

(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 2013/168486 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/JP2013/059644
- (22) 国際出願日: 2013 年 3 月 29 日(29.03.2013)
- (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:
PCT/JP2012/062047 2012 年 5 月 10 日(10.05.2012) JP
- (71) 出願人: 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: 鈴木 純(SUZUKI, Jun); 〒2120031 神奈川県川崎市幸区新小倉 1 番 1 号 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

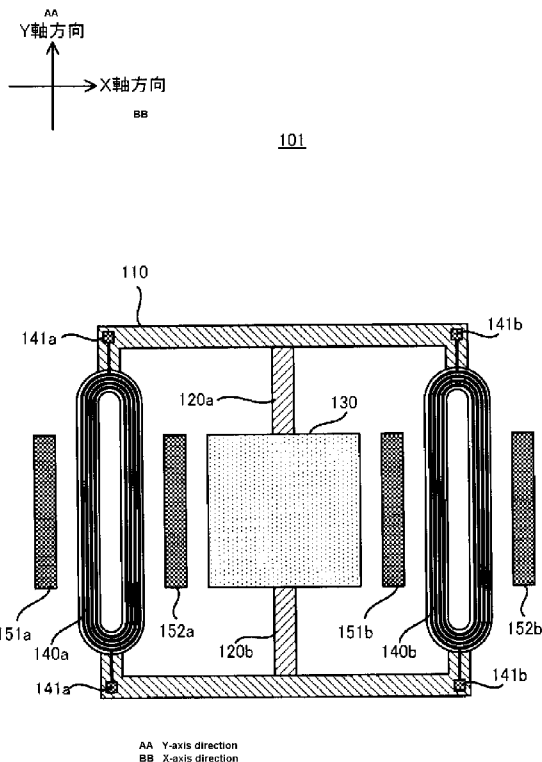
オークビル京橋 3 階 東京セントラル特許事務所内 Tokyo (JP).

- (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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, 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



(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 first coil (140a) that is disposed on the base, with the driven part being disposed on the outside of the windings of the first coil; a second coil (140b) that is disposed on the base in such a manner that the driven part is between the first coil and the second coil, with the driven part being disposed on the outside of the windings of the second coil; and magnetic field applying parts (151, 152) that each apply a magnetic field to the first coil and the second 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、ベース部上に配置され且つ巻き線の外側に被駆動部が配置される第 1 コイル部 (140a) と、第 1 コイル部との間に被駆動部を挟み込むようにベース部上に配置され且つ巻き線の外側に被駆動部が配置される第 2 コイル部 (140b) と、第 1 コイル部及び第 2 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 2013/168486 A1

WO 2013/168486 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）。

[0004] また、本発明に関連する先行技術文献として、特許文献1の他に、特許文献2から特許文献3がある。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特表2007-522529号公報

特許文献2：特開2008-122955号公報

特許文献3：特開2008-203497号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 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。

[0007] 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う。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。

[0008] 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型な駆動装置（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

[0009] 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第1コイル部であって、且つ当該第1コイル部の巻き線の外側に前記被駆動部が配置される第1コイル部と、前記第1コイル部との間に前記被駆動部を挟み込むように前記ベース部上に配置される第2コイル部であって、且つ当該第2コイル部の巻き線の外側に前記被駆動部が配置される第2コイル部と、前記第1コイル部及び前記第2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。

[0010] 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

[0011] [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]ミラーによって反射されたレーザ光の投影面を示す平面図である。

[図10]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11]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12]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13]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14]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15]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16]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17]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18]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。

[図19]第8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

[0012] 以下、駆動装置に係る実施形態について順に説明する。

[0013] <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第1コイル部であって、且つ当該第1コイル部の巻き線の外側に前記被駆動部が配置される第1コイル部と、前記第1コイル部との間に前記被

駆動部を挟み込むように前記ベース部上に配置される第2コイル部であって、且つ当該第2コイル部の巻き線の外側に前記被駆動部が配置される第2コイル部と、前記第1コイル部及び前記第2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。

[0014] 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。

[0015] 本実施形態の駆動装置では、第1コイル部及び第2コイル部の夫々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、一の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、第1コイル部及び第2コイル部の夫々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。

[0016] より具体的には、後に詳述するように、第1コイル部及び第2コイルの夫々には、一の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、一の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、第1コイル部及び第2コイルの夫々には、磁界付与部から磁界が付与される。このため、第1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、第1コイル部には、ローレンツ力が発生する。同

様に、第2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、第2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、一の方向に沿った軸を回転軸として回転する。

[0017] 本実施形態では特に、第1コイル部及び第2コイル部の夫々は、第1コイル部及び第2コイル部の夫々の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、第1コイル部及び第2コイル部の夫々は、第1コイル部及び第2コイル部の夫々の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、第1コイル部及び第2コイル部の夫々は、被駆動部が配置される箇所から所定方向（例えば、一の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、第1コイル部及び第2コイル部の夫々は、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。その結果、第1コイル部と被駆動部と第2コイル部とは、所定方向（例えば、他の方向）に沿ってこの順に配列するように配置される。尚、第1コイル部及び第2コイル部の夫々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、第1コイル部及び第2コイル部の夫々を配置可能な形状を有していることが好ましい。

[0018] このように、本実施形態では、被駆動部は、第1コイル部及び第2コイル部の夫々の巻き線の外側に位置することになる。従って、第1コイル部及び第2コイル部の夫々は、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、第1コイル部及び第2コイル部の少なくとも一方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、第1コイル部及び第2コイル部の夫々のサイズ（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、第1コイル部及び第2コイル部の夫々のサイズ（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、当該第1コイル部及び第2コイル部の夫々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、第1コイル部及び第2コイル部の少なくとも一方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、第1コイル部及び第2コイル部の夫々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、第1コイル部及び第2コイル部の少なくとも一方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。

[0019] 加えて、本実施形態では、被駆動部を取り囲むように第1コイル部及び第2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第1コイル部及び第2コイル部の少なくとも一方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、第1コイル部及び第2コイル部の夫々の中心上方（具体的には、第1コイル部及び第2コイル部の夫々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。

[0020] 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第1コイル部及び第2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2つのコイル部（例えば、被駆動部を間に挟み込むように配置される2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。

[0021] 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第1及び第2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。

[0022] <2>

本実施形態の駆動装置の他の態様では、前記第1コイル部及び前記第2コイル部は、前記被駆動部に対して対称な位置に配置される。

[0023] この態様によれば、第1コイル部及び第2コイル部が配置されたとしても、後に詳述するように、被駆動部並びに第1コイル部及び第2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。

[0024] <3>

本実施形態の駆動装置の他の態様では、前記第1コイル部及び前記第2コイル部の夫々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。

[0025] この態様によれば、第1コイル部及び第2コイル部の夫々の一方向に沿った回転軸と被駆動部の一方向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、第1コイル部及び第2コイル部の少なくとも一方の一方向に沿った回転軸と被駆動部の一方向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、第1コイル部及び第2コイル部の夫々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。

[0026] 尚、第1コイル部及び第2コイル部の夫々の一方向に沿った回転軸は、被駆動部の一方向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、第1コイル部は、第1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。同様に、第2コイル部は、第2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。

[0027] また、一の方向に沿った軸を回転軸とする第 1 及び第 2 コイル部の回転並びに一の方向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。

[0028] < 4 >

本実施形態の駆動装置の他の態様では、前記第 1 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第 1 コイル部に発生するローレンツ力によって、前記第 1 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、前記第 2 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第 2 コイル部に発生するローレンツ力によって、前記第 2 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第 1 コイル部及び前記第 2 コイル部の夫々の回転に起因して、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。

[0029] この態様によれば、第 1 コイル部及び第 2 コイル部の夫々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、一方向に沿った軸を回転軸として被駆動部が回転する。以下、一方向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。

[0030] 第 1 コイル部及び第 2 コイル部の夫々には、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。一方で、第 1 コイル部及び第 2 コイル部の夫々には、磁界付与部から磁界が付与される。このため、第 1 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、第 1 コイル部には、ローレンツ力が発生する。同様に、第 2 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、第 2 コイル部には、ローレンツ力が発生する。

[0031] このローレンツ力によって、第 1 コイル部及び第 2 コイル部の夫々は、一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)。このような一の方に沿った軸を回転軸とする第1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第1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第1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第1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第1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第1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第1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第1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。同様に、一の方に沿った軸を回転軸とする第2コイル部の回転を実現するために、他の方向に沿って対向する第2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第2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第2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第2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第2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第2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第2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第1コイル部及び第2コイル部の夫々に発生することで、第1コイル部及び第2コイル部の夫々は、一の方に沿った軸を回転軸として回転する。

[0032] 一の方に沿った軸を回転軸とする第1コイル部及び第2コイル部の夫々

の回転に伴って、第1コイル部及び第2コイル部の夫々が配置されているベース部は、一方向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。

[0033] 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、一方向に沿った軸を回転軸として回転してもよい。

[0034] <5>

上述の如くローレンツ力によって第1コイル部及び第2コイル部の夫々が回転する駆動装置の態様では、前記第1コイル部に発生するローレンツ力の大きさと前記第2コイル部に発生するローレンツ力の大きさは同一であるように構成してもよい。

[0035] このように構成すれば、第1コイル部に発生するローレンツ力及び第2コイル部に発生するローレンツ力に起因して、ベース部が好適に変形振動する。より具体的には、後に詳述するように、第1コイル部及び第2コイル部の夫々の一方向に沿った回転軸並びに被駆動部の一方向に沿った回転軸に対応する箇所にベース部の変形振動における節が現れる。加えて、第1コイル部及び第2コイル部の夫々の一方向に沿った回転軸と被駆動部の一方向に沿った回転軸との間の箇所にベース部の変形振動における腹が現れる。

その結果、被駆動部が好適に回転する。

[0036] <6>

上述の如くローレンツ力によって第1コイル部及び第2コイル部の夫々が回転する駆動装置の態様では、前記一の方に沿った軸を回転軸とする前記第1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第2コイル部の回転方向とは同一であるように構成してもよい。

[0037] このように構成すれば、第1コイル部に発生するローレンツ力及び第2コイル部に発生するローレンツ力に起因して、ベース部が好適に変形振動する。より具体的には、後に詳述するように、第1コイル部及び第2コイル部の夫々の一の方に沿った回転軸並びに被駆動部の一の方に沿った回転軸に対応する箇所にベース部の変形振動における節が現れる。加えて、第1コイル部及び第2コイル部の夫々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の間の箇所にベース部の変形振動における腹が現れる。その結果、被駆動部が好適に回転する。

[0038] <7>

上述の如くローレンツ力によって第1コイル部及び第2コイル部の夫々が回転する駆動装置の態様では、前記第1コイル部及び前記第2コイル部の夫々の前記一の方に沿った回転軸及び前記被駆動部の前記一の方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、前記第1コイル部及び前記第2コイル部の夫々の前記一の方に沿った回転軸と前記被駆動部の前記一の方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。

[0039] 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第1コイル部及び第2コイル部が配置されている。このため、被駆動部並びに第1コイル部及び第2コイル部の上下方向（具体的には、一の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。

[0040] <8>

上述の如くローレンツ力によって第1コイル部及び第2コイル部の夫々が回転する駆動装置の態様では、前記一の方に沿った軸を回転軸とする前記第1コイル部及び前記第2コイル部の夫々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。

[0041] この態様によれば、一の方に沿った軸を回転軸とする第1コイル部及び第2コイル部の夫々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。

[0042] 尚、一の方に沿った軸を回転軸とする第1コイル部及び第2コイル部の夫々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第1コイル部及び第2コイル部の夫々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。

[0043] 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第1コイル部及び第2コイル部の夫々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。

[0044] <9>

本実施形態の駆動装置の他の態様では、前記第1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第1コイル部に発生するローレンツ力によって、前記第1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、前記第2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第

2 コイル部に発生するローレンツ力によって、前記第2コイル部は、前記一
の方向に沿った軸を回転軸として回転し、前記第1コイル部に発生するロー
レンツ力及び前記第2コイル部に発生するローレンツ力に起因した、前記一
の方向に沿った回転軸周りの回転モーメントがゼロとなる。

[0045] この態様によれば、上述したように、ローレンツ力によって、第1コイル
部及び第2コイル部の夫々は、一の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)。

[0046] この態様では特に、第1コイル部に発生するローレンツ力及び第2コイル
部に発生するローレンツ力に起因した回転モーメント(特に、被駆動部の回
転軸(つまり、一の方向に沿った回転軸)周りの回転モーメントがゼロにな
る。例えば、第1コイル部に発生するローレンツ力に起因した回転モーメン
ト及び第2コイル部に発生するローレンツ力に起因した回転モーメントの夫
々がゼロになることで、第1コイル部に発生するローレンツ力及び第2コイ
ル部に発生するローレンツ力に起因した回転モーメントがゼロになってもよ
い。或いは、第1コイル部に発生するローレンツ力に起因した回転モーメン
トと第2コイル部に発生するローレンツ力に起因した回転モーメントとが互
いに相殺し合う関係にあることで、第1コイル部に発生するローレンツ力及
び第2コイル部に発生するローレンツ力に起因した回転モーメントがゼロに
なってもよい。

[0047] ここで、仮に、第1コイル部に発生するローレンツ力及び第2コイル部に
発生するローレンツ力に起因した回転モーメントがゼロにならない場合を想
定する。この場合には、当該回転モーメントにより、第1コイル部及び第2
コイル部が配置されているベース部は、一の方向に沿った軸を回転軸として
回転してしまう。ベース部が回転すると、当該ベース部上に配置されている
第1コイル部及び第2コイル部と、当該第1コイル部及び第2コイル部に対
して磁界を付与する磁界付与部との間の位置関係が大きく変わってしまう。
そうすると、磁界付与部は、配置位置が変わってしまう第1コイル部及び第
2コイル部に対して磁界を好適に付与するために、第1コイル部及び第2コ

イル部が配置される可能性のある箇所の全体に磁界を付与する必要がでてくる。しかしながら、第1コイル部及び第2コイル部が配置される可能性のある箇所の全体に磁界を付与するためには、磁界付与部の大型化を招いてしまう。

[0048] しかるに、この態様によれば、第1コイル部に発生するローレンツ力及び第2コイル部に発生するローレンツ力に起因した回転モーメントがゼロになるがゆえに、第1コイル部及び第2コイル部が配置されているベース部は、一の方向に沿った軸を回転軸として回転することは殆ど又は全くない。従って、ベース部上に配置されている第1コイル部及び第2コイル部の配置位置が大きく変わってしまうことは殆ど又は全くない。このため、磁界付与部の大型化を招くことが殆ど又は全くない。言い換えれば、磁界付与部の小型化を図ることができる。

[0049] <10>

上述の如く回転モーメントがゼロとなる駆動装置の他の態様では、前記第1コイル部及び前記第2コイル部並びに前記磁界付与部のうちの少なくとも一つは、前記回転モーメントがゼロとなる状態を実現できるような配置位置に配置されている。

[0050] この態様によれば、第1コイル部及び第2コイル部並びに磁界付与部のうちの少なくとも一つの配置位置の調整によって、回転モーメントがゼロとなる状態を比較的容易に実現できる。

[0051] <11>

上述の如く回転モーメントがゼロとなる駆動装置の他の態様では、前記第1コイル部及び前記第2コイル部のうちの少なくとも一方には、前記回転モーメントがゼロとなる状態を実現できるような前記制御電流が供給される。

[0052] この態様によれば、第1コイル部に供給される制御電流及び第2コイル部に供給される制御電流のうちの少なくとも一方の調整によって、回転モーメントがゼロとなる状態を比較的容易に実現できる。

[0053] <12>

上述の如く回転モーメントがゼロとなる駆動装置の他の態様では、前記磁界付与部は、前記回転モーメントがゼロとなる状態を実現できるような前記磁界を付与する。

[0054] この態様によれば、磁界付与部が第1コイル部に付与する磁界及び磁界付与部が第2コイル部に付与する磁界のうちの少なくとも一方の調整によって、回転モーメントがゼロとなる状態を比較的容易に実現できる。

[0055] <13>

上述の如く回転モーメントがゼロとなる駆動装置の他の態様では、前記一方向に沿った軸を回転軸とする前記第1コイル部及び前記第2コイル部の夫々の回転に起因して、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、前記第1コイル部に発生するローレンツ力及び前記第2コイル部に発生するローレンツ力に起因した前記回転モーメントではなく、前記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。

[0056] この態様によれば、第1コイル部及び第2コイル部に発生するローレンツ力に起因した回転モーメントがゼロになるがゆえに、被駆動部は、当該回転モーメントに起因して回転することは殆ど又は全くない。しかしながら、回転モーメントがゼロになる場合であっても、上述したように、一方向に沿った軸を回転軸とする第1コイル部及び第2コイル部の夫々の回転に伴って、第1コイル部及び第2コイル部の夫々が配置されているベース部は、一方向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。このようなベース部の変形振動に起因して、被駆動部は、一方向に沿った軸を回転軸として回転することができる。つまり、被駆動部は、第1コイル部及び第2コイル部に発生するローレンツ力に起因した回転モーメントがゼロとなる場合であっても、第1コイル部及び第2コイル部に発生するローレンツ力に起因したベース部の変形振動に起因して、一方向に沿った軸を回転軸として回転することができる。

[0057] 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。

[0058] 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、第1コイル部及び第2コイル部の夫々の巻き線の外側に配置される被駆動部と、弾性部と、第1コイル部と、第2コイル部と、磁界付与部とを備える。従って、第1コイル部及び第2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

[0059] 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。

[0060] (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。

[0061] (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。

[0062] 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140aと、コイル140bと、磁石151a及び152aと、磁石151b及び152bとを備えている。

[0063] 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。

[0064] 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。

[0065] トーションバー１２０ａ及び１２０ｂ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１２０ａ及び１２０ｂ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１２０ａ及び１２０ｂ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１２０ａ及び１２０ｂ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１２０ａ及び１２０ｂ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１２０ａ及び１２０ｂ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１２０ａ及び１２０ｂ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。

- [0066] 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。
- [0067] コイル 140 a 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 a は、矩形の形状を有している。特に、コイル 140 a 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 a 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 a 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 a は、長方形の形状を有している。但し、コイル 140 a 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。
- [0068] 同様に、コイル 140 b 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 b は、矩形の形状を有している。特に、コイル 140 b 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 b 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 b 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 b は、長方形の形状を有している。但し、コイル 140 b 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。
- [0069] コイル 140 a は、ベース 110 上に配置されている。特に、コイル 140 a 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140aが位置する(特に、コイル140a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140a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140a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140aは、ミラー130とコイル140a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140a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140aを構成する巻き線の内側に位置することはない。

[0070] 同様に、コイル140bは、ベース110上に配置されている。特に、コイル140b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140bが位置する(特に、コイル140b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140b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140b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140bは、ミラー130とコイル140b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140b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140bを構成する巻き線の内側に位置することはない。

[0071] コイル140a及び140bは、コイル140aとコイル140bとの間にミラー130が配置されるように、ベース110上に配置される。言い換

えれば、コイル140a及び140bは、コイル140aとミラー130とコイル140bとが、X軸方向に沿ってこの順に配置されるように、ベース110上に配置される。このとき、コイル140aとミラー130との間の距離は、コイル140bとミラー130との間の距離と同一であってもよい。つまり、コイル140a及び140bは、コイル140aとコイル140bとがミラー130に対して対称に配置されるように、ベース110上に配置されていてもよい。

[0072] コイル140aには、ベース110上に形成されている電源端子141a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。同様に、コイル140bには、ベース110上に形成されている電源端子141b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。

[0073] 磁石151a及び152aは、磁石151aと磁石152a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151a及び152aは、磁石151aと磁石152aとがX軸方向に沿ってコイル140aを挟み込むように配置される。加えて、磁石151a及び152aのいずれか一方が磁束の出射側になると共に、磁石151a及び152aのいずれか他方が磁束の入射側になる。尚、以下では、磁石151aが磁束の入射側になり且つ磁石152aが磁束の出射側になる例を用いて説明を進める。

[0074] 同様に、磁石151b及び152bは、磁石151bと磁石152b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151b及び152bは、磁石151bと磁石152bとがX軸方向に沿ってコイル140bを挟み込むように配置される。加えて、磁石151b及び152bのいずれか一方が磁束の出射側になると共に、磁石151b及び152bのいずれか

他方が磁束の入射側になる。尚、以下では、磁石 151b が磁束の入射側になり且つ磁石 152b が磁束の出射側になる例を用いて説明を進める。

[0075] (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。

[0076] 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 140a 及び 140b の夫々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。

[0077] 一方で、コイル140aには、磁石151a及び152aから磁界が付与されている。尚、磁石151a及び152aは、X軸方向に沿って対向するコイル140a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151a及び152aは、Y軸方向に沿って対向するコイル140a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151a及び152aは、Y軸方向に沿って対向するコイル140aの2つの辺に対して、磁界を付与してもよい。或いは、磁石151a及び152aは、Y軸方向に沿って対向するコイル140aの2つの辺に対して、Y軸方向に沿って対向するコイル140a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。

[0078] 従って、コイル140aには、コイル140aに供給されている制御電流とコイル140a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。

[0079] 同様に、コイル140bには、磁石151b及び152bから磁界が付与されている。尚、磁石151b及び152bは、X軸方向に沿って対向するコイル140b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151b及び152bは、Y軸方向に沿って対向するコイル140b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151b及び152bは、Y軸方向に沿って対向するコイル140bの2つの辺に対して、磁界を付与してもよい。或いは、磁石151b及び152bは、Y軸方向に沿って対向するコイル140bの2つの辺に対して、Y軸方向に沿って対向するコイル140b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。

[0080] 従って、コイル140bには、コイル140bに供給されている制御電流とコイル140b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。

[0081] 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140a及び140bの夫々に供給されており、磁石152aから磁石151aに向かう磁界がコイル140aに付与されており、磁石152bから磁石151bに向かう磁界がコイル140b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101を矢印11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140a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 F_{2a} （尚、 F_{2a} は、ベクトルを示すものとする）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140a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 F_{1a} （尚、 F_{1a} は、ベクトルを示すものとする）が発生する。つまり、X軸方向に沿って対向するコイル140a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140a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140aは、図2(b)における時計周りの方向に向かって回転する。加えて、図2(b)に示すように、X軸方向に沿って対向するコイル140bの2つの長辺のうちの右側（つまり、図2(a)では内側）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 F_{2b} （尚、 F_{2b} は、ベクトルを示すものとする）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140bの2つの長辺のうちの左側（つまり、図2(a)では外側）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 F_{1b} （尚、 F_{1b} は、ベクトルを示すものとする）が発生する。つまり、X軸方向に沿って対向するコイル140b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140b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140bは、図2(b)における時計周りの方向に向かって回転する。

[0082] このとき、コイル140aに発生するローレンツ力（つまり、ローレンツ力 F_{1a} 及び F_{2a} ）並びにコイル140bに発生するローレンツ力（つまり、ローレンツ力 F_{1b} 及び F_{2b} ）に起因した回転モーメント（特に、ミラー130の回転軸周りの回転モーメント）は、ゼロとなっていることが好ましい。この場合、例えば、ローレンツ力 F_{1a} 及び F_{2a} に起因した回転モーメントがゼロとなっており且つローレンツ力 F_{1b} 及び F_{2b} に起因した回転モーメントがゼロとなってもよい。

[0083] より具体的には、回転モーメントをベクトルで表現すれば、 $F_{1a} \times L_{1a} + F_{2a} \times L_{2a} + F_{1b} \times L_{1b} + F_{2b} \times L_{2b}$ がゼロベクトルとなっていることが好ましい。この場合、 $F_{1a} \times L_{1a} + F_{2a} \times L_{2a}$ がゼロベクトルとなっており且つ $F_{1b} \times L_{1b} + F_{2b} \times L_{2b}$ がゼロベクトルとなってもよい。但し、ミラー130の回転軸（言い換えれば、ミラー130の回転軸上に位置するミラー130の質点）からローレンツ力 F_{1a} の発生点に向かう方向ベクトルを、 L_{1a} と定義する。また、ミラー130の回転軸からローレンツ力 F_{2a} の発生点に向かう方向ベクトルを、 L_{2a} と定義する。また、ミラー130の回転軸からローレンツ力 F_{1b} の発生点に向かう方向ベクトルを、 L_{1b} と定義する。また、ミラー130の回転軸からローレンツ力 F_{2b} の発生点に向かう方向ベクトルを、 L_{2b} と定義する。

[0084] 或いは、回転モーメントを大きさで表現すれば、 $(|F_{1a}| \times |L_{1a}| - |F_{2a}| \times |L_{2a}|) - (|F_{1b}| \times |L_{1b}| - |F_{2b}| \times |L_{2b}|) = 0$ という数式が成立していることが好ましい。この場合、例えば、 $|F_{1a}| \times |L_{1a}| - |F_{2a}| \times |L_{2a}| = 0$ という数式及び $|F_{1b}| \times |L_{1b}| - |F_{2b}| \times |L_{2b}| = 0$ という数式の双方が成立していてもよい。

[0085] 尚、例えば、ローレンツ力 F_{1a} 及び F_{2a} は、主として、磁石151a及び152aの配置位置（特に、磁界を付与する対象であるコイル140aを基準とした配置位置）と、コイル140aに供給される制御電流と、磁石

151a及び152aの特性（例えば、残留磁束密度や保磁力や最大エネルギー積等で示される磁力の強度）によって決定される。また、例えば、ローレンツ力F1b及びF2bは、主として、磁石151b及び152bの配置位置（特に、磁界を付与する対象であるコイル140bを基準とした配置位置）と、コイル140bに供給される制御電流と、磁石151b及び152bの特性によって決定される。また、例えば、上述した方向ベクトルL1a及びL2aは、コイル140aの配置位置（特に、ミラー130の回転軸となるトーションバー120a及び120bを基準とした配置位置）によって決定される。また、例えば、上述した方向ベクトルL1b及びL2bは、コイル140bの配置位置（特に、ミラー130の回転軸となるトーションバー120a及び120bを基準とした配置位置）によって決定される。従って、ローレンツ力F1a及びF2a並びにローレンツ力F1b及びF2bに起因した回転モーメントがゼロとなる状態は、例えば、（i）コイル140a及び140bの配置位置（特に、ミラー130の回転軸となるトーションバー120a及び120bを基準とした配置位置）の調整、（ii）磁石151a及び152a並びに磁石151b及び152bの配置位置（特に、磁界を付与する対象であるコイル140a及び140bを基準とした配置位置）の調整、（iii）コイル140a及び140bに供給される制御電流の調整、及び（iv）磁石151a及び152a並びに磁石151b及び152bの特性（例えば、残留磁束密度や保磁力や最大エネルギー積等で示される磁力の強度）の調整のうちの少なくとも一つによって実現されてもよい。

[0086] 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140a及び140bの夫々に供給されており、磁石152aから磁石151aに向かう磁界がコイル140aに付与されており、磁石152bから磁石151bに向かう磁界がコイル140b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III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140a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140aの2つの長辺のうちの左側（つまり、図3（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140a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140a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140a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。加えて、図3（b）に示すように、X軸方向に沿って対向するコイル140bの2つの長辺のうちの右側（つまり、図2（a）では内側）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140bの2つの長辺のうちの左側（つまり、図3（a）では外側）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140b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140b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140b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。

[0087] このときも、コイル140aに発生するローレンツ力（つまり、ローレンツ力 F_{1a} 及び F_{2a} ）並びにコイル140bに発生するローレンツ力（つまり、ローレンツ力 F_{1b} 及び F_{2b} ）に起因した回転モーメント（特に、ミラー130の回転軸周りの回転モーメント）は、ゼロとなっていることが好ましい。例えば、ローレンツ力 F_{1a} 及び F_{2a} に起因した回転モーメントがゼロとなっており且つローレンツ力 F_{1b} 及び F_{2b} に起因した回転モーメントがゼロとなってもよい。

[0088] このとき、あるタイミングでコイル140aを時計回りの方向に向かって

回転させるローレンツ力（つまり、コイル140aに発生するローレンツ力）の大きさ及び方向は、あるタイミングでコイル140bを時計回りの方向に向かって回転させるローレンツ力（つまり、コイル140bに発生するローレンツ力）の大きさ及び方向と同一であってもよい。同様に、あるタイミングでコイル140aを反時計回りの方向に向かって回転させるローレンツ力（つまり、コイル140aに発生するローレンツ力F1a及びF2a）の大きさは、あるタイミングでコイル140bを反時計回りの方向に向かって回転させるローレンツ力（つまり、コイル140bに発生するローレンツ力F1b及びF2b）の大きさと同一であってもよい。より具体的には、X軸方向に沿って対向するコイル140aの2つの長辺のうちの右側（図2（b）参照）の長辺に発生するローレンツ力F1aの大きさ及び方向は、X軸方向に沿って対向するコイル140bの2つの長辺のうちの右側（図2（b）参照）の長辺に発生するローレンツ力F2bの大きさ及び方向と同一であってもよい。同様に、X軸方向に沿って対向するコイル140aの2つの長辺のうちの左側（図2（b）参照）の長辺に発生するローレンツ力F2aの大きさ及び方向は、X軸方向に沿って対向するコイル140bの2つの長辺のうちの左側（図2（b）参照）の長辺に発生するローレンツ力F1bの大きさ及び方向と同一であってもよい。このようなローレンツ力の大きさ及び方向を同一にするためには、磁石152aから磁石151aに向かう磁界の大きさと磁石152bから磁石151bに向かう磁界の大きさとを同一にすると共に、コイル140aに供給される制御電流とコイル140bに供給される制御電流とを同一にしてもよい。

[0089] このようなローレンツ力F1a及びF2a並びにローレンツ力F1b及びF2bによって、コイル140a及び140bの夫々は、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140a及び140bの夫々の回転軸は、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140a及び140bの夫々の回転軸は、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 a 及び 140 b の夫々の回転は、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。

[0090] 言い換えれば、第 1 実施例では、コイル 140 a に発生するローレンツ力 F_{1a} 及び F_{2a} 並びにコイル 140 a に発生するローレンツ力 F_{1b} 及び F_{2b} に起因した回転モーメント（特に、ミラー 130 の回転軸周りの回転モーメント）がゼロになっている。このため、コイル 140 a 及び 140 b が配置されているベース 110 が、当該回転モーメントに起因して Y 軸方向に沿った軸を回転軸として直接的に回転することは殆ど又は全くない。従って、ミラー 130 もまた、当該回転モーメントに起因して Y 軸方向に沿った軸を回転軸として直接的に回転することは殆ど又は全くない。

[0091] 一方で、Y 軸方向に沿った軸を回転軸とするコイル 140 a 及び 140 b の夫々の回転に伴って、コイル 140 a 及び 140 b の夫々からベース 110 に対して微振動が伝搬する。その結果、コイル 140 a 及び 140 b の夫々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。

[0092] 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。

[0093] ここで、Y軸方向に沿った軸を回転軸とするコイル140a及び140bの夫々の回転と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。

[0094] 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140a及び140bの夫々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。

[0095] 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140a及び140bの夫々が図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140a及び140bの夫々の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140a及び140bの夫々の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。

[0096] 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の剛性が

相対的に高くなると共に、ベース 1 1 0 のうち腹となる箇所は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 1 1 0 のうち節となる箇所にリブが形成されると共にベース 1 1 0 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 1 1 0 の箇所は、剛性が相対的に高いため、コイル 1 4 0 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 1 1 0 の箇所は、剛性が相対的に低いため、コイル 1 4 0 の回転に伴って屈曲しやすい。その結果、ベース 1 1 0 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。

[0097] 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 1 4 0 a 及び 1 4 0 b の夫々の回転に伴って、ベース 1 1 0 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 1 1 0 は、ミラー 1 3 0 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 1 1 0 の変形振動に合わせて、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。つまり、第 1 実施例では、ミラー 1 3 0 は、ローレンツ力 F_{1a} 及び F_{2a} 並びにローレンツ力 F_{1b} 及び F_{2b} に起因した回転モーメントではなく、ローレンツ力 F_{1a} 及び F_{2a} 並びにローレンツ力 F_{1b} 及び F_{2b} に起因したベース 1 1 0 の変形振動によって、Y 軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。

[0098] 尚、図 4 (a) から図 4 (g) に示すように、典型的には、コイル 1 4 0 a 及び 1 4 0 b の夫々の回転方向とミラー 1 3 0 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 1 4 0 a 及び 1 4 0 b の夫々が反時計回りに回転している状態では、ミラー 1 3 0 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 1 4 0 a 及び 1 4 0 b の夫々が時計回りに回転している状態では、ミラー 1 3 0 が反時計回りに回転する。尚、図 4 (g) に示す状態のコイル 1 4 0 a 及び 1 4 0 b の夫々、ベース 1 1 0 並びにミラー 1 3 0 は、そ

の後、図4（f）に示す状態を経てから図4（a）に示す状態に遷移する。以降、コイル140a及び140bの夫々、ベース110並びにミラー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。

[0099] また、図4（a）から図4（g）は、コイル140a及び140bの夫々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140a及び140bの夫々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。

[0100] 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140a及び140bの夫々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。

[0101] 加えて、図4（a）から図4（g）に示すように、典型的には、コイル140aの回転方向とコイル140bの回転方向とは、互いに同一となる。具体的には、図4（a）から図4（c）に示すように、コイル140aが反時計回りに回転している状態では、コイル140bもまた反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140aが時計回りに回転している状態では、コイル140bもまた時計回りに回転する。

[0102] 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。

[0103] 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140a及び140bの夫々の巻き線の外側に位置することになる。従って、コイル140a及び140bの夫々は、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140a及び140bの少なくとも一方がミラー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140a及び140bの夫々のサイズ（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140a及び140bの夫々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140aに対して磁界を付与するための磁石151a及び152aのサイズもまた、相対的に小さくすることができる。同様に、当該コイル140bに対して磁界を付与するための磁石151b及び152b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140a及び140bの少なくとも一方がミラー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140aと磁石151a及び152aとの間の磁気ギャップ並びにコイル140bと磁石151b及び152b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140a及び140bの少なくとも一方がミラー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。

[0104] 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140a及び140bの夫々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140a及び140bの少なくとも一方が配置される比較例のMEMSスキャナと比較して、磁石151a及び152a並びに磁石151b及び152bの配置の自由度が相対的に高くなる。このため、コイル140aの中心上方（具体的には、コイル140aの巻き線の内側の上方）に磁石151a及び152aを配置することができる。特に、コイル

140aの中心上方に磁石151a及び152aを配置したとしても、当該磁石151a及び152aがミラー130の上方の光路を遮ることはない。同様に、コイル140bの中心上方（具体的には、コイル140bの巻き線の内側の上方）に磁石151b及び152bを配置することができる。特に、コイル140bの中心上方に磁石151b及び152bを配置したとしても、当該磁石151b及び152b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151a及び152a並びに磁石151b及び152bの配置の自由度が相対的に高くなる。

[0105] 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140a及び140bの夫々が配置されている。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140a及び140bの夫々の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並びにコイル140a及び140bの夫々の上下方向（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。

[0106] 加えて、第1実施例では、ミラー130の両側にコイル140a及びコイル140bが対称的に配置される。このため、ミラー130の回転に対する重量バランスが取れている。従って、コイル140a及びコイル140bをベース110に配置したとしても、ミラー130の好適な回転が妨げられることは殆ど又は全くない。

[0107] 加えて、第1実施例では、コイル140aに発生するローレンツ力F1a及びF2a並びにコイル140bに発生するローレンツ力F1b及びF2b

に起因した回転モーメントがゼロになる。

[0108] ここで、仮に、コイル140aに発生するローレンツ力F1a及びF2a並びにコイル140bに発生するローレンツ力F1b及びF2bに起因した回転モーメントがゼロにならない場合を想定する。この場合には、当該回転モーメントにより、コイル140a及び140bが配置されているベース110は、Y軸方向に沿った軸を回転軸として回転してしまう。ベース110が回転すると、当該ベース110上に配置されているコイル140aと、当該コイル140aに磁界を付与する磁石151a及び152aとの間の位置関係が大きく変わってしまう。具体的には、磁石151aと磁石152aとの間の空間内におけるコイル140aの配置位置が変わってしまう。そうすると、磁石151a及び152aは、配置位置が変わってしまうコイル140aに対して磁界を好適に付与するために、コイル140aが配置される可能性のある箇所（つまり、ベース110を構成する4つの辺のうちコイル140aが配置されている1つの辺が、ベース110の回転に伴って移動する領域）の全体に磁界を付与する必要がある。例えば、磁石151a及び152aは、ベース110の回転振幅に相当する厚さないしは高さを有する必要がある。つまり、コイル140aが配置される可能性のある箇所の全体に磁界を付与するためには、磁石151a及び152aの大型化を招いてしまう。尚、磁石151b及び152bについても、磁石151a及び152aと同様のことが言える。

[0109] しかるに、第1実施例によれば、コイル140aに発生するローレンツ力F1a及びF2a並びにコイル140bに発生するローレンツ力F1b及びF2bに起因した回転モーメントがゼロになる。従って、ベース110は、Y軸方向に沿った軸を回転軸として回転することは殆ど又は全くない。従って、コイル140aと磁石151a及び152aとの間の位置関係が大きく変わってしまうことは殆ど又は全くない。同様に、コイル140bと磁石151b及び152bとの間の位置関係が大きく変わってしまうことは殆ど又は全くない。このため、磁石151a及び152a並びに磁石151b及び

152bの大型化を招くことが殆ど又は全くない。言い換えれば、磁石151a及び152a並びに磁石151b及び152bの小型化を図ることができる。

[0110] 尚、コイル140aと磁石151a及び152aとの間の位置関係は、コイル140a単体の回転によっても変わり得る。しかしながら、一般的には、コイル140a単体の回転振幅と比較して、ベース110の回転振幅が非常に大きくなると想定される。つまり、ベース110の回転に起因したコイル140aと磁石151a及び152aとの間の位置関係の変化量と比較して、コイル140a単体の回転に起因したコイル140aと磁石151a及び152aとの間の位置関係の変化量が非常に小さくなると想定される。従って、ベース110が回転していない限りは、コイル140a単体が回転していたとしても、コイル140aと磁石151a及び152aとの間の位置関係が大きく変わってしまうことは殆ど又は全くないとみなしてもよい。尚、コイル140b単体の回転に起因したコイル140bと磁石151b及び152bとの間の位置関係の変化についても同様のことが言える。

[0111] 尚、コイル140a及び140bの夫々に発生するローレンツ力F1a及びF2a並びにF1b及びF2b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140a及び140bの夫々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5実施例においても同様である。

[0112] (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。

[0113] (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。

[0114] 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140aと、コイル140bと、磁石151a及び152aと、磁石151b及び152bと、磁石161a及び162aと、磁石161b及び162bとを備えている。

[0115] 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。

[0116] 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。

[0117] 第1トーションバー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トーションバー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。

[0118] 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。

[0119] 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。

[0120] 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。

[0121] 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1

20a-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。

[0122] 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。

[0123] コイル140a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140aは、矩形の形状を有している。特に、コイル140a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140aは、正形状の形状を有している。但し、コイル140a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。

[0124] 同様に、コイル140b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140bは、矩形の形状を有している。特に、コイル140b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140bは、正形状の形状を有している。但し、コイル140b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。

[0125] コイル140aは、第2ベース110-2上に配置されている。特に、コイル140a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140aが位置する(特に、コイル140a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140a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140a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140aは、ミラー130とコイル140a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140a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140aを構成する巻き線の内側に位置することはない。

[0126] 同様に、コイル140bは、第2ベース110-2上に配置されている。特に、コイル140b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140bが位置する(特に、コイル140b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140b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140b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140bは、ミラー130とコイル140b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140b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140bを構成する巻き線の内側に位置することはない。

[0127] コイル140a及び140bは、コイル140aとコイル140bとの間にミラー130が配置されるように、第2ベース110-2上に配置される

。言い換えれば、コイル140a及び140bは、コイル140aとミラー130とコイル140bとが、X軸方向に沿ってこの順に配置されるように、第2ベース110-2上に配置される。このとき、コイル140aとミラー130との間の距離は、コイル140bとミラー130との間の距離と同一であってもよい。つまり、コイル140a及び140bは、コイル140aとコイル140bとがミラー130に対して対称に配置されるように、第2ベース110-2上に配置されていてもよい。

[0128] コイル140aには、第2ベース110-2上に形成されている電源端子141a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。同様に、コイル140bには、第2ベース110-2上に形成されている電源端子141b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。

[0129] 磁石151a及び152aは、磁石151aと磁石152a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151a及び152aは、磁石151aと磁石152aとがX軸方向に沿ってコイル140aを挟み込むように配置される。加えて、磁石151a及び152aのいずれか一方が磁束の出射側になると共に、磁石151a及び152aのいずれか他方が磁

束の入射側になる。尚、以下では、磁石 1 5 1 a が磁束の入射側になり且つ磁石 1 5 2 a が磁束の出射側になる例を用いて説明を進める。

[0130] 尚、磁石 1 5 1 a 及び磁石 1 5 2 a 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 1 3 0 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 1 5 1 a 及び 1 5 2 a 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 1 3 0 を回転させるための磁界）を、“Y 軸駆動用磁界”と称する。

[0131] 同様に、磁石 1 5 1 b 及び 1 5 2 b は、磁石 1 5 1 b と磁石 1 5 2 b 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 1 5 1 b 及び 1 5 2 b は、磁石 1 5 1 b と磁石 1 5 2 b とが X 軸方向に沿ってコイル 1 4 0 b を挟み込むように配置される。加えて、磁石 1 5 1 b 及び 1 5 2 b のいずれか一方が磁束の出射側になると共に、磁石 1 5 1 b 及び 1 5 2 b のいずれか他方が磁束の入射側になる。尚、以下では、磁石 1 5 1 b が磁束の入射側になり且つ磁石 1 5 2 b が磁束の出射側になる例を用いて説明を進める。

[0132] 尚、磁石 1 5 1 b 及び磁石 1 5 2 b 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 1 3 0 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 1 5 1 b 及び 1 5 2 b 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 1 3 0 を回転させるための磁界）を、“Y 軸駆動用磁界”と称する。

[0133] 磁石 1 6 1 a 及び 1 6 2 a は、磁石 1 6 1 a と磁石 1 6 2 a 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 1 6 1 a 及び 1 6 2 a は、磁石 1 6 1 a と磁石 1 6 2 a とが Y 軸方向に沿ってコイル 1 4 0 a を挟み込むように配置される。加えて、磁石 1 6 1 a 及び 1 6 2 a のいずれか一方が磁束の出射側になると共に、磁石 1 6 1 a 及び 1 6 2 a のいずれか他方が磁束の入射側になる。尚、以下では、磁石 1 6 1 a が磁束の出射側になり且つ磁石 1 6 2 a が磁束の入射側になる例を用いて説明を進める。

[0134] 尚、磁石 1 6 1 a 及び磁石 1 6 2 a 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 1 1 0 - 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 1 6 1 a 及び 1 6 2 a 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 1 1 0 - 2 を回転させるための磁界）を、“X 軸駆動用磁界”と称する。

[0135] 磁石 1 6 1 b 及び 1 6 2 b は、磁石 1 6 1 b と磁石 1 6 2 b 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 1 6 1 b 及び 1 6 2 b は、磁石 1 6 1 b と磁石 1 6 2 b とが Y 軸方向に沿ってコイル 1 4 0 b を挟み込むように配置される。加えて、磁石 1 6 1 b 及び 1 6 2 b のいずれか一方が磁束の出射側になると共に、磁石 1 6 1 b 及び 1 6 2 b のいずれか他方が磁束の入射側になる。尚、以下では、磁石 1 6 1 b が磁束の出射側になり且つ磁石 1 6 2 b が磁束の入射側になる例を用いて説明を進める。

[0136] 尚、磁石 1 6 1 b 及び磁石 1 6 2 b 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 1 1 0 - 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 1 6 1 b 及び 1 6 2 b 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 1 1 0 - 2 を回転させるための磁界）を、“X 軸駆動用磁界”と称する。

[0137] (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 0 2 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 6 は、第 2 実施例に係る MEMS スキャナ 1 0 2 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 1 0 2 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 1 0 2 による動作の態様を概念的に示す断面図である。

[0138] 第 2 実施例に係る MEMS スキャナ 1 0 2 の動作時には、まず、コイル 1 4 0 a 及び 1 4 0 b の夫々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 1 1 0 - 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。

[0139] 一方で、コイル140aには、磁石161a及び162aからX軸駆動用磁界が付与されている。尚、磁石161a及び162aは、Y軸方向に沿って対向するコイル140a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161a及び162aは、X軸方向に沿って対向するコイル140a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161a及び162aは、X軸方向に沿って対向するコイル140a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161a及び162aは、X軸方向に沿って対向するコイル140a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。

[0140] 従って、コイル140aには、コイル140aに供給されているX軸駆動用制御電流とコイル140a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。

[0141] 同様に、コイル140bには、磁石161b及び162bからX軸駆動用磁界が付与されている。尚、磁石161b及び162bは、Y軸方向に沿って対向するコイル140b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161b及び162bは、X軸方向に沿って対向するコイル140b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161b及び162bは、X軸方向に沿って対向するコイル140b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161b及び162bは、X軸方向に沿って対向するコイル140b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。

[0142] 従って、コイル140bには、コイル140bに供給されているX軸駆動用制御電流とコイル140b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。

[0143] 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140a及び140bの夫々に供給されており、磁石161aから磁石162aに向かうX軸駆動用磁界がコイル140aに付与されており、磁石161bから磁石162bに向かうX軸駆動用磁界がコイル140bの夫々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140a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140a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140a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140a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140a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。加えて、図6(b)に示すように、Y軸方向に沿って対向するコイル140b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140b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140b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140b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140b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。

[0144] 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140a及び140bの夫々に供給されており、磁石161aから磁石162aに向かうX軸駆動用磁界がコイル140aに付与されており、磁石161bから磁石162bに向かうX軸駆動用磁界がコイル140b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140a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140a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140a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140a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140aは、図7（b）における時計周りの方向に向かって回転する。加えて、図7（b）に示すように、Y軸方向に沿って対向するコイル140b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140b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140b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140b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140bは、図7（b）における時計周りの方向に向かって回転する。

[0145] このとき、あるタイミングでコイル140aを時計回りの方向に向かって回転させるローレンツ力（つまり、コイル140aに発生するローレンツ力）の大きさ及び方向は、あるタイミングでコイル140bを時計回りの方向に向かって回転させるローレンツ力（つまり、コイル140bに発生するローレンツ力）の大きさ及び方向と同一であることが好ましい。同様に、あるタイミングでコイル140aを反時計回りの方向に向かって回転させるローレンツ力（つまり、コイル140aに発生するローレンツ力）の大きさは、あるタイミングでコイル140bを反時計回りの方向に向かって回転させるローレンツ力（つまり、コイル140bに発生するローレンツ力）の大きさと同一であることが好ましい。より具体的には、Y軸方向に沿って対向するコイル140aの2つの長辺のうちの右側（図6（b）参照）の長辺に発生するローレンツ力の大きさ及び方向は、Y軸方向に沿って対向するコイル140bの2つの長辺のうちの右側（図6（b）参照）の長辺に発生するローレンツ力の大きさ及び方向と同一であることが好ましい。同様に、Y軸方向に沿って対向するコイル140aの2つの長辺のうちの左側（図6（b）参照）の長辺に発生するローレンツ力の大きさ及び方向は、Y軸方向に沿って対向するコイル140bの2つの長辺のうちの左側（図6（b）参照）の長辺に発生するローレンツ力の大きさ及び方向と同一であることが好ましい。このようなローレンツ力の大きさ及び方向を同一にするためには、磁石162aから磁石161aに向かう磁界の大きさと磁石162bから磁石161bに向かう磁界の大きさとを同一にすると共に、コイル140aに供給され

る制御電流とコイル 140b に供給される制御電流とを同一にすることが好ましい。

[0146] このようなローレンツ力によって、コイル 140a 及び 140b の夫々は、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 140a 及び 140b の夫々の 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 140a 及び 140b の夫々の回転に伴って、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。

[0147] 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。

[0148] ここで、X 軸方向に沿った軸を回転軸とするコイル 140a 及び 140b の夫々の回転と 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。

[0149] 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 140a 及び 140b の夫々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。

[0150] 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 140a 及び 140b の夫々が図 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 140a 及び 140b の夫々の回転に伴って、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140a及び140bの夫々、第2ベース110-2並びにミラー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140a及び140bの夫々、第2ベース110-2並びにミラー130は、図8（a）から図8（g）に示す時系列に従って回転する。

[0151] 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トーシヨンバー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トーシヨンバー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トーシヨンバー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。

[0152] 一方で、コイル140aには、磁石151a及び152aからY軸駆動用磁界が付与されている。尚、磁石151a及び152aは、X軸方向に沿って対向するコイル140a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151a及び152aは、Y軸方向に沿って対向するコイル140a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151a及び152aは、Y軸方向に沿って対

向するコイル140a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151a及び152aは、Y軸方向に沿って対向するコイル140a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。

[0153] 従って、コイル140aには、コイル140aに供給されているY軸駆動用制御電流とコイル140a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。

[0154] 同様に、コイル140bには、磁石151b及び152bからY軸駆動用磁界が付与されている。尚、磁石151b及び152bは、X軸方向に沿って対向するコイル140b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151b及び152bは、Y軸方向に沿って対向するコイル140b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151b及び152bは、Y軸方向に沿って対向するコイル140b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151b及び152bは、Y軸方向に沿って対向するコイル140b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。

[0155] 従って、コイル140bには、コイル140bに供給されているY軸駆動用制御電流とコイル140b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。

[0156] 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140a及び140bの夫々は、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140a及び140bの夫々の回転軸は、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140a及び140bの夫々の回転軸は、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140a及び1

40bの夫々の回転は、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。

[0157] 言い換えれば、第2実施例においても、第1実施例と同様に、コイル140aに発生するローレンツ力F1a及びF2a並びにコイル140bに発生するローレンツ力F1b及びF2bに起因した回転モーメント（特に、ミラー130の回転軸周りの回転モーメント）がゼロになっている。このため、コイル140a及び140bが配置されている第2ベース110-2が、当該回転モーメントに起因してY軸方向に沿った軸を回転軸として直接的に回転することは殆ど又は全くない。従って、ミラー130もまた、当該回転モーメントに起因してY軸方向に沿った軸を回転軸として直接的に回転することは殆ど又は全くない。

[0158] 一方で、X軸方向に沿った軸を回転軸とするコイル140a及び140bの夫々の回転に伴って、コイル140a及び140bの夫々から第2ベース110-2に対して微振動が伝搬する。その結果、コイル140a及び140bの夫々が配置されている第2ベース110-2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110-2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110-2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。

[0159] このような第2ベース110-2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並びに第2トーションバー120a-2及び120b-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。

[0160] 尚、Y軸方向に沿った軸を回転軸とするコイル140a及び140bの夫々の回転と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140a及び140bの夫々の回転と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。つまり、第2実施例においても、第1実施例と同様に、ミラー130は、ローレンツ力F1a及びF2a並びにローレンツ力F1b及びF2bに起因した回転モーメントではなく、ローレンツ力F1a及びF2a並びにローレンツ力F1b及びF2bに起因したベース110の変形振動によって、Y軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。

[0161] 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。

[0162] 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140a及び140bの夫々の巻き線の外側に位置することになる。従って、コイル140a及び140bの夫々は、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140a及び

140bの少なくとも一方がミラー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140a及び140bの夫々のサイズ（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140a及び140bの夫々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140aに対して磁界を付与するための磁石151a及び152a並びに磁石161a及び162aのサイズもまた、相対的に小さくすることができる。同様に、当該コイル140bに対して磁界を付与するための磁石151b及び152b並びに磁石161b及び162b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140a及び140bの少なくとも一方がミラー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140aと磁石151a及び152a並びに磁石161a及び162aとの間の磁気ギャップ並びにコイル140bと磁石151b及び152b並びに磁石161b及び162b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140a及び140bの少なくとも一方がミラー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。

- [0163] 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140a及び140bの夫々が配置されている。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140a及び140bの夫々の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並びにコイル140a及び140bの夫々の上

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。

[0164] 加えて、第2実施例では、第1実施例と同様に、コイル140aに発生するローレンツ力F1a及びF2a並びにコイル140bに発生するローレンツ力F1b及びF2bに起因した回転モーメントがゼロになる。このため、第1実施例で説明した理由と同様の理由から、磁石151a及び152a並びに磁石151b及び152bの小型化を図ることができる。

[0165] 加えて、第2実施例では、回転モーメント（特に、ミラー130の回転軸（Y軸方向に沿った軸）周りの回転モーメント）がゼロになる。このため、X軸駆動用制御電流と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によって第2ベース110-2がX軸方向に沿った軸を回転軸として回転している場合に、Y軸方向に沿った軸を回転軸として第2ベース110-2を回転させる駆動力が意図せず生じてしまうことが殆ど又は全くない。その結果、ミラー130によって反射されたレーザ光の投影面が歪むことは殆ど又は全くないという実践上大変有用な効果が得られる。以下、この効果について、図9を参照しながら説明する。

[0166] まず、比較例として、第2ベース110-2がX軸方向に沿った軸を回転軸として回転している場合に、Y軸方向に沿った軸を回転軸として第2ベース110-2を回転させる駆動力が生じてしまう状況を想定する。この状況では、第2ベース110-2のX軸方向に沿った回転軸（実質的には、ミラー130のX軸方向に沿った回転軸）は、本来の理想的な回転軸（つまり、第2ベース110-2がY軸方向に沿った軸を回転軸として回転していない場合の回転軸）と比較して、Y軸方向に沿った軸を回転軸とする第2ベース110-2の意図せぬ回転に伴って、周期的にずれてしまうおそれがある。その結果、図9（a）に示すように、ミラー130によって反射されたレーザ光の投影面は、歪んだ矩形（つまり、長方形又は正方形ではない矩形であ

って、図9（a）に示す例では、平行四辺形）の形状を有することになりかねない。

[0167] しかるに、第2実施例では、第2ベース110-2のX軸方向に沿った回転軸（実質的には、ミラー130のX軸方向に沿った回転軸）は、本来の理想的な回転軸からずれてしまうことは殆ど又は全くない。このため、図9（b）に示すように、ミラー130によって反射されたレーザ光の投影面は、歪みのない矩形（つまり、長方形又は正方形）の形状を有することになる。従って、MEMSスキャナ102の走査精度（言い換えれば、スキャン精度）が向上する。

[0168] （3）第3実施例

続いて、図10及び図11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。

[0169] （3-1）MEMSスキャナの構成

初めに、図10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10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。

[0170] 図10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161a及び磁石162a並びに磁石161b及び磁石162bの配置位置が変更されていると共に磁石151a及び磁石152a並びに磁石151b及び磁石152b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。

[0171] 第3実施例では、磁石161a及び162aは、第2実施例と同様に、磁石161aと磁石162aとがY軸方向に沿ってコイル140a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161a及び162aは

、磁石 1 6 1 a（例えば、磁石 1 6 1 a の中心）と磁石 1 6 2 a（例えば、磁石 1 6 2 a 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 1 6 1 a と磁石 1 6 2 a とが X 軸方向に沿ってコイル 1 4 0 a を挟み込むと共に磁石 1 6 1 a が配置される位置と磁石 1 6 2 a 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。

[0172] 磁石 1 6 1 a 及び 1 6 2 a は、磁石 1 6 1 a と磁石 1 6 2 a とがコイル 1 4 0 a に対して点対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 1 6 1 a 及び 1 6 2 a は、磁石 1 6 1 a と磁石 1 6 2 a とがコイル 1 4 0 a を構成する巻き線の中心に対して点対称となる位置に配置されることが好ましい。

[0173] 同様に、第 3 実施例では、磁石 1 6 1 b 及び 1 6 2 b は、第 2 実施例と同様に、磁石 1 6 1 b と磁石 1 6 2 b とが Y 軸方向に沿ってコイル 1 4 0 b 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 1 6 1 b 及び 1 6 2 b は、磁石 1 6 1 b（例えば、磁石 1 6 1 b の中心）と磁石 1 6 2 b（例えば、磁石 1 6 2 b 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 1 6 1 b と磁石 1 6 2 b とが X 軸方向に沿ってコイル 1 4 0 b を挟み込むと共に磁石 1 6 1 b が配置される位置と磁石 1 6 2 b 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。

[0174] 磁石 1 6 1 b 及び 1 6 2 b は、磁石 1 6 1 b と磁石 1 6 2 b とがコイル 1 4 0 b に対して点対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 1 6 1 b 及び 1 6 2 b は、磁石 1 6 1 b と磁石 1 6 2 b とがコイル 1 4 0 b を構成する巻き線の中心に対して点対称となる位置に配置されることが好ましい。

[0175] （3－2）MEMS スキャナの動作

続いて、図 1 1 を参照して、第 3 実施例に係る MEMS スキャナ 1 0 3 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 11 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。

[0176] 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 140a 及び 140b の夫々に制御電流（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。

[0177] 一方で、コイル 140a には、磁石 161a 及び 162a から磁界が付与されている。尚、第 3 実施例では、磁石 161a 及び 162a 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。

[0178] 同様に、コイル 140b には、磁石 161b 及び 162b から磁界が付与されている。尚、第 3 実施例では、磁石 161b 及び 162b 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。

[0179] このとき、図 11 に示すように、磁石 161a が配置される位置と磁石 162a 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 161a 及び 162a は、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140a 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 161a 及び 162a は、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140a 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 161a 及び 162a は、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140a の 2 つの辺に対して、当該 2 つの辺に対してコイル 140a の巻き線の対角方向に交わる磁界を付与する。

[0180] 同様に、図 11 に示すように、磁石 161b が配置される位置と磁石 162b 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 161b 及び 162b は、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140b 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161b及び162bは、Y軸方向に沿って対向するコイル140b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161b及び162bは、Y軸方向に沿って対向するコイル140bの2つの辺に対して、当該2つの辺に対してコイル140bの巻き線の対角方向に交わる磁界を付与する。

[0181] このとき、磁石161a及び162aは、X軸方向に沿って対向するコイル140a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161a及び162aは、X軸方向に沿って対向するコイル140aの2つの辺には、Y軸方向に沿って対向するコイル140a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161a及び162aは、X軸方向に沿って対向するコイル140a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161a及び162aは、X軸方向に沿って対向するコイル140aの2つの辺に、磁界を積極的に付与してもよい。

[0182] 同様に、磁石161b及び162bは、X軸方向に沿って対向するコイル140b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161b及び162bは、X軸方向に沿って対向するコイル140bの2つの辺には、Y軸方向に沿って対向するコイル140b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161b及び162bは、X軸方向に沿って対向するコイル140b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161b及び162bは、X軸方向に沿って対向するコイル140bの2つの辺に、磁界を積極的に付与してもよい。

[0183] ここで、図11に示すように、図11中の時計周りの方向に流れる制御電流がコイル140a及び140bの夫々に供給されており、磁石161aから磁石162aに向かう磁界がコイル140aに付与されており、磁石161bから磁石162bに向かう磁界がコイル140bに付与されている状況

について説明する。

[0184] この場合、図 1 1 に示すように、Y 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 a の 2 つの辺のうちの一方の辺（例えば、図 1 1 の上側の辺）には、図 1 1 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 1 4 0 a 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 1 4 0 a 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 1 3 0 から相対的に遠い側）に発生することになる。同様に、図 1 1 に示すように、Y 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 a の 2 つの辺のうちの他方の辺（例えば、図 1 1 の下側の辺）には、図 1 1 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 1 4 0 a 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 1 4 0 a 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 1 3 0 に相対的に近い側）に発生することになる。尚、コイル 1 4 0 a 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。

[0185] 同様に、図 1 1 に示すように、Y 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 b の 2 つの辺のうちの一方の辺（例えば、図 1 1 の上側の辺）には、図 1 1 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 1 4 0 b 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 1 4 0 b 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 1 3 0 から相対的に遠い側）に発生することになる。同様に、図 1 1 に示すように、Y 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 b の 2 つの辺のうちの他方の辺（例えば、図 1 1 の下側の辺）には、図 1 1 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 1 4 0 b 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140b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140b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。

[0186] その結果、Y軸方向に沿って対向するコイル140a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140a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140a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140aに作用することになる。このため、コイル140aは、X軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。同様に、Y軸方向に沿って対向するコイル140b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140b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140b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140bに作用することになる。このため、コイル140b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。

[0187] 加えて、X軸方向に沿った軸を回転軸とするコイル140a及び140bの夫々の回転に起因して、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。

[0188] 或いは、コイル140a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140a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140a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。同様に、コイル140b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140b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140b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。

[0189] 或いは、図11に示すように、Y軸方向に沿って対向するコイル140a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140a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140a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140aに作用し得る。このため、コイル140a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。同様に、図11に示すように、Y軸方向に沿って対向するコイル140b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140b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140b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140bに作用し得る。このため、コイル140b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。

[0190] 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１５１a及び１５２a並びに磁石１６１a及び１６２b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。

[0191] (４) 第４実施例

続いて、図１２及び図１３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１０３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。

[0192] (４－１) MEMSスキャナの構成

初めに、図１２を参照して、第４実施例に係るMEMSスキャナ１０４の構成について説明する。ここに、図１２は、第４実施例に係るMEMSスキャナ１０４の構成を概念的に示す平面図である。

[0193] 図１２に示すように、第４実施例のMEMSスキャナ１０４は、第３実施例のMEMSスキャナ１０３と比較して、磁気ヨーク１７０a及び磁気ヨーク１７０b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１０４のその他の構成要素は、第３実施例のMEMSスキャナ１０３のその他の構成要素と同一であってもよい。

[0194] 第４実施例では、磁気ヨーク１７０aは、磁石１６１a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１４０aの２つの辺に付与されながら磁石１６２a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１７０aは、磁石１６１aから出射される磁界が入射する一方の端部から、磁石１６２a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１２では、磁気ヨーク１７０a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。

[0195] 同様に、磁気ヨーク 170b は、磁石 161b 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 140b の 2 つの辺に付与されながら磁石 162b 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 170b は、磁石 161b から出射される磁界が入射する一方の端部から、磁石 162b 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 12 では、磁気ヨーク 170b 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。

[0196] (4-2) MEMS スキャナの動作

続いて、図 13 を参照して、第 4 実施例に係る MEMS スキャナ 104 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 13 は、第 4 実施例に係る MEMS スキャナ 104 による動作の態様を概念的に示す平面図である。

[0197] 第 4 実施例に係る MEMS スキャナ 104 の動作時には、第 3 実施例に係る MEMS スキャナ 103 の動作時と同様に、コイル 140a 及び 140b の夫々に制御電流（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。

[0198] 一方で、コイル 140a には、磁石 161a 及び 162a から磁界が付与されている。尚、第 4 実施例では、磁石 161a 及び 162a 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。

[0199] 同様に、コイル 140b には、磁石 161b 及び 162b から磁界が付与されている。尚、第 4 実施例では、磁石 161b 及び 162b 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。

[0200] このとき、図 13 (a) の平面図及び図 13 (b) の断面図に示すように

、磁石 1 6 1 a が配置される位置と磁石 1 6 2 a 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 1 7 0 a が配置されているがゆえ、磁石 1 6 1 a 及び 1 6 2 a は、Y 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 a の 2 つの辺のうち的一方の辺（例えば、図 1 3（a）の下側の辺）の相対的に一方側（例えば、図 1 3（a）の左側）の辺部分及び他方の辺（例えば、図 1 3（a）の上側の辺）の相対的に他方側（例えば、図 1 3（a）の右側）の辺部分に対して磁界を付与する。つまり、磁石 1 6 1 a 及び 1 6 2 a は、Y 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 a の 2 つの辺のうちの一部の辺部分であって且つコイル 1 4 0 a 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 1 6 1 a と磁気ヨーク 1 7 0 a の一方の端部（つまり、磁石 1 6 1 a から出射される磁界が入射する端部）とは、コイル 1 4 0 a の対角方向に沿って対向するコイル 1 4 0 a の 2 つの辺部分のうち的一方の辺部分に磁界を付与することができるよう配置される。同様に、磁石 1 6 2 a と磁気ヨーク 1 7 0 a の他方の端部（つまり、磁石 1 6 2 a に入射する磁界が出射する端部）とは、コイル 1 4 0 a の対角方向に沿って対向するコイル 1 4 0 a の 2 つの辺部分のうち他方の辺部分に磁界を付与することができるよう配置される。

[0201] 同様に、図 1 3（a）の平面図及び図 1 3（b）の断面図に示すように、磁石 1 6 1 b が配置される位置と磁石 1 6 2 b 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 1 7 0 b が配置されているがゆえ、磁石 1 6 1 b 及び 1 6 2 b は、Y 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 b の 2 つの辺のうち的一方の辺（例えば、図 1 3（a）の下側の辺）の相対的に一方側（例えば、図 1 3（a）の左側）の辺部分及び他方の辺（例えば、図 1 3（a）の上側の辺）の相対的に他方側（例えば、図 1 3（a）の右側）の辺部分に対して磁界を付与する。つまり、磁石 1 6 1 b 及び 1 6 2 b は、Y 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 b の 2 つの辺のうちの一部の辺部分であって且つコイル 1 4 0 b 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161bと磁気ヨーク170bの一方の端部（つまり、磁石161bから出射される磁界が入射する端部）とは、コイル140bの対角方向に沿って対向するコイル140bの2つの辺部分のうち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162bと磁気ヨーク170bの他方の端部（つまり、磁石162bに入射する磁界が出射する端部）とは、コイル140bの対角方向に沿って対向するコイル140bの2つの辺部分のうち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。

[0202] ここで、図13（a）及び図13（b）に示すように、図13（a）中の時計周りの方向に流れる制御電流がコイル140aに供給されており、磁石161aから磁気ヨーク170aを介して磁石162aに向かう磁界がコイル140aに付与されている状況について説明する。この場合、図13（a）及び図13（b）に示すように、Y軸方向に沿って対向するコイル140aの2つの辺のうち一方の辺（例えば、図13（a）の上側の辺ないしは図13（b）の右側の辺）には、図13（a）の紙面奥側から紙面手前側（言い換えれば、図13（b）の上側）に向かうローレンツ力が発生する。このとき、図13（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140aの2つの辺のうち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13（a）及び図13（b）に示すように、Y軸方向に沿って対向するコイル140aの2つの辺のうち他方の辺（例えば、図13（a）の下側の辺ないしは図13（b）の左側の辺）には、図13（a）の紙面手前側から紙面奥側（言い換えれば、図13（b）の下側）に向かうローレンツ力が発生する。このとき、図13（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140aの2つの辺のうち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140a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。

[0203] 同様に、図13（a）及び図13（b）に示すように、図13（a）中の時計周りの方向に流れる制御電流がコイル140bに供給されており、磁石161bから磁気ヨーク170bを介して磁石162bに向かう磁界がコイル140bに付与されている状況について説明する。この場合、図13（a）及び図13（b）に示すように、Y軸方向に沿って対向するコイル140bの2つの辺のうちの一方の辺（例えば、図13（a）の上側の辺ないしは図13（b）の右側の辺）には、図13（a）の紙面奥側から紙面手前側（言い換えれば、図13（b）の上側）に向かうローレンツ力が発生する。このとき、図13（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140bの2つの辺のうちの一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。同様に、図13（a）及び図13（b）に示すように、Y軸方向に沿って対向するコイル140bの2つの辺のうちの他方の辺（例えば、図13（a）の下側の辺ないしは図13（b）の左側の辺）には、図13（a）の紙面手前側から紙面奥側（言い換えれば、図13（b）の下側）に向かうローレンツ力が発生する。このとき、図13（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140b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から相対的に遠い側）に発生することになる。尚、コイル140b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。

[0204] その結果、Y軸方向に沿って対向するコイル140b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140a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140a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140aに作用することになる。このため、コイル140aは、X軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。同様に、Y軸方向に沿って対向するコイル140b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140b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140b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140bに作用することになる。このため、コイル140b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。

[0205] 加えて、X軸方向に沿った軸を回転軸とするコイル140a及び140bの夫々の回転に起因して、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。

[0206] 或いは、コイル140a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140a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140a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。同様に、コイル140b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140b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140b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。

[0207] 或いは、図13(a)に示すように、Y軸方向に沿って対向するコイル140a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140a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140a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140aに作用し得る。このため、コイル140aは、第3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。同様に、図13(a)に示すように、Y軸方向に沿って対向するコイル140b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140b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140b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140bに作用し得る。このため、コイル140b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。

[0208] 以上説明したように、第4実施例のMEMSスキャナ104は、第3実施例のMEMSスキャナ103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151a及び152a並びに磁石161a及び162b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。

[0209] (5) 第5実施例

続いて、図14及び図15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。

[0210] (5-1) 基本構成

初めに、図14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14は、第4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。

[0211] 図14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140a及びコイル140bの夫々の配置位置が変更されていると共に磁石151a及び磁石152a並びに磁石151b及び磁石152b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。

[0212] 第5実施例では、コイル140aは、コイル140a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、所定量aだけオフセットされる）ように配置される。言い換えれば、コイル140aは、X軸方向に沿ったコイル140aの回転軸と一致するコイル140a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軸方向に沿って所定量aだけずれるように配置される。言い換えれば、コイル140aは、ローレンツ力が発生するコイル140aの中心（回転力の中心）と、コイル140a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軸方向に沿って所定量aだけずれるように配置される。

[0213] 同様に、コイル140bは、コイル140b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、所定量 b （但し、 $a \neq b$ ）だけオフセットされる）ように配置される。言い換えれば、コイル140bは、X軸方向に沿ったコイル140bの回転軸と一致するコイル140b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軸方向に沿って所定量 b だけずれるように配置される。言い換えれば、コイル140bは、ローレンツ力が発生するコイル140bの中心（回転力の中心）と、コイル140b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軸方向に沿って所定量 b だけずれるように配置される。

[0214] (5-2) MEMSスキャナの動作

続いて、図15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15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。

[0215] 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140a及び140bの夫々に制御電流（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。

[0216] 一方で、コイル140aには、磁石161a及び162aから磁界が付与されている。尚、第4実施例では、磁石161a及び162a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。

[0217] 同様に、コイル140bには、磁石161b及び162bから磁界が付与されている。尚、第4実施例では、磁石161b及び162b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。

[0218] 磁石161a及び162aは、Y軸方向に沿って対向するコイル140aの2つの辺に対して磁界を付与する。一方で、磁石161a及び162aは、X軸方向に沿って対向するコイル140a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161a及び162aは、X軸方向に沿って対向するコイル140aの2つの辺には、Y軸方向に沿って対向するコイル140a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161a及び162aは、X軸方向に沿って対向するコイル140a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161a及び162aは、X軸方向に沿って対向するコイル140aの2つの辺に、積極的に磁界を付与してもよい。

[0219] 同様に、磁石161b及び162bは、Y軸方向に沿って対向するコイル140bの2つの辺に対して磁界を付与する。一方で、磁石161b及び162bは、X軸方向に沿って対向するコイル140b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161b及び162bは、X軸方向に沿って対向するコイル140bの2つの辺には、Y軸方向に沿って対向するコイル140b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161b及び162bは、X軸方向に沿って対向するコイル140b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161b及び162bは、X軸方向に沿って対向するコイル140bの2つの辺に、積極的に磁界を付与してもよい。

[0220] ここで、図15に示すように、図15中の時計周りの方向に流れる制御電流がコイル140a及び140bの夫々に供給されており、磁石161aから磁石162aに向かう磁界がコイル140aに付与されており、磁石161bから磁石162bに向かう磁界がコイル140bに付与されている状況について説明する。

[0221] この場合、図15に示すように、Y軸方向に沿って対向するコイル140

aの2つの辺のうちの一方の辺（例えば、図15の上側の辺）には、図15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15に示すように、Y軸方向に沿って対向するコイル140aの2つの辺のうちの他方の辺（例えば、図15の下側の辺）には、図15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140a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。

[0222] 同様に、図15に示すように、Y軸方向に沿って対向するコイル140bの2つの辺のうちの一方の辺（例えば、図15の上側の辺）には、図15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15に示すように、Y軸方向に沿って対向するコイル140bの2つの辺のうちの他方の辺（例えば、図15の下側の辺）には、図15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140b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。

[0223] その結果、コイル140a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140aに作用することになる。このため、コイル140aは、X軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。同様に、コイル140b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慣性モーメントとしてコイル140bに作用することになる。このため、コイル140b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。

[0224] 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140aの回転軸とX軸方向に沿った第2ベース110-2の回転軸とがY軸方向に沿ってずれていると共に、X軸方向に沿ったコイル140bの回転軸と

X軸方向に沿った第2ベース110-2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140a及び140bの夫々の回転が、第2ベース110-2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。

[0225] 以上説明したように、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105は、第2実施例のMEMSスキャナ102と比較して、磁石151a及び152a並びに磁石151b及び152b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。

[0226] (6) 第6実施例

続いて、図16及び図17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。

[0227] (6-1) 基本構成

初めに、図16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16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。

[0228] 図16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151a及び磁石152a並びに磁石151b及び磁石152b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。

[0229] (6-2) MEMSスキャナの動作

続いて、図 17 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 17 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。

[0230] 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 140a 及び 140b の夫々に制御電流（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。

[0231] 一方で、コイル 140a には、磁石 161a 及び 162a から磁界が付与されている。尚、第 6 実施例では、磁石 161a 及び 162a 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。

[0232] 同様に、コイル 140b には、磁石 161b 及び 162b から磁界が付与されている。尚、第 6 実施例では、磁石 161b 及び 162a 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。

[0233] 磁石 161a 及び 162a は、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140a の 2 つの辺に対して磁界を付与する。一方で、磁石 161a 及び 162a は、X 軸方向に沿って対向するコイル 140a 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 161a 及び 162a は、X 軸方向に沿って対向するコイル 140a の 2 つの辺には、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140a 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 161a 及び 162a は、X 軸方向に沿って対向するコイル 140a 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。

[0234] 同様に、磁石 161b 及び 162b は、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140b の 2 つの辺に対して磁界を付与する。一方で、磁石 161b 及び 1

6 2 b は、X 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 b 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 1 6 1 b 及び 1 6 2 b は、X 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 b の 2 つの辺には、Y 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 b 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 1 6 1 b 及び 1 6 2 b は、X 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 b 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。

[0235] ここで、図 1 7 に示すように、図 1 7 中の時計周りの方向に流れる制御電流がコイル 1 4 0 a 及び 1 4 0 b の夫々に供給されており、磁石 1 6 1 a から磁石 1 6 2 a に向かう磁界がコイル 1 4 0 a に付与されており、磁石 1 6 1 b から磁石 1 6 2 b に向かう磁界がコイル 1 4 0 b に付与されている状況について説明する。

[0236] この場合、図 1 7 に示すように、Y 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 a の 2 つの辺のうちの一方の辺（例えば、図 1 7 の上側の辺）には、図 1 7 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 1 7 に示すように、Y 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 a の 2 つの辺のうちの他方の辺（例えば、図 1 7 の下側の辺）には、図 1 7 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 a 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。

[0237] 同様に、図 1 7 に示すように、Y 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 b の 2 つの辺のうちの一方の辺（例えば、図 1 7 の上側の辺）には、図 1 7 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 1 7 に示すように、Y 軸方向に沿って対向するコイル 1 4 0 b の 2 つの辺のうちの他方の辺（例えば、図 1 7 の下側の辺）には、図 1 7 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 b 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。

[0238] その結果、コイル140a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140aに作用することになる。このため、コイル140aは、X軸方向に沿った軸を回転軸として回転する。同様に、コイル140b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140bに作用することになる。このため、コイル140b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。

[0239] 加えて、コイル140a及びコイル140b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140aの2つの辺及びX軸方向に沿って対向するコイル140b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140a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140a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140aの2つの辺のうちの一方の辺（例えば、図17の上側の辺）に発生する。同様に、コイル140b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140b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140bの2つの辺のうちの一方の辺（例えば、図17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140a及び140b（或いは、当該コイル140a及び140b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。

[0240] 加えて、X 軸方向に沿って対向するコイル 140 a 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 a の 2 つの辺には、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140 a 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 a 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。同様に、X 軸方向に沿って対向するコイル 140 b 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 b の 2 つの辺には、Y 軸方向に沿って対向するコイル 140 b 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 b 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。

[0241] 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 a の 2 つの辺に磁界が積極的に付与され且つ X 軸方向に沿って対向するコイル 140 b 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 a の 2 つの辺に磁界が積極的に付与されておらず且つ X 軸方向に沿って対向するコイル 140 b 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 a の 2 つの辺に磁界が積極的に付与されており且つ X 軸方向に沿って対向するコイル 140 b 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 a の 2 つの辺に磁界が積極的に付与されておらず且つ X 軸方向に沿って対向するコイル 140 b 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。

[0242] 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MEMSスキャナ102と比較して、磁石151a及び152a並びに磁石151b及び152b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。

[0243] (7) 第7実施例

続いて、図18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18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。

[0244] 図18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、コイル140a及びコイル140bが同一の巻き線から構成されているという点で異なっている。つまり、第7実施例では、同一の巻き線から、コイル140a及びコイル部140b、並びに第2ベース部110-2に沿って形成されるコイル140cが形成されている。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。

[0245] 第7実施例では、ミラー130は、コイル140cの巻き線の内側に位置する。つまり、第7実施例では、複数のコイル（つまり、コイル140a、コイル140b及びコイル140c）のうちの2つのコイル（つまり、コイル140a及びコイル140b）の巻き線の外側にミラー130が位置する一方で、複数のコイルのうちの残りの1つのコイル（つまり、コイル140c）の巻き線の内側にミラー130が位置する。つまり、第7実施例では、MEMSスキャナ107が備える複数のコイルの全ての巻き線の外側にミラー130が位置していなくともよい。

[0246] このような第7実施例のMEMSスキャナ107であっても、少なくともコイル140a及び140bの夫々の巻き線の外側にミラー130が位置することになる。このため、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。

[0247] 尚、MEMSスキャナ107は、4つ以上のコイルを備えていてもよい。この場合においても、4つ以上のコイルのうちの一部のコイルの巻き線の外側にミラー130が位置する一方で、4つ以上のコイルのうち他の一部のコイルの巻き線の内側にミラー130が位置していてもよい。

[0248] (8) 第8実施例

続いて、図19を参照して、MEMSスキャナの第8実施例について説明する。ここに、図19は、第8実施例に係るMEMSスキャナ108の基本構成を概念的に示す平面図である。

[0249] 図19に示すように、第8実施例のMEMSスキャナ108は、第7実施例のMEMSスキャナ107と比較して、コイル140a、コイル140b及びコイル130cの巻き方が異なるという点で異なっている。つまり、第8実施例では、同一の巻き線から、一部に開口が存在する（例えば、図19中のコイル140aの右側に開口が存在する）開ループ状のコイル140a及び一部に開口が存在する（例えば、図19中のコイル140bの左側に開口が存在する）開ループ状のコイル部140b、並びに第2ベース部110-2上に形成されるコイル140cが形成されている。第8実施例のMEMSスキャナ108のその他の構成は、第7実施例のMEMSスキャナ107のその他の構成と同一であってもよい。

[0250] 第8実施例においても、コイル140a、コイル140及びコイル140cは、その形状や配置位置等によって互いに区別可能である。つまり、第8実施例のMEMSスキャナ108は、第7実施例のMEMSスキャナ107と同様に、3つのコイル（つまり、コイル140a、コイル140及びコイル140c）を備えている。加えて、第8実施例においても、ミラー130

は、コイル 1 4 0 c の巻き線の内側に位置する。つまり、第 7 実施例では、複数のコイル（つまり、コイル 1 4 0 a、コイル 1 4 0 b 及びコイル 1 4 0 c）のうちの 2 つのコイル（つまり、コイル 1 4 0 a 及びコイル 1 4 0 b）の巻き線の外側にミラー 1 3 0 が位置する一方で、複数のコイルのうちの残りの 1 つのコイル（つまり、コイル 1 4 0 c）の巻き線の内側にミラー 1 3 0 が位置する。つまり、第 8 実施例においても、MEMS スキャナ 1 0 8 が備える複数のコイルの全ての巻き線の外側にミラー 1 3 0 が位置していなくともよい。

[0251] このような第 8 実施例の MEMS スキャナ 1 0 8 であっても、少なくともコイル 1 4 0 a 及び 1 4 0 b の夫々の巻き線の外側にミラー 1 3 0 が位置することになる。このため、第 8 実施例の MEMS スキャナ 1 0 8 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。

[0252] 尚、MEMS スキャナ 1 0 7 は、4 つ以上のコイルを備えていてもよい。この場合においても、4 つ以上のコイルのうちの一部のコイルの巻き線の外側にミラー 1 3 0 が位置する一方で、4 つ以上のコイルのうち他の一部のコイルの巻き線の内側にミラー 1 3 0 が位置していてもよい。

[0253] 尚、第 1 実施例から第 8 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 8 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。

[0254] 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

[0255] 1 0 1 ~ 1 0 6 MEMS スキャナ
1 1 0 ベース
1 1 0 - 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

140a、140b コイル

141a、141b 電源端子

151a、151b、152a、152b 磁石

161a、161b、162a、162b 磁石

170a、170b 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第1コイル部であって、且つ当該第1コイル部の巻き線の外側に前記被駆動部が配置される第1コイル部と、

前記第1コイル部との間に前記被駆動部を挟み込むように前記ベース部上に配置される第2コイル部であって、且つ当該第2コイル部の巻き線の外側に前記被駆動部が配置される第2コイル部と、

前記第1コイル部及び前記第2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]

前記第1コイル部及び前記第2コイル部は、前記被駆動部に対して対称な位置に配置されることを特徴とする請求項1に記載の駆動装置。

[請求項3]

前記第1コイル部及び前記第2コイル部の夫々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3に記載の駆動装置。

[請求項4]

前記第1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第1コイル部に発生するローレンツ力によって、前記第1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、

前記第2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第2コイル部に発生するローレンツ力によって、前記第2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、

前記一の方に沿った軸を回転軸とする前記第 1 コイル部及び前記第 2 コイル部の夫々の回転に起因して、前記ベース部は、前記一の方
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、前記一の方
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5] 前記第 1 コイル部に発生するローレンツ力の大きさと前記第 2 コイ
ル部に発生するローレンツ力の大きさは同一であることを特徴とす
る請求項 4 に記載の駆動装置。

[請求項6] 前記一の方に沿った軸を回転軸とする前記第 1 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第 2 コイル部の回転
方向とは同一であることを特徴とする請求項 4 に記載の駆動装置。

[請求項7] 前記第 1 コイル部及び前記第 2 コイル部の夫々の前記一の方に沿
った回転軸及び前記被駆動部の前記一の方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、

前記第 1 コイル部及び前記第 2 コイル部の夫々の前記一の方に沿
った回転軸と前記被駆動部の前記一の方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 4 に記載の駆動装置。

[請求項8] 前記一の方に沿った軸を回転軸とする前記第 1 コイル部及び前記
第 2 コイル部の夫々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 4 に記載の駆動装置。

[請求項9] 前記第 1 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第 1 コイル部に発生するロー
レンツ力によって、前記第 1 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、

前記第 2 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第 2 コイル部に発生するローレンツ力によって、前記第 2 コイル部は、前記一の方法に沿った軸を回転軸として回転し、

前記第 1 コイル部に発生するローレンツ力及び前記第 2 コイル部に発生するローレンツ力に起因した、前記一の方法に沿った回転軸周りの回転モーメントがゼロとなることを特徴とする請求項 1 に記載の駆動装置。

[請求項10] 前記第 1 コイル部及び前記第 2 コイル部並びに前記磁界付与部のうちの少なくとも一つは、前記回転モーメントがゼロとなる状態を実現できるような配置位置に配置されていることを特徴とする請求項 9 に記載の駆動装置。

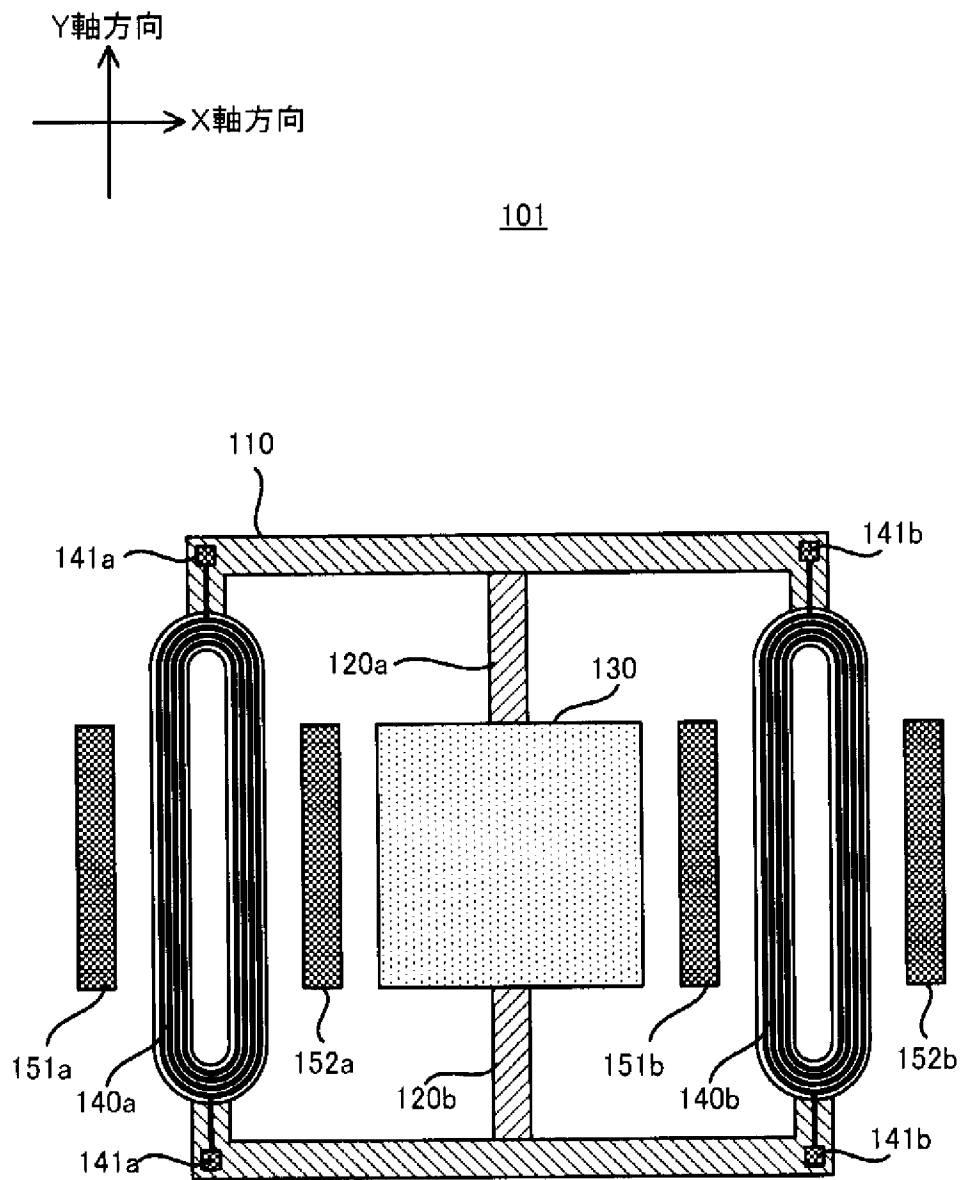
[請求項11] 前記第 1 コイル部及び前記第 2 コイル部のうちの少なくとも一方には、前記回転モーメントがゼロとなる状態を実現できるような前記制御電流が供給されることを特徴とする請求項 9 に記載の駆動装置。

[請求項12] 前記磁界付与部は、前記回転モーメントがゼロとなる状態を実現できるような前記磁界を付与することを特徴とする請求項 9 に記載の駆動装置。

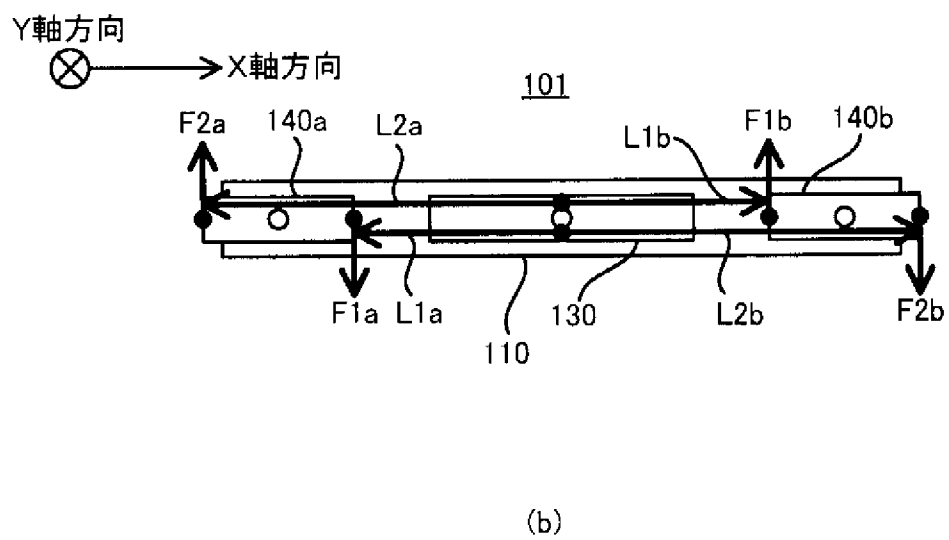
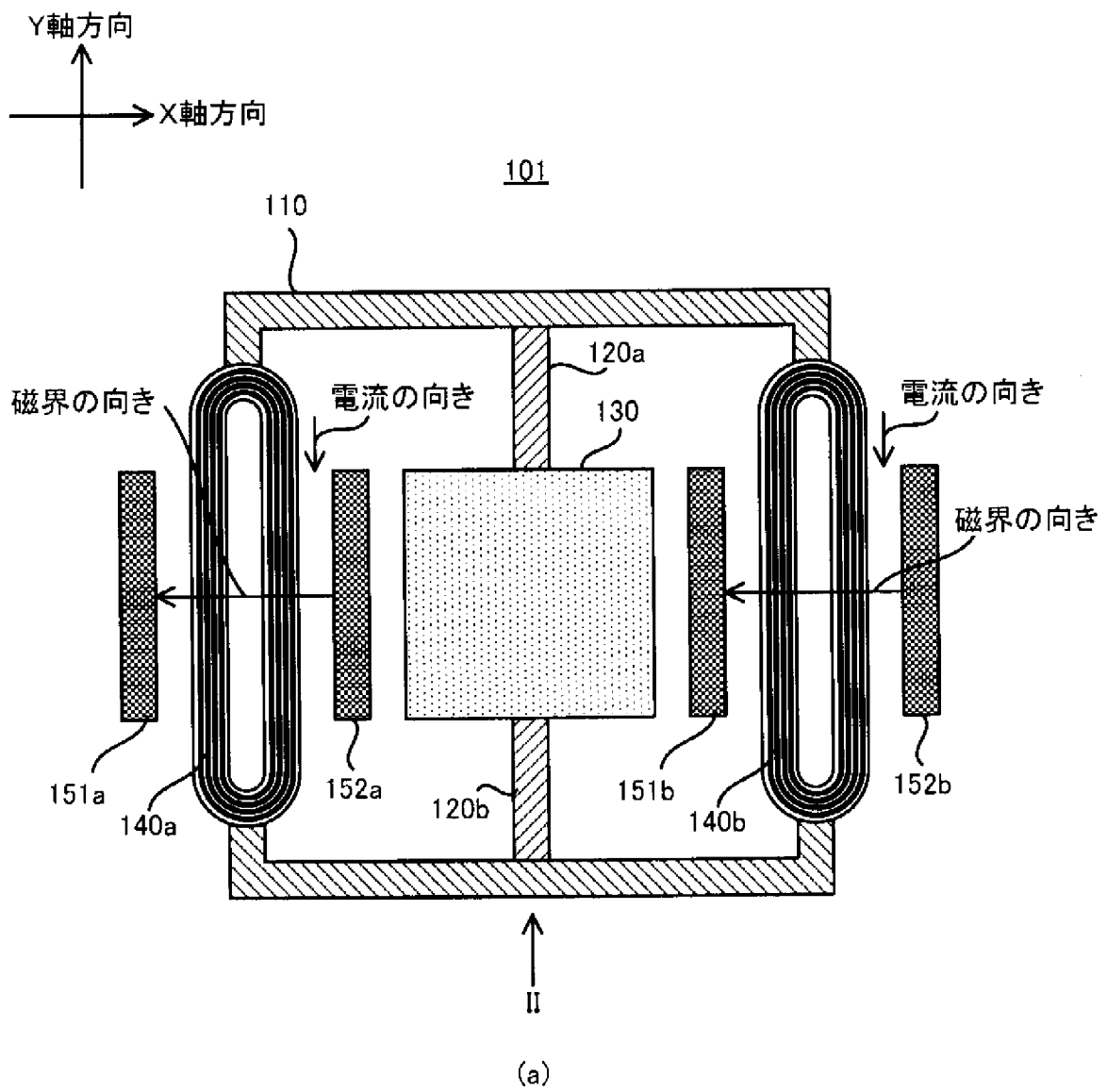
[請求項13] 前記一の方法に沿った軸を回転軸とする前記第 1 コイル部及び前記第 2 コイル部の夫々の回転に起因して、前記ベース部は、前記一の方法とは異なる他の方向に沿って定常波状に変形振動し、

前記第 1 コイル部に発生するローレンツ力及び前記第 2 コイル部に発生するローレンツ力に起因した前記回転モーメントではなく、前記前記ベース部の変形振動に起因して、前記被駆動部は、前記一の方法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 9 に記載の駆動装置。

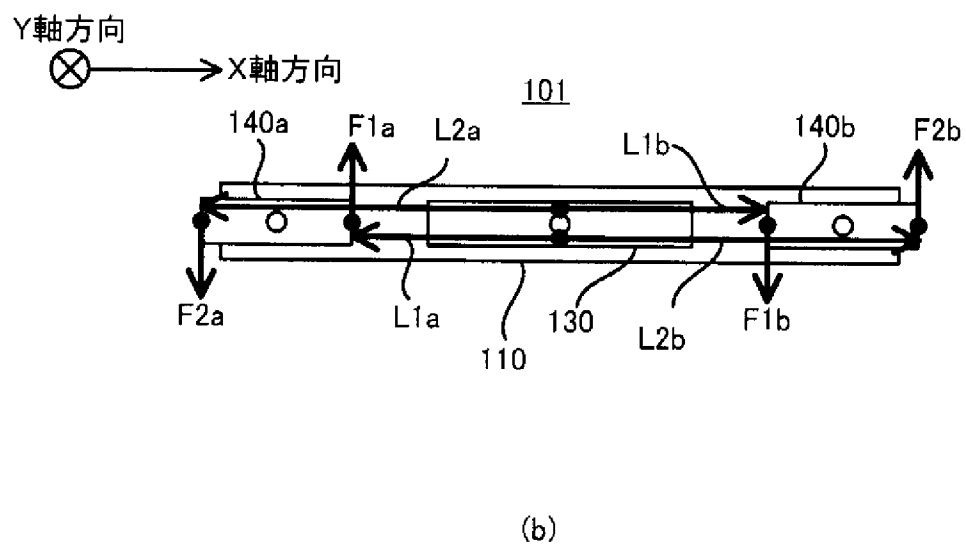
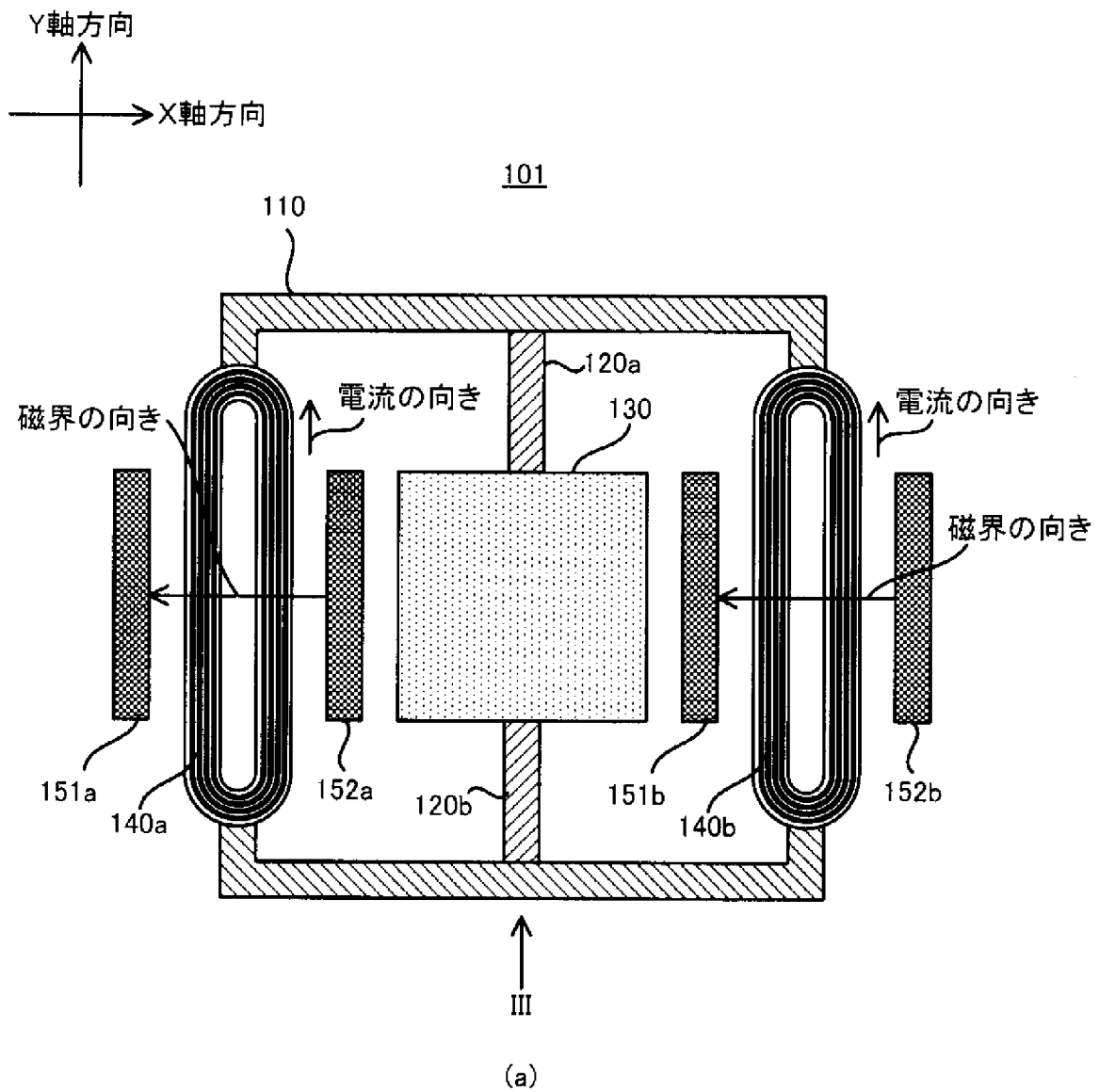
[図1]



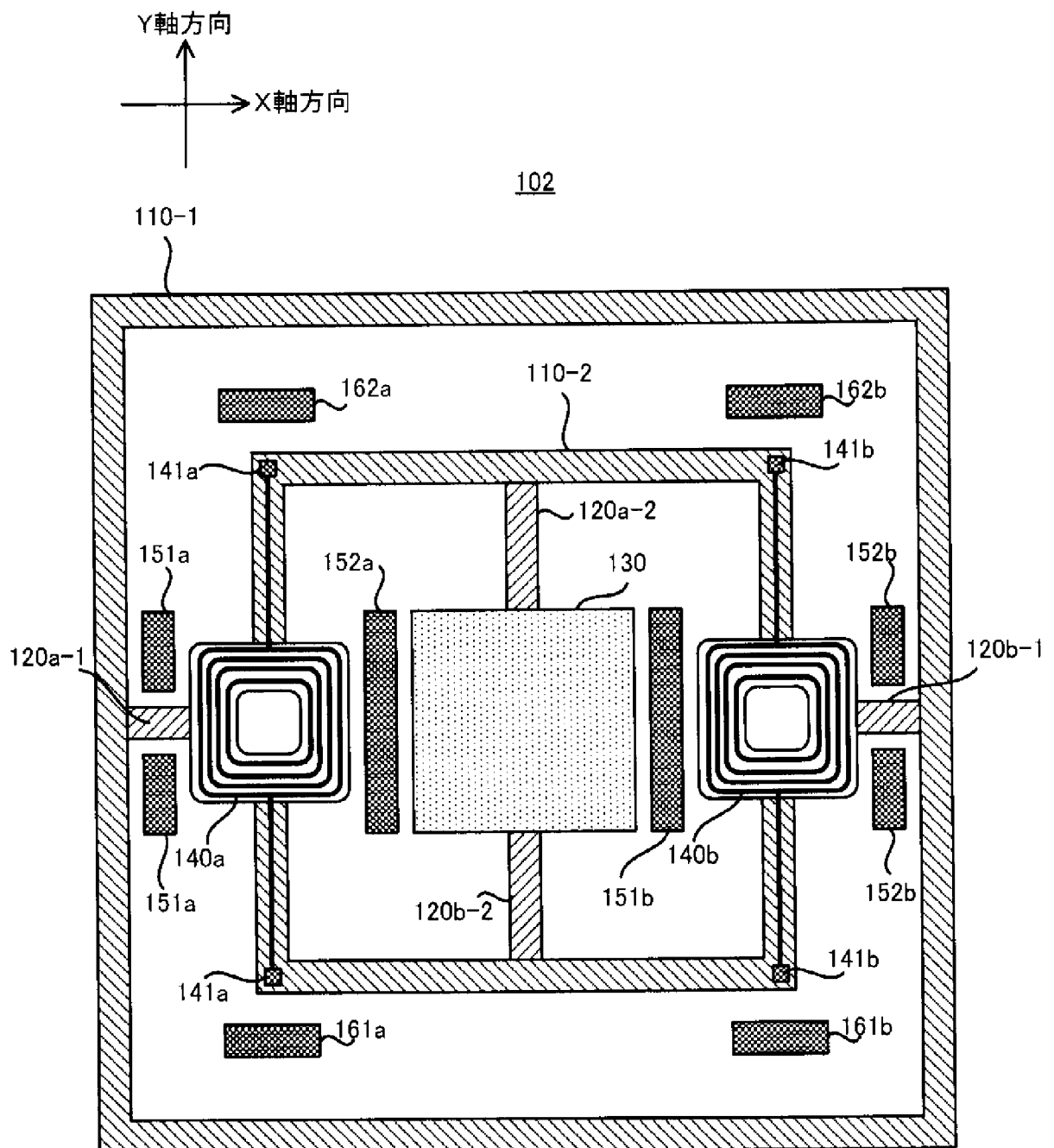
[図2]



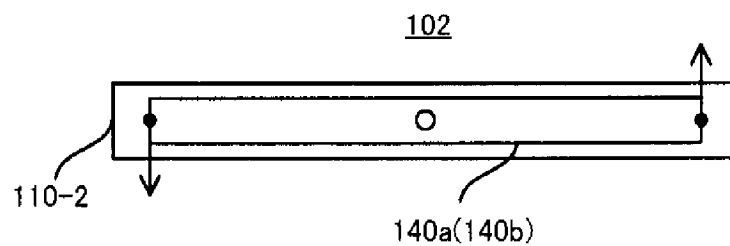
[図3]



[図5]

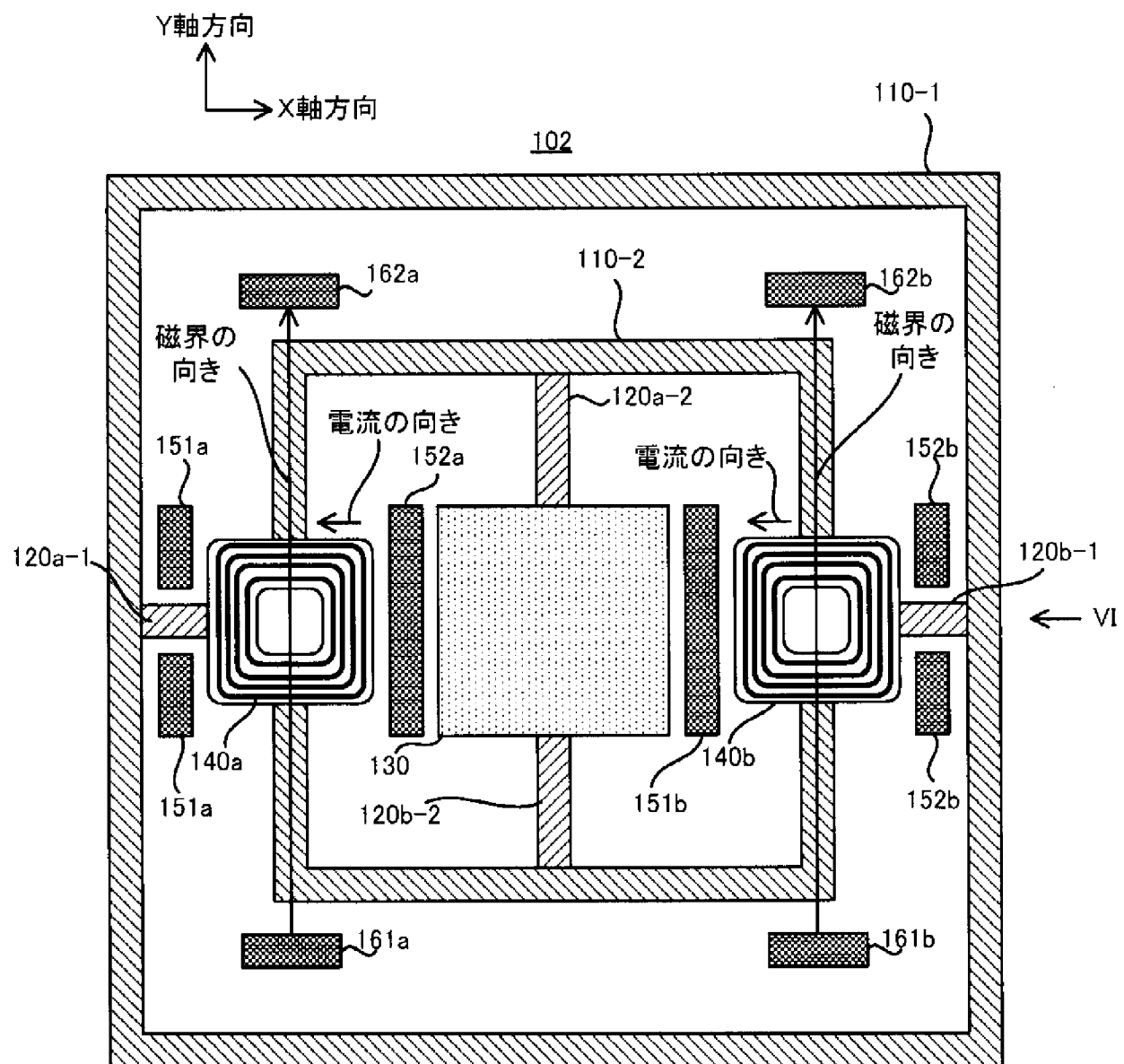


X軸方向
 Y軸方向

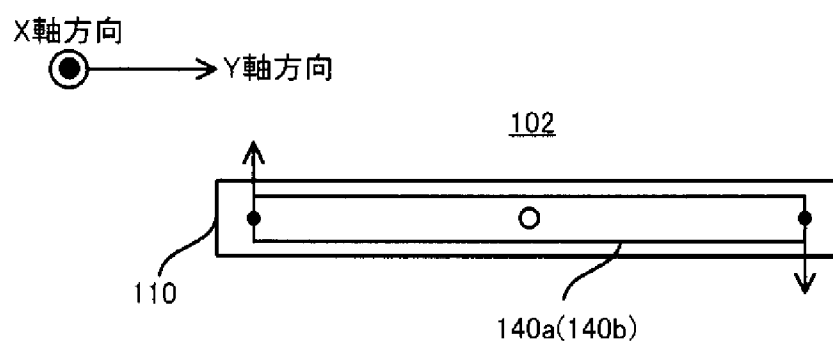


(b)

[図7]

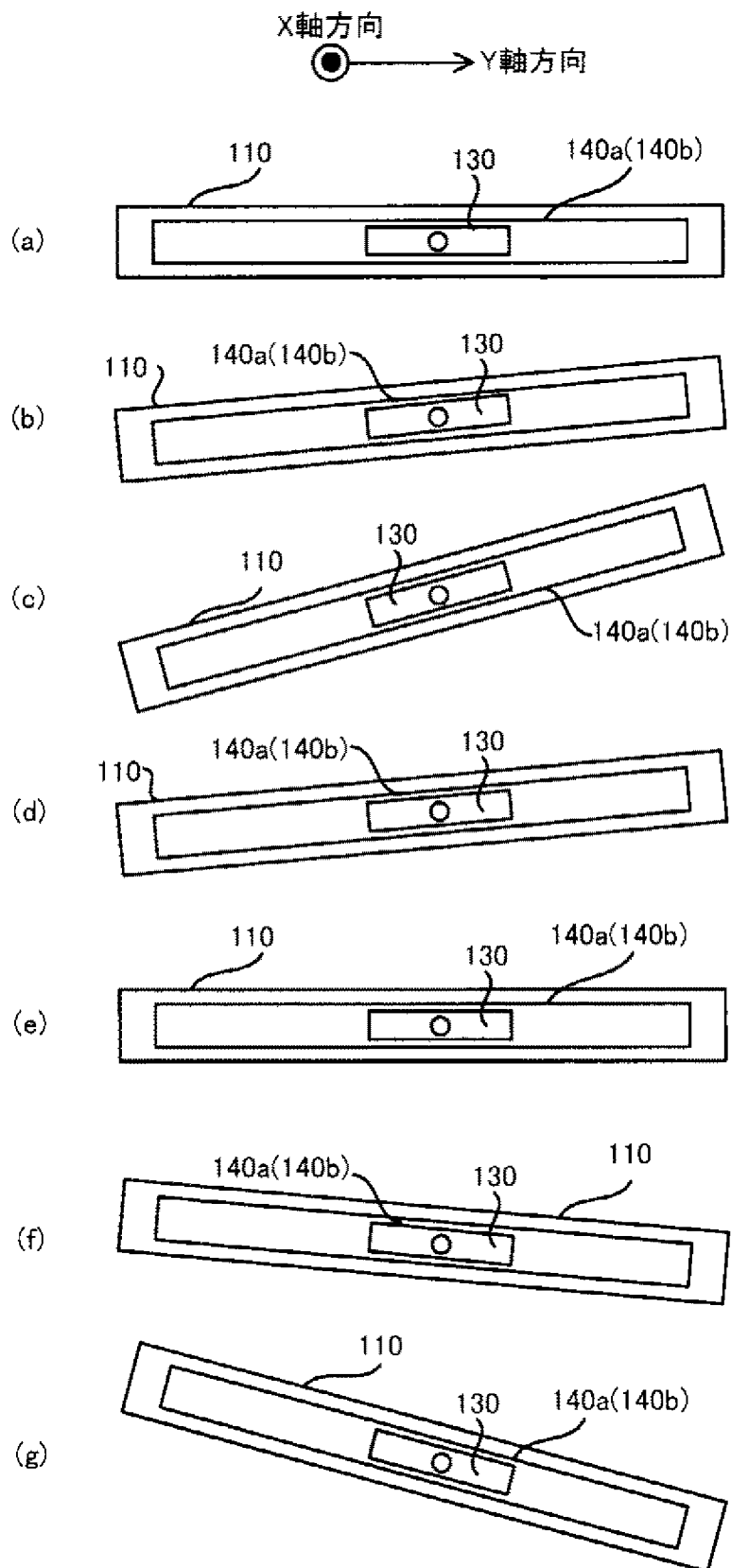


(a)

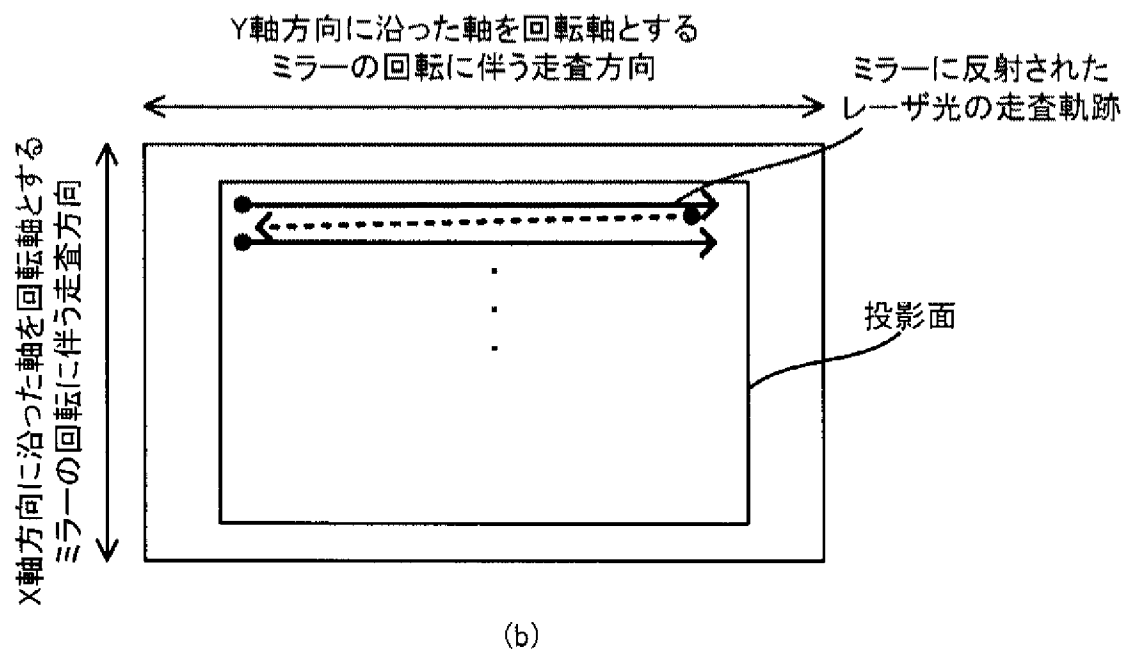
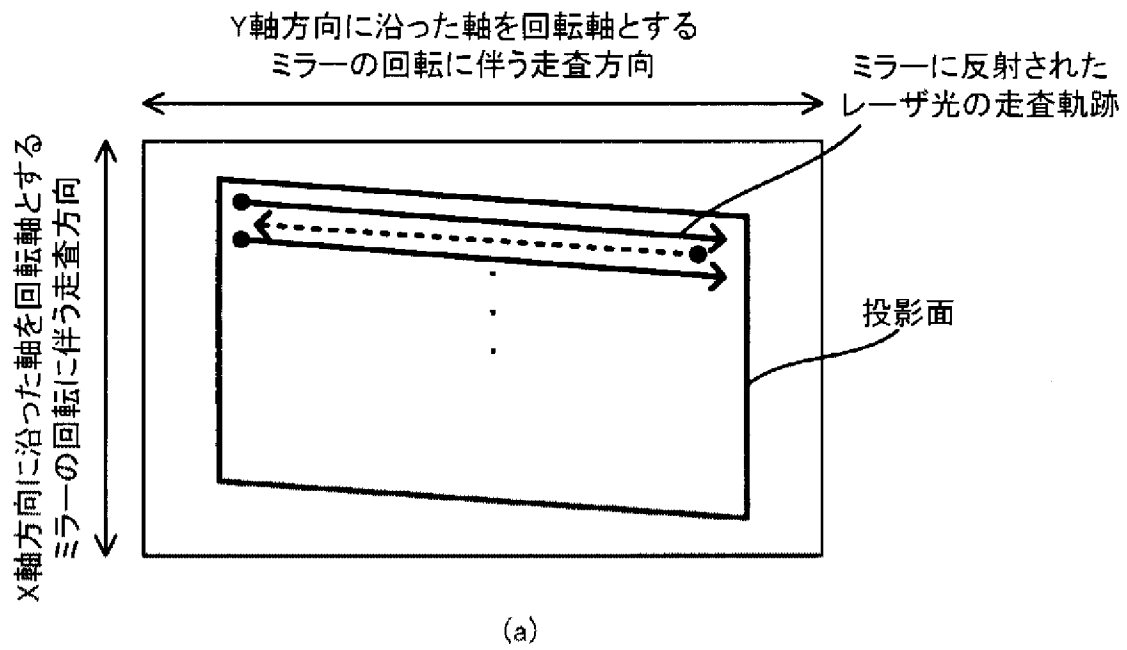


(b)

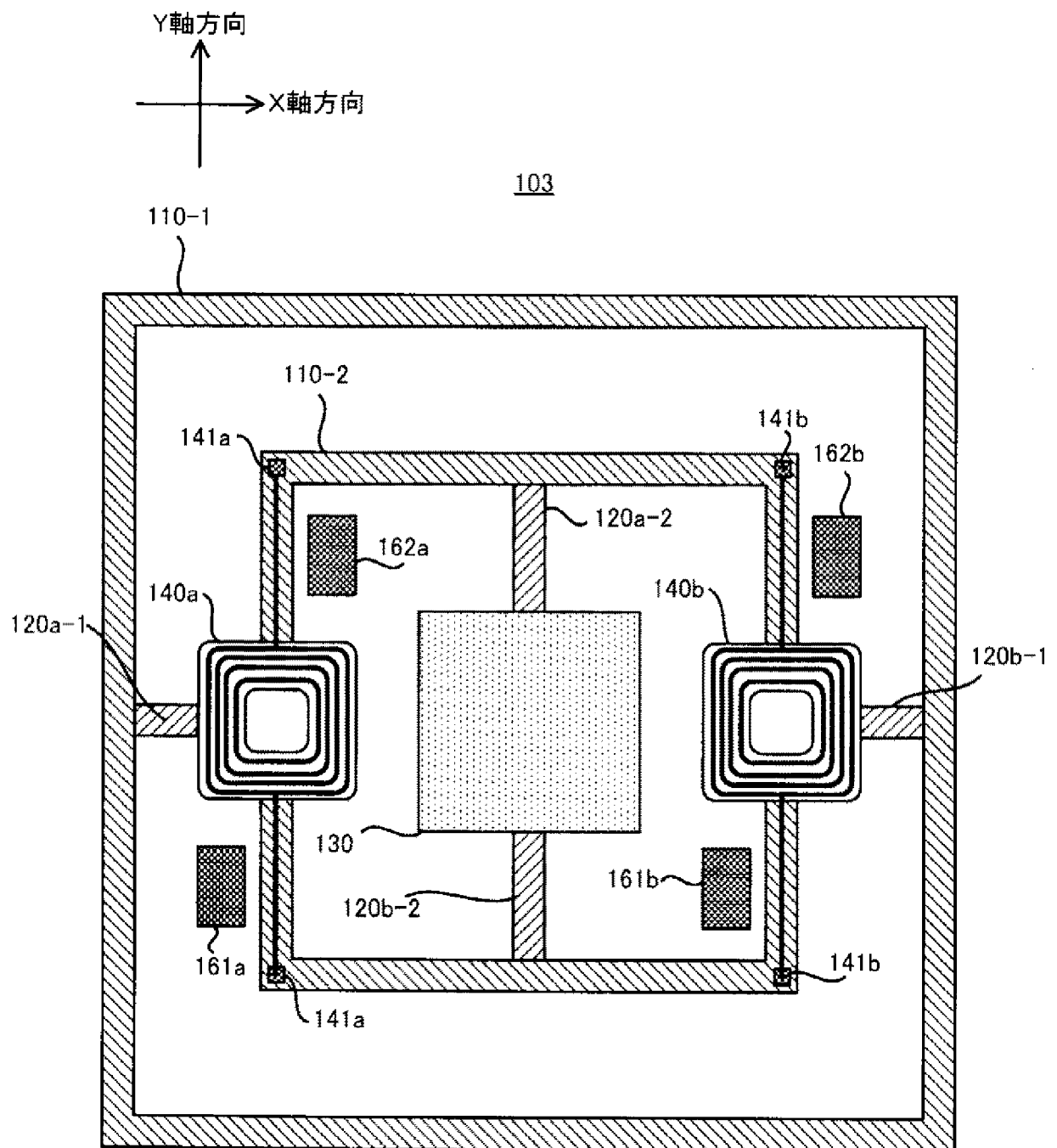
[図8]



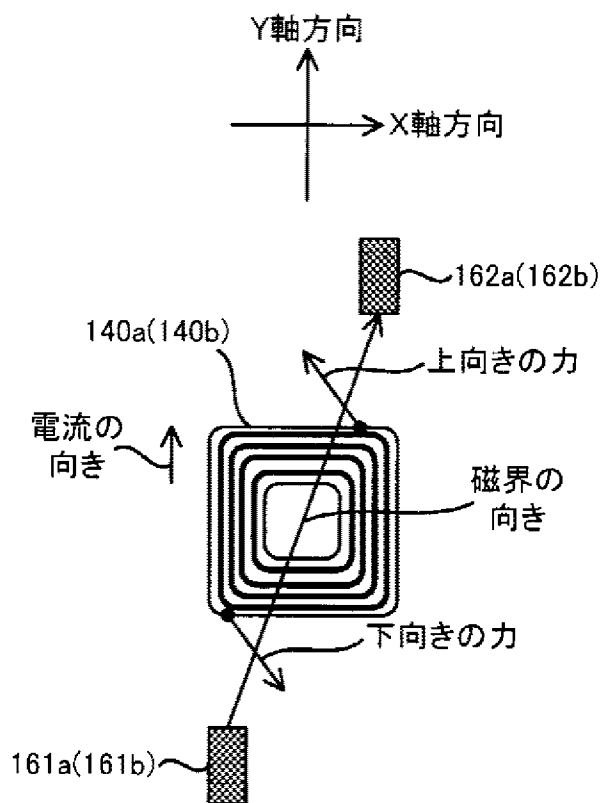
[図9]



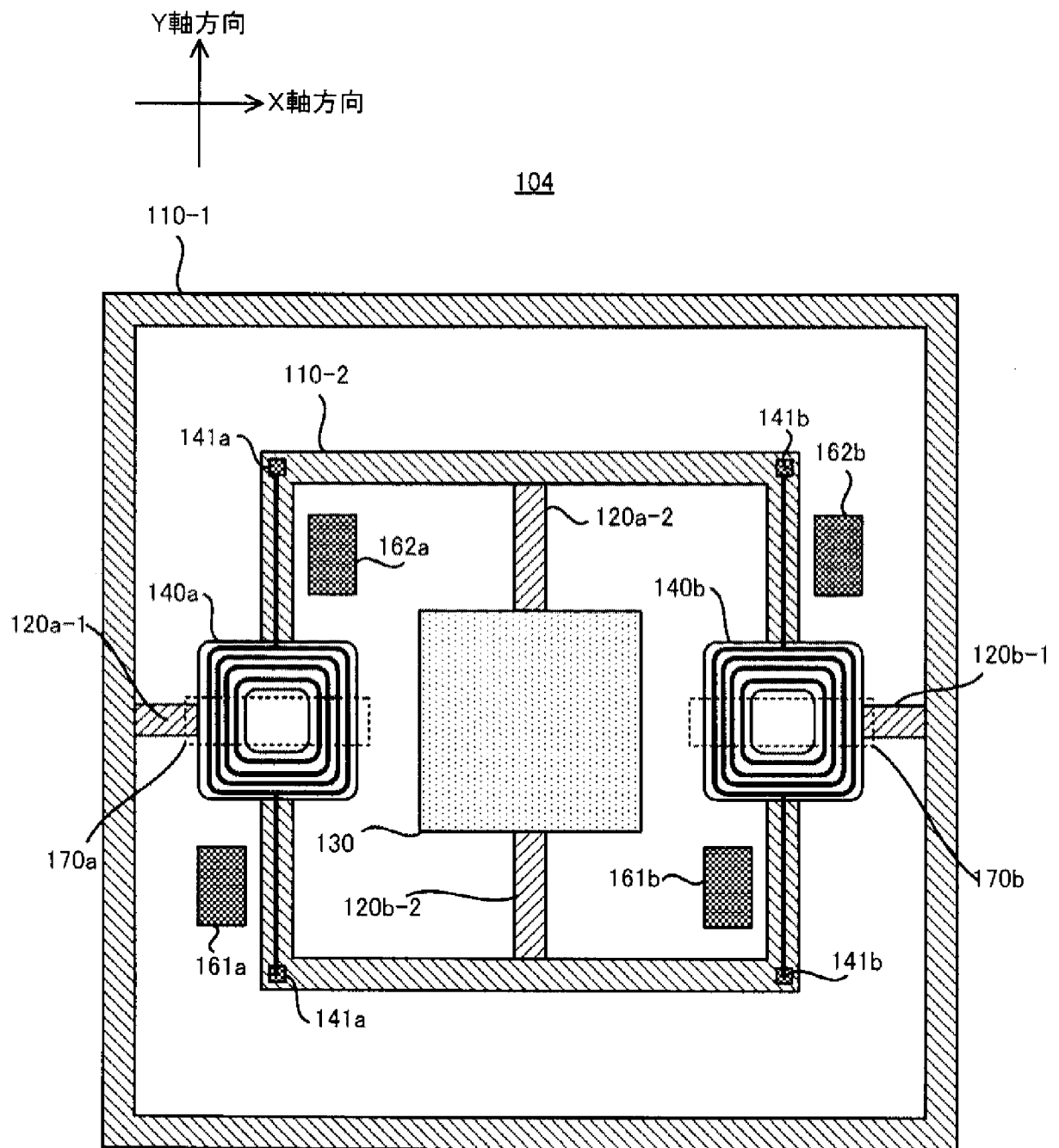
[図10]



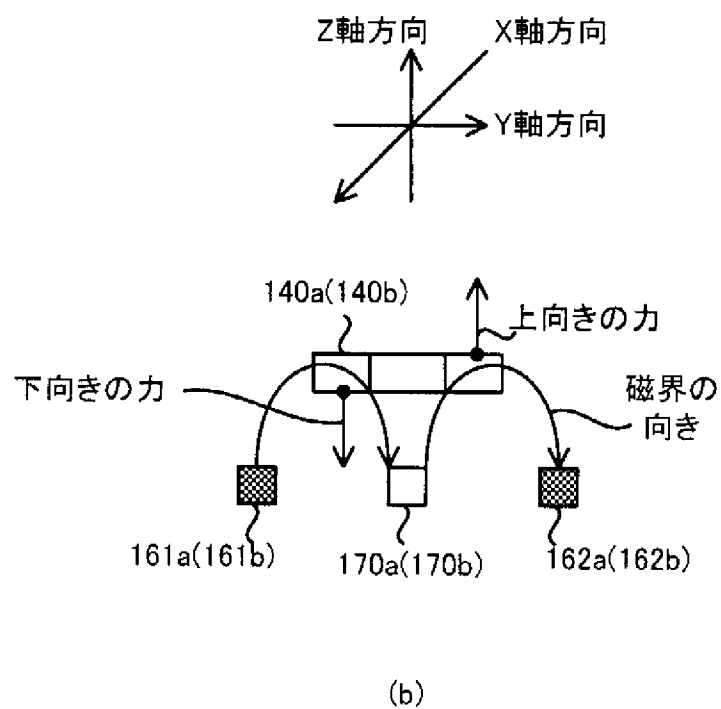
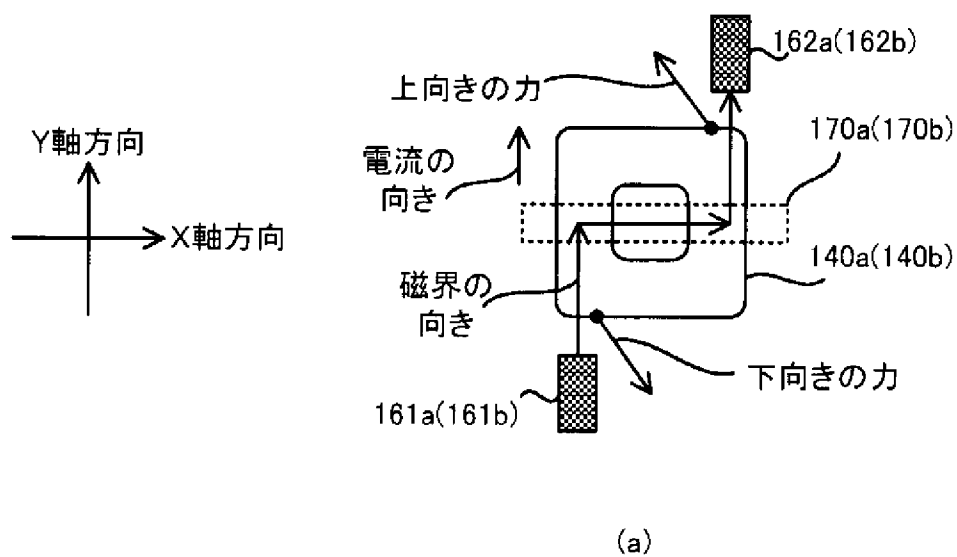
[図11]



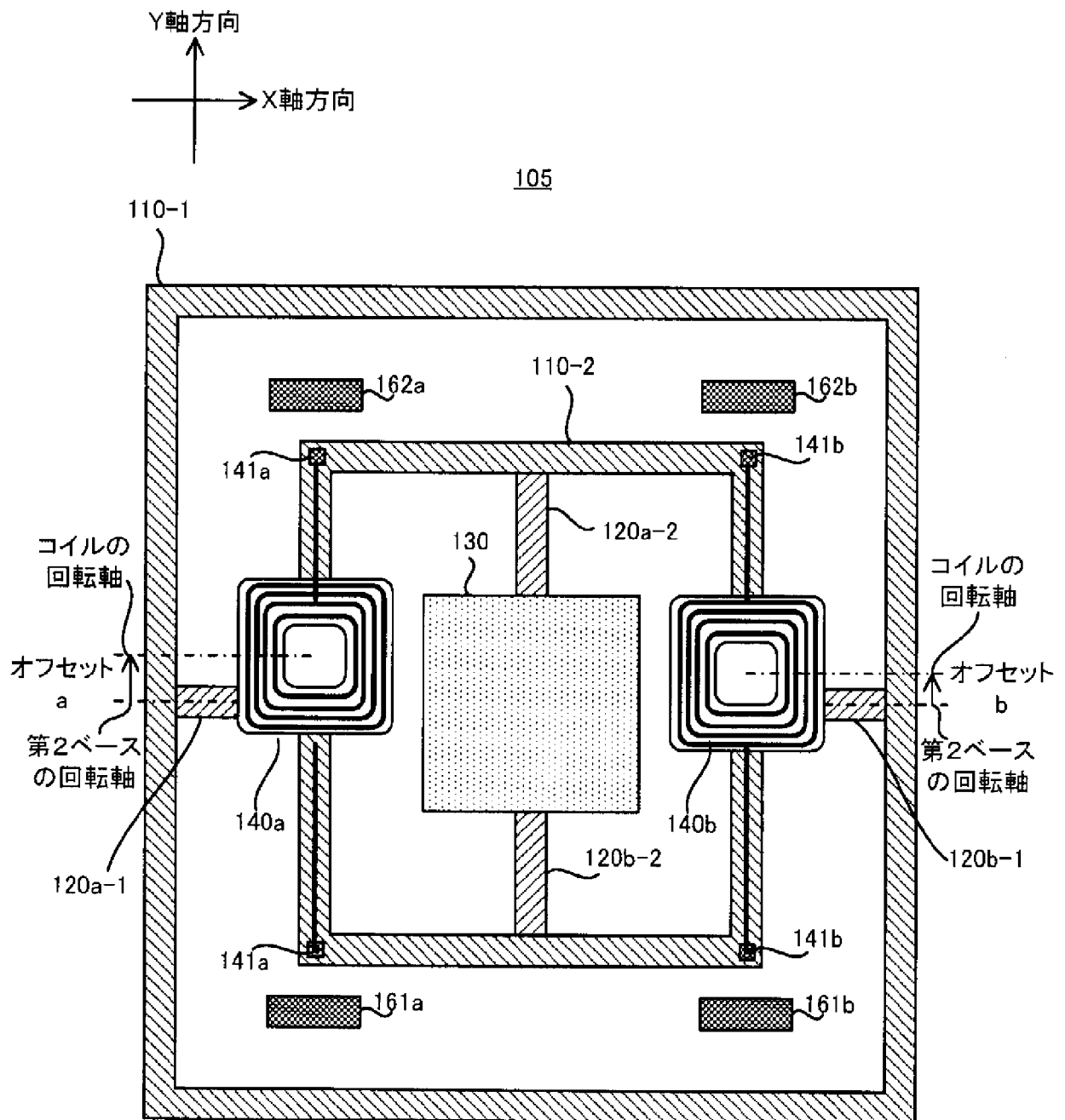
[図12]



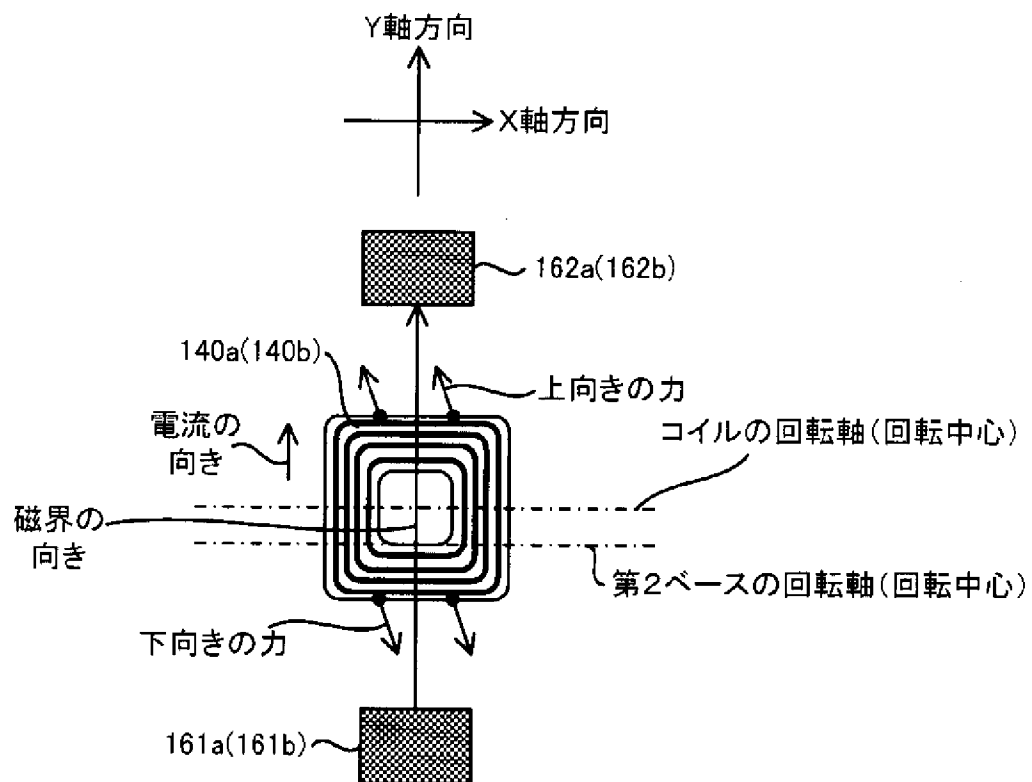
[図13]



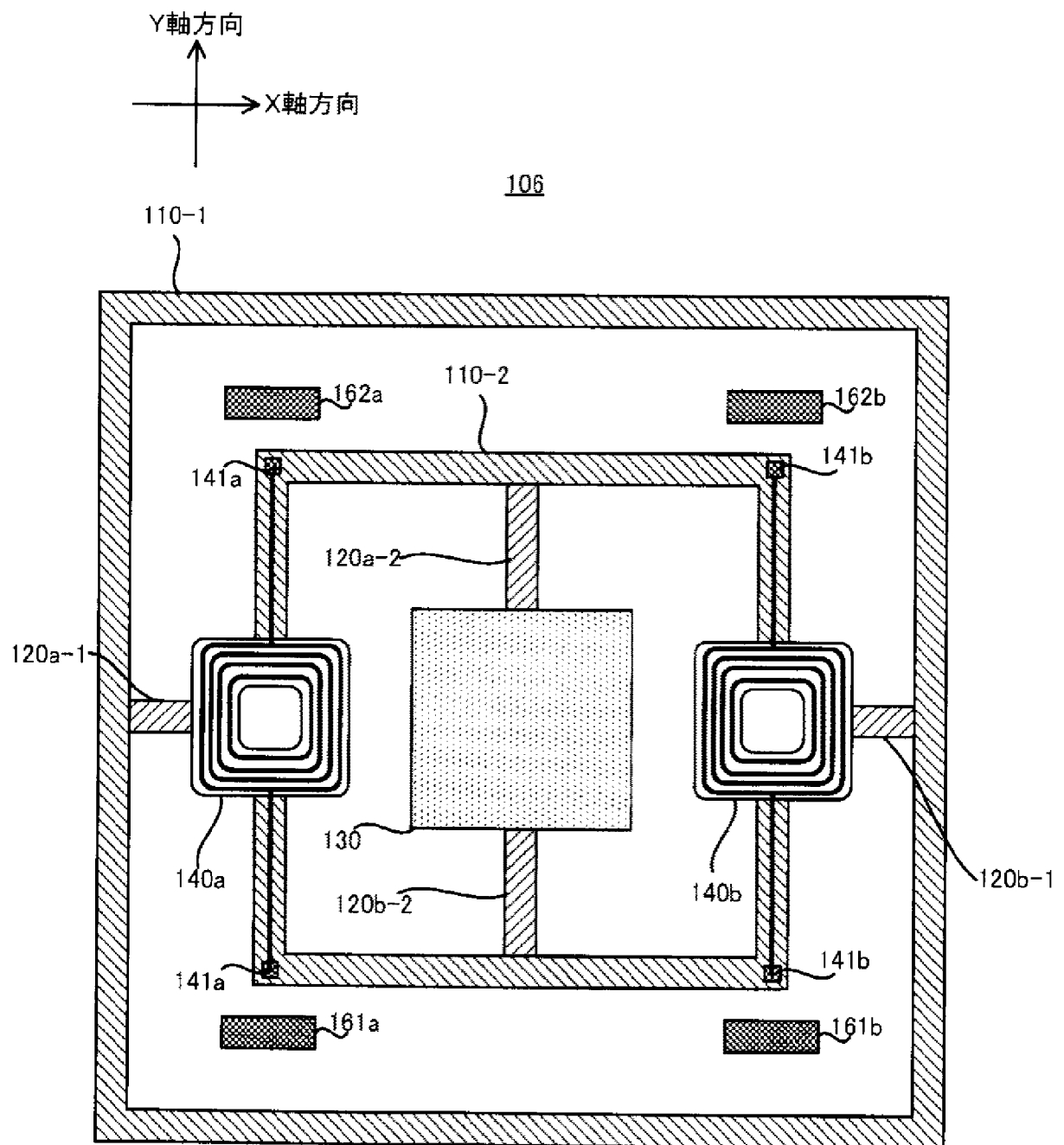
[図14]



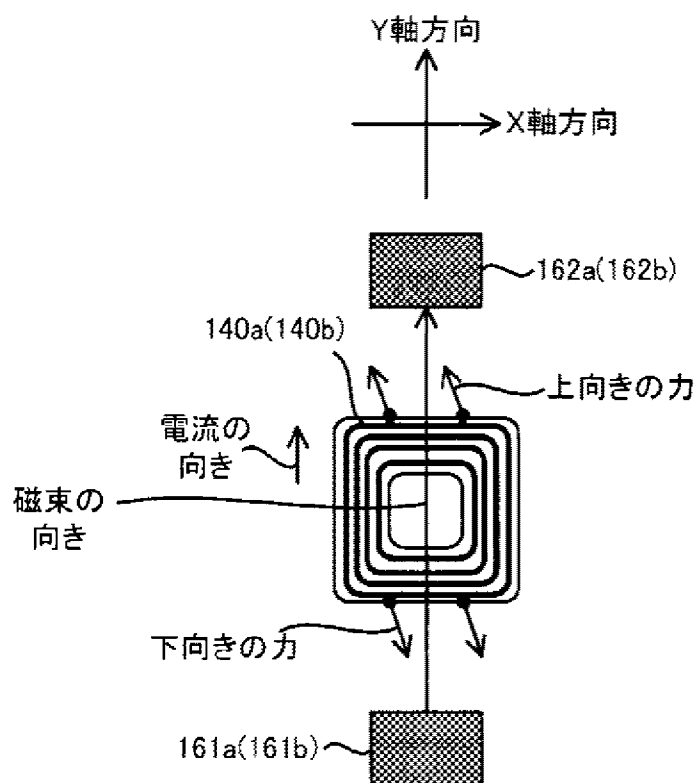
[図15]



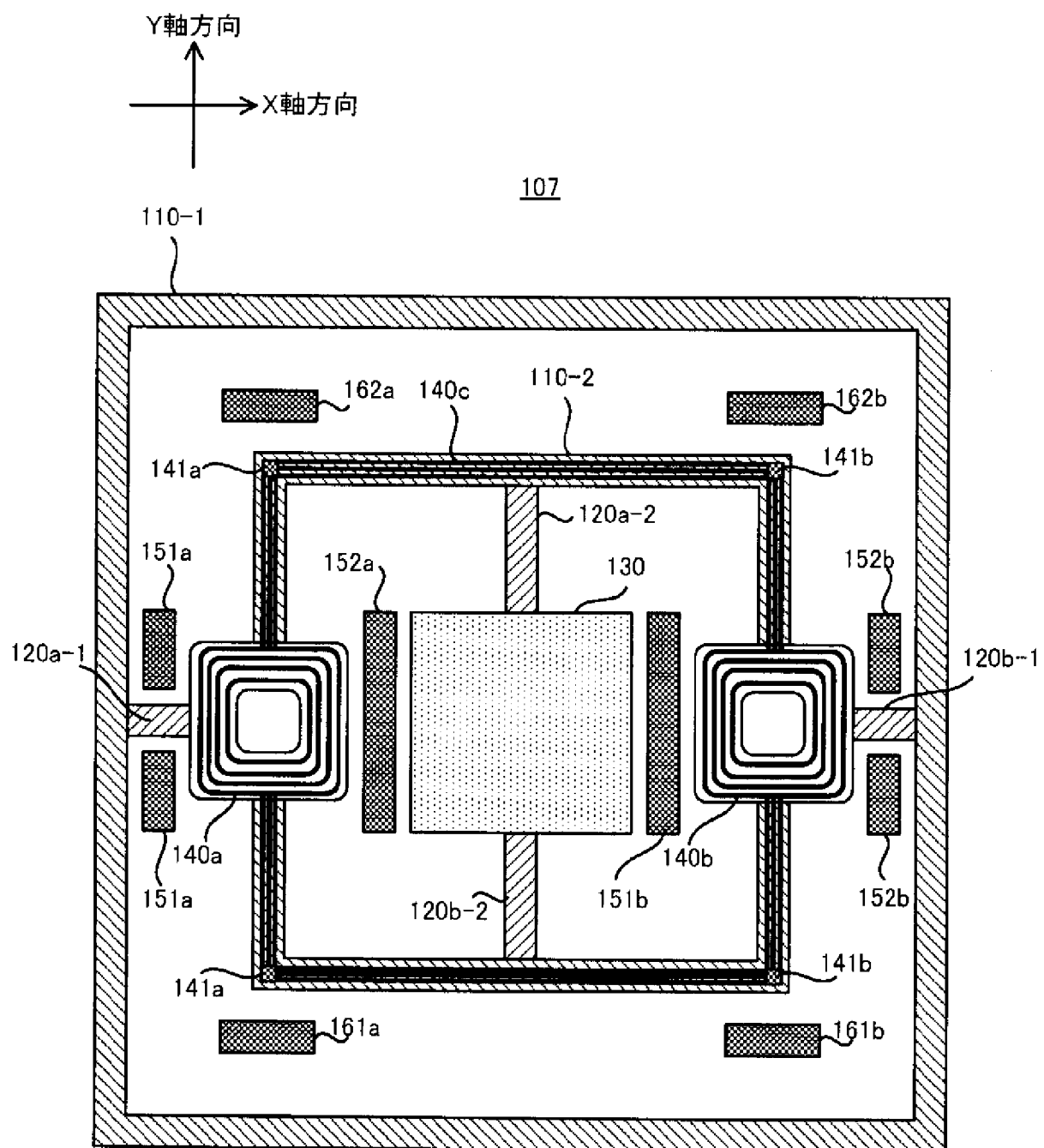
[図16]



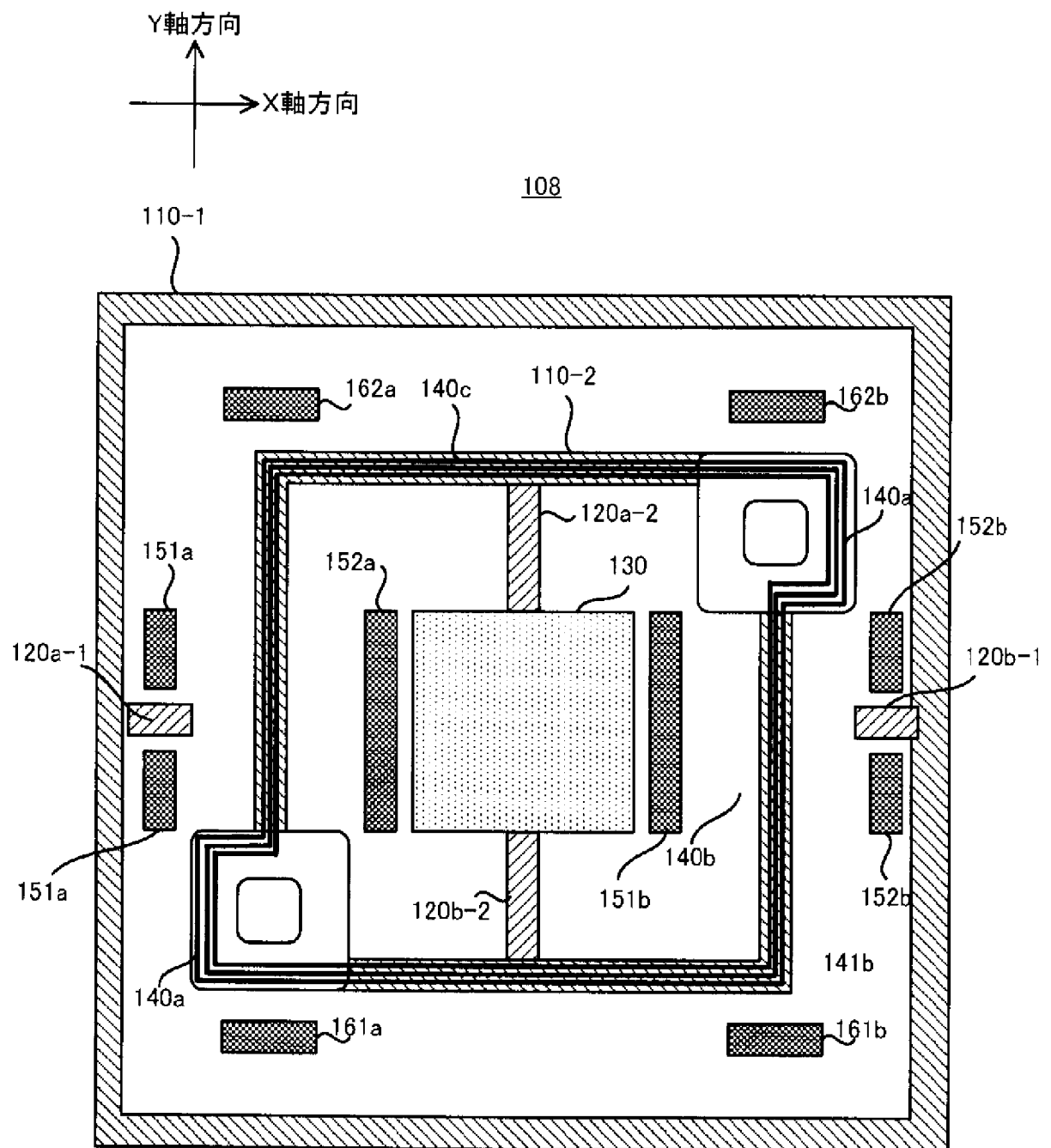
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/059644

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2008-203497 A (Canon Inc.), 04 September 2008 (04.09.2008), paragraphs [0012] to [0014]; fig. 1 & US 2008/0231930 A1 & KR 10-2008-0077580 A	1-2
Y	US 2011/0199172 A1 (Tjarlf Pirk), 18 August 2011 (18.08.2011), paragraphs [0021] to [0059]; fig. 1A to 2B & EP 2332155 A1 & WO 2010/034551 A1 & DE 102008042346 A1	1-13
Y	JP 2008-122955 A (Samsung Electro-Mechanics Co., Ltd.), 29 May 2008 (29.05.2008), paragraphs [0059] to [0068]; fig. 8 to 9 & US 2008/0100898 A1 & EP 1918758 A2 & KR 10-2008-0039764 A	1-13

☒ 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, 2013 (20.06.13)

Date of mailing of the international search report
02 July, 2013 (02.07.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/059644

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)	3
Y	JP 2011-180322 A (Brother Industries, Ltd.), 15 September 2011 (15.09.2011), paragraphs [0037] to [0041]; fig. 1 to 3 (Family: none)	4-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/059644

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), paragraphs [0012] to [0014]; fig. 1).

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

Meanwhile, the inventions of claims 1-3 are classified into a main invention group.

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 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2008-203497 A（キヤノン株式会社）2008.09.04, [0012] - [0014], [図1] & US 2008/0231930 A1 & KR 10-2008-0077580 A	1-2
Y	US 2011/0199172 A1 (Tjarlf Pirk) 2011.08.18, [0021] - [0059] Fig. 1A-Fig. 2B & EP 2332155 A1 & WO 2010/034551 A1 & DE 102008042346 A1	1-13
Y	JP 2008-122955 A（三星電機株式会社）2008.05.29, [0059]	1-13

☒ 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 3

国際調査報告の発送日

0 2 . 0 7 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

塩治 雅也

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

3 V

3 6 3 0

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
	－ [0 0 6 8] [図 8] － [図 9] & US 2008/0100898 A1 & EP 1918758 A2 & KR 10-2008-0039764 A	
Y	JP 2002-350457 A (オリンパス光学工業株式会社) 2002. 12. 04, [0 0 5 0] － [0 0 5 8], [図 1 5] (ファミリーなし)	3
Y	JP 2011-180322 A (ブラザー工業株式会社) 2011. 09. 15, [0 0 3 7] － [0 0 4 1], [図 1] － [図 3] (ファミリーなし)	4-13

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, [0012]－[0014], [図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1－3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。