

(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
2013 年 11 月 14 日(14.11.2013)



(10) 国際公開番号

WO 2013/168264 A1

- (51) 国際特許分類:
H02K 33/18 (2006.01) *G02B 26/10* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/062040
- (22) 国際出願日: 2012 年 5 月 10 日(10.05.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): パイオニア株式会社(PIONEER CORPORATION)
[JP/JP]; 〒2120031 神奈川県川崎市幸区新小倉 1 番 1 号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 鈴木 純(SU-ZUKI, Jun) [JP/JP]; 〒2120031 神奈川県川崎市幸区新小倉 1-1 パイオニア株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 江上 達夫, 外(EGAMI, Tatsuo et al.); 〒1040031 東京都中央区京橋一丁目 1 6 番 1 0 号

オークビル京橋 3 階 東京セントラル特許事務所内 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

[続葉有]

(54) Title: DRIVE DEVICE

(54) 発明の名称: 駆動装置

[図1]



101

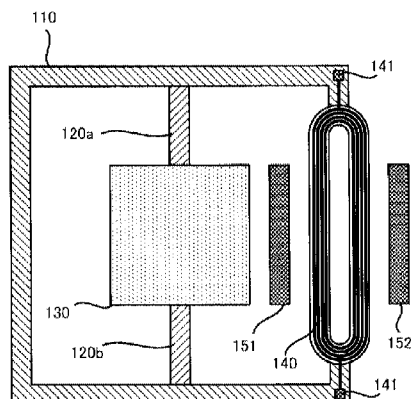


FIG. 1:
AA Y-axis direction
BB X-axis direction

(57) Abstract: A drive device (101) is provided with: a base (110); a rotatable driven part (130); elastic parts (120a, 120b) that connect the base and the driven part, and have elasticity so as to allow the driven part to rotate by acting as the axis of rotation in one direction (the Y-axis); a coil (140) that is disposed on the base, with the driven part being disposed on the outside of the windings of the coil; and magnetic field applying parts (151, 152) that each apply a magnetic field to the coil.

(57) 要約: 駆動装置(101)は、ベース部(110)と、回転可能な被駆動部(130)と、ベース部と被駆動部とを接続し、且つ被駆動部を一方向(Y軸)に沿った軸を回転軸として回転させるような弾性を有する弾性部(120a、120b)と、ベース部に配置され且つ巻き線の外側に被駆動部が配置されるコイル部(140)と、コイル部に対して磁界を付与する磁界付与部(151、152)とを備える。

WO 2013/168264 A1



(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 駆動装置

技術分野

[0001] 本発明は、例えばミラー等の被駆動物を回転させるMEMSスキャナ等の駆動装置の技術分野に関する。

背景技術

[0002] 例えば、ディスプレイ、プリンティング装置、精密測定、精密加工、情報記録再生などの多様な技術分野において、半導体工程技術によって製造されるMEMS (Micro Electro Mechanical System) デバイスについての研究が活発に進められている。このようなMEMSデバイスとして、例えば、光源から入射された光を所定の画面領域に対して走査して画像を具現するディスプレイ分野、または所定の画面領域に対して光を走査して反射された光を受光して画像情報を読み込むスキャニング分野では、微小構造のミラー駆動装置（光スキャナないしはMEMSスキャナ）が注目されている。

[0003] ミラー駆動装置は、一般的には、ベースとなる固定された本体と、所定の回転軸の周りに回転可能なミラーと、本体とミラーとを接続する又は接合するトーションバー（ねじれ部材）とを備える構成が知られている（特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特表2007-522529号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] このような構成を有するミラー駆動装置では、コイルと磁石を用いてミラーを駆動する構成が一般的である。このような構成では、例えばミラーを取り囲むようにミラーにコイルを直接貼り付ける構成が一例としてあげられる

。この場合、コイルに電流を流すことで生ずる磁界と磁石の磁界との間の相互作用によってミラーに対して回転方向の力が加えられ、その結果、ミラーが回転させられる。また、上述の特許文献1では、コイルと磁石とが、トーションバーにねじれ方向（言い換えれば、ミラーの回転軸方向）の歪みを生じさせるように配置される構成を採用している。この場合、コイルに電流を流すことで生ずる磁界と磁石の磁界との間の相互作用によってトーションバーがねじれ方向に歪み、トーションバーのねじれ方向の歪みがミラーを回転させることになる。

[0006] しかしながら、ミラーを取り囲むようにコイルが配置されるがゆえに、コイルが比較的大きくなってしまふ。その結果、当該コイルに対して磁界を付与するための磁石もまた比較的大きくなってしまふ。このため、コイルと磁石との間の磁気ギャップが大きくなってしまふと共に、MEMSスキャナの小型化を図ることができなくなってしまうという技術的な問題点が生ずる。また、ミラーを取り囲むようにコイルが配置されるがゆえに、磁石の配置が限定されてしまふ又は磁石を好適な位置に配置することが困難になってしまふ。具体的には、ミラーによる光の反射が妨げられてしまふがゆえに、コイルの中心上方（具体的には、コイルの巻き線の内側の上方（つまり、ミラーの上方）へ磁石を配置することが困難である。

[0007] このような従来のミラー駆動装置に対して、本発明は、例えば、コイルと磁石とを用いてミラー（或いは、回転する被駆動物）を駆動しつつも相対的に小さな駆動装置（つまり、MEMSスキャナ）を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上記課題を解決するために、駆動装置は、ベース部と、回転可能な被駆動部と、前記ベース部と前記被駆動部とを接続し、且つ前記被駆動部を一の方向に沿った軸を回転軸として回転させるような弾性を有する弾性部と、前記ベース部上に配置されるコイル部であって、且つ当該コイル部の巻き線の外側に前記被駆動部が配置されるコイル部と、前記コイル部に対して磁界を付

与する磁界付与部とを備える。

[0009] 本発明のこのような作用及び利得は次に説明する実施の形態から明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]第1実施例に係るMEMSスキャナの構成を概念的に示す平面図である。

[図2]第1実施例に係るMEMSスキャナによる動作の態様を概念的に示す平面図及び断面図である。

[図3]第1実施例に係るMEMSスキャナによる動作の態様を概念的に示す平面図及び断面図である。

[図4]第2実施例に係るMEMSスキャナによる動作の態様を概念的に示す断面図である。

[図5]第2実施例に係るMEMSスキャナの構成を概念的に示す平面図である。

[図6]第2実施例に係るMEMSスキャナによる動作の態様を概念的に示す平面図及び断面図である。

[図7]第2実施例に係るMEMSスキャナによる動作の態様を概念的に示す平面図及び断面図である。

[図8]第2実施例に係るMEMSスキャナによる動作の態様を概念的に示す断面図である。

[図9]第3実施例に係るMEMSスキャナの構成を概念的に示す平面図である。

[図10]第3実施例に係るMEMSスキャナによる動作の態様を概念的に示す平面図である。

[図11]第4実施例に係るMEMSスキャナの構成を概念的に示す平面図である。

[図12]第4実施例に係るMEMSスキャナによる動作の態様を概念的に示す平面図である。

[図13]第5実施例に係るMEMSスキャナの構成を概念的に示す平面図である。

[図14]第5実施例に係るMEMSスキャナによる動作の態様を概念的に示す平面図である。

[図15]第6実施例に係るMEMSスキャナの構成を概念的に示す平面図である。

[図16]第6実施例に係るMEMSスキャナによる動作の態様を概念的に示す平面図である。

[図17]第7実施例に係るMEMSスキャナの構成を概念的に示す平面図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、駆動装置に係る実施形態について順に説明する。

[0012] < 1 >

本実施形態の駆動装置は、ベース部と、回転可能な被駆動部と、前記ベース部と前記被駆動部とを接続し、且つ前記被駆動部を一の方向に沿った軸を回転軸として回転させるような弾性を有する弾性部と、前記ベース部に配置されるコイル部であって、且つ当該コイル部の巻き線の外側に前記被駆動部が配置されるコイル部と、前記コイル部に対して磁界を付与する磁界付与部とを備える。

[0013] 本実施形態の駆動装置によれば、基礎となるベース部と回転可能に配置される被駆動部（例えば、後述するミラー等）とが、弾性を有する弾性部（例えば、後述するトーションバー等）によって直接的に又は間接的に接続されている。被駆動部は、弾性部の弾性（例えば、被駆動部を一の方向（例えば、後述のY軸方向）に沿った軸を回転軸として回転させることができるという弾性）によって、一の方向に沿った軸を回転軸として回転する。つまり、本実施形態の駆動装置は、被駆動部の1軸駆動を行うことができる。

[0014] 本実施形態の駆動装置では、コイル部と磁界付与部との間の電磁相互作用に起因した力によって、一の方向に沿った軸を回転軸として被駆動部が回転

する。言い換えれば、一方向に沿った軸を回転軸として被駆動部が回転するための駆動力は、コイル部と磁界付与部との間の電磁相互作用に起因した電磁力である。

[0015] より具体的には、後に詳述するように、コイル部には、一方向に沿った軸を回転軸として被駆動部を回転させるための制御電流が供給される。この制御電流は、例えば、一方向に沿った軸を回転軸として被駆動部が回転する周波数（言い換えれば、周期）と同一の周波数を有する又は同期した周波数を有する交流電流であることが好ましい。より好ましくは、制御電流は、被駆動部及び弾性部によって定まる被駆動部の共振周波数（より具体的には、被駆動部の慣性モーメント及び弾性部のねじりバネ定数によって定まる被駆動部の共振周波数）と同一の周波数を有する又は同期した周波数を有する交流電流であることが好ましい。一方で、コイル部には、磁界付与部から磁界が付与される。このため、コイル部に供給される制御電流と磁界付与部が付与する磁界との電磁相互作用に起因して、コイル部には、ローレンツ力が発生する。このローレンツ力によって、被駆動部は、一方向に沿った軸を回転軸として回転する。

[0016] 本実施形態では特に、コイル部は、巻き線の外側に被駆動部が配置されるように、ベース部上に配置される。言い換えれば、コイル部は、巻き線の内側に被駆動部が配置されないように、ベース部上に配置される。つまり、コイル部は、被駆動部が配置される箇所から所定方向（例えば、一方向とは異なる他の方向（例えば、後述のX軸方向））にオフセットした位置に配置される。より具体的には、コイル部は、被駆動部の中心が配置される箇所から所定方向にオフセットした位置にコイル部の中心（例えば、巻き線の中心）が配置されるように、ベース部上に配置される。尚、コイル部がベース部上に配置されるため、ベース部の少なくとも一部の形状は、コイル部を配置可能な形状を有していることが好ましい。

[0017] このように、本実施形態では、被駆動部は、コイル部の巻き線の外側に位置することになる。従って、コイル部は、被駆動部を取り囲むように配置さ

れなくともよい。その結果、本実施形態では、コイル部が被駆動部を取り囲むように配置される場合と比較して、コイル部のサイズ（例えば、巻き線の径や巻き線の長さ等）を相対的に小さくすることができる。言い換えれば、本実施形態では、被駆動部の大きさに関係なく、コイル部のサイズ（例えば、巻き線の径や巻き線の長さ等）を相対的に小さくすることができる。その結果、当該コイル部に対して磁界を付与するための磁界付与部（例えば、磁石）のサイズもまた、相対的に小さくすることができる。このため、本実施形態では、コイル部が被駆動部を取り囲むように配置される場合と比較して、被駆動部の大きさに関係なく、コイル部と磁気付与部との間の磁気ギャップを相対的に小さくすることができる。従って、本実施形態では、コイル部が被駆動部を取り囲むように配置される場合と比較して、駆動装置の小型化が好適に実現される。

[0018] 加えて、本実施形態では、被駆動部を取り囲むようにコイル部が配置されなくともよくなるため、被駆動部を取り囲むようにコイル部が配置される駆動装置と比較して、磁界付与部の配置の自由度が相対的に高くなる。このため、コイル部の中心上方（具体的には、コイル部の巻き線の内側の上方に磁界付与部を配置することができる。

[0019] 但し、本実施形態では、被駆動部が巻き線の外側に位置するコイル部に加えて、被駆動部が巻き線の内側に位置する他のコイル部を更に備えていてもよい。つまり、駆動装置が備える全てのコイル部の巻き線の外側に被駆動部が位置することが要求されているものではない。言い換えれば、駆動装置が備える全てのコイル部のうちの少なくとも1つのコイル部の巻き線の外側に被駆動部が位置していれば足りる。

[0020] 加えて、複数のコイル部が単一の巻き線によって構成されることがある。この場合であっても、配置位置や形状等によって単一の巻き線から構成される複数のコイル部の夫々を実質的に区別した上で、単一の巻き線から構成される複数のコイル部のうちの1つのコイル部の巻き線の外側に被駆動部が位置する一方で、単一の巻き線から構成される複数のコイル部のうちの他のコイ

ル部の巻き線の内側に被駆動部が位置していてもよい。

[0021] <2>

本実施形態の駆動装置の他の態様では、前記コイル部の前記一の方に沿った回転軸は、前記被駆動部の前記一の方に沿った回転軸とは異なる。

[0022] この態様によれば、コイル部の一の方に沿った回転軸と被駆動部の一の方に沿った回転軸とを一致させなくともよくなる。このため、コイル部の一の方に沿った回転軸と被駆動部の一の方に沿った回転軸とを一致させる必要がある駆動装置と比較して、被駆動部の配置の自由度が相対的に高くなる。このため、被駆動部は、コイル部の巻き線の外側に位置しやすくなる。従って、上述した各種効果が好適に実現される。

[0023] 尚、コイル部の一の方に沿った回転軸は、被駆動部の一の方に沿った回転軸から、他の方向に沿ってシフトしていることが好ましい。つまり、コイル部は、コイル部の中心（例えば、巻き線の中心）が被駆動部の中心から他の方向に沿ってシフトした位置に配置されるように、ベース部上に配置されていることが好ましい。

[0024] また、一の方に沿った軸を回転軸とするコイル部の回転及び一の方に沿った軸を回転軸とする被駆動部の回転については、後に詳述する。

[0025] <3>

本実施形態の駆動装置の他の態様では、前記コイル部に供給される制御電流と前記磁界付与部が付与する磁界との電磁相互作用に起因して前記コイル部に発生するローレンツ力によって、前記コイル部は、前記一の方に沿った軸を回転軸として回転し、前記一の方に沿った軸を回転軸とする前記コイル部の回転に起因して、前記ベース部は、前記一の方とは異なる他の方向に沿って定常波状に変形振動し、前記ベース部の変形振動に起因して、前記被駆動部は、前記一の方に沿った軸を回転軸として回転する。

[0026] この態様によれば、コイル部と磁界付与部との間の電磁相互作用に起因した力によって、一の方に沿った軸を回転軸として被駆動部が回転する。以下、一の方に沿った軸を回転軸として被駆動部が回転する具体的な態様に

ついて説明を進める。

[0027] コイル部には、一の方に沿った軸を回転軸として被駆動部を回転させるための制御電流が供給される。一方で、コイル部には、磁界付与部から磁界が付与される。このため、コイル部に供給される制御電流と磁界付与部が付与する磁界との電磁相互作用に起因して、コイル部には、ローレンツ力が発生する。

[0028] このローレンツ力によって、コイル部は、一の方に沿った軸を回転軸として回転する（より具体的には、回転するように往復駆動する）。このような一の方に沿った軸を回転軸とするコイル部の回転を実現するために、一の方とは異なる（好ましくは、交わる、より好ましくは、直交する）他の方向に沿って対向するコイル部の2つの辺に、異なる方向に作用するローレンツ力が同時に加わることが好ましい。例えば、ある一のタイミングでコイル部に加わるローレンツ力は、他の方向に沿って対向するコイル部の2つの辺のうちの一方の辺に上向きの力として作用する力であり且つ他の方向に沿って対向するコイル部の2つの辺のうちの他方の辺に下向きの力として作用する力であることが好ましい。更に、当該一のタイミングに相前後する他のタイミングでコイル部に加わるローレンツ力は、他の方向に沿って対向するコイル部の2つの辺のうちの一方の辺に下向きの力として作用する力であり且つ他の方向に沿って対向するコイル部の2つの辺のうちの他方の辺に上向きの力として作用する力であることが好ましい。このようなローレンツ力がコイル部に発生することで、コイル部は、一の方に沿った軸を回転軸として回転する。

[0029] 一の方に沿った軸を回転軸とするコイル部の回転に伴って、コイル部が配置されているベース部は、一の方とは異なる他の方向に沿って定常波状に（つまり、定常波の波形状に）変形振動する。つまり、ベース部は、そのある一部分が変形振動の腹となり且つその他の一部分が変形振動の節となるように、その外観を変形させる。このようなベース部の変形振動によって、他の方向に沿って腹及び節が現れる。ベース部の変形振動は、いわゆる定常

波の波形に従って行われるため、その腹及び節の位置は実質的には固定されている。このとき、ベース部の変形振動は、共振となってもよい。また、ベース部が共振する共振周波数（つまり、ベース部の変形振動の周波数）は、被駆動部が回転する周波数（或いは、被駆動部の共振周波数）と同一となってもよい。

[0030] このようなベース部の変形振動に起因して、被駆動部は、一の方向に沿った軸を回転軸として回転する。このとき、被駆動部は、被駆動部及び弾性部によって定まる被駆動部の共振周波数（より具体的には、被駆動部の慣性モーメント及び弾性部のねじりバネ定数によって定まる被駆動部の共振周波数）で共振するように、一の方向に沿った軸を回転軸として回転してもよい。

[0031] <4>

上述の如くローレンツ力によってコイル部が回転する駆動装置の態様では、前記コイル部の前記一方向に沿った回転軸及び前記被駆動部の前記一方向に沿った回転軸に対応する箇所には、前記ベース部の変形振動における節が現れ、前記コイル部の前記一方向に沿った回転軸と前記被駆動部の前記一方向に沿った回転軸との間の箇所には、前記ベース部の変形振動における腹が現れる。

[0032] この態様によれば、ベース部の変形振動における節に対応する箇所に被駆動部が接続されている。また、ベース部の変形振動における節に対応する箇所にコイル部が配置されている。このため、被駆動部及びコイル部の上下方向（具体的には、一方向及び他の方向の夫々に直交する方向であって、ベース部の表面に対して垂直な方向）の移動ないしは振動を防ぐことができる。従って、被駆動部の高精度な回転を実現することができる。

[0033] <5>

上述の如くローレンツ力によってコイル部が回転する駆動装置の態様では、前記一方向に沿った軸を回転軸とする前記コイル部の回転方向と前記一方向に沿った軸を回転軸とする前記被駆動部の回転方向とは、互いに逆になる。

[0034] この態様によれば、一の方に沿った軸を回転軸とするコイル部の回転に起因したベース部の変形振動を用いて、被駆動部は、一の方に沿った軸を回転軸として好適に回転する。

[0035] 尚、一の方に沿った軸を回転軸とするコイル部の回転方向と一の方に沿った軸を回転軸とする被駆動部の回転方向とが互いに逆向きとなる例は、厳密に言えば、一の方に沿った軸を回転軸とするコイル部の回転方向と被駆動部に対応する（例えば、被駆動部を支持している部分に相当する）ベース部の回転方向（言い換えれば、変形振動に伴う疑似的な回転方向）とが互いに逆向きとなる例とも表現できる。

[0036] 但し、ベース部がより高次の振動モードで変形振動する場合には、一の方に沿った軸を回転軸とする被駆動部の回転方向と被駆動部に対応する（例えば、被駆動部を支持している部分に相当する）ベース部の回転方向とが逆になってもよい。つまり、一の方に沿った軸を回転軸とするコイル部の回転方向と一の方に沿った軸を回転軸とする被駆動部の回転方向とが互いに同じ向きとなってもよい。

[0037] 本実施形態のこのような作用及び他の利得は次に説明する実施例から明らかにされる。

[0038] 以上説明したように、本実施形態の駆動装置によれば、ベース部と、コイル部の巻き線の外側に配置される被駆動部と、弾性部と、コイル部と、磁界付与部とを備える。従って、コイル部と磁界付与部とを用いて被駆動物を駆動する、相対的に小型な駆動装置が提供される。

実施例

[0039] 以下、図面を参照しながら、駆動装置の実施例について説明する。尚、以下では、駆動装置をMEMSスキャナに適用した例について説明する。

[0040] （１）第１実施例

初めに、図１から図４を参照して、MEMSスキャナの第１実施例について説明する。

[0041] （１－１）MEMSスキャナの構成

初めに、図1を参照して、第1実施例に係るMEMSスキャナ101の構成について説明する。ここに、図1は、第1実施例に係るMEMSスキャナ101の構成を概念的に示す平面図である。

[0042] 図1に示すように、第1実施例に係るMEMSスキャナ101は、ベース110と、トーションバー120a及び120bと、ミラー130と、コイル140と、磁石151及び152とを備えている。

[0043] ベース110は、内部に空隙を備える枠形状を有している。つまり、ベース110は、図1中のY軸方向に延伸する2つの辺と図1中のX軸方向（つまり、Y軸方向に直交する方向）に延伸する2つの辺とを有すると共に、Y軸方向に延伸する2つの辺とX軸方向に延伸する2つの辺とによって取り囲まれた空隙を有する枠形状を有している。図1に示す例では、ベース110は、正方形の形状を有しているが、これに限定されることはなく、例えばその他の形状（例えば、長方形等の矩形の形状や円形の形状等）を有していてもよい。また、ベース110は、第1実施例に係るMEMSスキャナ101の基礎となる構造体であって、不図示の基板ないしは支持部材に対して固定されている（言い換えれば、MEMSスキャナ100という系の内部においては固定されている）ことが好ましい。或いは、ベース110は、不図示のサスペンション等によって吊り下げられていてもよい。

[0044] 尚、図1では、ベース110が枠形状を有している例を示しているが、その他の形状を有していてもよいことは言うまでもない。例えば、ベース110は、その一部の辺が開口となるコの字型形状を有していてもよい。或いは、例えば、ベース110は、内部に空隙を備える箱型形状を有していてもよい。つまり、ベース110は、X軸及びY軸によって規定される平面上に分布する2つの面と、X軸及び不図示のZ軸（つまり、X軸及びY軸の双方に直交する軸）によって規定される平面上に分布する2つの面と、Y軸及び不図示のZ軸によって規定される平面上に分布する2つの面とを有すると共に、これらの6つの面によって取り囲まれた空隙を有する箱形状を有していてもよい。或いは、ミラー130が配置される態様に応じて適宜ベース110

の形状を任意に代えてもよい。

[0045] トーションバー 120 a 及び 120 b の夫々は、例えばシリコン、銅合金、鉄系合金、その他金属、樹脂等を材料とするバネ等のような弾性を有する部材である。トーションバー 120 a 及び 120 b の夫々は、図 1 中 Y 軸方向に延伸するように配置される。言い換えれば、トーションバー 120 a 及び 120 b の夫々は、Y 軸方向に延伸する長手を有すると共に X 軸方向に延伸する短手を有する形状を有している。但し、後述する共振周波数の設定状況に応じて、トーションバー 120 a 及び 120 b の夫々は、Y 軸方向に延伸する短手を有すると共に X 軸方向に延伸する長手を有する形状を有していてもよい。トーションバー 120 a 及び 120 b の夫々の一方の端部は、ベース 110 に接続される。トーションバー 120 a 及び 120 b の夫々の他方の端部は、ミラー 130 に接続される。つまり、トーションバー 120 a 及び 120 b は、間にミラー 130 を挟み込むようにミラー 130 を吊り下げている。

[0046] ミラー 130 は、ベース 110 の内部の空隙に、トーションバー 120 a 及び 120 b によって吊り下げられる又は支持されるように配置される。ミラー 130 は、トーションバー 120 a 及び 120 b の弾性によって、Y 軸方向に沿った軸を回転軸として回転するように構成されている。

[0047] コイル 140 は、例えば相対的に導電率の高い材料（例えば、金や銅等）から構成される複数の巻き線である。第 1 実施例では、コイル 140 は、矩形状の形状を有している。特に、コイル 140 の 4 つの辺のうち X 軸方向（つまり、ミラー 130 の回転軸の方向に直交する方向）に沿った 2 つの辺の長さが、コイル 140 の 4 つの辺のうち Y 軸方向（つまり、ミラー 130 の回転軸の方向）に沿った 2 つの辺の長さよりも短い。言い換えれば、コイル 140 は、X 軸方向に沿って対向する 2 つの長辺と、Y 軸方向に沿って対向する 2 つの短辺を含んでいる。つまり、第 1 実施例では、コイル 140 は、長方形の形状を有している。但し、コイル 140 は、任意の形状（例えば、正方形やひし形や平行四辺形や円形や楕円形やその他の任意のループ形状）

を有していてもよい。

[0048] コイル140は、ベース110上に配置されている。特に、コイル140は、ミラー130が配置される位置（特に、ミラー130の中心ないしは重心が配置される位置）を基準として、X軸方向（つまり、ミラー130の回転軸の方向に直交する方向）に沿って所定距離だけシフトした位置にコイル140が位置する（特に、コイル140の中心又は重心が位置する）ように、ベース110上に配置されている。但し、コイル140は、ミラー130が配置される位置を基準として、Y軸方向（つまり、ミラー130の回転軸の方向）に沿って所定距離だけシフトした位置にコイル140が位置するように、ベース110上に配置されていてもよい。加えて、コイル140は、ミラー130とコイル140とがX軸方向に沿って並ぶように、ベース110上に配置されている。その結果、ミラー130は、コイル140を構成する巻き線の外側に位置することになる。言い換えれば、ミラー130は、コイル140を構成する巻き線の内側に位置することはない。

[0049] コイル140には、ベース110上に形成されている電源端子141を介して、電源から、ミラー130を回転させるための制御電流が供給される。制御電流は、典型的には、Y軸方向に沿った軸を回転軸としてミラー130が回転する周波数と同一の又は同期した周波数の信号成分を含む交流電流である。尚、電源は、MEMSスキャナ101自身が備えている電源であってもよいし、MEMSスキャナ101の外部に用意される電源であってもよい。

[0050] 磁石151及び152は、磁石151と磁石152とがX軸方向に沿って配列するように配置される。特に、磁石151及び152は、磁石151と磁石152とがX軸方向に沿ってコイル140を挟み込むように配置される。加えて、磁石151及び152のいずれか一方が磁束の出射側になると共に、磁石151及び152のいずれか他方が磁束の入射側になる。尚、以下では、磁石151が磁束の入射側になり且つ磁石152が磁束の出射側になる例を用いて説明を進める。

[0051] (1-2) MEMS スキャナの動作

続いて、図2から図4を参照して、第1実施例に係るMEMSスキャナ101の動作の態様（具体的には、ミラー130を回転させる動作の態様）について説明する。ここに、図2は、第1実施例に係るMEMSスキャナ101による動作の態様を概念的に示す平面図及び断面図である。図3は、第1実施例に係るMEMSスキャナ101による動作の態様を概念的に示す平面図及び断面図である。図4は、第1実施例に係るMEMSスキャナ101による動作の態様を概念的に示す断面図である。

[0052] 第1実施例に係るMEMSスキャナ101の動作時には、まず、コイル140に制御電流が供給される。制御電流は、Y軸方向に沿った軸を回転軸としてミラー130を回転させるための電流成分を含んでいる。第1実施例では、ミラー130は、ミラー130とトーションバー120a及び120bによって定まる共振周波数（より具体的には、ミラー130の慣性モーメントとトーションバー120a及び120bのねじりバネ定数によって定まる共振周波数）で共振するように、Y軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。尚、厳密に言えば、トーションバー120a及び120bを支持するベース110の質量及び慣性モーメントも考慮した上で、ミラー130とトーションバー120a及び120bによって定まる共振周波数が微修正されることが好ましい。但し、以下では（特に、第1実施例のみならず、その他の実施例も含めて）、説明の簡略化のため、共振周波数の微修正については省略して説明を進める。従って、制御電流は、ミラー130の共振周波数と同一の又は同期した周波数の信号成分を含む交流電流である。但し、ミラー130は、ミラー130とトーションバー120a及び120bによって定まる共振周波数とは異なる又は同期しない周波数で、Y軸方向に沿った軸を回転軸として回転してもよい。この場合には、制御電流は、Y軸方向に沿った軸を回転軸としてミラー130が回転する周波数と同一の又は同期した周波数の信号成分を含む交流電流である。

[0053] 一方で、コイル140には、磁石151及び152から磁界が付与されて

いる。尚、磁石 1 5 1 及び 1 5 2 は、X 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 の 2 つの辺に対して、磁界を付与することが好ましい。この場合、磁石 1 5 1 及び 1 5 2 は、Y 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 の 2 つの辺に対しては、磁界を付与しなくともよい。或いは、磁石 1 5 1 及び 1 5 2 は、Y 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 の 2 つの辺に対して、磁界を付与してもよい。或いは、磁石 1 5 1 及び 1 5 2 は、Y 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 の 2 つの辺に対して、Y 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 の 2 つの辺に対して付与している磁界の漏れ磁束のみを付与してもよい。

[0054] 従って、コイル 1 4 0 には、コイル 1 4 0 に供給されている制御電流とコイル 1 4 0 に付与されている磁界との間の電磁相互作用に起因したローレンツ力が発生することになる。

[0055] ここで、図 2 (a) に示すように、図 2 (a) 中の時計周りの方向に流れる制御電流がコイル 1 4 0 に供給されており、磁石 1 5 2 から磁石 1 5 1 に向かう磁界がコイル 1 4 0 に付与されている状況について説明する。この場合、図 2 (a) に示す MEMS スキャナ 1 0 1 を矢印 1 1 の方向から観察した図面である図 2 (b) に示すように、X 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 の 2 つの長辺のうちの右側（つまり、図 2 (a) では外側）の長辺には、図 2 (b) における下側の方向に向かうローレンツ力が発生する。同様に、図 2 (b) に示すように、X 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 の 2 つの長辺のうちの左側（つまり、図 2 (a) では内側）の長辺には、図 2 (b) における上側の方向に向かうローレンツ力が発生する。つまり、X 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 の 2 つの長辺には、相互に異なる方向のローレンツ力が発生する。言い換えれば、X 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 の 2 つの長辺には、偶力となるローレンツ力が発生する。従って、コイル 1 4 0 は、図 2 (b) における時計周りの方向に向かって回転する。

[0056] 一方で、制御電流が交流電流であるため、図 3 (a) に示すように、図 3 (a) 中の反時計周りの方向に流れる制御電流がコイル 1 4 0 に供給されており、磁石 1 5 2 から磁石 1 5 1 に向かう磁界がコイル 1 4 0 に付与される

状況が、図2（a）に示す状況に続けて生ずる。この場合、図3（a）に示すMEMSスキャナ101を矢印111の方向から観察した図面である図3（b）に示すように、X軸方向に沿って対向するコイル140の2つの長辺のうちの右側（つまり、図3（a）では外側）の長辺には、図3（b）における上側の方向に向かうローレンツ力が発生する。同様に、図3（b）に示すように、X軸方向に沿って対向するコイル140の2つの長辺のうちの左側（つまり、図2（a）では内側）の長辺には、図3（b）における下側の方向に向かうローレンツ力が発生する。つまり、X軸方向に沿って対向するコイル140の2つの長辺には、相互に異なる方向のローレンツ力が発生する。言い換えれば、X軸方向に沿って対向するコイル140の2つの長辺には、偶力となるローレンツ力が発生する。従って、コイル140は、図3（b）における半時計周りの方向に向かって回転する。

[0057] このようなローレンツ力によって、コイル140は、Y軸方向に沿った軸を回転軸として回転する（より具体的には、回転するように往復駆動する）。このとき、Y軸方向に沿ったコイル140の回転軸は、Y軸方向に沿ったミラー130の回転軸とは異なっている。具体的には、Y軸方向に沿ったコイル140の回転軸は、Y軸方向に沿ったミラー130の回転軸を基準として、X軸方向に所定距離シフトした位置に存在する。このため、Y軸方向に沿った軸を回転軸とするコイル140の回転は、Y軸方向に沿った軸を回転軸としてミラー130を直接的に回転させることはない。

[0058] 一方で、Y軸方向に沿った軸を回転軸とするコイル140の回転に伴って、コイル140からベース110に対して微振動が伝搬する。その結果、コイル140が配置されているベース110は、X軸方向に沿って定常波状に（つまり、定常波の波形状に）変形振動する。言い換えれば、ベース110は、X軸方向に沿って波打つように変形振動する。つまり、ベース110は、そのある一部分が変形振動の腹となり且つその他の一部分が変形振動の節となるように、その外観を変形させる。

[0059] このようなベース110の変形振動に起因して、ミラー130は、Y軸方

向に沿った軸を回転軸として回転する。このとき、ミラー 130 は、ミラー 130 並びにトーションバー 120 a 及び 120 b に応じて定まる共振周波数（例えば、 20 kHz ）で共振するように回転する。例えば、ミラー 130 の Y 軸方向に沿った軸回り慣性モーメントが I であり且つトーションバー 120 a 及び 120 b を 1 本のバネとみなした場合のねじりバネ定数が k であるとすれば、ミラー 130 は、 $(1 / (2\pi)) \times \sqrt{(k / I)}$ にて特定される共振周波数（或いは、 $(1 / (2\pi)) \times \sqrt{(k / I)}$ の N 倍若しくは N 分の 1 倍（但し、 N は 1 以上の整数）の共振周波数）で共振するように、Y 軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。

[0060] ここで、Y 軸方向に沿った軸を回転軸とするコイル 140 の回転と X 軸方向に沿ったベース 110 の変形振動と Y 軸方向に沿った軸を回転軸とするミラー 130 の回転の関係について、図 4 を参照しながらより詳細に説明する。

[0061] 図 4 (a) に示すように、Y 軸方向に沿った軸を回転軸としてコイル 140 が回転していない状態では、X 軸方向に沿ってベース 110 は変形振動していない。このため、ミラー 130 もまた、Y 軸方向に沿った軸を回転軸として回転していない。

[0062] その後、図 4 (b) に示すように、Y 軸方向に沿った軸を回転軸としてコイル 140 が図 4 (b) における反時計回りの方向に沿って回転し始めると、ベース 110 は、コイル 140 の Y 軸方向に沿った回転軸に対応する箇所（つまり、コイル 140 の Y 軸方向に沿った回転軸上に位置する箇所）が節となるように、X 軸方向に沿って変形振動し始める。加えて、ベース 110 は、ミラー 130 の Y 軸方向に沿った回転軸に対応する箇所（つまり、ミラー 130 の Y 軸方向に沿った回転軸上に位置する箇所）が節となるように、X 軸方向に沿って変形振動し始める。言い換えれば、ベース 110 は、コイル 140 の Y 軸方向に沿った回転軸に対応する箇所とミラー 130 の Y 軸方向に沿った回転軸に対応する箇所との間に腹が存在するように、X 軸方向に沿って変形振動し始める。つまり、ベース 110 の変形振動によって、X 軸

方向に沿って腹及び節が現れる。尚、ベース１１０の変形振動は、いわゆる定常波の波形に従って行われるため、その腹及び節の位置は実質的には固定されている。このとき、ベース１１０の変形振動の周波数は、典型的には、上述したミラー１３０の共振周波数と同一になる。

[0063] このようなベース１１０の変形振動を実現するために、ベース１１０の剛性が調整されてもよい。例えば、ベース１１０のうち節となる箇所（図４（a）参照）の剛性が相対的に高くなると共に、ベース１１０のうち腹となる箇所（図４（b）参照）の剛性が相対的に低くなっている。より具体的には、例えば、ベース１１０のうち節となる箇所にリブが形成されると共にベース１１０のうち腹となる箇所にリブが形成されなくともよい。この場合、リブが形成されているベース１１０の箇所は、剛性が相対的に高いため、コイル１４０の回転に伴って屈曲しにくい一方で、リブが形成されていないベース１１０の箇所は、剛性が相対的に低いため、コイル１４０の回転に伴って屈曲しやすい。その結果、ベース１１０は、リブが形成されている箇所を節とし且つリブが形成されていない箇所を腹にして、X軸の方向に沿って波打つように変形振動する。

[0064] その結果、図４（a）から図４（g）に時系列的に示すように、コイル１４０の回転に伴って、ベース１１０は、定常波の如き外観を有するように変形振動する。つまり、ベース１１０は、ミラー１３０の回転軸に直交する方向（つまり、X軸方向）に沿って定常波が現れるような外観を有する。その結果、図４（a）から図４（g）に時系列的に示すように、ベース１１０の変形振動に合わせて、ミラー１３０は、Y軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。

[0065] 尚、図４（a）から図４（g）に示すように、典型的には、コイル１４０の回転方向とミラー１３０の回転方向とは、互いに逆向きとなる。具体的には、図４（a）から図４（c）に示すように、コイル１４０が反時計回りに回転している状態では、ミラー１３０が時計回りに回転する。同様に、図４（c）から図４（g）に示すように、コイル１４０が時計回りに回転している状態では、ミラー１３０が反時計回りに回転する。尚、図４（g）に示す

状態のコイル１４０、ベース１１０及びミラー１３０は、その後、図４（ｆ）に示す状態を経ってから図４（ａ）に示す状態に遷移する。以降、コイル１４０、ベース１１０及びミラー１３０は、図４（ａ）から図４（ｇ）に示す時系列に従って変形振動ないしは回転する。但し、図４（ａ）から図４（ｇ）に示すベース１１０の変形モードは、あくまで一例であって、ベース１１０は、他の変形モード（例えば、更に多くの節を有する変形モード）で変形振動してもよい。

[0066] また、図４（ａ）から図４（ｇ）は、コイル１４０の回転方向とミラー１３０の回転方向とが互いに逆向きとなる例を示している。この例は、厳密に言えば、コイル１４０の回転方向とミラー１３０を支持している部分におけるベース１１０の回転方向とが互いに逆向きとなる例とも表現できる。

[0067] 但し、ベース１１０がより高次の振動モード（例えば、図４（ａ）から図４（ｇ）に示す状態と比較して、節や腹の数が増加する振動モード）で変形振動する場合には、ミラー１３０の回転方向とミラー１３０を支持している部分におけるベース１１０の回転方向とが逆になってもよい。つまり、コイル１４０の回転方向とミラー１３０の回転方向とが互いに同じ向きとなってもよい。

[0068] 以上説明したように、第１実施例のMEMSスキャナ１０１は、Ｙ軸方向に沿った軸を回転軸としてミラー１３０を回転させることができる。つまり、第１実施例のMEMSスキャナ１０１は、ミラー１３０の１軸駆動を行うことができる。

[0069] 加えて、第１実施例のMEMSスキャナ１０１では、ミラー１３０は、コイル１４０の巻き線の外側に位置することになる。従って、コイル１４０は、ミラー１３０を取り囲むように配置されなくともよい。その結果、第１実施例では、コイル１４０がミラー１３０を取り囲むように配置される比較例のMEMSスキャナと比較して、コイル１４０のサイズ（例えば、巻き線の径や巻き線の長さ等）を相対的に小さくすることができる。言い換えれば、第１実施例では、ミラー１３０の大きさに関係なく、コイル１４０のサイズ

を相対的に小さくすることができる。その結果、当該コイル１４０に対して磁界を付与するための磁石１５１及び１５２のサイズもまた、相対的に小さくすることができる。このため、第１実施例では、コイル１４０がミラー１３０を取り囲むように配置される比較例のMEMSスキャナと比較して、ミラー１３０の大きさに関係なく、コイル１４０と磁石１５１及び１５２との間の磁気ギャップを相対的に小さくすることができる。従って、第１実施例では、コイル１４０がミラー１３０を取り囲むように配置される比較例のMEMSスキャナと比較して、MEMSスキャナ１０１の小型化が好適に実現される。

[0070] 加えて、第１実施例では、ミラー１３０を取り囲むようにコイル１４０が配置されなくともよくなる。このため、ミラー１３０を取り囲むようにコイル１４０が配置される比較例のMEMSスキャナと比較して、磁石１５１及び１５２の配置の自由度が相対的に高くなる。このため、コイル１４０の中心上方（具体的には、コイル１４０の巻き線の内側の上方）に磁石１５１及び１５２を配置することができる。特に、コイル１４０の中心上方に磁石１５１及び１５２を配置したとしても、当該磁石１５１及び１５２がミラー１３０の上方の光路を遮ることはない。従って、MEMSスキャナ１０１としての好適な動作を維持しつつ、磁石１５１及び１５２の配置の自由度が相対的に高くなる。

[0071] 加えて、第１実施例では、ベース１１０の変形振動における節に対応する箇所、ミラー１３０につながるトーションバー１２０a及び１２０bが接続されている。つまり、ベース１１０の変形振動における節に対応する箇所が、ミラー１３０のＹ軸方向に沿った回転軸と一致する。また、ベース１１０の変形振動における節に対応する箇所に、コイル１４０が配置されている。つまり、ベース１１０の変形振動における節に対応する箇所が、コイル１４０のＹ軸方向に沿った回転軸と一致する。このため、第１実施例では、ミラー１３０及びコイル１４０の上下方向（具体的には、Ｘ軸方向及びＹ軸方向の夫々に直交する方向であって、ベース１１０の表面に対して垂直なＺ軸

方向)の移動を防ぐことができる。従って、ミラー130の高精度な回転駆動を実現することができる。

[0072] 尚、コイル140に発生するローレンツ力は、例えば、特許第4827993号公報に開示されているように、「微振動(つまり、方向性のない力であって、トーションバー120a及び120bを、ミラー130の回転方向に向かってねじれさせるように直接的に作用しない力)」として、ベース110に伝搬されてもよい。この場合には、ローレンツ力が微振動としてベース110に伝搬されることで、ベース110が変形振動する。つまり、微振動としてのローレンツ力は、ベース110の変形振動という形で発現する。或いは、コイル140に発生するローレンツ力は、例えば、独立行政法人産業総合研究所のホームページ(http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2010/pr20100209/pr20100209.html)に開示されているように、「ラム波」として、ベース110に伝搬されてもよい。この場合には、ローレンツ力がラム波としてベース110に伝搬されることで、ベース110が変形振動する。以下の第2実施例から第6実施例においても同様である。

[0073] (2) 第2実施例

続いて、図5から図8を参照して、MEMSスキャナの第2実施例について説明する。尚、上述の第1実施例のMEMSスキャナ101と同一の構成については、同一の参照符号を付することでその詳細な説明を省略する。

[0074] (2-1) MEMSスキャナの構成

初めに、図5を参照して、第2実施例に係るMEMSスキャナ102の構成について説明する。ここに、図5は、第2実施例に係るMEMSスキャナ102の構成を概念的に示す平面図である。

[0075] 図5に示すように、第2実施例に係るMEMSスキャナ101は、第1ベース110-1と、第1トーションバー120a-1と、第1トーションバー120b-1と、第2ベース110-2と、第2トーションバー120a-2と、第2トーションバー120b-2と、ミラー130と、コイル140と、磁石151及び152と、磁石161及び162とを備えている。

[0076] 第1ベース110-1は、内部に空隙を備える枠形状を有している。つまり、第1ベース110-1は、図5中のY軸方向に延伸する2つの辺と図5中のX軸方向（つまり、Y軸方向に直交する方向）に延伸する2つの辺とを有すると共に、Y軸方向に延伸する2つの辺とX軸方向に延伸する2つの辺とによって取り囲まれた空隙を有する枠形状を有している。図5に示す例では、第1ベース110-1は、正方形の形状を有しているが、これに限定されることはなく、例えばその他の形状（例えば、長方形等の矩形の形状や円形の形状等）を有していてもよい。また、第1ベース110-1は、第2実施例に係るMEMSスキャナ102の基礎となる構造体であって、不図示の基板ないしは支持部材に対して固定されている（言い換えれば、MEMSスキャナ102という系の内部においては固定されている）ことが好ましい。或いは、第1ベース110-1は、不図示のサスペンション等によって吊り下げられていてもよい。

[0077] 尚、図5では、第1ベース110-1が枠形状を有している例を示しているが、その他の形状を有していてもよいことは言うまでもない。例えば、第1ベース110-1は、その一部の辺が開口となるコの字型形状を有していてもよい。或いは、例えば、第1ベース110-1は、内部に空隙を備える箱型形状を有していてもよい。つまり、第1ベース110-1は、X軸及びY軸によって規定される平面上に分布する2つの面と、X軸及び不図示のZ軸（つまり、X軸及びY軸の双方に直交する軸）によって規定される平面上に分布する2つの面と、Y軸及び不図示のZ軸によって規定される平面上に分布する2つの面とを有すると共に、これらの6つの面によって取り囲まれた空隙を有する箱形状を有していてもよい。或いは、ミラー130が配置される態様に応じて適宜第1ベース110-1の形状を任意に代えてもよい。

[0078] 第1トーシヨンバー120a-1及び120b-1の夫々は、例えばシリコン、銅合金、鉄系合金、その他金属、樹脂等を材料とするバネ等のような弾性を有する部材である。第1トーシヨンバー120a-1及び120b-1の夫々は、図5中X軸方向に延伸するように配置される。言い換えれば、

第1 トーションバー 120a-1 及び 120b-1 の夫々は、X軸方向に延伸する長手を有すると共にY軸方向に延伸する短手を有する形状を有している。但し、後述する共振周波数の設定状況に応じて、第1 トーションバー 120a-1 及び 120b-1 の夫々は、X軸方向に延伸する短手を有すると共にY軸方向に延伸する長手を有する形状を有していてもよい。第1 トーションバー 120a-1 及び 120b-1 の夫々の一方の端部は、第1 ベース 110-1 に接続される。第1 トーションバー 120a-1 及び 120b-1 の夫々の他方の端部は、第2 ベース 110-2 に接続される。つまり、第1 トーションバー 120a-1 及び 120b-1 は、間に第2 ベース 110-2 を挟み込むように第2 ベース 110-2 を吊り下げている。

[0079] 第2 ベース 110-2 は、内部に空隙を備える枠形状を有している。つまり、第2 ベース 110-2 は、図5中のY軸方向に延伸する2つの辺と図5中のX軸方向に延伸する2つの辺とを有すると共に、Y軸方向に延伸する2つの辺とX軸方向に延伸する2つの辺とによって取り囲まれた空隙を有する枠形状を有している。図5に示す例では、第2 ベース 110-2 は、正方形の形状を有しているが、これに限定されることはなく、例えばその他の形状（例えば、長方形等の矩形の形状や円形の形状等）を有していてもよい。

[0080] また、第2 ベース 110-2 は、第1 ベース 110-1 の内部の空隙に、第1 トーションバー 120a-1 及び 120b-1 によって吊り下げられる又は支持されるように配置される。第2 ベース 110-2 は、第1 トーションバー 120a-1 及び 120b-1 の弾性によって、X軸方向に沿った軸を回転軸として回転するように構成されている。

[0081] 尚、図5では、第2 ベース 110-2 が枠形状を有している例を示しているが、その他の形状を有していてもよいことは言うまでもない。例えば、第2 ベース 110-2 は、その一部の辺が開口となるコの字型形状を有していてもよい。或いは、例えば、第2 ベース 110-2 は、内部に空隙を備える箱型形状を有していてもよい。つまり、第2 ベース 110-2 は、X軸及びY軸によって規定される平面上に分布する2つの面と、X軸及び不図示のZ

軸（つまり、X軸及びY軸の双方に直交する軸）によって規定される平面上に分布する2つの面と、Y軸及び不図示のZ軸によって規定される平面上に分布する2つの面とを有すると共に、これらの6つの面によって取り囲まれた空隙を有する箱形状を有していてもよい。或いは、ミラー130が配置される態様に応じて適宜第2ベース110-2の形状を任意に代えてもよい。

[0082] 第2トーションバー120a-2及び120b-2の夫々は、例えばシリコン、銅合金、鉄系合金、その他金属、樹脂等を材料とするバネ等のような弾性を有する部材である。第2トーションバー120a-2及び120b-2の夫々は、図5中Y軸方向に延伸するように配置される。言い換えれば、第2トーションバー120a-2及び120b-2の夫々は、Y軸方向に延伸する長手を有すると共にX軸方向に延伸する短手を有する形状を有している。但し、後述する共振周波数の設定状況に応じて、第2トーションバー120a-2及び120b-2の夫々は、Y軸方向に延伸する短手を有すると共にX軸方向に延伸する長手を有する形状を有していてもよい。第2トーションバー120a-2及び120b-2の夫々の一方の端部は、第2ベース110-2に接続される。第2トーションバー120a-2及び120b-2の夫々の他方の端部は、ミラー130に接続される。つまり、第2トーションバー120a-2及び120b-2は、間にミラー130を挟み込むようにミラー130を吊り下げている。

[0083] ミラー130は、第2ベース110-2の内部の空隙に、第2トーションバー120a-2及び120b-2によって吊り下げられる又は支持されるように配置される。ミラー130は、第2トーションバー120a-2及び120b-2の弾性によって、Y軸方向に沿った軸を回転軸として回転するように構成されている。

[0084] コイル140は、例えば相対的に導電率の高い材料（例えば、金や銅等）から構成される複数の巻き線である。第2実施例では、コイル140は、矩形状の形状を有している。特に、コイル140の4つの辺の夫々の長さが略同一である。つまり、第2実施例では、コイル140は、正形状の形状を有

している。但し、コイル１４０は、任意の形状（例えば、長方形やひし形や平行四辺形や円形や楕円形やその他の任意のループ形状）を有していてもよい。

[0085] コイル１４０は、第２ベース１１０－２上に配置されている。特に、コイル１４０は、ミラー１３０が配置される位置（特に、ミラー１３０の中心ないしは重心が配置される位置）を基準として、Ｘ軸方向（つまり、ミラー１３０の回転軸の方向に直交する方向）に沿って所定距離だけシフトした位置にコイル１４０が位置する（特に、コイル１４０の中心又は重心が位置する）ように、第２ベース１１０－２上に配置されている。但し、コイル１４０は、ミラー１３０が配置される位置を基準として、Ｙ軸方向（つまり、ミラー１３０の回転軸の方向）に沿って所定距離だけシフトした位置にコイル１４０が位置するように、第２ベース１１０－２上に配置されていてもよい。加えて、コイル１４０は、ミラー１３０とコイル１４０とがＸ軸方向に沿って並ぶように、第２ベース１１０－２上に配置されている。その結果、ミラー１３０は、コイル１４０を構成する巻き線の外側に位置することになる。言い換えれば、ミラー１３０は、コイル１４０を構成する巻き線の内側に位置することはない。

[0086] コイル１４０には、第２ベース１１０－２上に形成されている電源端子１４１を介して、電源から、ミラー１３０及び第２ベース１１０－２を回転させるための制御電流が供給される。制御電流は、典型的には、Ｙ軸方向に沿った軸を回転軸としてミラー１３０が回転する周波数と同一の又は同期した周波数の信号成分及びＸ軸方向に沿った軸を回転軸として第２ベース１１０－２が回転する周波数と同一の又は同期した周波数の信号成分の双方を含む交流電流である。尚、電源は、MEMSスキャナ１０２自身が備えている電源であってもよいし、MEMSスキャナ１０２の外部に用意される電源であってもよい。尚、以下の説明では、説明の便宜上、制御電流のうちＹ軸方向に沿った軸を回転軸としてミラー１３０を回転させるための電流成分を、“Ｙ軸駆動用制御電流”と称する。同様に、制御電流のうちＸ軸方向に沿った

軸を回転軸として第2ベース110-2を回転させるための電流成分を、“X軸駆動用制御電流”と称する。

[0087] 磁石151及び152は、磁石151と磁石152とがX軸方向に沿って配列するように配置される。特に、磁石151及び152は、磁石151と磁石152とがX軸方向に沿ってコイル140を挟み込むように配置される。加えて、磁石151及び152のいずれか一方が磁束の出射側になると共に、磁石151及び152のいずれか他方が磁束の入射側になる。尚、以下では、磁石151が磁束の入射側になり且つ磁石152が磁束の出射側になる例を用いて説明を進める。

[0088] 尚、磁石151及び磁石152から付与される磁界は、主としてY軸方向に沿った軸を回転軸としてミラー130を回転させるために用いられる。このため、以下の説明では、説明の便宜上、磁石151及び152から付与される磁界（つまり、Y軸方向に沿った軸を回転軸としてミラー130を回転させるための磁界）を、“Y軸駆動用磁界”と称する。

[0089] 磁石161及び162は、磁石161と磁石162とがY軸方向に沿って配列するように配置される。特に、磁石161及び162は、磁石161と磁石162とがY軸方向に沿ってコイル140を挟み込むように配置される。加えて、磁石161及び162のいずれか一方が磁束の出射側になると共に、磁石161及び162のいずれか他方が磁束の入射側になる。尚、以下では、磁石161が磁束の出射側になり且つ磁石162が磁束の入射側になる例を用いて説明を進める。

[0090] 尚、磁石161及び磁石162から付与される磁界は、主としてX軸方向に沿った軸を回転軸として第2ベース110-2を回転させるために用いられる。このため、以下の説明では、説明の便宜上、磁石161及び162から付与される磁界（つまり、X軸方向に沿った軸を回転軸として第2ベース110-2を回転させるための磁界）を、“X軸駆動用磁界”と称する。

[0091] (2-2) MEMSスキャナの動作

続いて、図6から図8を参照して、第2実施例に係るMEMSスキャナ1

02の動作の態様（具体的には、ミラー130を回転させる動作の態様）について説明する。ここに、図6は、第2実施例に係るMEMSスキャナ102による動作の態様を概念的に示す平面図及び断面図である。図7は、第2実施例に係るMEMSスキャナ102による動作の態様を概念的に示す平面図及び断面図である。図8は、第2実施例に係るMEMSスキャナ102による動作の態様を概念的に示す断面図である。

[0092] 第2実施例に係るMEMSスキャナ102の動作時には、まず、コイル140に制御電流が供給される。制御電流は、X軸方向に沿った軸を回転軸として第2ベース110-2を回転させるための電流成分（つまり、X軸駆動用制御電流）を含んでいる。第2実施例では、第2ベース110-2は、任意の周波数（例えば、60Hz）で、X軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。従って、X軸駆動用制御電流は、X軸方向に沿った軸を回転軸とする第2ベース110-2の回転の周波数と同一の又は同期した周波数の信号成分を含む交流電流である。但し、第2ベース110-2は、第2ベース110-2を含む被懸架部（つまり、第2ベース部110-2、第2トーションバー120a-2及び120b-2並びにミラー130を含む被懸架部）と第1トーションバー120a-1及び120b-1によって定まる共振周波数（より具体的には、第2ベース110-2を含む被懸架部の慣性モーメントと第1トーションバー120a-1及び120b-1のねじりバネ定数によって定まる共振周波数）で、X軸方向に沿った軸を回転軸として回転してもよい。

[0093] 一方で、コイル140には、磁石161及び162からX軸駆動用磁界が付与されている。尚、磁石161及び162は、Y軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺に対して、X軸駆動用磁界を付与することが好ましい。この場合、磁石161及び162は、X軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺に対しては、X軸駆動用磁界を付与しなくともよい。或いは、磁石161及び162は、X軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺に対して、X軸駆動用磁界を付与してもよい。或いは、磁石161及

び162は、X軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺に対して、X軸駆動用磁界の漏れ磁束を付与してもよい。

[0094] 従って、コイル140には、コイル140に供給されているX軸駆動用制御電流とコイル140に付与されているX軸駆動用磁界との間の電磁相互作用に起因したローレンツ力が発生することになる。

[0095] ここで、図6(a)に示すように、図6(a)中の時計周りの方向に流れるX軸駆動用制御電流がコイル140に供給されており、磁石161から磁石162に向かうX軸駆動用磁界がコイル140に付与されている状況について説明する。この場合、図6(a)に示すMEMSスキャナ102を矢印V1の方向から観察した図面である図6(b)に示すように、Y軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺のうちの右側（つまり、図6(a)では上側）の辺には、図6(b)における上側の方向に向かうローレンツ力が発生する。同様に、図6(b)に示すように、Y軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺のうちの左側（つまり、図6(a)では下側）の辺には、図6(b)における下側の方向に向かうローレンツ力が発生する。つまり、Y軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺には、相互に異なる方向のローレンツ力が発生する。言い換えれば、Y軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺には、偶力となるローレンツ力が発生する。従って、コイル140は、図6(b)における反時計周りの方向に向かって回転する。

[0096] 一方で、X軸駆動用制御電流が交流電流であるため、図7(a)に示すように、図7(a)中の反時計周りの方向に流れるX軸駆動用制御電流がコイル140に供給されており、磁石161から磁石162に向かうX軸駆動用磁界がコイル140に付与される状況が、図6(a)に示す状況に続けて生ずる。この場合、図7(a)に示すMEMSスキャナ101を矢印V11の方向から観察した図面である図7(b)に示すように、Y軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺のうちの右側（つまり、図7(a)では上側）の辺には、図7(b)における下側の方向に向かうローレンツ力が発生す

る。同様に、図 7 (b) に示すように、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140 の 2 つの辺のうちの左側（つまり、図 6 (a) では下側）の長辺には、図 7 (b) における上側の方向に向かうローレンツ力が発生する。つまり、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140 の 2 つの辺には、相互に異なる方向のローレンツ力が発生する。言い換えれば、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140 の 2 つの辺には、偶力となるローレンツ力が発生する。従って、コイル 140 は、図 7 (b) における時計周りの方向に向かって回転する。

[0097] このようなローレンツ力によって、コイル 140 は、X 軸方向に沿った軸を回転軸として回転する（より具体的には、回転するように往復駆動する）。このとき、コイル 140 の X 軸方向に沿った回転軸は、第 2 ベース 110-2 の X 軸方向に沿った回転軸と重なっている。従って、X 軸方向に沿った軸を回転軸とするコイル 140 の回転に伴って、第 2 ベース 110-2 もまた、X 軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。

[0098] 加えて、第 2 ベース 110-2 は、第 2 トーションバー 120a-2 及び 120b-2 を介してミラー 130 を支持している。このため、X 軸方向に沿った軸を回転軸とする第 2 ベース 110-2 の回転に伴って、ミラー 130 もまた X 軸方向に沿った軸を回転軸として回転することになる。

[0099] ここで、X 軸方向に沿った軸を回転軸とするコイル 140 の回転と X 軸方向に沿った軸を回転軸とする第 2 ベース 110-2 の回転と X 軸方向に沿った軸を回転軸とするミラー 130 の回転の関係について、図 8 を参照しながらより詳細に説明する。

[0100] 図 8 (a) に示すように、X 軸方向に沿った軸を回転軸としてコイル 140 が回転していない状態では、第 2 ベース 110-2 もまた、X 軸方向に沿った軸を回転軸として回転していない。このため、ミラー 130 もまた、X 軸方向に沿った軸を回転軸として回転していない。

[0101] その後、図 8 (b) に示すように、X 軸方向に沿った軸を回転軸としてコイル 140 が図 8 (b) における反時計回りの方向に沿って回転し始めると、第 2 ベース 110-2 もまた、X 軸方向に沿った軸を回転軸として図 8 (

b)における反時計回りの方向に沿って回転し始める。その結果、図8(a)から図8(g)に時系列的に示すように、X軸方向に沿った軸を回転軸とするコイル140の回転に伴って、第2ベース110-2もまた、X軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。このため、図8(a)から図8(g)に時系列的に示すように、X軸方向に沿った軸を回転軸とする第2ベース110-2の回転に伴って、ミラー130もまた、X軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。尚、図8(g)に示す状態のコイル140、第2ベース110-2及びミラー130は、その後、図8(f)に示す状態を経てから図8(a)に示す状態に遷移する。以降、コイル140、第2ベース110-2及びミラー130は、図8(a)から図8(g)に示す時系列に従って回転する。

[0102] 他方で、制御電流は、Y軸方向に沿った軸を回転軸としてミラー130を回転させるための電流成分（つまり、Y軸駆動用制御電流）を含んでいる。第2実施例では、ミラー130は、ミラー130と第2トーションバー120a-2及び120b-2とによって定まる共振周波数（より具体的には、ミラー130の慣性モーメントと第2トーションバー120a-2及び120b-2のねじりバネ定数によって定まる共振周波数）で共振するように、Y軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。従って、Y軸駆動用制御電流は、ミラー130の共振周波数と同一の又は同期した周波数の信号成分を含む交流電流である。但し、ミラー130は、ミラー130と第2トーションバー120a-2及び120b-2とによって定まる共振周波数とは異なる又は同期しない周波数で、Y軸方向に沿った軸を回転軸として回転してもよい。この場合には、Y軸駆動用制御電流は、Y軸方向に沿った軸を回転軸としてミラー130が回転する周波数と同一の又は同期した周波数の信号成分を含む交流電流である。

[0103] 一方で、コイル140には、磁石151及び152からY軸駆動用磁界が付与されている。尚、磁石151及び152は、X軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺に対して、Y軸駆動用磁界を付与することが好まし

い。この場合、磁石 1 5 1 及び 1 5 2 は、Y 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 の 2 つの辺に対しては、Y 軸駆動用磁界を付与しなくともよい。或いは、磁石 1 5 1 及び 1 5 2 は、Y 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 の 2 つの辺に対して、Y 軸駆動用磁界を付与してもよい。或いは、磁石 1 5 1 及び 1 5 2 は、Y 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 の 2 つの辺に対して、Y 軸駆動用磁界の漏れ磁束のみを付与してもよい。

[0104] 従って、コイル 1 4 0 には、コイル 1 4 0 に供給されている Y 軸駆動用制御電流とコイル 1 4 0 に付与されている Y 軸駆動用磁界との間の電磁相互作用に起因したローレンツ力が発生することになる。

[0105] この場合には、第 1 実施例と同様に（つまり、図 2 及び図 3 と同様に）、コイル 1 4 0 は、Y 軸方向に沿った軸を回転軸として回転する（より具体的には、回転するように往復駆動する）。このとき、Y 軸方向に沿ったコイル 1 4 0 の回転軸は、Y 軸方向に沿ったミラー 1 3 0 の回転軸とは異なっている。具体的には、Y 軸方向に沿ったコイル 1 4 0 の回転軸は、Y 軸方向に沿ったミラー 1 3 0 の回転軸を基準として、X 軸方向に所定距離シフトした位置に存在する。このため、Y 軸方向に沿った軸を回転軸とするコイル 1 4 0 の回転は、Y 軸方向に沿った軸を回転軸としてミラー 1 3 0 を直接的に回転させることはない。

[0106] 一方で、X 軸方向に沿った軸を回転軸とするコイル 1 4 0 の回転に伴って、コイル 1 4 0 から第 2 ベース 1 1 0-2 に対して微振動が伝搬する。その結果、コイル 1 4 0 が配置されている第 2 ベース 1 1 0-2 は、X 軸方向に沿って定常波状に（つまり、定常波の波形状に）変形振動する。言い換えれば、第 2 ベース 1 1 0-2 は、X 軸方向に沿って波打つように変形振動する。つまり、第 2 ベース 1 1 0-2 は、そのある一部分が変形振動の腹となり且つその他の一部分が変形振動の節となるように、その外観を変形させる。

[0107] このような第 2 ベース 1 1 0-2 の変形振動に起因して、ミラー 1 3 0 は、Y 軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。このとき、ミラー 1 3 0 は、ミラー 1 3 0 並びに第 2 トーションバー 1 2 0 a-2 及び 1 2 0 b-2 に

応じて定まる共振周波数（例えば、20kHz）で共振するように回転する。例えば、ミラー130のY軸方向に沿った軸回り慣性モーメントが $I(Y)$ であり且つ第2トーションバー120a-2及び120b-2を1本のバネとみなした場合のねじりバネ定数が $k(Y)$ であるとすれば、ミラー130は、 $(1/(2\pi)) \times \sqrt{k(Y)/I(Y)}$ にて特定される共振周波数（或いは、 $(1/(2\pi)) \times \sqrt{k(Y)/I(Y)}$ のN倍若しくはN分の1倍（但し、Nは1以上の整数）の共振周波数）で共振するように、Y軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。

[0108] 尚、Y軸方向に沿った軸を回転軸とするコイル140の回転とX軸方向に沿った第2ベース110-2の変形振動とY軸方向に沿った軸を回転軸とするミラー130の回転の関係は、第1実施例におけるY軸方向に沿った軸を回転軸とするコイル140の回転とX軸方向に沿ったベース110の変形振動とY軸方向に沿った軸を回転軸とするミラー130の回転の関係（図4参照）と同様である。

[0109] 以上説明したように、第2実施例のMEMSスキャナ102は、Y軸方向に沿った軸を回転軸としてミラー130を回転させることができる。加えて、第2実施例のMEMSスキャナ102は、X軸方向に沿った軸を回転軸として第2ベース110-2を回転させることができる。このとき、第2トーションバー120a-2及び120b-2を介してミラー130が第2ベース110-2に支持されていることを考慮すれば、X軸方向に沿った軸を回転軸とする第2ベース110-2の回転に伴って、ミラー130もまた、X軸方向に沿った軸を回転軸として回転することになる。従って、第2実施例のMEMSスキャナ102は、X軸方向に沿った軸を回転軸としてミラー130を回転させることができる。つまり、第2実施例のMEMSスキャナ102は、ミラー130の2軸駆動を行うことができる。

[0110] 加えて、第2実施例のMEMSスキャナ102では、ミラー130は、コイル140の巻き線の外側に位置することになる。従って、コイル140は、ミラー130を取り囲むように配置されなくともよい。その結果、第2実

施例では、コイル１４０がミラー１３０を取り囲むように配置される比較例のMEMSスキャナと比較して、コイル１４０のサイズ（例えば、巻き線の径や巻き線の長さ等）を相対的に小さくすることができる。言い換えれば、第２実施例では、ミラー１３０の大きさに関係なく、コイル１４０のサイズを相対的に小さくすることができる。その結果、当該コイル１４０に対して磁界を付与するための磁石１５１及び１５２並びに磁石１６１及び１６２のサイズもまた、相対的に小さくすることができる。このため、第２実施例では、コイル１４０がミラー１３０を取り囲むように配置される比較例のMEMSスキャナと比較して、ミラー１３０の大きさに関係なく、コイル１４０と磁石１５１及び１５２並びに磁石１６１及び１６２との間の磁気ギャップを相対的に小さくすることができる。従って、第２実施例では、コイル１４０がミラー１３０を取り囲むように配置される比較例のMEMSスキャナと比較して、MEMSスキャナ１０２の小型化が好適に実現される。

[0111] 加えて、第２実施例では、第２ベース１１０－２の変形振動における節に対応する箇所に、ミラー１３０につながる第２トーションバー１２０a－２及び１２０b－２が接続されている。つまり、第２ベース１１０－２の変形振動における節に対応する箇所が、ミラー１３０のＹ軸方向に沿った回転軸と一致する。また、第２ベース１１０－２の変形振動における節に対応する箇所に、コイル１４０が配置されている。つまり、第２ベース１１０－２の変形振動における節に対応する箇所が、コイル１４０のＹ軸方向に沿った回転軸と一致する。このため、第２実施例では、ミラー１３０及びコイル１４０の上下方向（具体的には、Ｘ軸方向及びＹ軸方向の夫々に直交する方向であって、第１ベース１１０－１又は第２ベース１１０－２の表面に対して垂直なＺ軸方向）の移動ないしは振動が防止される。従って、ミラー１３０の高精度な回転を実現することができる。

[0112] （３）第３実施例

続いて、図９及び図１０を参照して、MEMSスキャナの第３実施例について説明する。尚、上述の第２実施例のMEMSスキャナ１０２と同一の構

成については、同一の参照符号を付することでその詳細な説明を省略する。

[0113] (3-1) MEMSスキャナの構成

初めに、図9を参照して、第3実施例に係るMEMSスキャナ103の構成について説明する。ここに、図9は、第3実施例に係るMEMSスキャナ103の構成を概念的に示す平面図である。

[0114] 図9に示すように、第3実施例のMEMSスキャナ103は、第2実施例のMEMSスキャナ102と比較して、磁石161及び磁石162の配置位置が変更されていると共に磁石151及び磁石152を備えていないという点で異なっている。第3実施例のMEMSスキャナ103のその他の構成要素は、第2実施例のMEMSスキャナ102のその他の構成要素と同一であってもよい。

[0115] 第3実施例では、磁石161及び162は、第2実施例と同様に、磁石161と磁石162とがY軸方向に沿ってコイル140を挟み込むように配置される。一方で、第3実施例では、磁石161及び162は、磁石161（例えば、磁石161の中心）と磁石162（例えば、磁石162の中心）とが、X軸方向に沿ってずれる（言い換えれば、オフセットされる）ように配置される。但し、磁石161と磁石162とがX軸方向に沿ってコイル140を挟み込むと共に磁石161が配置される位置と磁石162が配置される位置とがY軸方向に沿ってオフセットされていてもよい。

[0116] 磁石161及び162は、磁石161と磁石162とがコイル140に対して点对称となる位置に配置されることが好ましい。言い換えれば、磁石161及び162は、磁石161と磁石162とがコイル140を構成する巻き線の中心に対して点对称となる位置に配置されることが好ましい。

[0117] (3-2) MEMSスキャナの動作

続いて、図10を参照して、第3実施例に係るMEMSスキャナ103の動作の態様（具体的には、ミラー130を回転させる動作の態様）について説明する。ここに、図10は、第3実施例に係るMEMSスキャナ103による動作の態様を概念的に示す平面図である。

- [0118] 第3実施例に係るMEMSスキャナ103の動作時には、第2実施例に係るMEMSスキャナ102の動作時と同様に、コイル140に制御電流（つまり、X軸駆動用制御電流及びY軸駆動用制御電流が重畳された制御電流）が供給される。
- [0119] 一方で、コイル140には、磁石161及び162から磁界が付与されている。尚、第3実施例では、磁石161及び162から付与される磁界は、Y軸方向に沿った軸を回転軸としてミラー130を回転させるために用いられるのみならず、X軸方向に沿った軸を回転軸として第2ベース110-2を回転させるためにも用いられる。
- [0120] このとき、図10に示すように、磁石161が配置される位置と磁石162が配置される位置とがX軸方向に沿ってオフセットされているがゆえ、磁石161及び162は、Y軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺に対して、当該2つの辺を斜めに横切るように磁界を付与する。言い換えれば、磁石161及び162は、Y軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺に対して、当該2つの辺に対して90度以外の角度で交わる磁界を付与する。つまり、磁石161及び162は、Y軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺に対して、当該2つの辺に対してコイル140の巻き線の対角方向に交わる磁界を付与する。
- [0121] このとき、磁石161及び162は、X軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺には、磁界を付与しないことが好ましい。但し、磁石161及び162は、X軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺には、Y軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺に付与すべき磁界の漏れ磁束のみを付与してもよい。つまり、磁石161及び162は、X軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺には、積極的に磁界を付与しないことが好ましい。但し、磁石161及び162は、X軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺に、磁界を積極的に付与してもよい。
- [0122] ここで、図10に示すように、図10中の時計周りの方向に流れる制御電流がコイル140に供給されており、磁石161から磁石162に向かう磁

界がコイル 140 に付与されている状況について説明する。この場合、図 10 に示すように、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140 の 2 つの辺のうちの一方の辺（例えば、図 10 の上側の辺）には、図 10 の紙面奥側から紙面手前側に向かうローレンツ力が発生する。このとき、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140 の 2 つの辺を斜めに横切るように磁界が付与されているがゆえに、このローレンツ力は、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140 の 2 つの辺のうちの一方の辺の相対的に外側（つまり、ミラー 130 から相対的に遠い側）に発生することになる。同様に、図 10 に示すように、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140 の 2 つの辺のうちの他方の辺（例えば、図 10 の下側の辺）には、図 10 の紙面手前側から紙面奥側に向かうローレンツ力が発生する。このとき、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140 の 2 つの辺を斜めに横切るように磁界が付与されているがゆえに、このローレンツ力は、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140 の 2 つの辺のうちの他方の辺の相対的に内側（つまり、ミラー 130 に相対的に近い側）に発生することになる。尚、コイル 140 に供給される制御電流の向き（つまり、極性）が逆転した場合にも、同様のローレンツ力（但し、その方向が逆になる）が発生する。

[0123] その結果、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140 の 2 つの辺のうちの一方の辺においてローレンツ力が発生する位置と、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140 の 2 つの辺のうちの他方の辺においてローレンツ力が発生する位置とが、Y 軸方向に沿ってずれている。このため、コイル 140 に発生するローレンツ力（特に、主として、X 軸駆動用制御電流に応じたローレンツ力）は、X 軸方向に沿った軸を回転軸とする回転力としてコイル 140 に作用することになる。このため、コイル 140 は、X 軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。その結果、第 2 実施例と同様に、第 2 ベース 110-2 もまた、X 軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。

[0124] 加えて、X 軸方向に沿った軸を回転軸とするコイル 140 の回転に起因して、第 2 ベース 110-2 には振動が伝搬することになる。この振動に起因

して、第2ベース110-2は、第2実施例と同様に、X軸方向に沿って変形振動する。その結果、ミラー130は、Y軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。

[0125] 或いは、コイル140に供給される制御電流がY軸駆動用制御電流を含んでいる場合には、X軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺に磁界が付与されていない場合であっても、Y軸駆動用制御電流に応じたローレンツ力がわずかながらにコイル140に発生することが本願発明者等によって行われた実験で確認された。その結果、第2ベース110-2は、第2実施例と同様に、X軸方向に沿って変形振動する。その結果、ミラー130は、Y軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。

[0126] 或いは、図10に示すように、Y軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺のうちの一方の辺においてローレンツ力が発生する位置と、Y軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺のうちの他方の辺においてローレンツ力が発生する位置とが、X軸方向に沿ってずれている。このため、コイル140に発生するローレンツ力（特に、主として、Y軸駆動用制御電流に応じたローレンツ力）は、実質的には、Y軸方向に沿った軸を回転軸とする回転力としてコイル140に作用し得る。このため、コイル140は、第2実施例と同様に、Y軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。その結果、第2ベース110-2は、第2実施例と同様に、X軸方向に沿って変形振動する。その結果、ミラー130は、Y軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。

[0127] 以上説明したように、第3実施例のMEMSスキャナ103は、第2実施例のMEMSスキャナ102が享受する各種効果を好適に享受することができる。加えて、第3実施例のMEMSスキャナ103は、第2実施例のMEMSスキャナ102と比較して、磁石151及び152を備えていなくともよくなる。このため、MEMSスキャナ103のより一層の小型化が実現される。

[0128] (4) 第4実施例

続いて、図 1 1 及び図 1 2 を参照して、MEMS スキャナの第 4 実施例について説明する。尚、上述の第 3 実施例の MEMS スキャナ 1 0 3 と同一の構成については、同一の参照符号を付することでその詳細な説明を省略する。

[0129] (4-1) MEMS スキャナの構成

初めに、図 1 1 を参照して、第 4 実施例に係る MEMS スキャナ 1 0 4 の構成について説明する。ここに、図 1 1 は、第 4 実施例に係る MEMS スキャナ 1 0 4 の構成を概念的に示す平面図である。

[0130] 図 1 1 に示すように、第 4 実施例の MEMS スキャナ 1 0 4 は、第 3 実施例の MEMS スキャナ 1 0 3 と比較して、磁気ヨーク 1 7 0 を更に備えているという点で異なっている。第 4 実施例の MEMS スキャナ 1 0 4 のその他の構成要素は、第 3 実施例の MEMS スキャナ 1 0 3 のその他の構成要素と同一であってもよい。

[0131] 第 4 実施例では、磁気ヨーク 1 7 0 は、磁石 1 6 1 から出射される磁界が、Y 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 の 2 つの辺に付与されながら磁石 1 6 2 に到達するような磁界の経路を形成する。つまり、磁気ヨーク 1 7 0 は、磁石 1 6 1 から出射される磁界が入射する一方の端部から、磁石 1 6 2 に入射する磁界が出射する他方の端部に向かって延びる形状を有している。図 1 1 では、磁気ヨーク 1 7 0 が X 軸方向に沿って延びる形状を有している例が示されている。

[0132] (4-2) MEMS スキャナの動作

続いて、図 1 2 を参照して、第 4 実施例に係る MEMS スキャナ 1 0 4 の動作の態様（具体的には、ミラー 1 3 0 を回転させる動作の態様）について説明する。ここに、図 1 2 は、第 4 実施例に係る MEMS スキャナ 1 0 4 による動作の態様を概念的に示す平面図及び断面図である。

[0133] 第 4 実施例に係る MEMS スキャナ 1 0 4 の動作時には、第 3 実施例に係る MEMS スキャナ 1 0 3 の動作時と同様に、コイル 1 4 0 に制御電流（つまり、X 軸駆動用制御電流及び Y 軸駆動用制御電流が重畳された制御電流）

が供給される。

[0134] 一方で、コイル140には、磁石161及び162から磁界が付与されている。尚、第4実施例では、磁石161及び162から付与される磁界は、Y軸方向に沿った軸を回転軸としてミラー130を回転させるために用いられるのみならず、X軸方向に沿った軸を回転軸として第2ベース110-2を回転させるためにも用いられる。

[0135] このとき、図12(a)の平面図及び図12(b)の断面図に示すように、磁石161が配置される位置と磁石162が配置される位置とがX軸方向に沿ってオフセットされており且つX軸方向に沿って延びる磁気ヨーク170が配置されているがゆえ、磁石161及び162は、Y軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺のうちの一方の辺（例えば、図12(a)の下側の辺）の相対的に一方側（例えば、図12(a)の左側）の辺部分及び他方の辺（例えば、図12(a)の上側の辺）の相対的に他方側（例えば、図12(a)の右側）の辺部分に対して磁界を付与する。つまり、磁石161及び162は、Y軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺のうちの一部の辺部分であって且つコイル140の対角方向（つまり、斜め方向）に沿って対向する2つの辺部分に磁界を付与する。このような磁界を付与するために、磁石161と磁気ヨーク170の一方の端部（つまり、磁石161aから出射される磁界が入射する端部）とは、コイル140の対角方向に沿って対向するコイル140の2つの辺部分のうちの一方の辺部分に磁界を付与することができるように配置される。同様に、磁石162と磁気ヨーク170の他方の端部（つまり、磁石162に入射する磁界が出射する端部）とは、コイル140の対角方向に沿って対向するコイル140の2つの辺部分のうちの他方の辺部分に磁界を付与することができるように配置される。

[0136] ここで、図12(a)及び図12(b)に示すように、図12(a)中の時計周りの方向に流れる制御電流がコイル140に供給されており、磁石161から磁気ヨーク170を介して磁石162に向かう磁界がコイル140に付与されている状況について説明する。この場合、図12(a)及び図1

2 (b) に示すように、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140 の 2 つの辺のうちの一方の辺（例えば、図 12 (a) の上側の辺ないしは図 12 (b) の右側の辺）には、図 12 (a) の紙面奥側から紙面手前側（言い換えれば、図 12 (b) の上側）に向かうローレンツ力が発生する。このとき、図 12 (a) に示すように、このローレンツ力は、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140 の 2 つの辺のうちの一方の辺の相対的に外側（つまり、ミラー 130 から相対的に遠い側）に発生することになる。同様に、図 12 (a) 及び図 12 (b) に示すように、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140 の 2 つの辺のうちの他方の辺（例えば、図 12 (a) の下側の辺ないしは図 12 (b) の左側の辺）には、図 12 (a) の紙面手前側から紙面奥側（言い換えれば、図 12 (b) の下側）に向かうローレンツ力が発生する。このとき、図 12 (b) に示すように、このローレンツ力は、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140 の 2 つの辺のうちの他方の辺の相対的に内側（つまり、ミラー 130 に相対的に近い側）に発生することになる。尚、コイル 140 に供給される制御電流の向き（つまり、極性）が逆転した場合にも、同様のローレンツ力（但し、その方向が逆になる）が発生する。

[0137] その結果、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140 の 2 つの辺のうちの一方の辺においてローレンツ力が発生する位置と、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140 の 2 つの辺のうちの他方の辺においてローレンツ力が発生する位置とが、Y 軸方向に沿ってずれている。このため、コイル 140 に発生するローレンツ力（特に、主として、X 軸駆動用制御電流に応じたローレンツ力）は、X 軸方向に沿った軸を回転軸とする回転力としてコイル 140 に作用することになる。このため、コイル 140 は、X 軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。その結果、第 3 実施例と同様に、第 2 ベース 110-2 もまた、X 軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。

[0138] 加えて、X 軸方向に沿った軸を回転軸とするコイル 140 の回転に起因して、第 2 ベース 110-2 には振動が伝搬することになる。この振動に起因して、第 2 ベース 110-2 は、第 3 実施例と同様に、X 軸方向に沿って変

形振動する。その結果、ミラー１３０は、Ｙ軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。

[0139] 或いは、コイル１４０に供給される制御電流がＹ軸駆動用制御電流を含んでいる場合には、Ｘ軸方向に沿って対向するコイル１４０の２つの辺に磁界が付与されていない場合であっても、Ｙ軸駆動用制御電流に応じたローレンツ力がわずかながらにコイル１４０に発生することが本願発明者等によって行われた実験で確認された。その結果、第２ベース１１０－２は、第３実施例と同様に、Ｘ軸方向に沿って変形振動する。その結果、ミラー１３０は、Ｙ軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。

[0140] 或いは、図１２（ａ）に示すように、Ｙ軸方向に沿って対向するコイル１４０の２つの辺のうちの一方の辺においてローレンツ力が発生する位置と、Ｙ軸方向に沿って対向するコイル１４０の２つの辺のうちの他方の辺においてローレンツ力が発生する位置とが、Ｘ軸方向に沿ってずれている。このため、コイル１４０に発生するローレンツ力（特に、主として、Ｙ軸駆動用制御電流に応じたローレンツ力）は、実質的には、Ｙ軸方向に沿った軸を回転軸とする回転力としてコイル１４０に作用し得る。このため、コイル１４０は、第２実施例と同様に、Ｙ軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。その結果、第２ベース１１０－２は、第３実施例と同様に、Ｘ軸方向に沿って変形振動する。その結果、ミラー１３０は、Ｙ軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。

[0141] 以上説明したように、第４実施例のMEMSスキャナ１０４は、第２実施例のMEMSスキャナ１０２が享受する各種効果を好適に享受することができる。加えて、第４実施例のMEMSスキャナ１０４は、第２実施例のMEMSスキャナ１０２と比較して、磁石１５１及び１５２を備えていなくともよくなる。このため、MEMSスキャナ１０４のより一層の小型化が実現される。

[0142] （５）第５実施例

続いて、図１３及び図１４を参照して、MEMSスキャナの第５実施例に

ついて説明する。尚、上述の第2実施例のMEMSスキャナ102と同一の構成については、同一の参照符号を付することでその詳細な説明を省略する。

[0143] (5-1) 基本構成

初めに、図13を参照して、第5実施例に係るMEMSスキャナ105の基本構成について説明する。ここに、図13は、第5実施例に係るMEMSスキャナ105の基本構成を概念的に示す平面図である。

[0144] 図13に示すように、第5実施例のMEMSスキャナ105は、第2実施例のMEMSスキャナ102と比較して、コイル140の配置位置が変更されていると共に磁石151及び磁石152を備えていないという点で異なっている。第5実施例のMEMSスキャナ105のその他の構成要素は、第2実施例のMEMSスキャナ102のその他の構成要素と同一であってもよい。

[0145] 第5実施例では、コイル140は、コイル140の回転軸（具体的には、X軸方向に沿った回転軸）と第2ベース110-2の回転軸（具体的には、X軸方向に沿った回転軸）とが、Y軸方向に沿ってずれる（言い換えれば、オフセットされる）ように配置される。言い換えれば、コイル140は、X軸方向に沿ったコイル140の回転軸と一致するコイル140の回転中心とX軸方向に沿った第2ベース110-2の回転軸と一致する第2ベース110-2の回転中心とが、Y軸方向に沿ってずれるように配置される。言い換えれば、コイル140は、ローレンツ力が発生するコイル140の中心（回転力の中心）と、コイル140及び第2ベース110-2を包含する回転体の重心と、当該回転体を支持する第1トーションバー120a-1及び120b-1の中心（支持中心）とのうちの少なくとも2つが、Y軸方向に沿ってずれるように配置される。

[0146] (5-2) MEMSスキャナの動作

続いて、図14を参照して、第5実施例に係るMEMSスキャナ105の動作の態様（具体的には、ミラー130を回転させる動作の態様）について

説明する。ここに、図14は、第5実施例に係るMEMSスキャナ105による動作の態様を概念的に示す平面図である。

[0147] 第5実施例に係るMEMSスキャナ105の動作時には、第2実施例に係るMEMSスキャナ102の動作時と同様に、コイル140に制御電流（つまり、X軸駆動用制御電流及びY軸駆動用制御電流が重畳された制御電流）が供給される。

[0148] 一方で、コイル140には、磁石161及び162から磁界が付与されている。尚、第5実施例では、磁石161及び162から付与される磁界は、Y軸方向に沿った軸を回転軸としてミラー130を回転させるために用いられるのみならず、X軸方向に沿った軸を回転軸として第2ベース110-2を回転させるためにも用いられる。

[0149] 磁石161及び162は、Y軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺に対して磁界を付与する。一方で、磁石161及び162は、X軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺には、磁界を付与しないことが好ましい。但し、磁石161及び162は、X軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺には、Y軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺に付与するべき磁界の漏れ磁束のみを付与してもよい。つまり、磁石161及び162は、X軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺には、積極的に磁界を付与しないことが好ましい。但し、磁石161及び162は、X軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺に、積極的に磁界を付与してもよい。

[0150] ここで、図14に示すように、図14中の時計周りの方向に流れる制御電流がコイル140に供給されており、磁石161から磁石162に向かう磁界がコイル140に付与されている状況について説明する。この場合、図14に示すように、Y軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺のうちの一方の辺（例えば、図14の上側の辺）には、図14の紙面奥側から紙面手前側に向かうローレンツ力が発生する。同様に、図14に示すように、Y軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺のうちの他方の辺（例えば

、図 1 2 の下側の辺) には、図 1 4 の紙面手前側から紙面奥側に向かうローレンツ力が発生する。尚、コイル 1 4 0 に供給される制御電流の向き（つまり、極性）が逆転した場合にも、同様のローレンツ力（但し、その方向が逆になる）が発生する。

[0151] その結果、コイル 1 4 0 に発生するローレンツ力（特に、主として、X 軸駆動用制御電流に応じたローレンツ力）は、X 軸方向に沿った軸を回転軸とする回転モーメントとしてコイル 1 4 0 に作用することになる。このため、コイル 1 4 0 は、X 軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。その結果、第 2 実施例と同様に、第 2 ベース 1 1 0 - 2 もまた、X 軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。

[0152] 加えて、第 5 実施例では、上述したように、X 軸方向に沿ったコイル 1 4 0 の回転軸と X 軸方向に沿った第 2 ベース 1 1 0 - 2 の回転軸とが Y 軸方向に沿ってずれている。このような回転軸のずれに起因したアンバランスによって、X 軸方向に沿った軸を回転軸とするコイル 1 4 0 の回転が、第 2 ベース 1 1 0 - 2 に対して振動として伝搬することになる。この振動に起因して、第 2 ベース 1 1 0 - 2 は、第 2 実施例と同様に、X 軸方向に沿って変形振動する。その結果、ミラー 1 3 0 は、Y 軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。

[0153] 以上説明したように、第 5 実施例の MEMS スキャナ 1 0 5 は、第 2 実施例の MEMS スキャナ 1 0 2 が享受する各種効果を好適に享受することができる。加えて、第 5 実施例の MEMS スキャナ 1 0 5 は、第 2 実施例の MEMS スキャナ 1 0 2 と比較して、磁石 1 5 1 及び 1 5 2 を備えていなくともよくなる。このため、MEMS スキャナ 1 0 5 のより一層の小型化が実現される。

[0154] (6) 第 6 実施例

続いて、図 1 5 及び図 1 6 を参照して、MEMS スキャナの第 6 実施例について説明する。尚、上述の第 2 実施例の MEMS スキャナ 1 0 2 と同一の構成については、同一の参照符号を付することでその詳細な説明を省略する

。

[0155] (6-1) 基本構成

初めに、図15を参照して、第6実施例に係るMEMSスキャナ106の基本構成について説明する。ここに、図15は、第6実施例に係るMEMSスキャナ106の基本構成を概念的に示す平面図である。

[0156] 図15に示すように、第6実施例のMEMSスキャナ106は、第2実施例のMEMSスキャナ102と比較して、磁石151及び磁石152を備えていないという点で異なっている。第6実施例のMEMSスキャナ106のその他の構成は、第2実施例のMEMSスキャナ102のその他の構成と同一であってもよい。

[0157] (6-2) MEMSスキャナの動作

続いて、図16を参照して、第6実施例に係るMEMSスキャナ106の動作の態様（具体的には、ミラー130を回転させる動作の態様）について説明する。ここに、図16は、第6実施例に係るMEMSスキャナ106による動作の態様を概念的に示す平面図である。

[0158] 第6実施例に係るMEMSスキャナ106の動作時には、第2実施例に係るMEMSスキャナ102の動作時と同様に、コイル140に制御電流（つまり、X軸駆動用制御電流及びY軸駆動用制御電流が重畳された制御電流）が供給される。

[0159] 一方で、コイル140には、磁石161及び162から磁界が付与されている。尚、第6実施例では、磁石161及び162から付与される磁界は、Y軸方向に沿った軸を回転軸としてミラー130を回転させるために用いられるのみならず、X軸方向に沿った軸を回転軸として第2ベース110-2を回転させるためにも用いられる。

[0160] 磁石161及び162は、Y軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺に対して磁界を付与する。一方で、磁石161及び162は、X軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺には、磁界を付与しないことが好ましい。但し、磁石161及び162は、X軸方向に沿って対向するコイル

140の2つの辺には、Y軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺に付与すべき磁界の漏れ磁束のみを付与してもよい。つまり、磁石161及び162は、X軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺には、積極的に磁界を付与しないことが好ましい。

[0161] ここで、図16に示すように、図16中の時計周りの方向に流れる制御電流がコイル140に供給されており、磁石161から磁石162に向かう磁界がコイル140に付与されている状況について説明する。この場合、図16に示すように、Y軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺のうちの一方の辺（例えば、図16の上側の辺）には、図16の紙面奥側から紙面手前側に向かうローレンツ力が発生する。同様に、図16に示すように、Y軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺のうちの他方の辺（例えば、図16の下側の辺）には、図16の紙面手前側から紙面奥側に向かうローレンツ力が発生する。尚、コイル140に供給される制御電流の向き（つまり、極性）が逆転した場合にも、同様のローレンツ力（但し、その方向が逆になる）が発生する。

[0162] その結果、コイル140に発生するローレンツ力（特に、主として、X軸駆動用制御電流に応じたローレンツ力）は、X軸方向に沿った軸を回転軸とする回転モーメントとしてコイル140に作用することになる。このため、コイル140は、X軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。その結果、第2実施例と同様に、第2ベース110-2もまた、X軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。

[0163] 加えて、コイル140に供給される制御電流がY軸駆動用制御電流を含んでいる場合には、X軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺に磁界が付与されていない場合であっても、以下の現象が発生することが本願発明者等によって行われた実験で確認された。具体的には、コイル140に供給される制御電流がY軸駆動用制御電流を含んでいる場合には、X軸方向に沿って対向するコイル140の2つの辺に磁界が付与されていない場合であっても、Y軸駆動用制御電流に応じたローレンツ力が、Y軸方向に沿って対向

するコイル 140 の 2 つの辺のうちの一方の辺（例えば、図 16 の上側の辺）に発生する。この Y 軸駆動用制御電流に応じたローレンツ力に起因して、コイル 140（或いは、当該コイル 140 が配置されている第 2 ベース 110-2）に微振動が発生する。その結果、第 2 ベース 110-2 は、第 2 実施例と同様に、X 軸の方向に沿って変形振動する。その結果、ミラー 130 は、Y 軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。

[0164] 加えて、X 軸方向に沿って対向するコイル 140 の 2 つの辺に磁界が積極的に付与されていない場合であっても、X 軸方向に沿って対向するコイル 140 の 2 つの辺には、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140 の 2 つの辺に積極的に付与した磁界の漏れ磁束が付与されることがある。その結果、X 軸方向に沿って対向するコイル 140 の 2 つの辺には、Y 軸駆動用制御電流に応じたローレンツ力がわずかながらに発生する。その結果、第 2 ベース 110-2 は、第 2 実施例と同様に、X 軸の方向に沿って変形振動する。その結果、ミラー 130 は、Y 軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。

[0165] 尚、本願発明者等によって行われた実験によれば、X 軸方向に沿って対向するコイル 140 の 2 つの辺に磁界が積極的に付与されているときのミラー 130 の回転のゲインは、60 dB であった。一方で、X 軸方向に沿って対向するコイル 140 の 2 つの辺に磁界が積極的に付与されていないときのミラー 130 の回転のゲインは、54 dB であった。つまり、X 軸方向に沿って対向するコイル 140 の 2 つの辺に磁界が積極的に付与されている MEMS スキャナと比較して、X 軸方向に沿って対向するコイル 140 の 2 つの辺に磁界が積極的に付与されていない MEMS スキャナでは、ミラー 130 の回転のゲインが 6 dB 程度減少する。しかしながら、本願発明者等によって行われた実験によれば、6 dB 程度のゲインの減少は、MEMS スキャナの動作に大きな悪影響を与える程度の減少には相当しない。

[0166] 以上説明したように、第 6 実施例の MEMS スキャナ 106 は、第 2 実施例の MEMS スキャナ 102 が享受する各種効果を好適に享受することができる。加えて、第 6 実施例の MEMS スキャナ 106 は、第 2 実施例の ME

MSスキャナ102と比較して、磁石151及び152を備えていなくともよくなる。このため、MEMSスキャナ106のより一層の小型化が実現される。

[0167] (7) 第7実施例

続いて、図17を参照して、MEMSスキャナの第7実施例について説明する。ここに、図17は、第7実施例に係るMEMSスキャナ107の基本構成を概念的に示す平面図である。尚、上述の第2実施例のMEMSスキャナ102と同一の構成については、同一の参照符号を付することでその詳細な説明を省略する。

[0168] 図17に示すように、第7実施例のMEMSスキャナ107は、第2実施例のMEMSスキャナ102と比較して、第1トーシヨンバー120a-1の特性と第1トーシヨンバー120b-1の特性とが一致しないという点で異なっている。第7実施例のMEMSスキャナ107のその他の構成は、第2実施例のMEMSスキャナ102のその他の構成と同一であってもよい。

[0169] より具体的には、第1トーシヨンバー120a-1の長さ（つまり、X軸方向に沿った長さ）が、第1トーシヨンバー120a-2の長さ（つまり、X軸方向に沿った長さ）と異なってもよい。或いは、第1トーシヨンバー120a-1の幅（つまり、Y軸方向に沿った長さ）が、第1トーシヨンバー120a-2の幅（つまり、Y軸方向に沿った長さ）と異なってもよい。或いは、第1トーシヨンバー120a-1の質量が、第1トーシヨンバー120a-2の質量と異なってもよい。或いは、第1トーシヨンバー120a-1の剛性が、第1トーシヨンバー120a-2の剛性と異なってもよい。或いは、第1トーシヨンバー120a-1の形状（例えば、外観形状や、断面形状等）が、第1トーシヨンバー120a-2の形状形状（例えば、外観形状や、断面形状等）と異なってもよい。

[0170] このとき、第1トーシヨンバー120a-1及び120b-1の夫々の特性は、第2ベース110-2の変形振動における節及び腹の位置を適切な位置に設定するという観点から適宜調整されることが好ましい。より具体的に

は、第1 トーションバー 120 a-1 及び第1 トーションバー 120 b-1 の夫々の特性は、コイル 140 及びミラー 130 の夫々のY軸方向に沿った回転軸に対応する箇所が、第2 ベース 110-2 の変形振動における節となるように、適宜調整されることが好ましい。

[0171] 以上説明したように、第7 実施例のMEMS スキャナ 107 は、第2 実施例のMEMS スキャナ 102 が享受する各種効果を好適に享受することができる。加えて、第7 実施例のMEMS スキャナ 107 は、第1 トーションバー 120 a-1 の特性と第1 トーションバー 120 b-1 の特性とを揃えなくともよくなる。このため、第1 トーションバー 120 a-1 及び120 b-1 の設計の自由度が高まる。仮に、第1 トーションバー 120 a-1 の特性と第1 トーションバー 120 b-1 の特性とを揃えたとすれば、第2 ベース 110-2 の変形振動における節及び腹の位置を適切な位置に設定するために、第2 ベース 110-2 の特性が調整されることになる。その結果、第2 ベース 110-2 の大型化を招いてしまいかねない。しかるに、第7 実施例では、第1 トーションバー 120 a-1 及び120 b-1 の夫々の特性を適宜調整することで、第2 ベース 110-2 の変形振動における節及び腹の位置が適切な位置に設定されることになる。このため、MEMS スキャナ 107 のより一層の小型化が実現される。

[0172] 尚、第1 実施例から第7 実施例で説明した各構成の一部を適宜組み合わせてもよい。この場合であっても、第1 実施例から第7 実施例で説明した各構成の一部を適宜組み合わせることによって得られるアクチュエータは、上述した各種効果を好適に享受することができる。

[0173] また、本発明は、請求の範囲及び明細書全体から読み取るこのできる発明の要旨又は思想に反しない範囲で適宜変更可能であり、そのような変更を伴う駆動装置もまた本発明の技術思想に含まれる。

符号の説明

[0174] 101 ~ 107 MEMS スキャナ
110 ベース

110-1 第1ベース

110-2 第2ベース

120a、120b トーションバー

120a-1、120b-1 第1トーションバー

120a-2、120b-2 第2トーションバー

130 ミラー

140 コイル

141 電源端子

151、152、161、162 磁石

170 磁気ヨーク

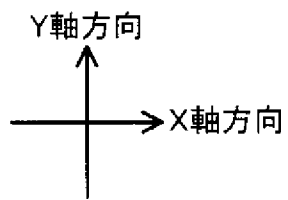
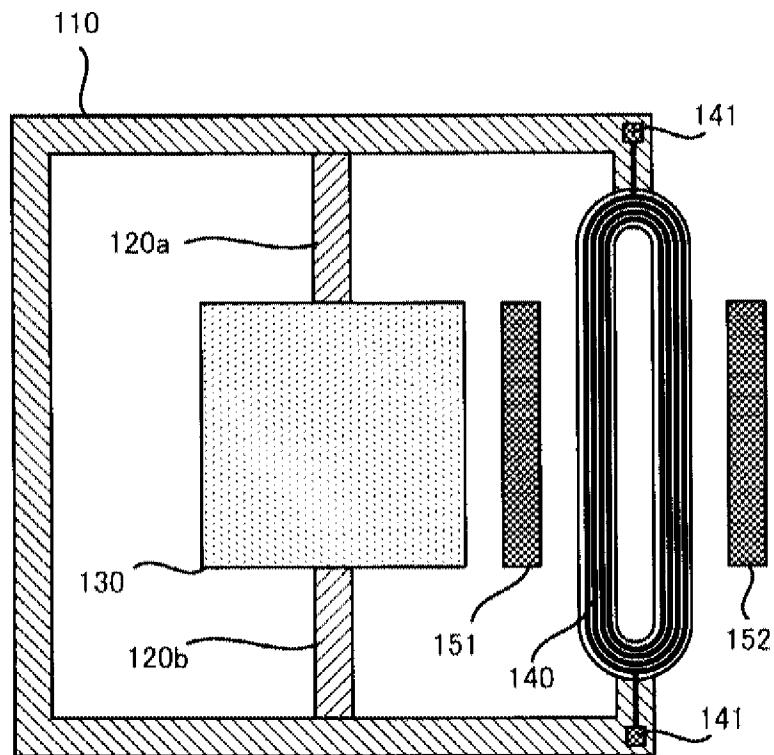
請求の範囲

- [請求項1] ベース部と、
 回転可能な被駆動部と、
 前記ベース部と前記被駆動部とを接続し、且つ前記被駆動部を一の方向に沿った軸を回転軸として回転させるような弾性を有する弾性部と、
 前記ベース部上に配置されるコイル部であって、且つ当該コイル部の巻き線の外側に前記被駆動部が配置されるコイル部と、
 前記コイル部に対して磁界を付与する磁界付与部と
 を備えることを特徴とする駆動装置。
- [請求項2] 前記コイル部の前記一方向に沿った回転軸は、前記被駆動部の前記一方向に沿った回転軸とは異なることを特徴とする請求項2に記載の駆動装置。
- [請求項3] 前記コイル部に供給される制御電流と前記磁界付与部が付与する磁界との電磁相互作用に起因して前記コイル部に発生するローレンツ力によって、前記コイル部は、前記一方向に沿った軸を回転軸として回転し、
 前記一方向に沿った軸を回転軸とする前記コイル部の回転に起因して、前記ベース部は、前記一方向とは異なる他の方向に沿って定常波状に変形振動し、
 前記ベース部の変形振動に起因して、前記被駆動部は、前記一方向に沿った軸を回転軸として回転することを特徴とする請求項1に記載の駆動装置。
- [請求項4] 前記コイル部の前記一方向に沿った回転軸及び前記被駆動部の前記一方向に沿った回転軸に対応する箇所には、前記ベース部の変形振動における節が現れ、
 前記コイル部の前記一方向に沿った回転軸と前記被駆動部の前記一方向に沿った回転軸との間の箇所には、前記ベース部の変形振動

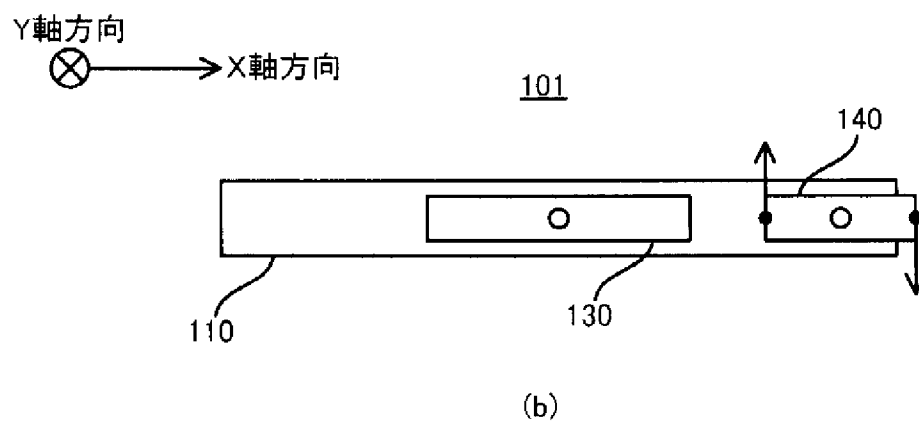
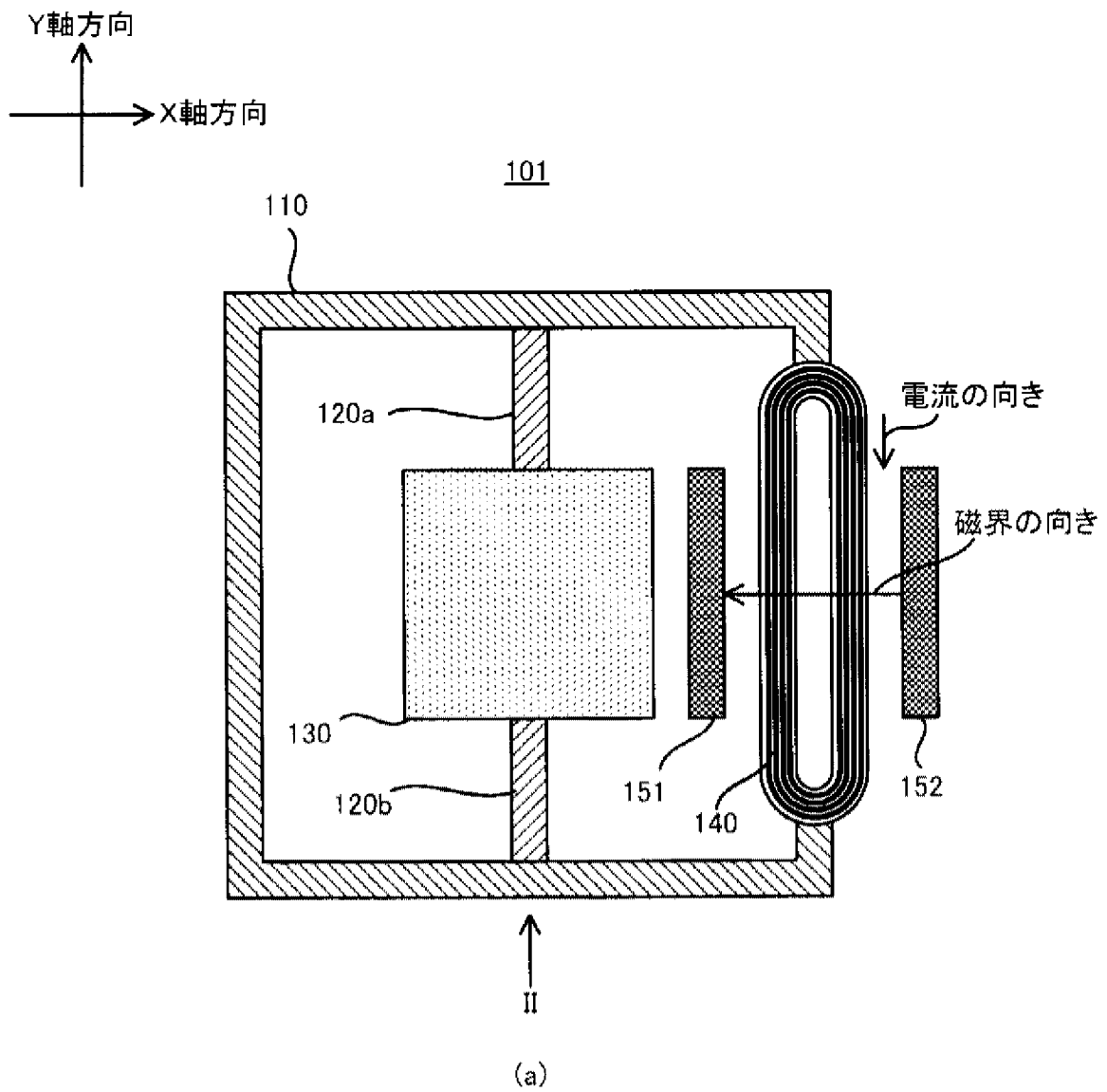
における腹が現れることを特徴とする請求項３に記載の駆動装置。

[請求項５] 前記一の方に沿った軸を回転軸とする前記コイル部の回転方向と前記一の方に沿った軸を回転軸とする前記被駆動部の回転方向とは、互いに逆になることを特徴とする請求項３に記載の駆動装置。

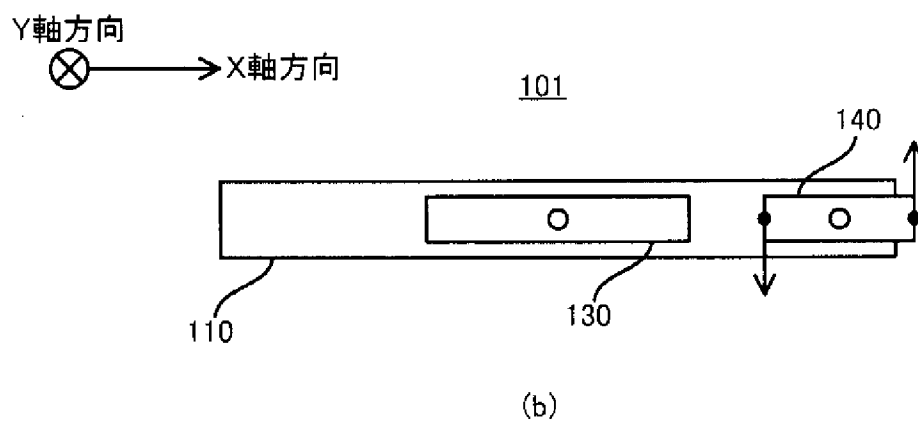
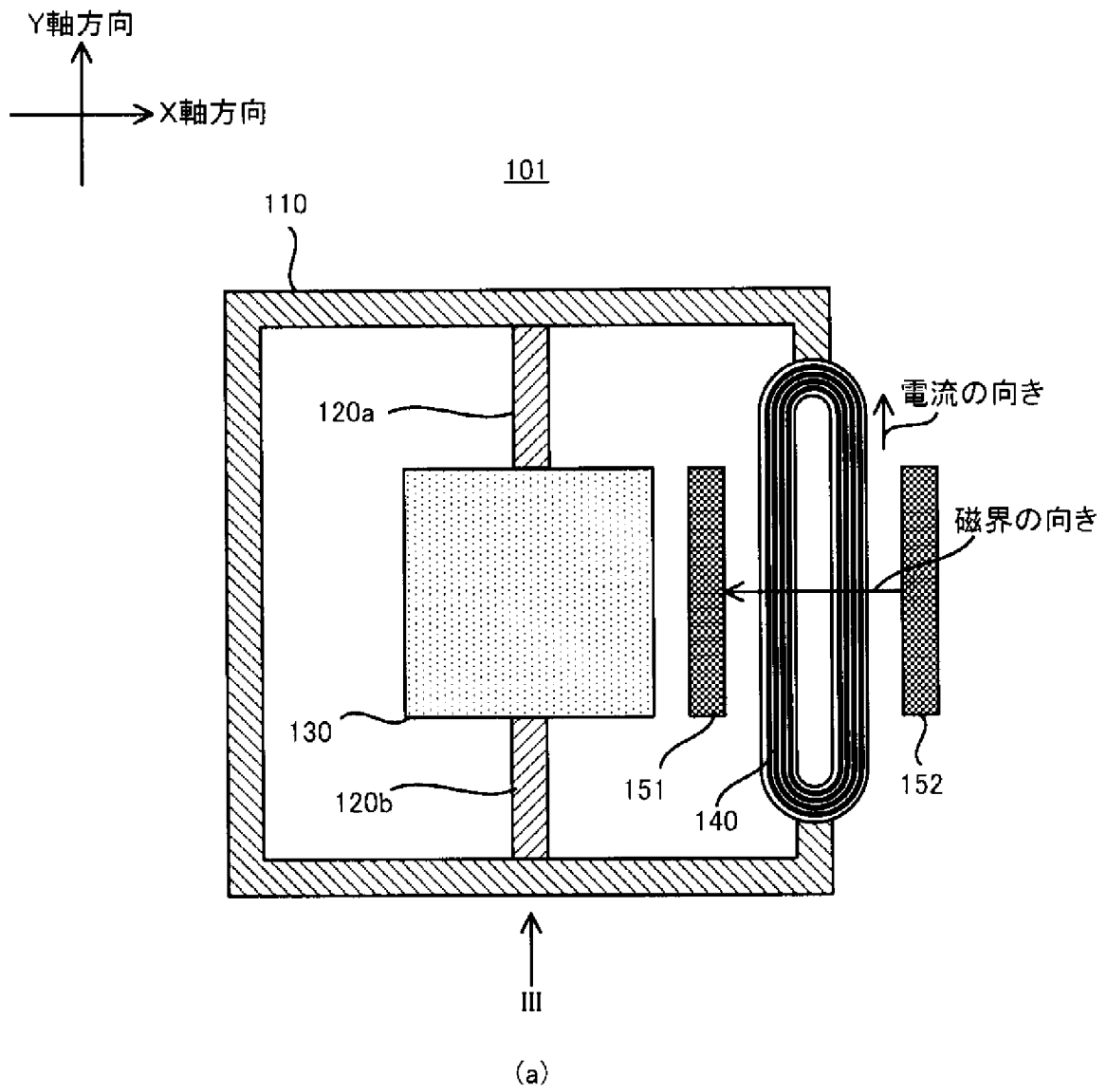
[図1]

101

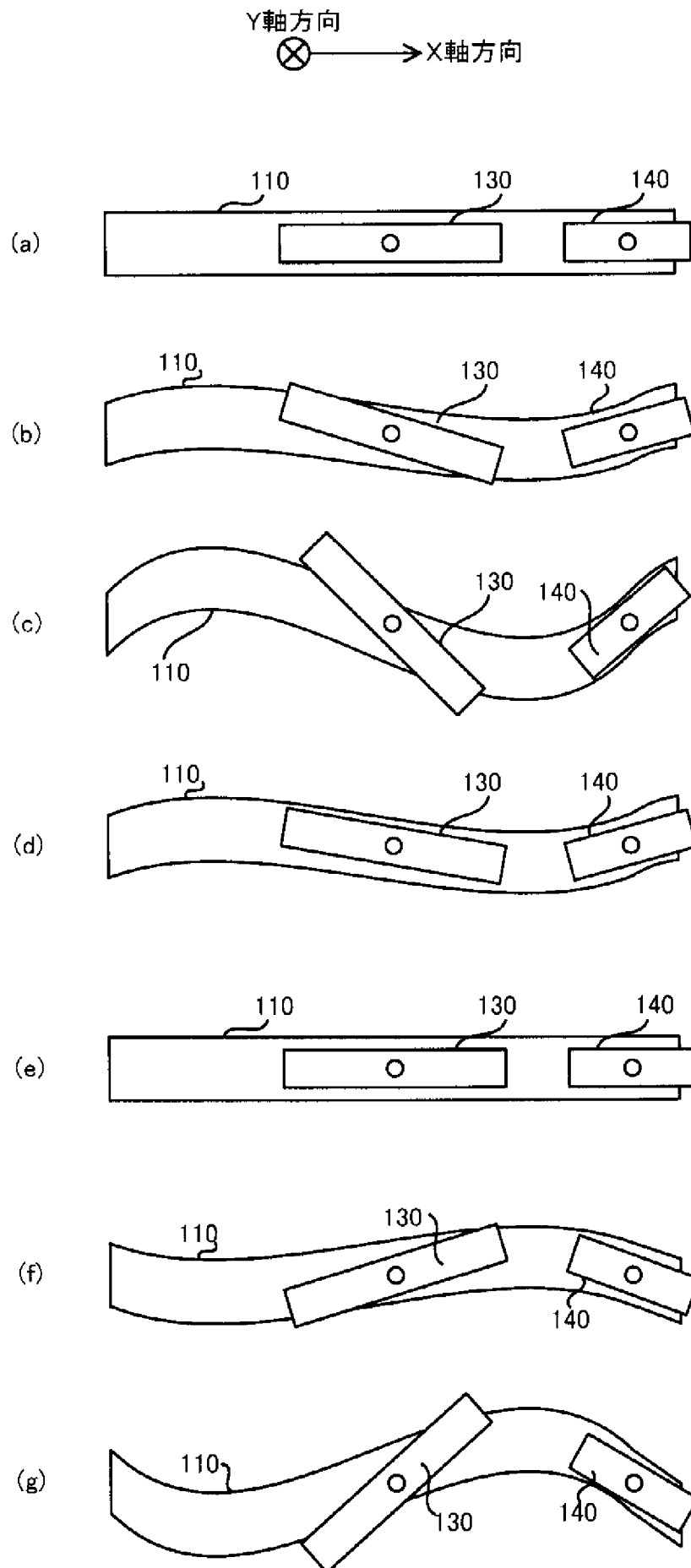
[図2]



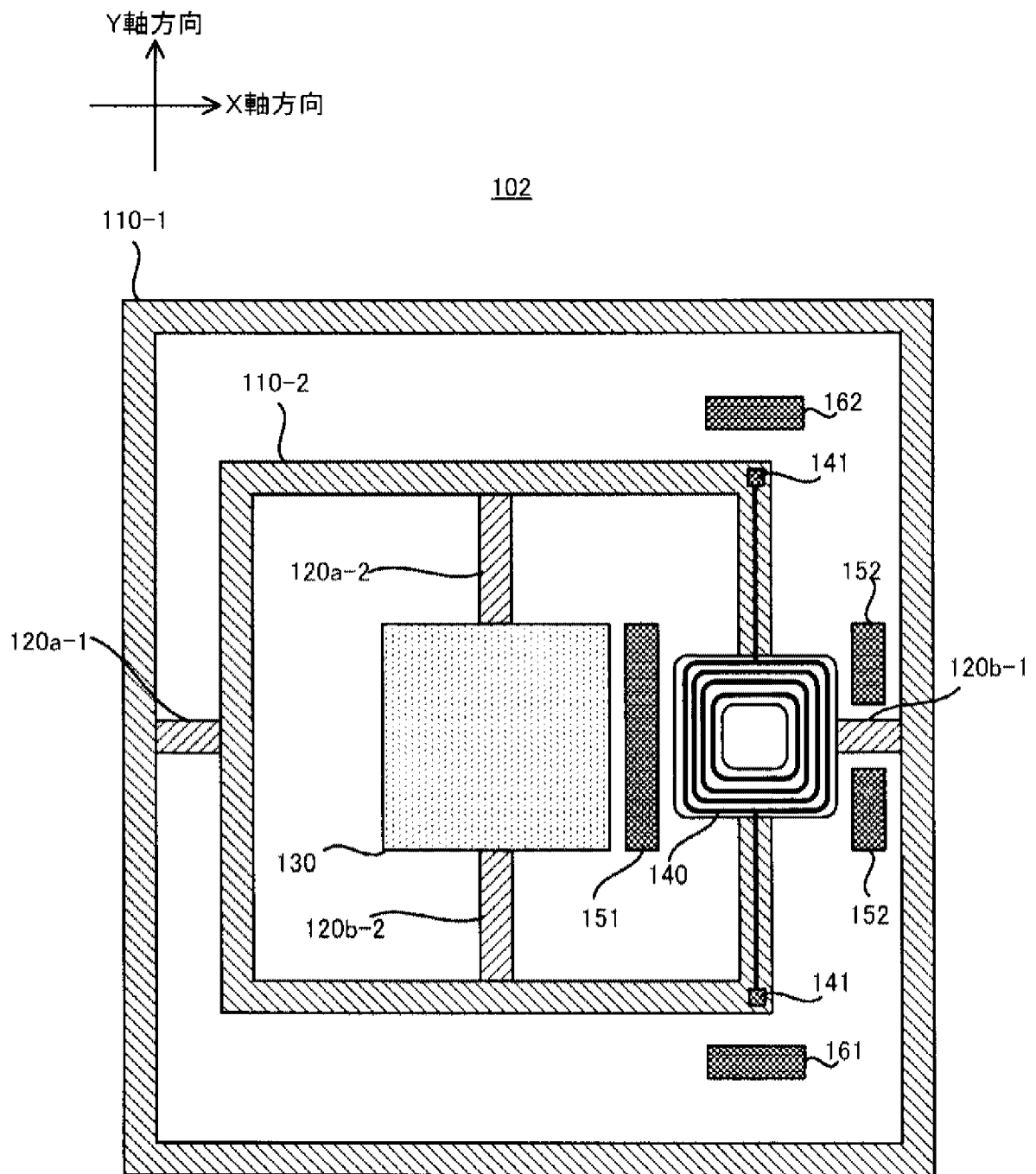
[図3]



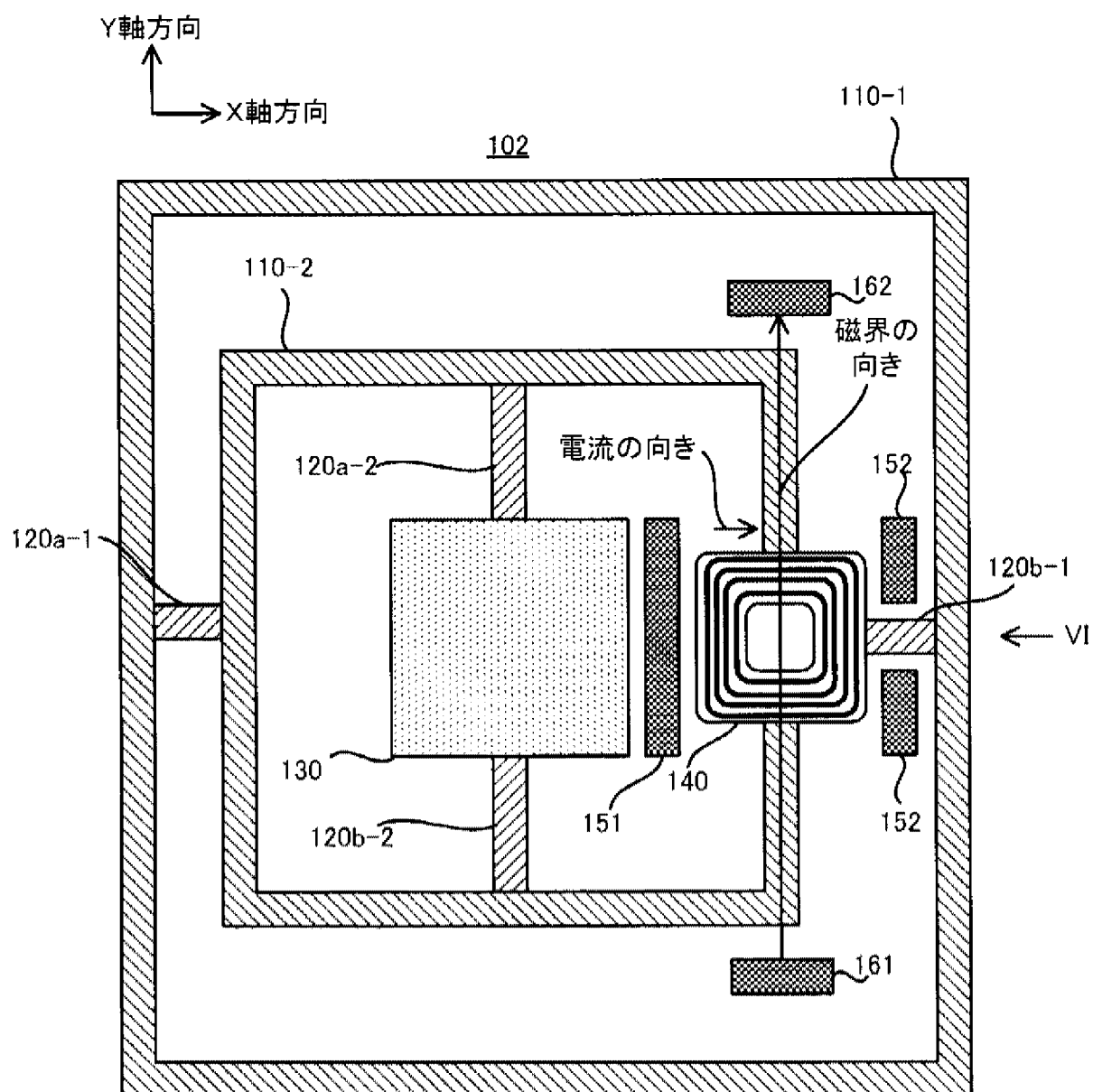
[図4]



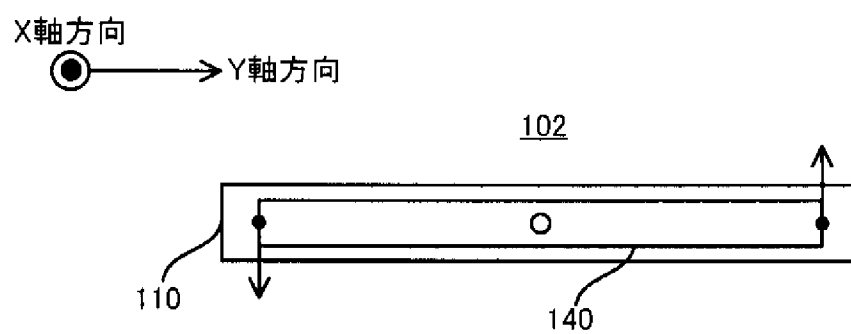
[図5]



[図6]

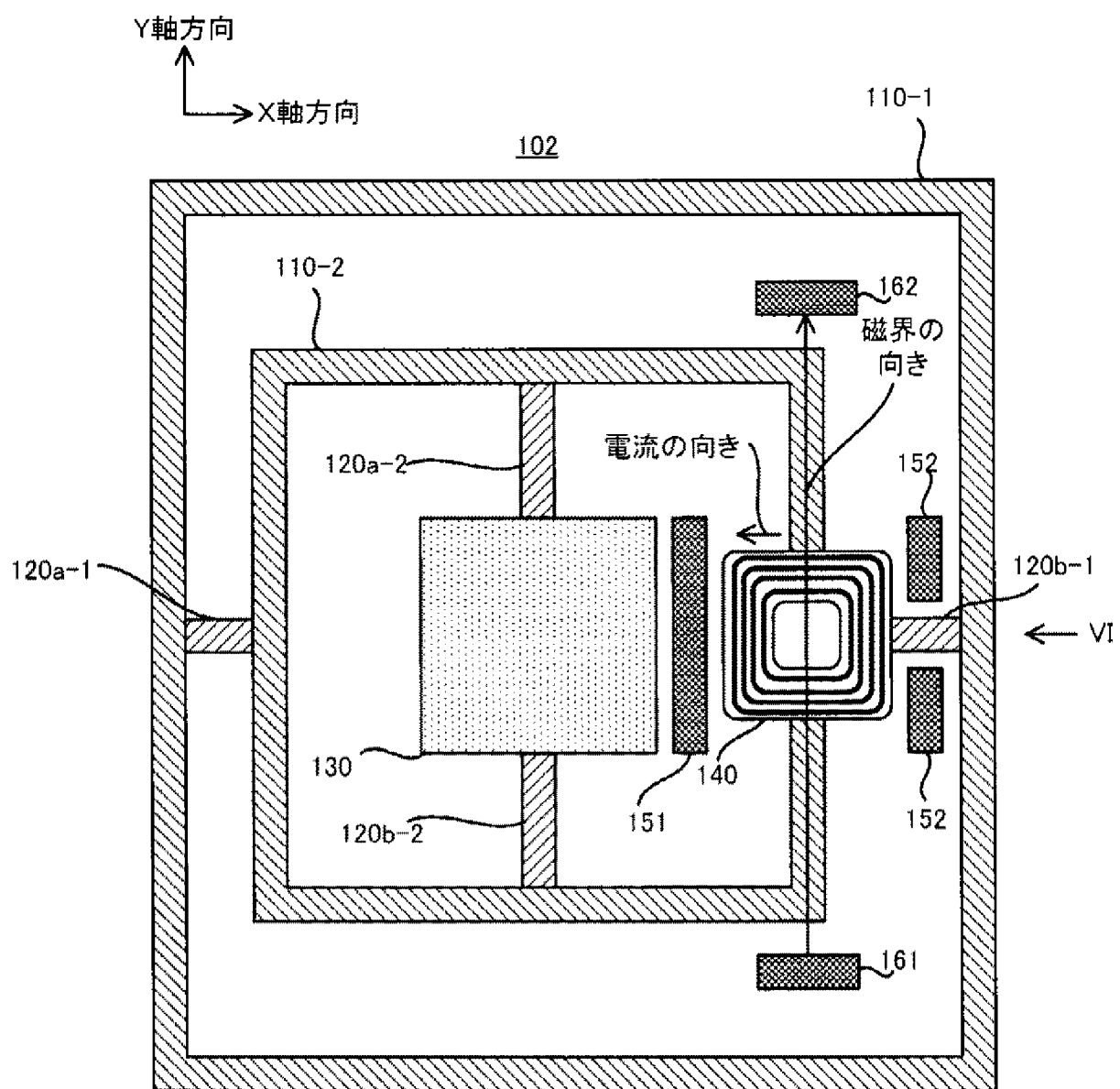


(a)

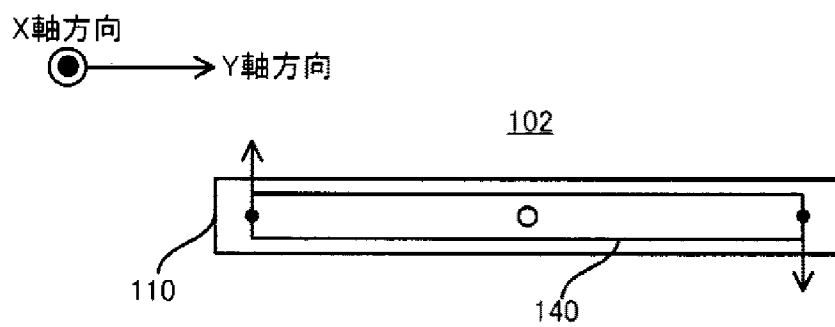


(b)

[図7]

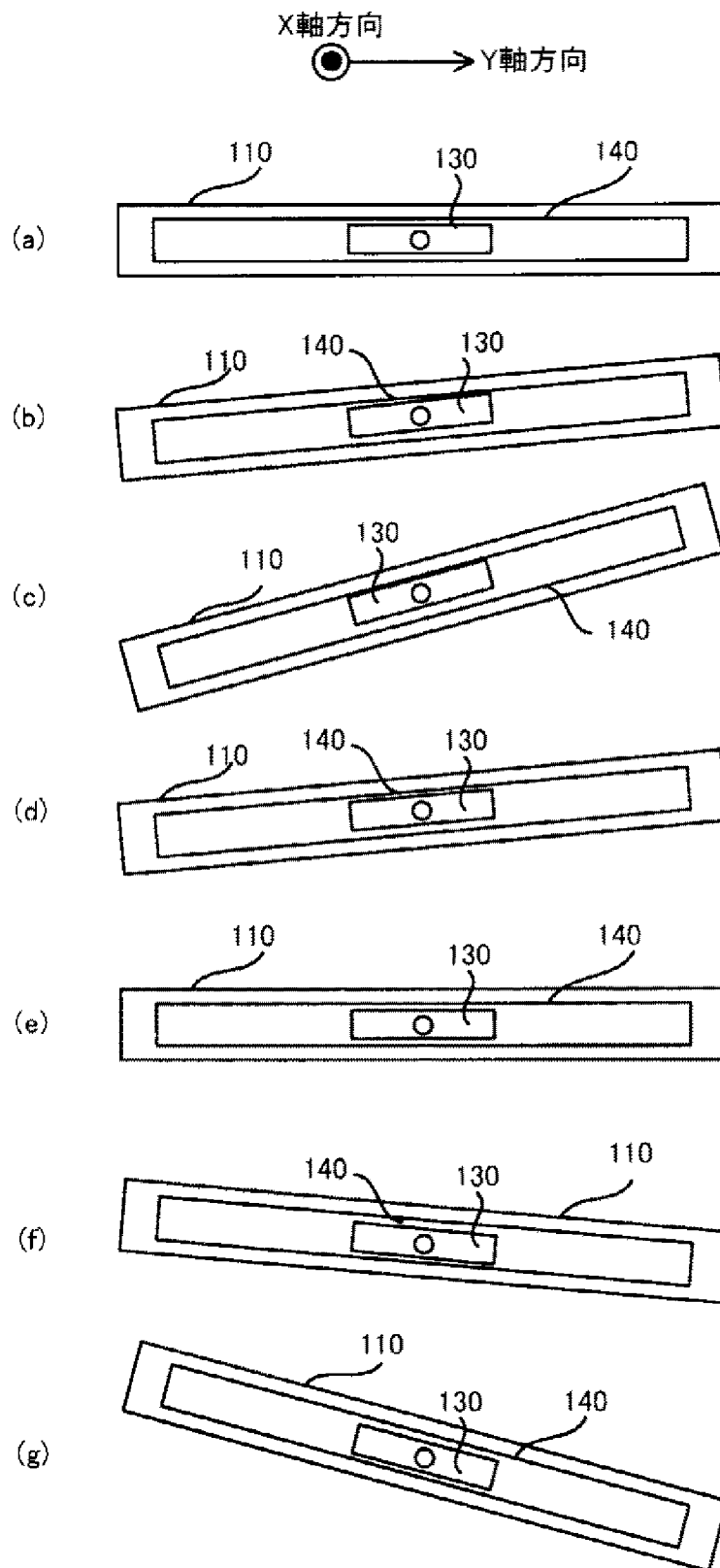


(a)

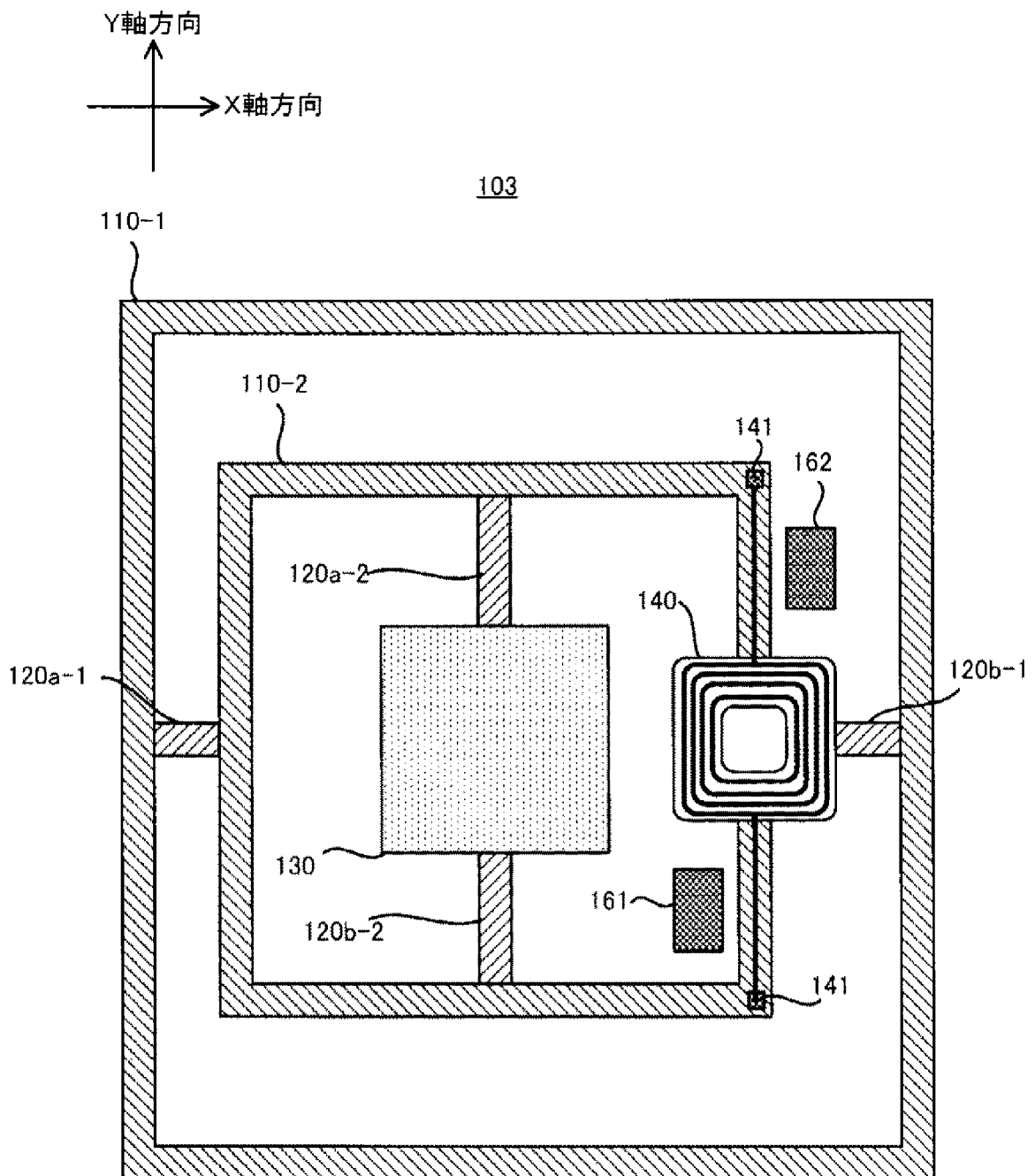


(b)

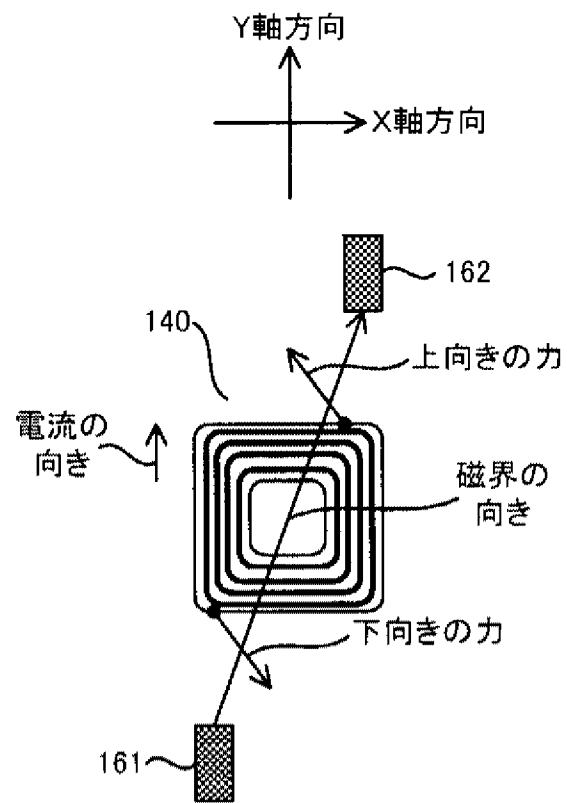
[図8]



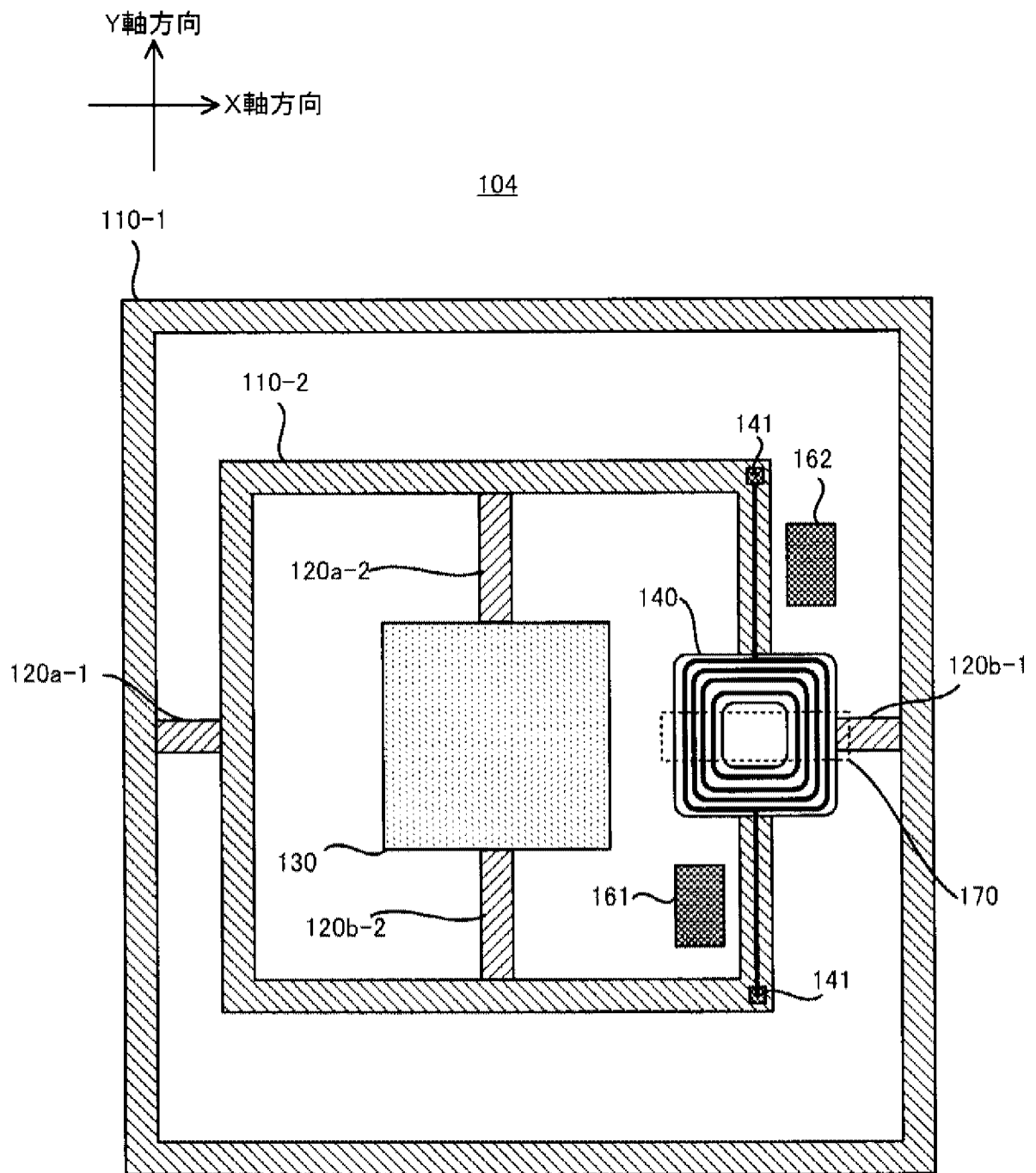
[図9]



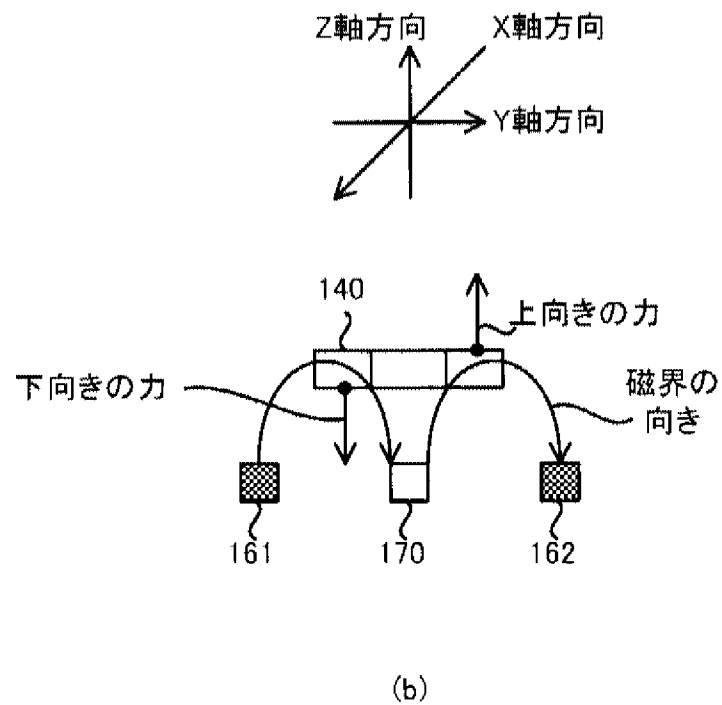
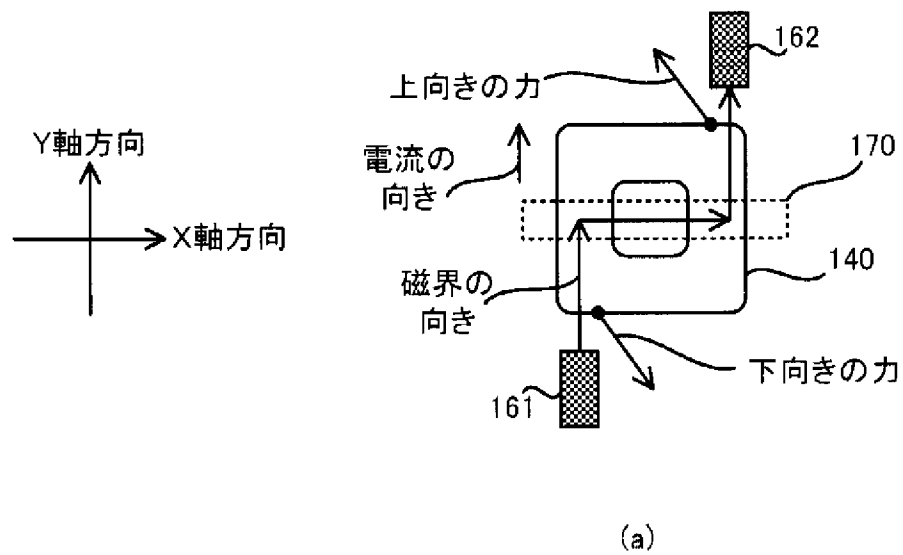
[図10]



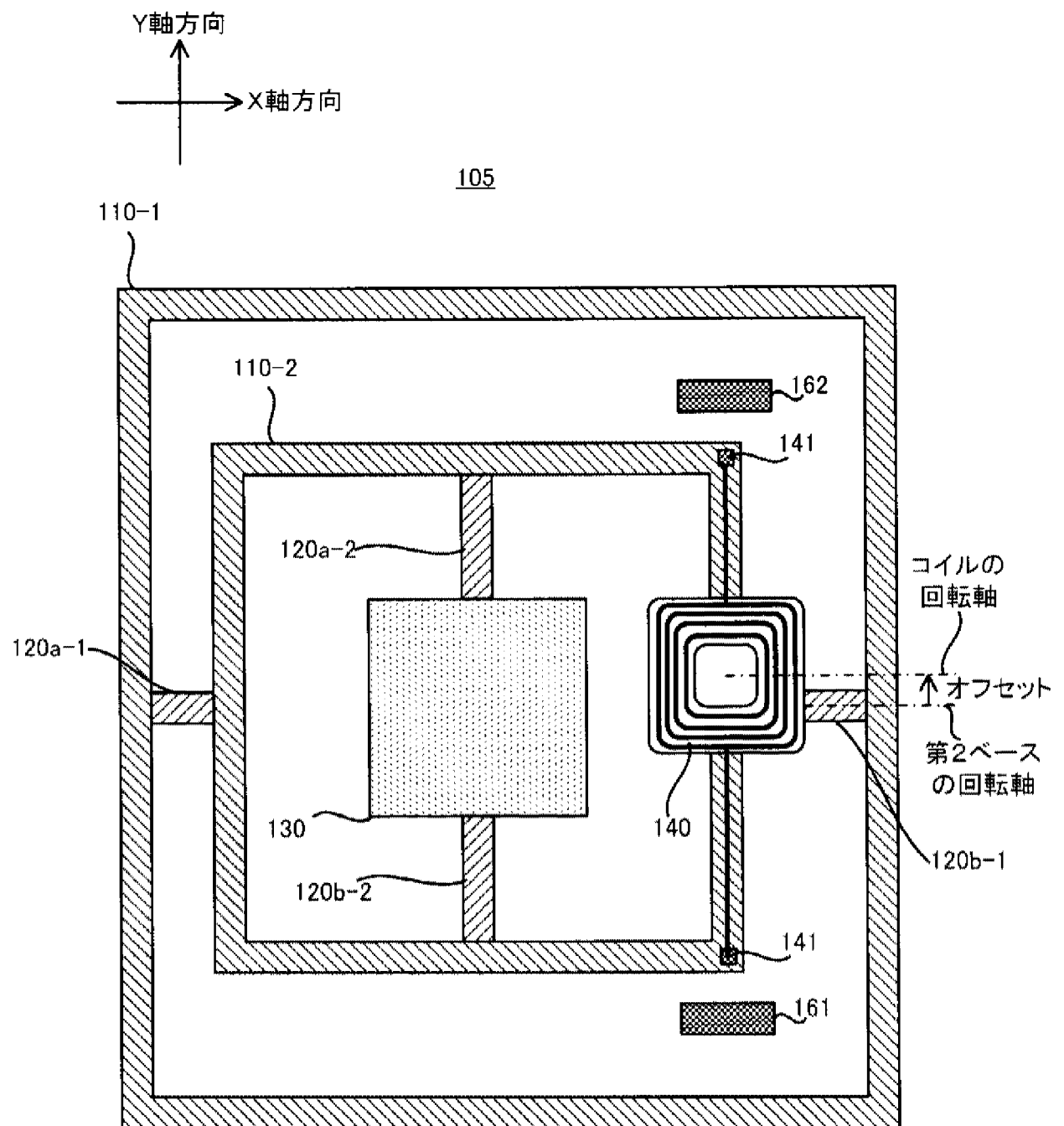
[図11]



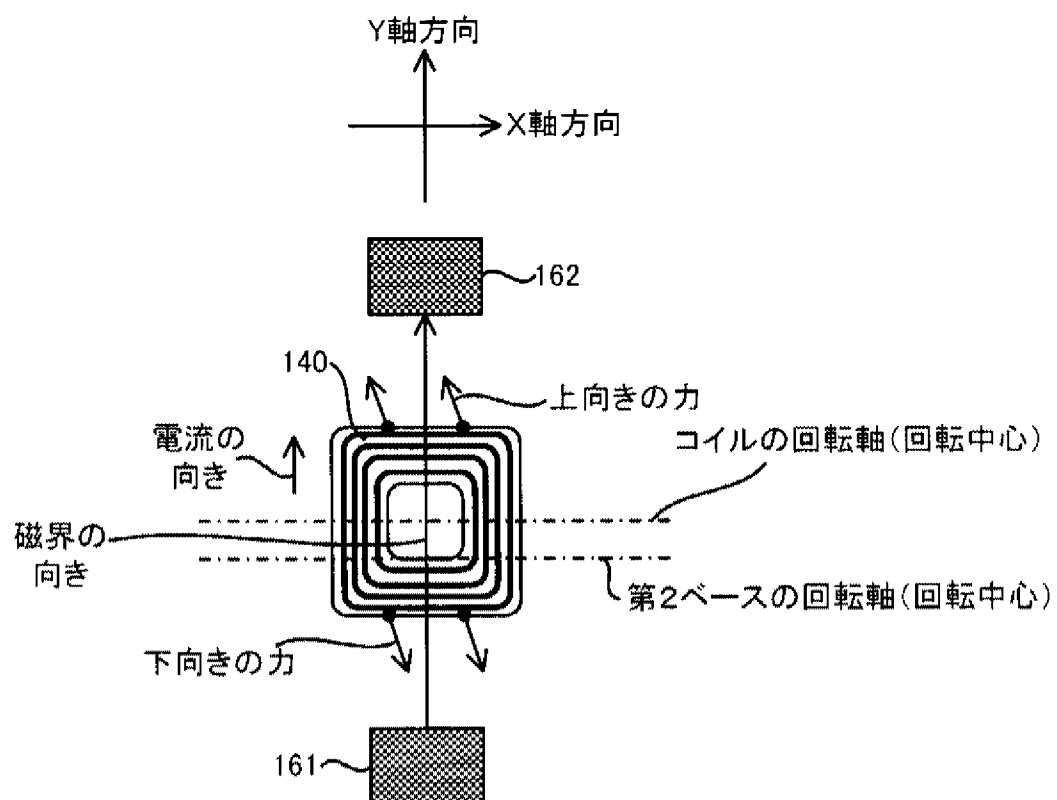
[図12]



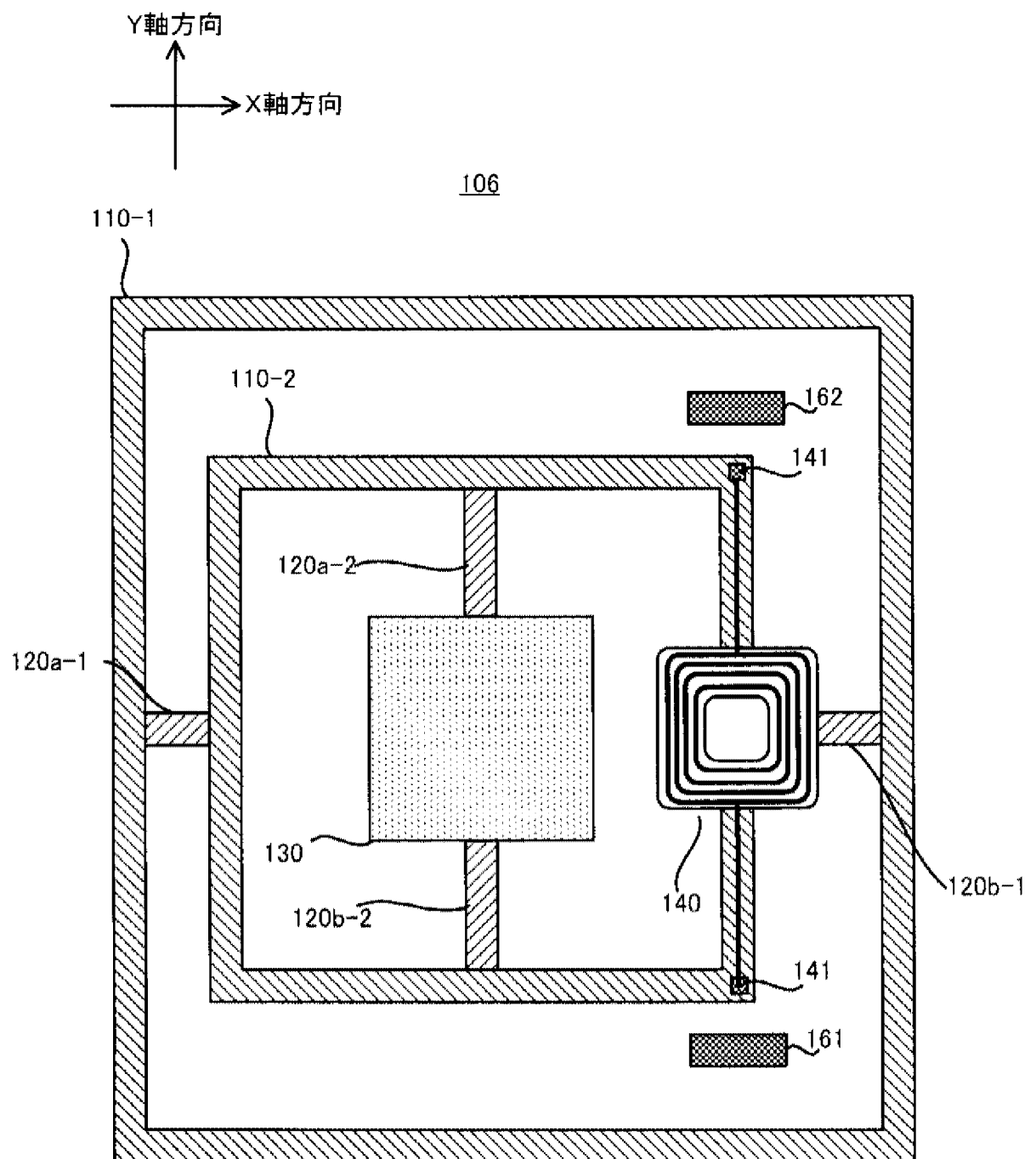
[図13]



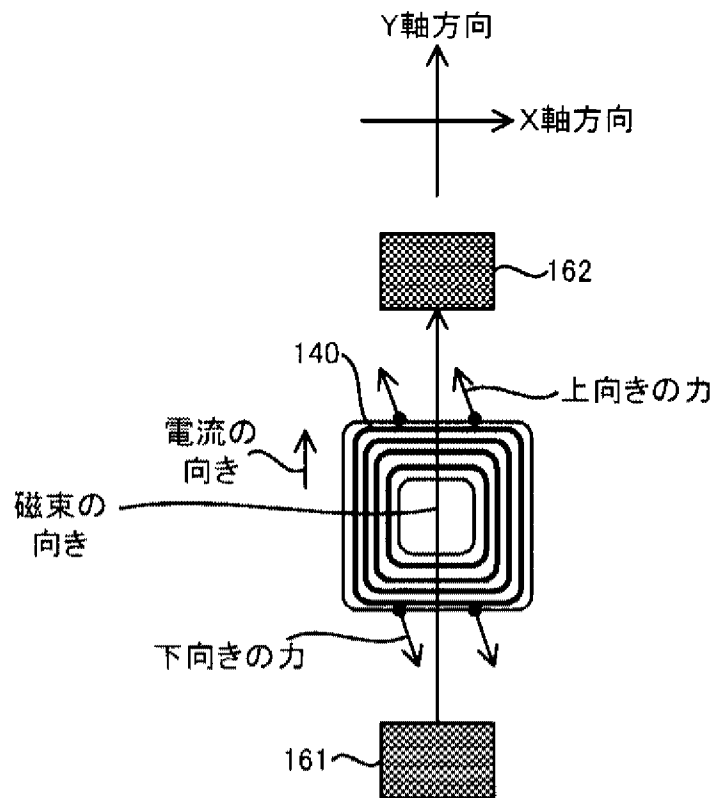
[図14]



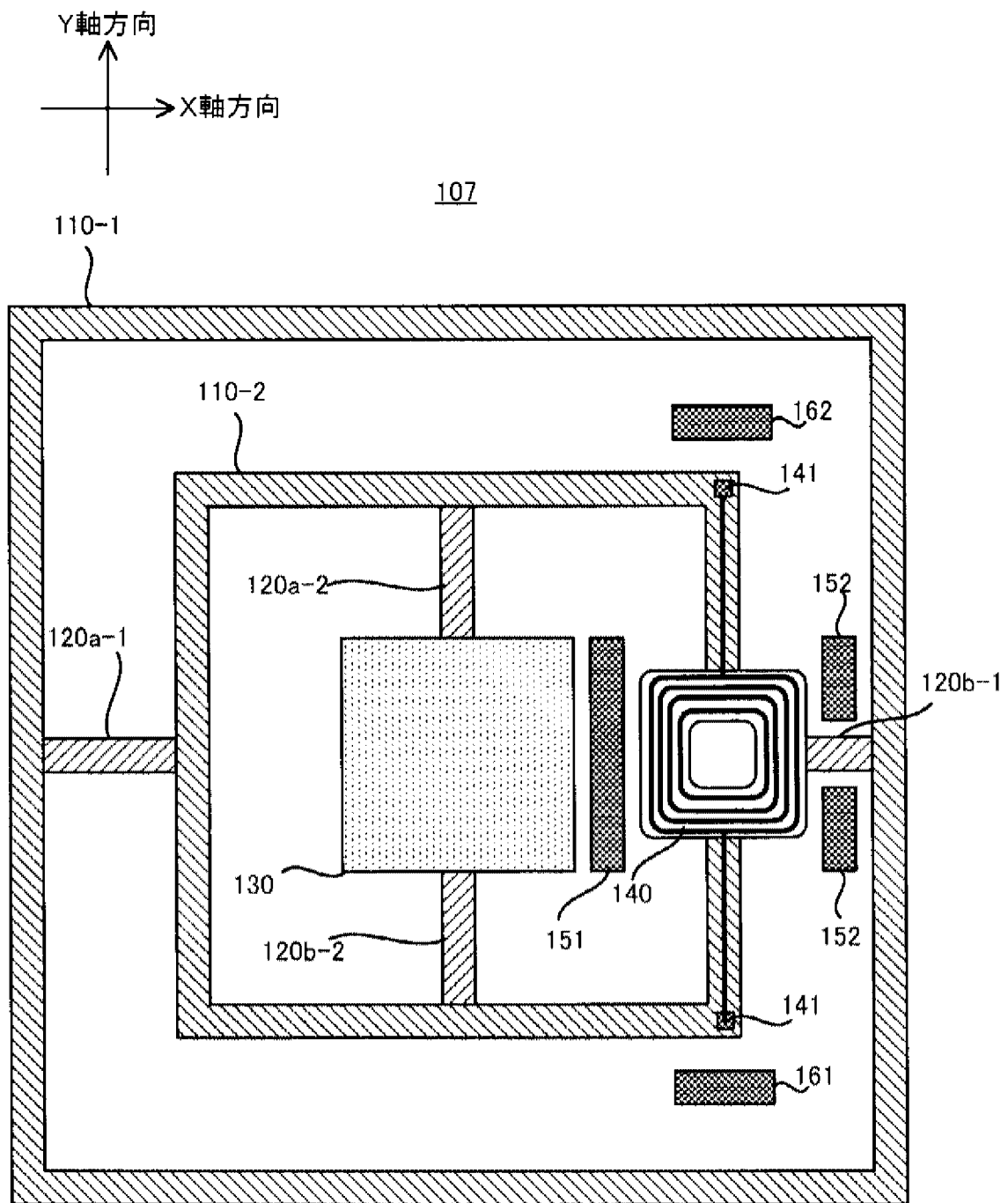
[図15]



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/062040

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K33/18 (2006.01) i, G02B26/10 (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)

H02K33/18, G02B26/10

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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 2008-203497 A (Canon Inc.), 04 September 2008 (04.09.2008), fig. 1, 6 & US 2008/0231930 A1	1
Y	US 2011/0199172 A1 (Tjalf Pirk et al.), 18 August 2011 (18.08.2011), paragraphs [0021] to [0059]; fig. 1A to 2B & EP 2332155 A & WO 2010/034551 A1	1-5
Y	JP 2008-122955 A (Samsung Electro-Mechanics Co., Ltd.), 29 May 2008 (29.05.2008), paragraphs [0021] to [0068]; fig. 1 to 9 & US 2008/0100898 A1 & EP 1918758 A2	1-5

☒ 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
20 June, 2012 (20.06.12)

Date of mailing of the international search report
03 July, 2012 (03.07.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/062040

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-350457 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 04 December 2002 (04.12.2002), paragraphs [0050] to [0058]; fig. 15 (Family: none)	2-5
Y	JP 2011-180322 A (Brother Industries, Ltd.), 15 September 2011 (15.09.2011), paragraphs [0037] to [0041]; fig. 1 to 3 (Family: none)	3-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/062040

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:

The invention of claim 1 does not have a special technical feature, since the invention does not make a contribution over the prior art in the light of the contents disclosed in the document 1 (JP 2008-203497 A (Canon Inc.), 04 September 2008 (04.09.2008), fig. 1, 6).

Consequently, this application does not have the requirement of unity of invention.

Meanwhile, the inventions of claims 1-2 are classified into main invention.

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.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. H02K33/18(2006.01)i, G02B26/10(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02K33/18, G02B26/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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 2008-203497 A（キヤノン株式会社）2008.09.04, 図 1, 6 & US 2008/0231930 A1	1
Y	US 2011/0199172 A1（Tjalf Pirk et al.）2011.08.18, 段落 [0021]-[0059]、Fig. 1A-Fig. 2B & EP 2332155 A & WO 2010/034551 A1	1-5
Y	JP 2008-122955 A（三星電機株式会社）2008.05.29, 段落【0021】-【0068】、図 1-9 & US 2008/0100898 A1 & EP 1918758 A2	1-5

☒ 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

2 0 . 0 6 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 3 . 0 7 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

森山 拓哉

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

3 V

3 9 2 4

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	JP 2002-350457 A (オリンパス光学工業株式会社) 2002. 12. 04, 段落【0050】 - 【0058】、図 15 (ファミリーなし)	2-5
Y	JP 2011-180322 A (ブラザー工業株式会社) 2011. 09. 15, 段落【0037】 - 【0041】、図 1-3 (ファミリーなし)	3-5

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（PCT17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PCT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。

請求項1に係る発明は、文献1 (JP 2008-203497 A (キヤノン株式会社) 2008.09.04, 図1,6) 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、特別な技術的特徴を有しない。

よって、この出願は発明の単一性の要件を有しない。

なお、請求項1－2に係る発明は、主発明に区分する。

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ので、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ので、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。