

(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
2015 年 2 月 5 日(05.02.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/015665 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 26/10 (2006.01) *G02B 26/08* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/083361
- (22) 国際出願日: 2013 年 12 月 12 日(12.12.2013)
- (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:
特願 2013-160516 2013 年 8 月 1 日(01.08.2013) JP
- (71) 出願人: 浜松ホトニクス株式会社(HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 Shizuoka (JP).
- (72) 発明者: 滝本 貞治(TAKIMOTO Sadaharu); 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 木元 正国(KIMOTO Masakuni); 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 足立 訓秀(ADACHI Norihide); 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP).
- (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目 1 番 1 号丸の内 MY PLAZA (明治安田生命

ビル) 9 階 創英国際特許法律事務所 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, IR, IS, KE, KG, 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, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

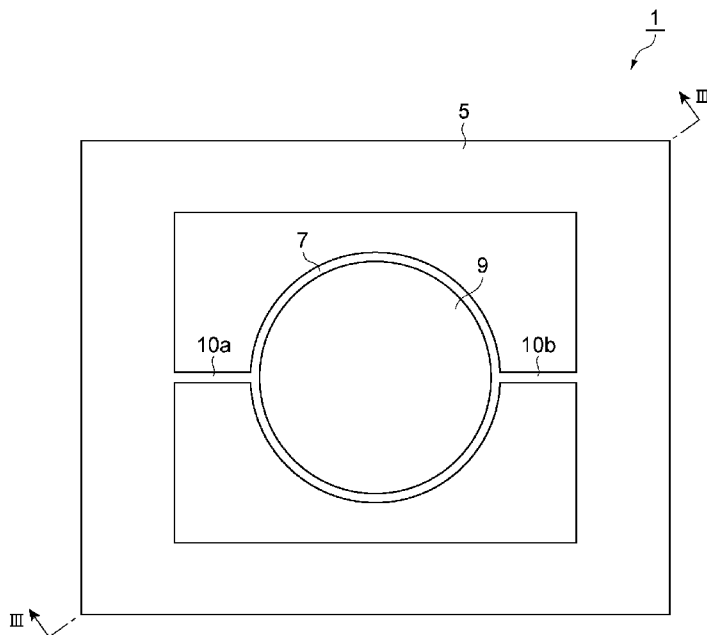
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
- 補正された請求の範囲 (条約第 19 条(1))

(54) Title: MIRROR DRIVE DEVICE

(54) 発明の名称: ミラー駆動装置



(57) Abstract: Provided is a mirror drive device that makes it possible to efficiently obtain driving force. The mirror device (1) is provided with: a fixed frame (5); a movable section (7) that has a circular shape and that is swingably supported with respect to the fixed frame (5) via torsion bars (10a, 10b) that extend on the same straight line; a mirror (9) that is arranged on the main surface (7a) of the movable section (7); and a permanent magnet (3) that forms a magnetic field around the movable section (7). The movable section (7) comprises a drive coil (12) that is arranged below the mirror (9). The drive coil (12) has a 2n-sided shape (n is an integer of 3 or more) when viewed from a direction that is orthogonal to the main surface (7a) and at least one side of said shape is orthogonal to the direction of the magnetic field (F).

(57) 要約: 駆動力を効率的に得ることができるミラー駆動装置を提供する。ミラー駆動装置 1 は、固定フレーム 5 と、同一直線上に延びるトーシヨンバー 10a, 10b を介して固定フレーム 5 に対して揺動可能に支持されると共に、円形状を呈する可動部 7 と、可動部 7 の主面 7a 上に配置されたミラー 9 と、可動

部 7 の周囲に磁場を形成する永久磁石 3 と、を備え、可動部 7 は、ミラー 9 の下方に配置された駆動コイル 12 を有し、駆動コイル 12 は、主面 7a に対して直交する方向から見て 2n 角形状 (n は整数で且つ 3 以上) を呈しており、その少なくとも一辺が磁場 F の方向に直交している。

明 細 書

発明の名称： ミラー駆動装置

技術分野

[0001] 本発明は、ミラー駆動装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、微少な大きさの機械的要素及び電子回路要素を融合したMEMS (Micro Electro Mechanical System) 技術 (マイクロマシン技術ともいう) を用いたミラー駆動装置の研究が盛んに行われている。ミラー駆動装置の一例としては、例えば特許文献1に記載されたものが知られている。

[0003] 特許文献1に記載のミラー駆動装置は、支持部にトーションバー部を介して揺動駆動可能に設けられたミラー部と、支持部を挟む位置に配置された一対の永久磁石と、を備えている。ミラー部は、表面に反射膜が形成されていると共に、その表面と反射膜との間にミラー部の形状に沿った電磁コイルが設けられている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2012-88487号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ミラー部の駆動力を効率的に得るためには、ミラー部の軽量化を図り、慣性モーメントを低減させる必要がある。ここで、一般に、ミラー部の反射膜に照射されたときのレーザー光の形状は円形状を呈している。そのため、上記従来のミラー駆動装置のようにミラー部が矩形形状を呈している構造では、レーザー光が照射されない無駄な領域 (隅部) が存在する。その結果、従来のミラー駆動装置では、ミラー部が重いために慣性モーメントが大きく、駆動力を確保し難い。また、従来のミラー駆動装置の構造では、ミラー部 (可動板) の形状に沿ってコイルを形成するため、永久磁石により形成され

る磁場と電磁コイルに流れる電流の向きによっては直交する辺が存在しない場合や、交差しない部分が多く存在する場合があるため、駆動力を効率的に得ることができない。

[0006] 本発明は、駆動力を効率的に得ることができるミラー駆動装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一側面に係るミラー駆動装置は、支持部と、連結部材を介して、支持部に対して揺動可能に支持されると共に、円形状を呈する可動部と、可動部の主面上に配置されたミラーと、可動部の周囲に磁場を形成する磁石と、を備え、可動部は、ミラーの下方で且つ主面に対して直交する方向から見てミラーの内側に少なくとも一部が配置された駆動コイルを有し、駆動コイルは、主面に対して直交する方向から見て $2n$ 角形状（ n は整数で且つ3以上）を呈しており、その少なくとも一辺が磁場の方向に直交していることを特徴とする。

[0008] このミラー駆動装置では、可動部は円形状を呈している。これにより、可動部が矩形形状を呈する構造に比べて空気抵抗を小さくすることができると共に、軽量化が図れるため慣性モーメントを低減させることができる。また、ミラー駆動装置では、駆動コイルは、主面に対して直交する方向から見て $2n$ 角形状（ n は整数で且つ3以上）を呈しており、その少なくとも一辺が磁界の方向に直交している。これにより、磁場の方向と駆動コイルに流れる電流の向きとが直交するため、ローレンツ力を効果的に発生させることができる。したがって、ミラー駆動装置では、駆動力を効率的に得ることができる。

[0009] 一実施形態においては、磁場は、可動部の主面の面方向に沿って形成されており、磁場の方向は、主面に対して直交する方向から見て、揺動軸に対して所定の角度を成している。これにより、駆動コイルに流れる電流と磁場の方向とが直交するため、ローレンツ力をより効果的に発生させることができる。したがって、駆動力を効率的に得ることができる。

[0010] 一実施形態においては、可動部は、駆動コイルが埋め込まれる溝部を有する基材を有し、駆動コイルは、溝部内に配置された金属材料であるCuによって構成されていてもよい。このように、駆動コイルを溝部に金属材料を配置するダマシン法により形成することにより、可動部の主面の平坦性を確保できる。また、駆動コイルをCuで構成することにより、電気抵抗率を小さくすることができ、駆動コイルに大きな電流を流すことができる。その結果、より大きなローレンツ力を発生させることができるため、駆動力をより効果的に得ることができる。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、駆動力を効率的に得ることができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図1は、一実施形態に係るミラー駆動装置を示す平面図である。

[図2]図2は、図1に示すミラー駆動装置の駆動コイルの構成を示す平面図である。

[図3]図3は、図1におけるⅠⅠⅠーⅠⅠⅠ線に沿った断面構成を示す図である。

[図4]図4は、永久磁石を示す斜視図である。

[図5]図5は、磁場を模式的に示す図である。

[図6]図6は、可動部の断面構成の一部を示す図である。

[図7]図7（a）は図2におけるa－a線に沿った断面構成を示す図であり、図7（b）は図2におけるb－b線に沿った断面構成を示す図である。

[図8]図8は、比較例の駆動コイルと磁場との関係を模式的に示す図である。

[図9]図9は、駆動電流と光学振れ角との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0013] 本発明の実施形態について図面を参照して説明するが、以下の本実施形態は、本発明を説明するための例示であり、本発明を以下の内容に限定する趣旨ではない。説明において、同一要素又は同一機能を有する要素には同一符号を用いることとし、重複する説明は省略する。

[0014] 図1は、一実施形態に係るミラー駆動装置を示す平面図である。図2は、図1に示すミラー駆動装置の駆動コイルの構成を示す平面図である。図3は、図1におけるⅠⅠⅠ-ⅠⅠⅠ線に沿った断面構成を示す図である。各図に示されるように、ミラー駆動装置1は、永久磁石3と、固定フレーム（支持部）5と、可動部7と、ミラー9と、を備えている。

[0015] 永久磁石3は、矩形状を呈する平板状を成している。永久磁石3は、可動部7の下方に配置されている。永久磁石3は、一对の主面3a, 3bを有する。永久磁石3は、可動部7の周囲（後述する駆動コイル12の周囲）に磁場（磁界）を形成する。図4は、永久磁石を示す斜視図である。図3及び図4に示されるように、永久磁石3は、第1磁性部30と、第2磁性部31と、第3磁性部32と、を有している。図4に示されるように、第1磁性部30及び第2磁性部31は、それぞれ、永久磁石3において、永久磁石3の底面の対角線方向における一端側及び他端側に配置されている。第3磁性部32は、第1磁性部30と第2磁性部31との間に配置されている。第1磁性部30と第3磁性部32との境界面33、及び第3磁性部32と第2磁性部31との境界面34は、Z軸に平行で、かつX軸及びY軸の両方と交差する平面である。

[0016] 第1磁性部30は、第1極性の磁極30aと、第1極性とは異なる第2極性の磁極30bと、を有する。第2磁性部31は、第1極性の磁極31aと、第2極性の磁極31bと、を有する。第3磁性部32は、第1極性の磁極32aと、第2極性の磁極32bと、を有する。磁極32aは、第3磁性部32における、第1磁性部30と対向する側に配置されている。磁極32bは、第3磁性部32における、第2磁性部31と対向する側に配置されている。本実施形態では、第1極性はS極の極性であり、第2極性はN極の極性である。逆に、第1極性がN極の極性であり、第2極性がS極の極性であってもよい。

[0017] 第1磁性部30、第3磁性部32及び第2磁性部31は、ハルバッハ配列を構成している。具体的には、第1磁性部30において、第1極性の磁極3

0 a と第 1 磁性部 3 0 の第 2 極性の磁極 3 0 b とは、Z 軸方向において対向している。第 1 磁性部 3 0 に隣接する第 3 磁性部 3 2 において、第 1 極性の磁極 3 2 a と第 3 磁性部 3 2 の第 2 極性の磁極 3 2 b とは、X, Y 方向に平行な方向において対向している。第 3 磁性部 3 2 に隣接し、且つ第 3 磁性部 3 2 に関して第 1 磁性部 3 0 の反対側に位置する第 2 磁性部 3 1 において、第 1 極性の磁極 3 1 a と第 2 極性の磁極 3 1 b とは、Z 軸方向において対向している。このように、第 1 磁性部 3 0、第 3 磁性部 3 2、及び第 2 磁性部 3 1 のうち隣り合う 2 つにおいて、それぞれが有する 2 つの磁極が対向する方向は、互いに垂直な方向である。

[0018] 永久磁石 3 により形成される磁場の方向は、所定の角度を成している。詳細には、図 5 に示されるように、磁場 F は、後述する可動部 7 の主面 7 a の面方向に沿って形成され、磁場 F の方向は、固定フレーム 5 と可動部 7 とを連結する直線状のトーションバー（連結部材）1 0 a, 1 0 b における可動部 7 との接続箇所 C を少なくとも含む（接続箇所 C を繋ぐ）直線 L に対して約 45° の角度を成している。永久磁石 3 の厚さは、例えば 2 mm ~ 3 mm 程度に設定することができる。

[0019] 固定フレーム 5 は、矩形状を呈する枠体である。固定フレーム 5 は、永久磁石 3 の主面 3 a 上に配置されている。固定フレーム 5 の厚さは、例えば $250\mu\text{m}$ ~ $300\mu\text{m}$ 程度に設定することができる。

[0020] 可動部 7 は、固定フレーム 5 の開口内に位置している。可動部 7 は、円形状を呈する平板状を成している。ここで言う円形状には、真円及び楕円を含む。本実施形態では、可動部 7 は、真円形状を呈している。可動部 7 は、トーションバー 1 0 a, 1 0 b を介して、固定フレーム 5 に対して揺動可能に支持されている。トーションバー 1 0 a, 1 0 b は、直線状を呈しており、固定フレーム 5 と可動部 7 とを連結している。トーションバー 1 0 a, 1 0 b は、可動部 7 を両側から挟む位置に配置されている。本実施形態では、トーションバー 1 0 a, 1 0 b が直線状を呈しているため、トーションバー 1 0 a, 1 0 b の延在方向（もしくは揺動軸（揺動軸の延びる方向））と

、トーションバー 10a、10b と可動部 7 との接続箇所 C のそれぞれを含む上記直線 L とは、同一方向とされている。なお、トーションバーは、直線状である構成に限らず、例えば、直線部分と、この直線部分の両端を交互に連結する複数の折り返し部分と、を有する蛇行形状であってもよい。このような構成において、トーションバーと固定フレーム 5 との接続箇所と、トーションバーと可動部 7 との接続箇所とのそれぞれは、同一直線上に位置していてもよいし、同一直線上に位置していなくてもよい。同一直線上に位置していない場合、磁場 F の方向と所定の角度を成すのはトーションバー（連結部材）の延在方向もしくは揺動軸の延びる方向のいずれかである。

[0021] ミラー 9 は、可動部 7 の主面 7a 上に配置されている。本実施形態では、図 1 に示されるように、ミラー 9 は円形状を呈している。ミラー 9 は、金属薄膜により構成された光反射膜である。ミラー 9 に用いられる金属材料としては、例えばアルミ（Al）、金（Au）、銀（Ag）が挙げられる。

[0022] 可動部 7 には、駆動コイル 12 が配置されている。駆動コイル 12 は、ミラー 9 の下方に配置されており、可動部 7 に埋め込まれている。駆動コイル 12 は、可動部 7 の主面 7a に対して直交する方向から見て、ミラー 9 の内側、すなわちミラー 9 に覆われる（隠れる）位置に配置されている。図 2 に示されるように、駆動コイル 12 は、可動部 7 の主面 7a に直交する方向から見て、多角形状、詳細には $2n$ 角形状（ n は整数であり且つ 3 以上（ $n \geq 3$ ））を呈しており、本実施形態では、八角形状を呈している。

[0023] 駆動コイル 12 は、少なくとも一辺が磁場の方向に直交している。本実施形態では、駆動コイル 12 が八角形状を呈しており、図 5 に示されるように、八辺のうちの二辺が磁場 F の方向に直交しており、その他の二辺が磁場 F と交差している。

[0024] 続いて、駆動コイル 12 の詳細な構成について以下に説明する。図 6 は、可動部における駆動コイルの断面構成を示す図である。図 6 に示されるように、可動部 7 は、基材 14 と、駆動コイル 12 と、被覆層 16 と、絶縁層 18 と、を有する。基材 14 は、駆動コイル 12 に対応する形状を呈する溝部

20を有する。すなわち、溝部20は、主面14a（主面7a）に対して直交する方向から見て、八角形状に形成されている。溝部20は、例えば、基材14の表面に所定のパターンのマスクを形成し、続いて、当該マスクを介して基材14をエッチングすることにより形成できる。基材14は、例えば、Siで構成される。基材14の厚みは、例えば20 μ m～60 μ m程度に設定することができる。

[0025] 基材14の主面14a及び溝部20の内壁面には、絶縁層22が配置されている。絶縁層22は、基材14を熱酸化して得られる熱酸化膜である。絶縁層22は、例えばSiO₂で構成される。溝部20内で且つ絶縁層22の内壁面には、シード層24が配置されている。すなわち、シード層24は、絶縁層22と駆動コイル12との間に位置している。シード層24は、駆動コイル12を構成する金属材料に対して付着性を有する緻密な金属材料を、基材14（絶縁層22）上にスパッタリングすることにより得られる。シード層24を構成する金属材料としては、例えばTiNが挙げられる。

[0026] 溝部20内で且つシード層24上には、駆動コイル12を構成する金属材料が配置されている。駆動コイル12は、ダマシン法により、シード層24上に当該金属材料を埋め込むことにより得られる。溝部20内に当該金属材料を埋め込むための手法としては、めっき、スパッタリング又はCVDが挙げられる。

[0027] 溝部20内に当該金属材料を配置した後に、化学機械研磨（CMP：Chemical Mechanical Polishing）によって主面14a側を平坦化してもよい。この平坦化工程においては、駆動コイル12とシード層24との間に生ずる電位差等により、駆動コイル12のうちシード層24と接する境界部26が局部的に減肉することがある。当該金属材料としては、例えばCu又はAuが挙げられる。駆動コイル12の厚さは、例えば5 μ m～10 μ m程度に設定することができる。

[0028] 被覆層16は、溝部20の開口を覆うように主面14a上まで延びている。すなわち、被覆層16は、主面14aに対して直交する方向から見て、駆

動コイル 12 のうち主面 14 a 側の表面全体を覆うと共に、基材 14 のうち溝部 20 の周囲を覆っている。被覆層 16 は、例えばスパッタリング法又は CVD 法により基材 14 上面全体に金属材料を堆積し、続いて、パターンニングすることにより得られる。

[0029] 被覆層 16 を構成する金属材料は、駆動コイル 12 を構成する金属材料の拡散を抑制する機能を有する。被覆層 16 を構成する金属材料としては、例えば Al 又は Al を含む合金が挙げられる。Al を含む合金としては、Al-Si 合金、Al-Cu 合金、Al-Si-Cu 合金が挙げられる。Al-Si 合金の組成比は、例えば Al が 99%、Si が 1% とすることができる。Al-Cu 合金の組成比は、例えば Al が 99%、Cu が 1% とすることができる。Al-Si-Cu 合金の組成比は、例えば Al が 98%、Si が 1%、Cu が 1% とすることができる。被覆層 16 の厚さは、例えば 1 μ m 程度に設定することができる。

[0030] 絶縁層 18 は、基材 14 上及び被覆層 16 上を覆うように配置されている。絶縁層 18 を構成する材料としては、例えば SiO₂、SiN 又は TEOS が挙げられる。絶縁層 18 上には、ミラー 9 が配置されている。

[0031] 図 2 に示されるように、駆動コイル 12 の一端部には、引出し導体 40 の一端が電氣的に接続されている。駆動コイル 12 の他端部には、引出し導体 42 の一端が電氣的に接続されている。引出し導体 40、42 は、トーションバー 10 a に沿って延在し、固定フレーム 5 まで引き出されている。引出し導体 40、42 の他端は、固定フレーム 5 に配置された電極 44、46 に電氣的に接続されている。電極 44、46 は、図示しない電源に接続されている。

[0032] 図 7 (a) は、図 2 における a-a 線に沿った断面構成を示す図であり、図 7 (b) は、図 2 における b-b 線に沿った断面構成を示す図である。

[0033] 図 7 (a) に示されるように、トーションバー 10 a と可動部 7 との接続箇所 C 付近では、駆動コイル 12 (配線) は、Cu 又は Au と材料とするダマシン配線によって形成されている。また、図示しないが、トーションバー

10aと固定フレーム5との接続箇所では、引出し導体40、42と電極44、46とを接続する配線がダマシン配線によって形成されている。図7(b)に示されるように、トーションバー10aの中央部付近では、引出し導体40は、例えばAl又はAlを含む合金等の材料、すなわち駆動コイル12を形成するCuよりも塑性変形し難い材料により形成されている。駆動コイル12の他端部と引出し導体40の一端とは、図示しない接続部により電氣的に接続されている。図7(a)及び(b)に示されるように、駆動コイル12と引出し導体40とは、高さ位置が異なっている。そのため、駆動コイル12と引出し導体40とは、可動部7の主面7aに対して直交する方向に延在する上記接続部により接続されている。図7(b)では、引出し導体40を示しているが、引出し導体42も同様の構成を有している。

[0034] 以上説明したように、本実施形態に係るミラー駆動装置1では、可動部7が円形形状を呈している。これにより、可動部7が矩形形状を呈する構造に比べて空気抵抗を小さくすることができると共に、軽量化が図れるため慣性モーメントを低減させることができる。ここで、空気抵抗は、本実施形態のミラー駆動装置1では、シミュレーションにおいて 1.45×10^{-3} [N]であり、ミラー（可動部）の周囲に駆動コイルが配置された従来のミラー駆動装置では、 1.70×10^{-3} [N]である。したがって、本実施形態のミラー駆動装置1では、可動部7における空気抵抗を小さくすることができる。

[0035] また、ミラー駆動装置1では、永久磁石3は可動部7の下方に配置されており、駆動コイル12は、可動部7の主面7aに対して直交する方向から見て八角形形状を呈している。これにより、前述のように本実施形態ではトーションバー10a、10b（連結部材）の延在方向もしくは揺動軸の延びる方向に対して 45° の角度を成す磁場Fが発生しているが、このような場合であっても、磁場Fの方向と駆動コイル12の二辺に流れる電流の向きとが直交し、且つ、その他の二辺に流れる電流の向きと磁場Fの方向とが交差するため、ローレンツ力を効果的に発生させることができる。したがって、ミ

ラー駆動装置 1 では、駆動力を効率的に得ることができる。

[0036] ここで、図 8 は、比較例の駆動コイルと磁場との関係を模式的に示す図である。図 8 (a) に示されるように、駆動コイル 50 が四角形状を呈する (2n 角形状において n が 3 よりも小さい) 場合には、磁場 F と直交する辺が存在しない。そのため、四角形状を呈する駆動コイル 50 では、ローレンツ力が発生し難いため、駆動力が低下する。また、駆動コイル 50 のように四角形状では、ミラー 9 の下方において使用できる面積が小さいため、駆動コイル 50 の長さを確保し難い。その結果、駆動力が低下する。

[0037] また、図 8 (b) に示されるように、四角形状を呈する駆動コイル 50 の辺が磁場 F と直交するように配置すると、駆動コイル 50 において、磁場 F と全く交差しない (磁場 F と平行な) 辺が存在する。磁場 F と交差しない二辺は、駆動コイル 50 の長さの $1/2$ に相当するため、他の二辺が磁場 F と直交している場合であっても、十分な駆動力を得ることができない。また、図 8 (b) に示す構成では、トーションバー 10a, 10b への配線を駆動コイル 50 の角部から出さなければならない。この場合、角部には負荷 (応力) が集中し易いため、配線が断線する可能性が高くなるといった問題も生じ得る。

[0038] また、駆動コイルをミラー 9 と同じ形状、すなわち円形状とした場合には、磁場 F と直交する辺が存在しないため、十分な駆動力を得ることができない。本実施形態のミラー駆動装置 1 では、駆動コイル 12 の形状を六角形状以上の多角形状 (八角形状) としている。これにより、ミラー駆動装置 1 では、磁場 F と直交する辺が存在すると共に、磁場 F と直交しなくとも交差する辺が存在する。磁場 F と直交又は交差しない辺は、駆動コイル 12 が八角形状である場合、全体の長さの $1/3$ となる。さらに、駆動コイル 12 を六角形状以上の多角形状とすることにより、ミラー 9 の下方の面積を有効に使用、すなわち駆動コイル 12 の長さを有効に確保できる。したがって、ミラー駆動装置 1 では、駆動力を効率的に得ることができる。

[0039] 図 9 は、駆動電流と光学振れ角との関係を示すグラフである。図 9 では、

横軸が駆動電流 [mA] を示しており、縦軸が光学振れ角 [°] を示している。図9では、線L1は本実施形態のミラー駆動装置1の結果を示し、線L2及び線L3は従来のミラー駆動装置の結果を示している。図9に示す結果では、本実施形態のミラー駆動装置1の駆動コイル12の巻き数を「3」、駆動コイル12の間隔を $0.6\mu\text{m}$ としている。また、従来のミラー駆動装置は、ミラー（可動部）の周囲にコイルが配置された構成であり、駆動コイルの巻き数をそれぞれ「1」（L2）、「3」（L3）、駆動コイルの間隔をそれぞれ $1\mu\text{m}$ （L2）、 $0.6\mu\text{m}$ （L3）としている。

[0040] 図9に示されるように、本実施形態のミラー駆動装置1では、従来のミラー駆動装置に比べて、約2倍の光学振れ角が得られている。このことは、ミラー駆動装置1において、可動部7を円形状にし、且つ、駆動コイル12をミラー9の下方に配置することにより、空気抵抗を小さくすると共に、軽量化が図られたことが寄与している。このように、ミラー駆動装置1では、従来の構成に比べて、高い駆動力が得られている。

[0041] 本実施形態では、ミラー9の下方で且つ可動部7の主面7aに対して直交する方向から見てミラー9の内側に駆動コイル12を配置している。ミラーの周囲に駆動コイルが配置された従来の構成では、小型化を図ろうとすると、どうしてもミラーの面積が小さくなる。これに対して、ミラー駆動装置1では、上記の構成とすることにより、ミラー9の面積を確保しつつ、小型化を図ることができる。

[0042] 本実施形態では、可動部7は、駆動コイル12が埋め込まれる溝部20を有する基材14を有し、駆動コイル12は、溝部20内に配置された金属材料であるCuによって構成されている。このように、駆動コイル12をダマシン法により形成することにより、可動部7の主面7aの平坦性を確保できる。また、駆動コイル12をCuで構成することにより、電気抵抗率を小さくすることができ、駆動コイル12に大きな電流を流すことができる。その結果、より大きなローレンツ力を発生されることができ、駆動力をより得ることができる。

[0043] 本実施形態では、トーションバー 10a に配置された引出し導体 40, 42 は、A1 又は A1 を含む合金により構成されている。直線状のトーションバー 10a には、その中央部に応力が集中する。そこで、ミラー駆動装置 1 では、駆動コイル 12 を形成する材料 (Cu 又は Au) よりも塑性変形し難い A1 又は A1 を含む合金を引出し導体 40, 42 に採用しているため、応力が加わるトーションバー 10a の中央部における引出し導体 40, 42 の強度を確保することができる。したがって、ミラー駆動装置 1 では、トーションバー 10a の機械的な強度を確保でき、応力集中による引出し導体 40, 42 の破損等を抑制できる。

[0044] 上記トーションバー 10a に配置される引出し導体 40, 42 と、トーションバー 10a と固定フレーム 5、及び、トーションバー 10a と可動部 7 との接続箇所 C における配線との構成について、別の観点では、本実施形態は、支持部と、同一直線上に延びるトーションバーと、トーションバーを介して支持部に対して揺動可能に支持される可動部と、可動部に配置されたミラーと、可動部に形成された駆動電気要素 (例えば、駆動コイルや圧電体の電極) と、トーションバー上に当該トーションバーの延在方向に沿って配置され、駆動電気要素と接続された配線と、を備え、トーションバーと支持部との接続箇所付近、及び、トーションバーと可動部との接続箇所付近の配線は、溝部内に配置された第 1 金属材料である Cu によってダマシン配線として構成されており、トーションバーの中央部付近の配線は、第 1 金属材料よりも塑性変形し難い第 2 金属材料によって構成されているミラー駆動装置と捉えることができる。

[0045] 本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。例えば、上記実施形態では、可動部 7 の真円形状を呈している構成を一例に説明したが、可動部 7 は楕円形状を呈していてもよい。

[0046] 上記実施形態では、ミラー 9 が円形形状を呈する構成を一例に説明したが、ミラー 9 は他の形状であってもよい。

[0047] 上記実施形態では、駆動コイル 12 が八角形形状を呈する構成を一例に説

明したが、駆動コイル12は、 $2n$ 角形状（ $n \geq 3$ ）であればよく、六角形状等であってもよい。六角形状の駆動コイル12においても、その二辺が磁場Fと直交すると共に、他の二辺が磁場Fと交差する。

[0048] 上記実施形態では、駆動コイル12の巻き数を2としているが、駆動コイル12の巻き数は、ミラー駆動装置1の設計に応じて適宜設定されればよい。

[0049] 上記実施形態では、駆動コイル12の引出し導体40、42を、一方のトーションバー10aを介して電極44、46まで引き出しているが、例えば、引出し導体40をトーションバー10a、引出し導体42をトーションバー10bに配置してもよい。つまり、引出し導体40、42を、トーションバー10a、10bのそれぞれを介して一本ずつ電極44、46まで引き出す構成であってもよい。このような構成の場合には、いずれかのトーションバー10a、10bが破損した場合、引出し導体40、42のいずれかが断線して信号が出力されなくなるため、その信号の出力に応じてトーションバー10a、10bの破損を検知でき、動作を中断させることができる。また、引出し導体40、42をそれぞれに配置することにより、応力の低減を一層図ることができると共に、引出し導体40、42間のショートも防止できる。

[0050] 上記実施形態では、直線状のトーションバー10a、10bを一例に説明したが、トーションバーの構成はこれに限定されず、上述のように蛇行形状等であってもよい。

[0051] 上記実施形態では、駆動コイル12の全体がミラー9の内側に配置されている構成を一例に説明したが、駆動コイル12は、その一部がミラー9の内側に配置されていればよい。

[0052] 上記実施形態では、固定フレーム5と可動部7とをトーションバー10a、10bを介して連結してトーションバー10a、10b（連結部材）の延在方向もしくは揺動軸の延びる方向の周りに可動部7を揺動させ、ミラー9を1次元的に駆動させる1次元駆動型の装置を一例に説明したが、ミラー駆

動装置は、ミラー 9 を 2 次的に駆動させる 2 次元駆動型の装置であってもよい。この場合、ミラー駆動装置は、支持部と、支持部に揺動可能に支持される第 1 可動部と、第 1 可動部に揺動可能に支持される第 2 可動部と、第 2 可動部に配置されたミラーと、第 1 可動部に配置された第 1 コイルと、第 2 可動部に配置された第 2 コイルと、備えていけばよい。上記実施形態の可動部 7 は、第 2 可動部に相当し、駆動コイル 12 は、第 2 コイルに相当する。第 1 可動部と第 2 可動部とは、互いに直交する直線（軸）周りにそれぞれ揺動可能に設けられている。これにより、ミラー駆動装置は、ミラー 9 を 2 次的に駆動させる 2 次元駆動型の装置として構成される。また、磁場 F の向きは、2 つの揺動軸に対し、所定の角度を有していることが好ましい。これにより、各軸ごとの磁石を配置する必要がなくなる。

符号の説明

[0053] 1…ミラー駆動装置、3…永久磁石、5…固定フレーム（支持部）、7…可動部、7a…主面、9…ミラー、10a, 10b…トーションバー（連結部材）、12…駆動コイル、14…基材、20…溝部、C…接続箇所、L…直線。

請求の範囲

[請求項1]

支持部と、
連結部材を介して、前記支持部に対して揺動可能に支持されると共に、円形状を呈する可動部と、
前記可動部の主面上に配置されたミラーと、
前記可動部の周囲に磁場を形成する磁石と、を備え、
前記可動部は、前記ミラーの下方で且つ前記主面に対して直交する方向から見て前記ミラーの内側に少なくとも一部が配置された駆動コイルを有し、
前記駆動コイルは、前記主面に対して直交する方向から見て2n角形状（nは整数で且つ3以上）を呈しており、その少なくとも一辺が前記磁場の方向に直交していることを特徴とするミラー駆動装置。

[請求項2]

前記磁場は、前記可動部の前記主面の面方向に沿って形成されており、
前記磁場の方向は、前記主面に対して直交する方向から見て、揺動軸に対して所定の角度を成していることを特徴とする請求項1記載のミラー駆動装置。

[請求項3]

前記可動部は、前記駆動コイルが埋め込まれる溝部を有する基材を有し、
前記駆動コイルは、前記溝部内に配置された金属材料であるCuによって構成されていることを特徴とする請求項1又は2記載のミラー駆動装置。

補正された請求の範囲
[2014年7月3日(03.07.2014)国際事務局受理]

[請求項 1] (補正後) 支持部と、

連結部材を介して、前記支持部に対して揺動可能に支持されると共に、円形状を呈する可動部と、

前記可動部の主面上に配置されたミラーと、

前記可動部の周囲に磁場を形成する磁石と、を備え、

前記可動部は、前記ミラーの下方で且つ前記主面に対して直交する方向から見て前記ミラーの内側に少なくとも一部が配置された駆動コイルを有し、

前記駆動コイルは、前記主面に対して直交する方向から見て $2n$ 角形状 (n は整数で且つ 3 以上) を呈しており、その $2n$ 角形の少なくとも一辺が前記磁場の方向に直交していることを特徴とするミラー駆動装置。

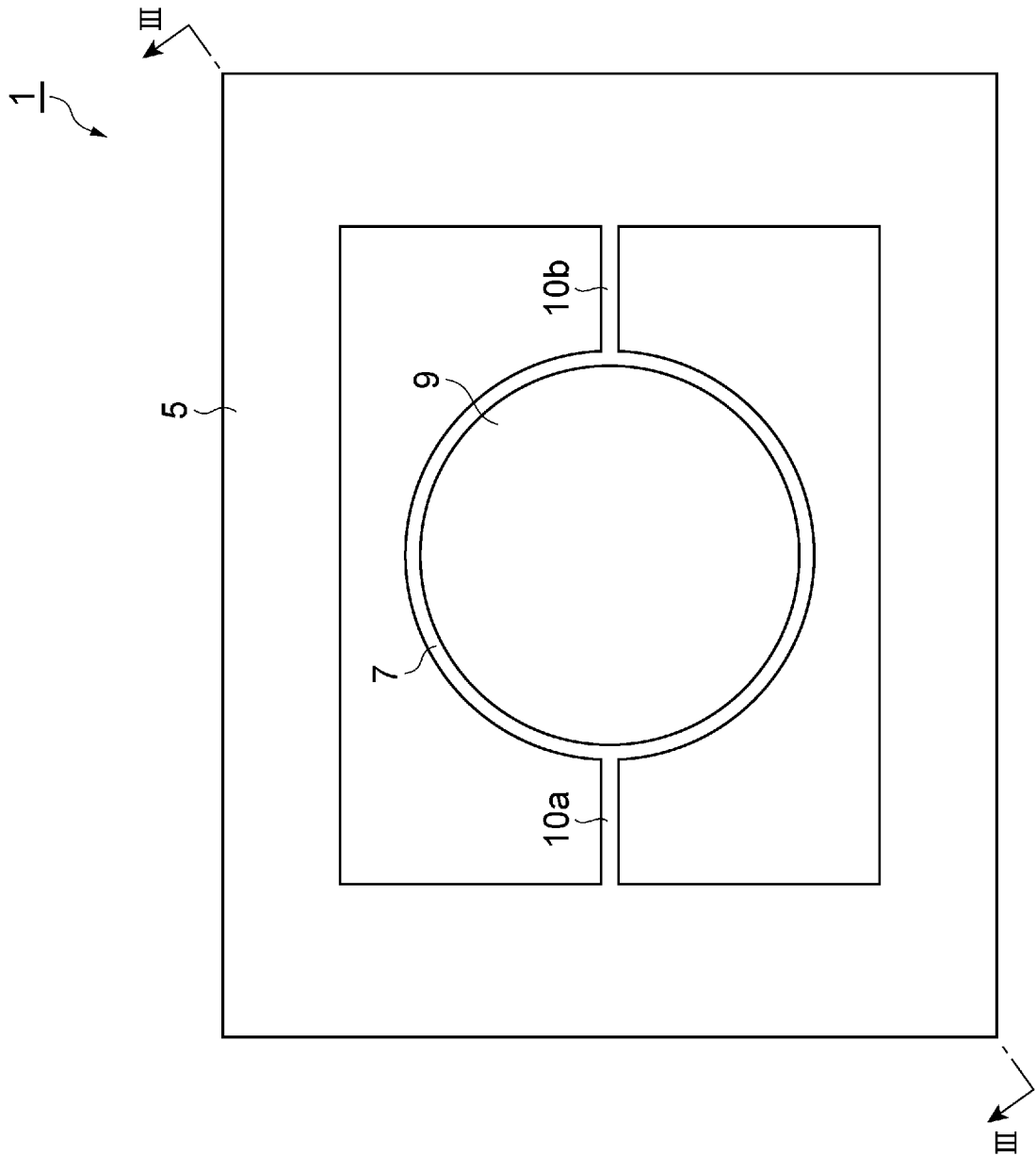
[請求項 2] 前記磁場は、前記可動部の前記主面の面方向に沿って形成されており、

前記磁場の方向は、前記主面に対して直交する方向から見て、揺動軸に対して所定の角度を成していることを特徴とする請求項 1 記載のミラー駆動装置。

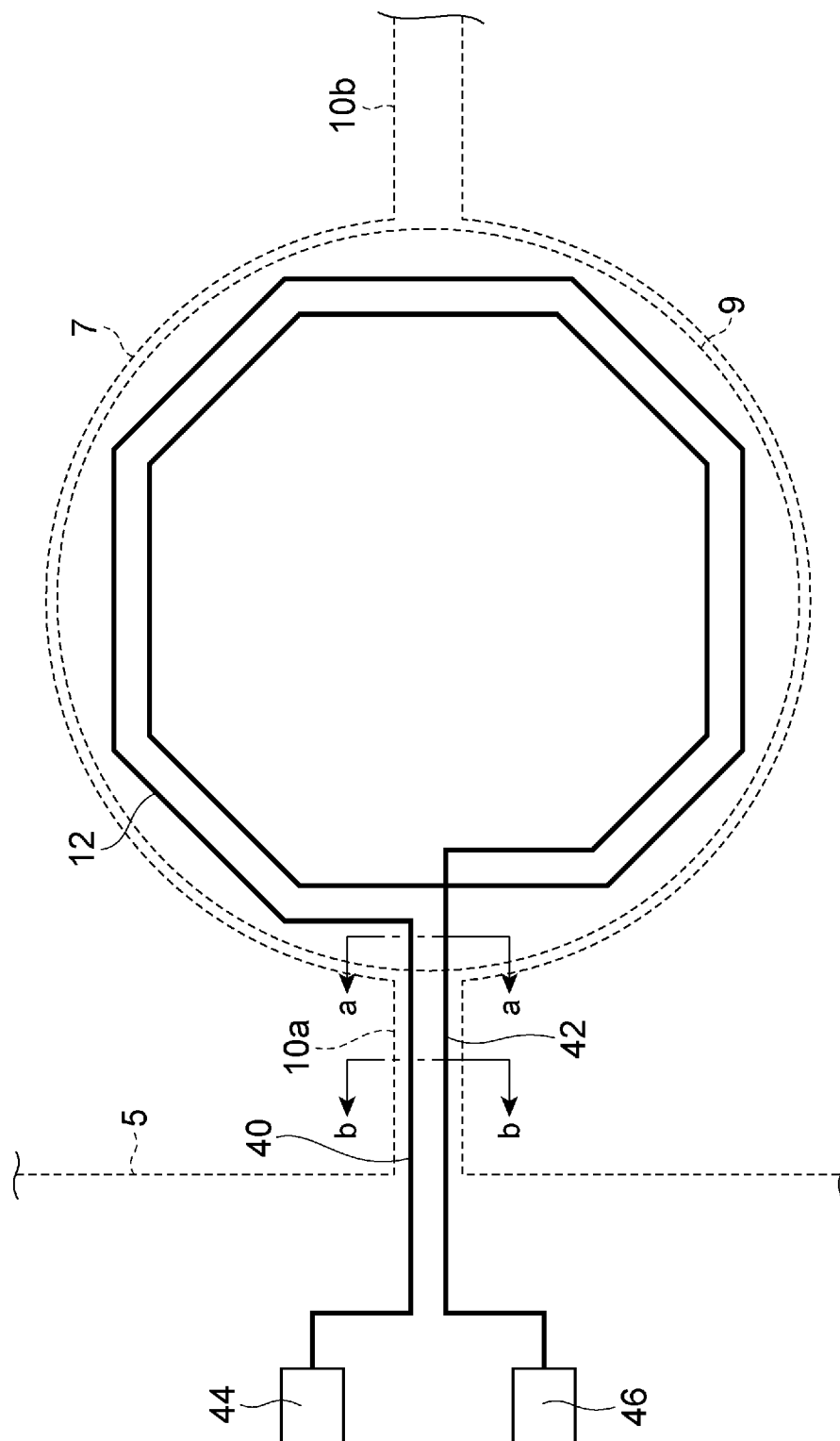
[請求項 3] 前記可動部は、前記駆動コイルが埋め込まれる溝部を有する基材を有し、

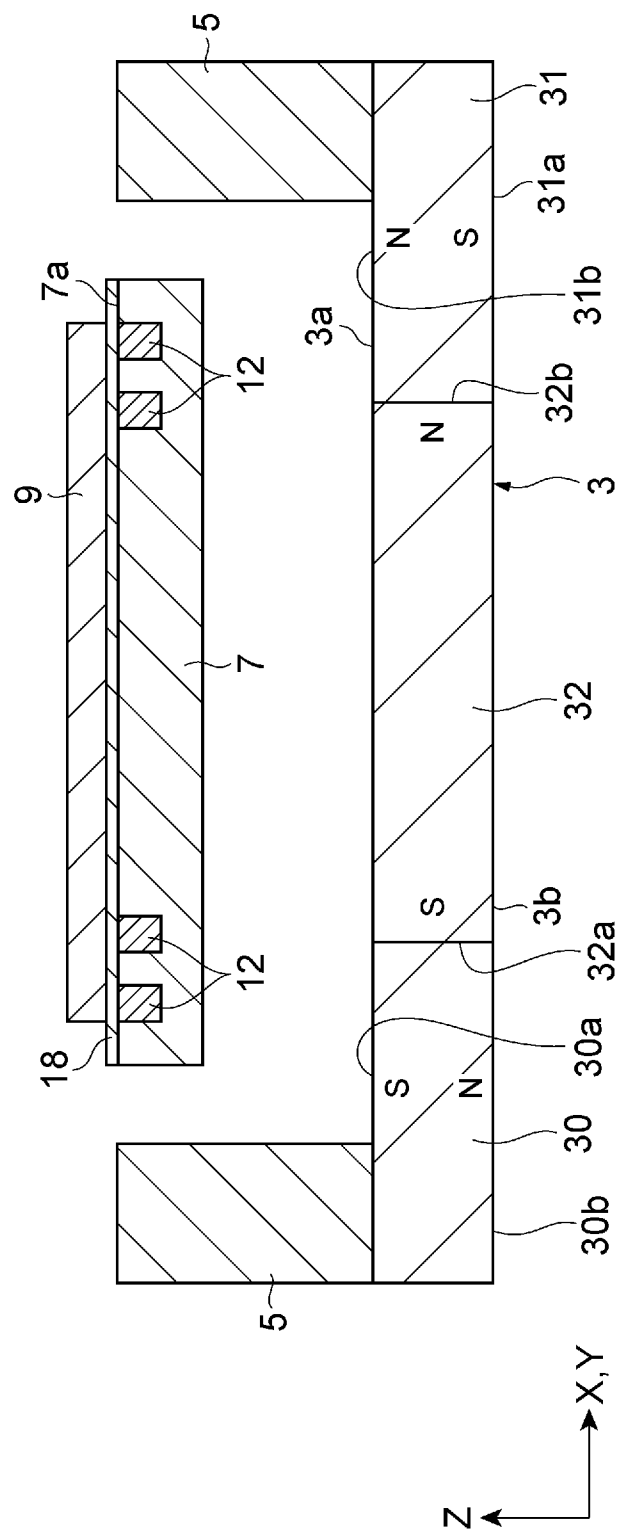
前記駆動コイルは、前記溝部内に配置された金属材料である Cu によって構成されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のミラー駆動装置。

[図1]

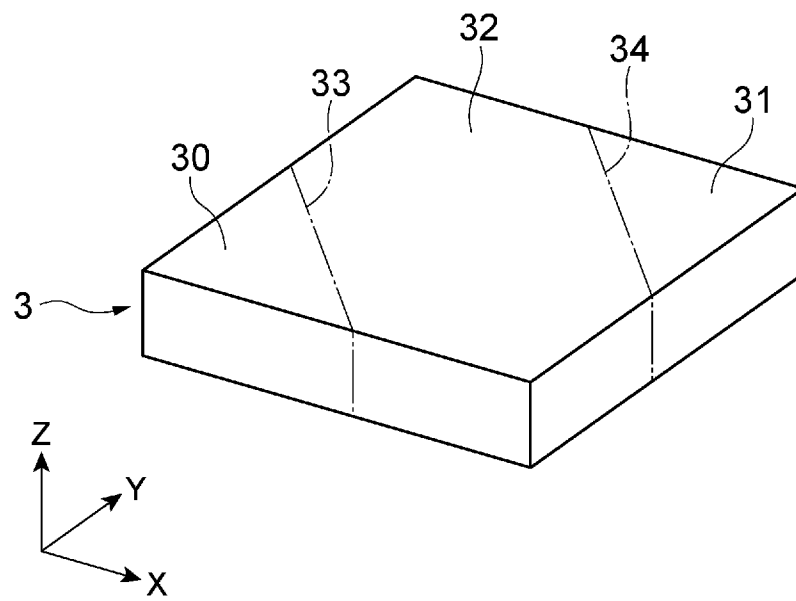


[図2]

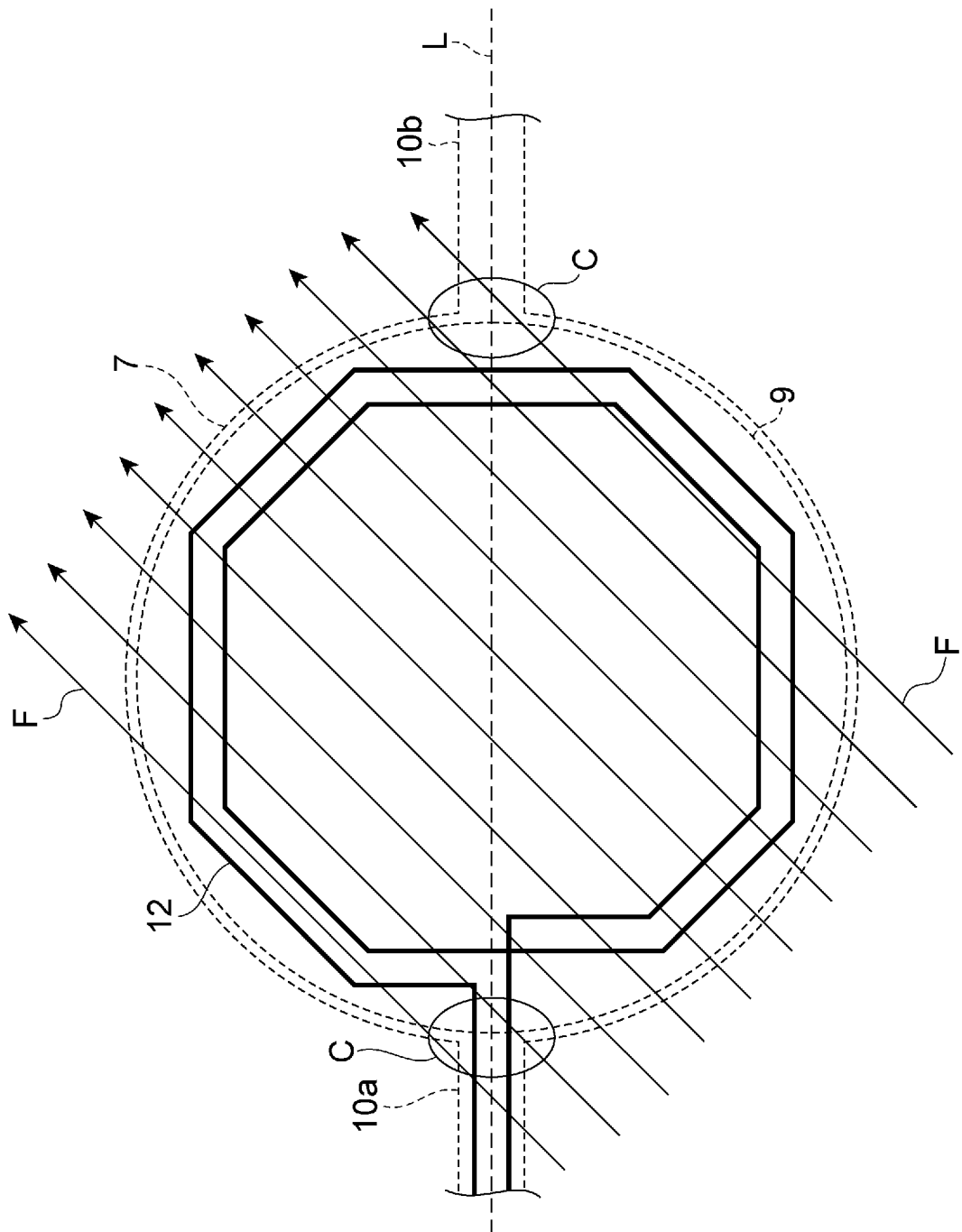




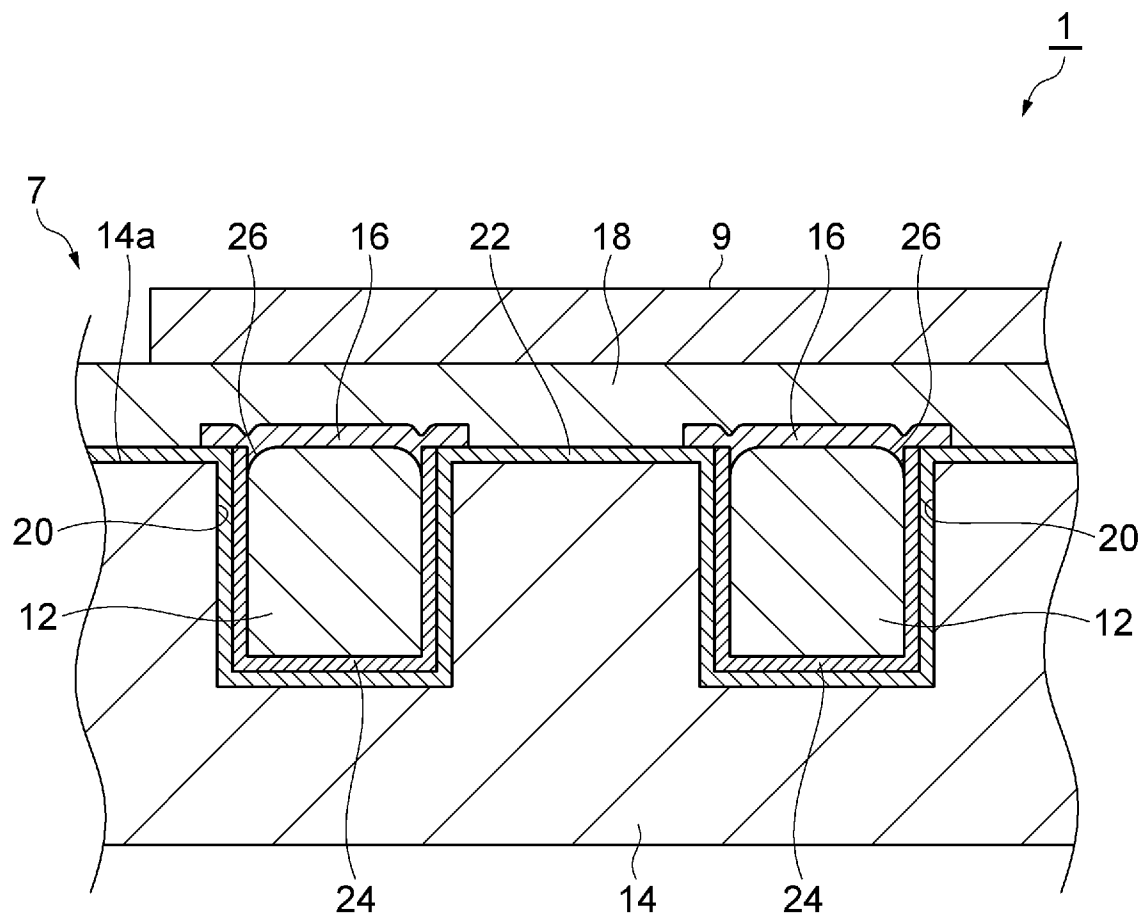
[図4]



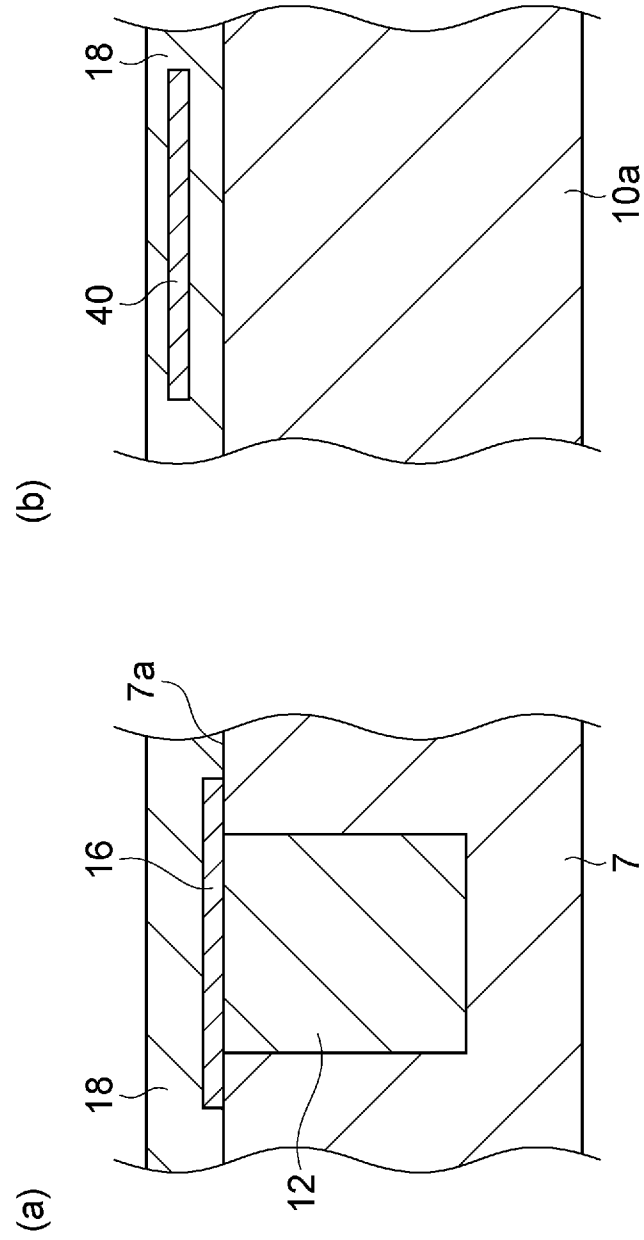
[図5]



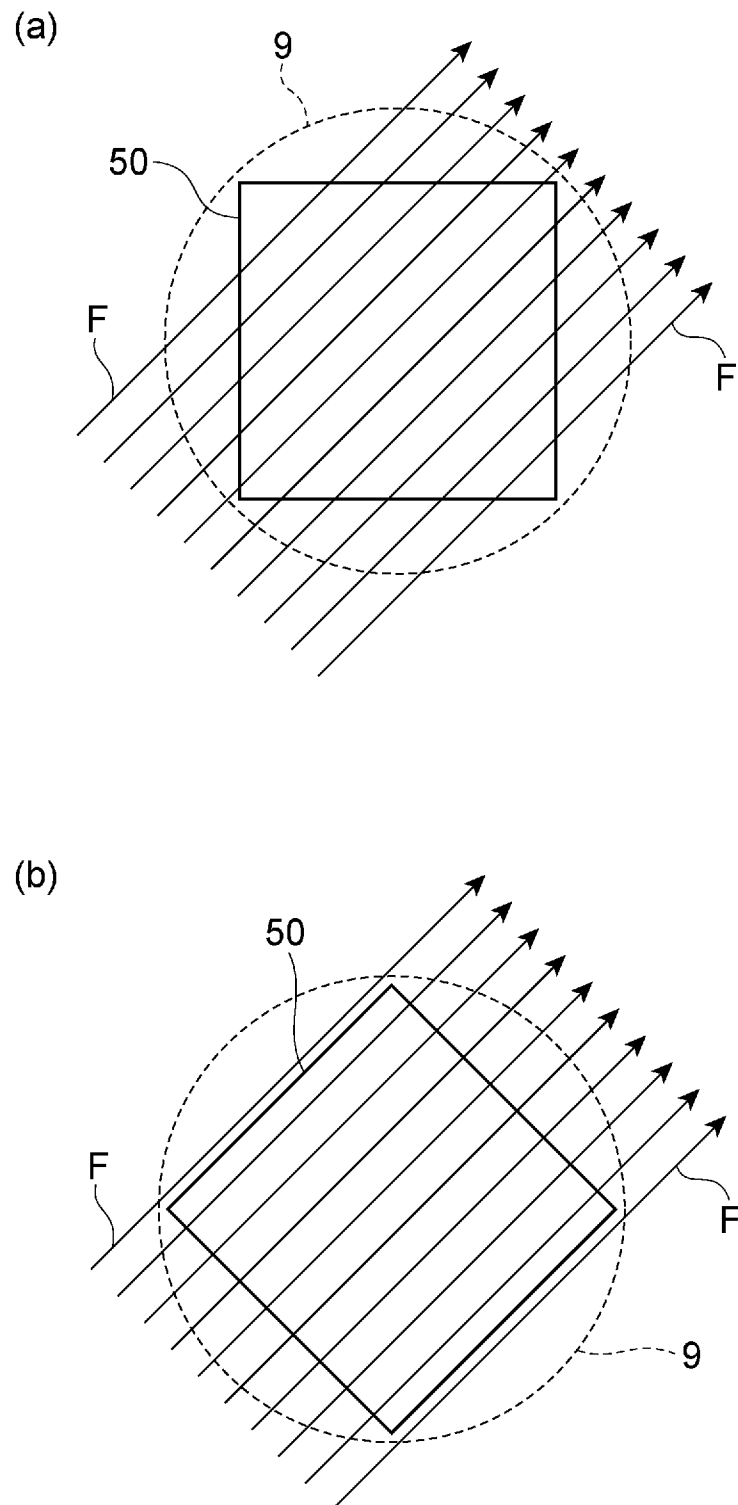
[図6]



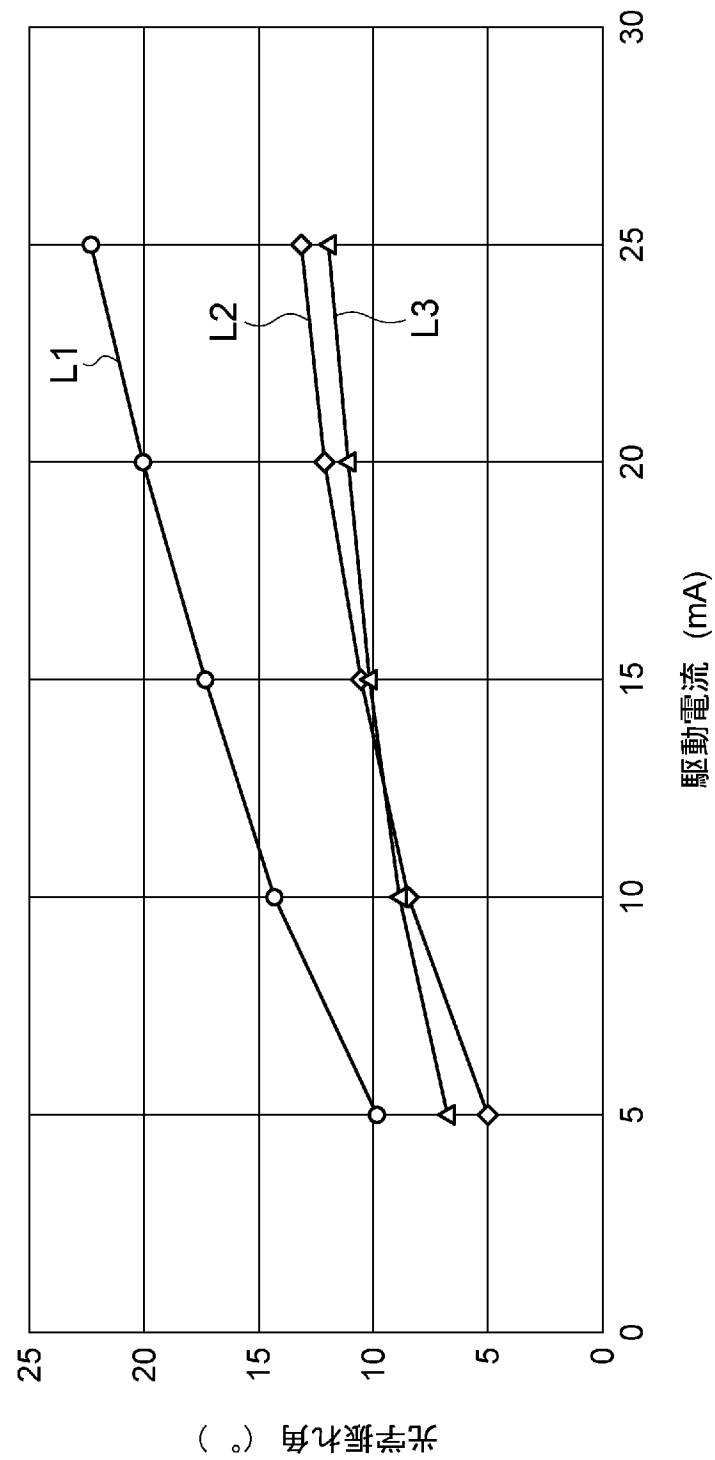
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/083361

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B26/10(2006.01) i, G02B26/08(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)

G02B26/10, G02B26/08

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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 2010-169948 A (Sumitomo Precision Products Co., Ltd.), 05 August 2010 (05.08.2010), paragraphs [0007] to [0036]; fig. 1, 2 (Family: none)	1-3
A	JP 2012-88487 A (JVC Kenwood Corp.), 10 May 2012 (10.05.2012), paragraphs [0058] to [0065]; fig. 6 (Family: none)	1-3

☐ 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
19 February, 2014 (19.02.14)

Date of mailing of the international search report
04 March, 2014 (04.03.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B26/10(2006.01)i, G02B26/08(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. G02B26/10, G02B26/08

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 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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 2010-169948 A（住友精密工業株式会社）2010.08.05, 段落【0007】－【0036】、図1、2（ファミリーなし）	1－3
A	JP 2012-88487 A（株式会社JVCケンウッド）2012.05.10, 段落【0058】－【0065】、図6（ファミリーなし）	1－3

☐ 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

1 9 . 0 2 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 4 . 0 3 . 2 0 1 4

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100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

植田 高盛

2 L

4 8 4 6

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