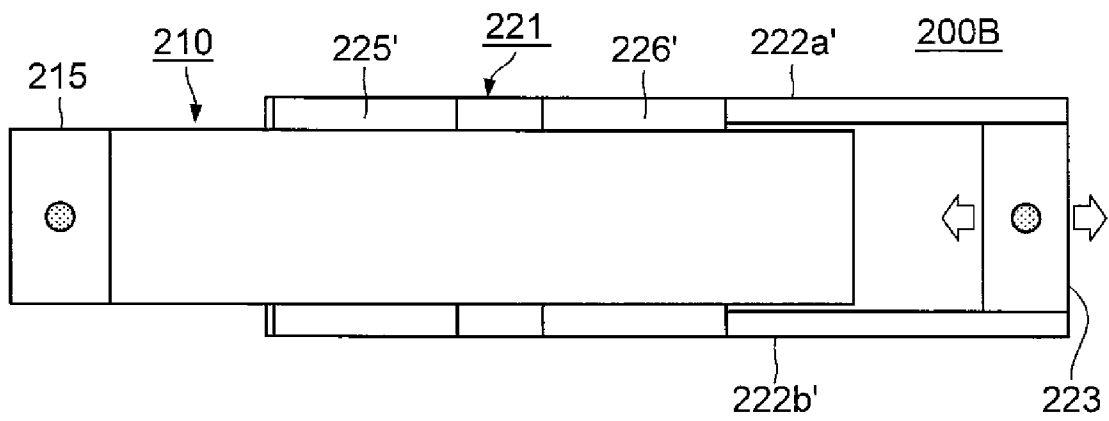
[図9]



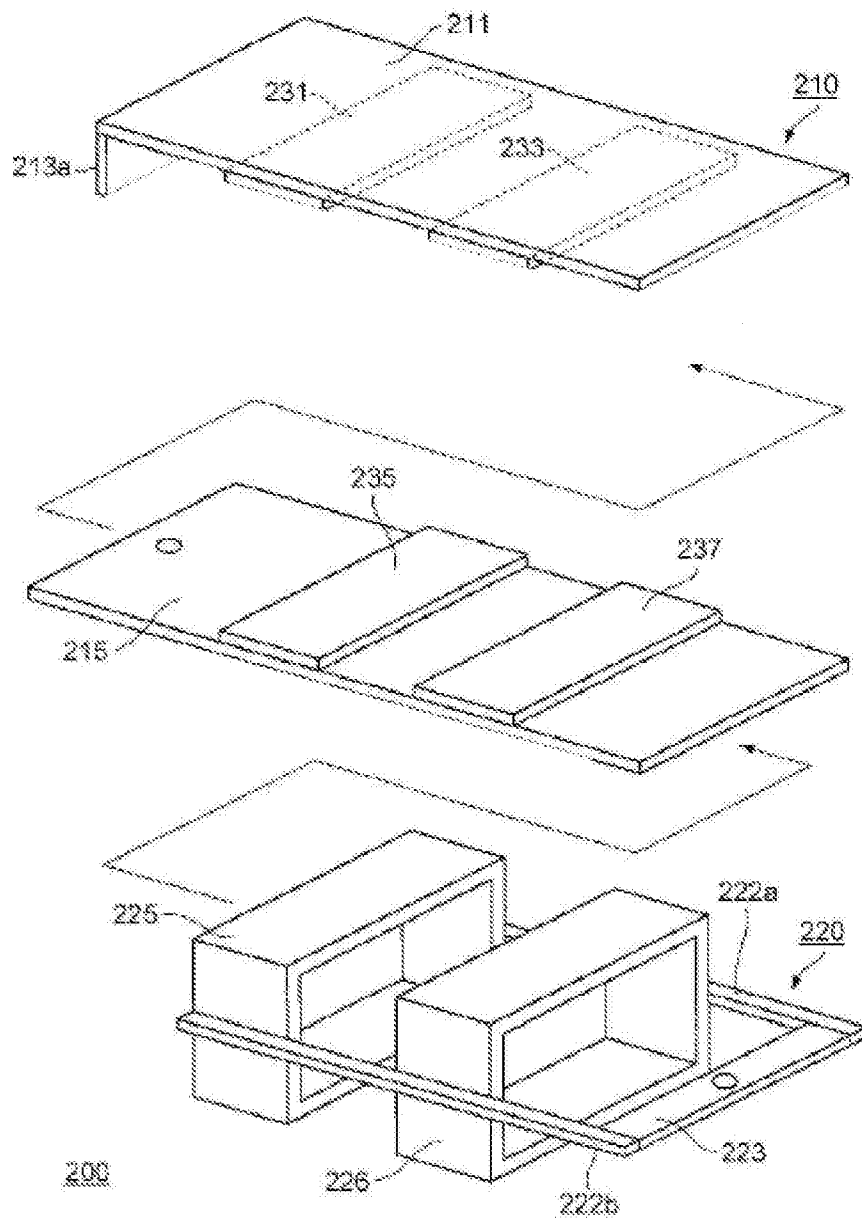
[図10]



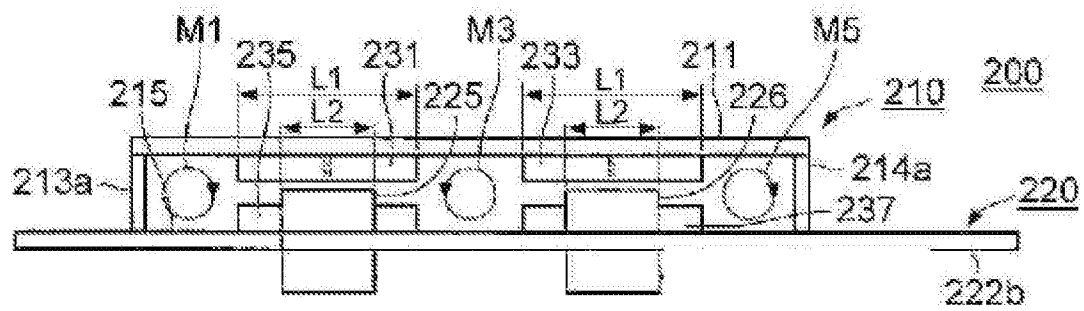
[図11]



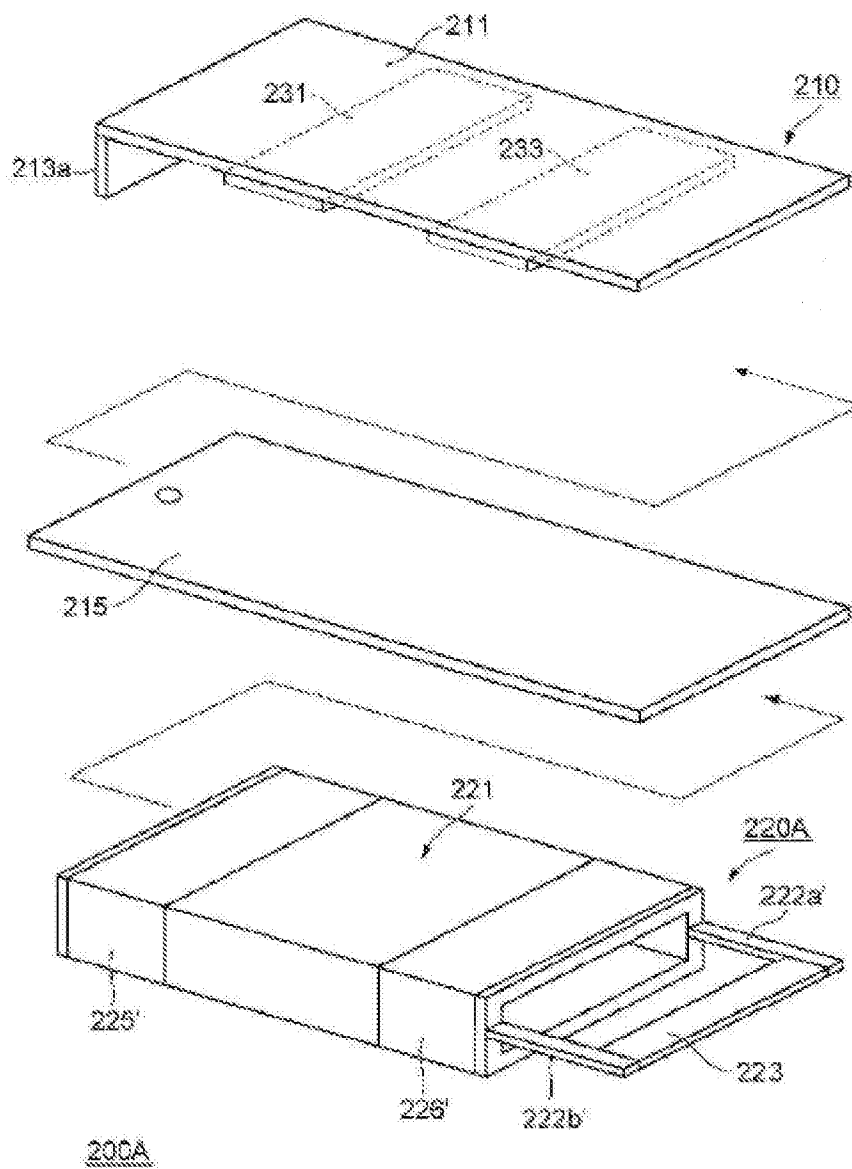
[図12]



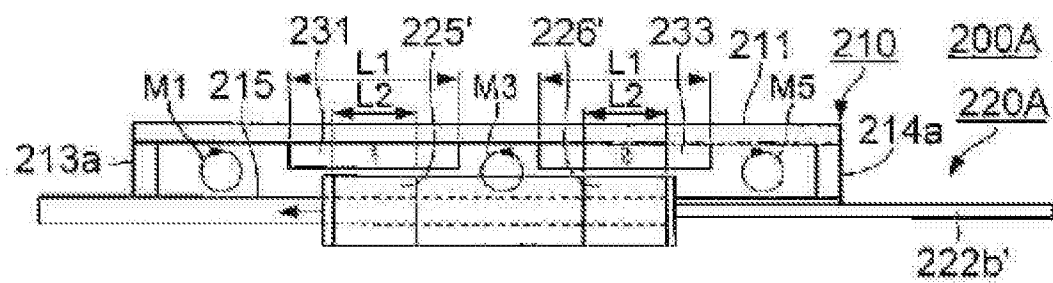
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/038748

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H02K33/18 (2006.01) i, B25J19/00 (2006.01) n

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)

Int.Cl. H02K33/18, B25J19/00

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2017
Registered utility model specifications of Japan	1996-2017
Published registered utility model applications of Japan	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	JP 10-112968 A (YASKAWA ELECTRIC CORP.) 28 April 1998, paragraphs [0002], [0006], [0008], [0010], fig. 1-2, 6, 8-9 (Family: none)	1-9
X	JP 2000-166211 A (YASKAWA ELECTRIC CORP.) 16 June 2000, paragraph [0002], fig. 5-6 (Family: none)	1-9



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
01 December 2017 (01.12.2017)

Date of mailing of the international search report
19 December 2017 (19.12.2017)

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/JP2017/038748

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 27816/1980 (Laid-open No. 129185/1981) (TOKYO SHIBAURA DENKI KABUSHIKI KAISHA) 01 October 1981, page 1, line 19 to page 2, line 2, fig. 1 (Family: none)	1-2
X	CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 53622/1993 (Laid-open No. 20083/1995) (MORIKI, Yuichi) 07 April 1995, paragraphs [0003]-[0009], fig. 1-3 (Family: none)	1
X	JP 2-65645 A (CANON INC.) 06 March 1990, page 2, upper left column, line 10 to upper right column, line 5, fig. 12-13 (Family: none)	1

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02K33/18(2006.01)i, B25J19/00(2006.01)n

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. H02K33/18, B25J19/00

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	JP 10-112968 A（株式会社安川電機） 1998.04.28, 段落[0002], [0006], [0008], [0010], 図 1-2, 6, 8-9 (ファミリーなし)	1-9
X	JP 2000-166211 A（株式会社安川電機） 2000.06.16, 段落[0002], 図 5-6 (ファミリーなし)	1-9

☒ 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

01.12.2017

国際調査報告の発送日

19.12.2017

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）

尾家 英樹

3 V

1175

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

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
X	日本国実用新案登録出願 55-27816 号(日本国実用新案登録出願公開 56-129185 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 (東京芝浦電気株式会社) 1981. 10. 01, 第 1 ページ第 19 行-第 2 ページ第 2 行, 第 1 図 (ファミリーなし)	1-2
X	日本国実用新案登録出願 5-53622 号(日本国実用新案登録出願公開 7-20083 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録した CD-ROM (森木 優一) 1995. 04. 07, 段落[0003]-[0009], 図 1-3 (ファミリーなし)	1
X	JP 2-65645 A (キヤノン株式会社) 1990. 03. 06, 第 2 ページ左上欄第 10 行-右上欄第 5 行, 第 12-13 図 (ファミリーなし)	1