

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017 年 10 月 5 日(05.10.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/168722 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 26/10 (2006.01) *G02B 26/08* (2006.01)
A61B 1/00 (2006.01) *H01L 41/09* (2006.01)
G02B 23/26 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/060813
- (22) 国際出願日: 2016 年 3 月 31 日(31.03.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: オリンパス株式会社 (OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1928507 東京都八王子市石川町 2 9 5 1 番地 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 横田 博一 (YOKOTA, Hirokazu); 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP). 葛西 靖明 (KASAI, Yasuaki); 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP). 鶴田 博士 (TSURUTA, Hiroshi); 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP). 安見 卓志 (YASUMI, Takashi); 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ

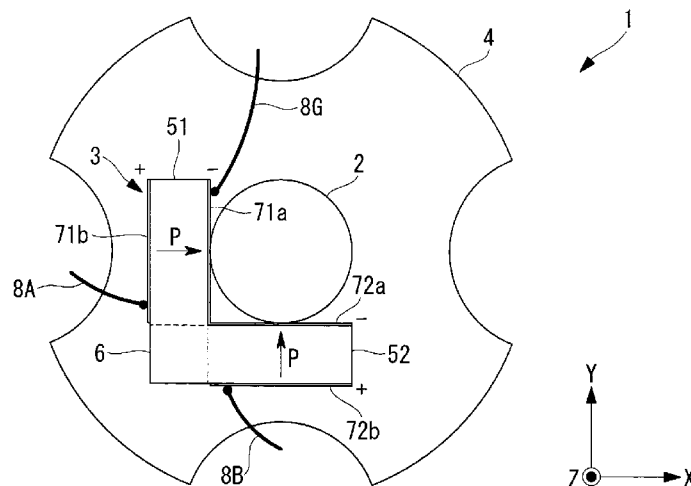
谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 上田 邦生, 外 (UEDA, Kunio et al.); 〒2208137 神奈川県横浜市西区みなとみらい 2-2-1 横浜ランドマークタワー 37F Kanagawa (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, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL FIBRE SCANNER, ILLUMINATION DEVICE, AND OBSERVATION DEVICE

(54) 発明の名称: 光ファイバスキャナ、照明装置および観察装置



(57) Abstract: This optical fibre scanner (1) is provided with an optical fibre (2), and a fixed member (3) which is fixed to the outer circumferential surface of the optical fibre (2). The fixed member (3) is provided with: two vibration parts (51, 52) which are respectively disposed adjacent to the optical fibre (3) in radial directions of the optical fibre (3) which intersect each other, and which expand and contract in the longitudinal direction of the optical fibre (3); and a connecting part (6) which connects the two vibration parts (51, 52). The two vibration parts (51, 52) are respectively provided with an inner surface which abuts the outer circumferential surface of the optical fibre (3).

(57) 要約: 光ファイバスキャナ (1) は、光ファイバ (2) と、該光ファイバ (2) の外周面に固定された固定部材 (3) とを備え、該固定部材 (3) が、光ファイバ (3) の互いに交差する径方向において光ファイバ (3) とそれぞれ隣接し光ファイバ (3) の長手方向に伸縮する 2 つの振動部 (51, 52) と、該 2 つの振動部 (51, 52) を接続する接続部 (6) とを備え、2 つの振動部 (51, 52) が、光ファイバ (3) の外周面に突き当たる内面をそれぞれ有する。



WO 2017/168722 A1



MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称：光ファイバスキャナ、照明装置および観察装置

技術分野

[0001] 本発明は、光ファイバスキャナ、照明装置および観察装置に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、光ファイバと該光ファイバの外周面に固定された圧電素子とを備え、圧電素子の伸縮によって光ファイバを屈曲振動させて光ファイバの先端から射出される光を走査する光ファイバスキャナが知られている（例えば、特許文献1参照。）。光を2次元的に走査するためには、互いに直交する2軸方向（X方向およびY方向）の屈曲振動を光ファイバに発生させる必要がある。そのため、特許文献1の光ファイバスキャナにおいては、光ファイバの周方向に90°ずれた位置にX方向用の圧電素子とY方向用の圧電素子を配置している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2014-71423号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、円筒状の光ファイバの外周面に平板状の圧電素子を貼り付ける作業は難しく、各圧電素子の貼り付け位置に誤差が生じ得る。光ファイバスキャナによる光の走査軌跡の形状は、X方向用の圧電素子とY方向用の圧電素子との相対位置に影響されるので、光ファイバへの圧電素子の貼り付け位置にずれが生じると、光の走査軌跡にも理想の走査軌跡からのずれが生じる。その結果、光ファイバスキャナの走査性能に個体差が生じ、安定した走査性能を得ることが難しいという問題がある。

[0005] 本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであって、組立精度を向上

して安定した走査性能を得ることができる光ファイバスキャナおよびこれを備える照明装置および観察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

[0006] 上記目的を達成するため、本発明は以下の手段を提供する。

本発明の第1の態様は、長手軸を有し、先端部から光を射出する光ファイバと、前記先端部よりも前記光ファイバの基端部側の位置において前記光ファイバの外周面に固定された固定部材とを備え、該固定部材が、前記光ファイバの第1の径方向において前記光ファイバと隣接し、電圧の印加によって前記光ファイバの長手方向に伸縮する第1の振動部と、前記第1の径方向と交差する前記光ファイバの第2の径方向において前記光ファイバと隣接し、電圧の印加によって前記光ファイバの長手方向に伸縮する第2の振動部と、前記第1の振動部と前記第2の振動部とを接続する接続部とを備え、前記第1の振動部が、前記光ファイバの外周面に突き当たる第1の内面を有し、前記第2の振動部が、前記第1の内面と角度を成して配置され、前記光ファイバの外周面に突き当たる第2の内面を有する光ファイバスキャナである。

[0007] 本発明の第1の態様によれば、第1の振動部に電圧が印加されると、該第1の振動部が光ファイバの長手方向に変形することによって光ファイバが第1の径方向に屈曲変形し、光ファイバの先端が第1の径方向に変位する。これにより、光ファイバの先端から射出される光が第1の径方向に走査される。同様に、第2の振動部に電圧が印加されると、該第2の振動部が光ファイバの長手方向に変形することによって光ファイバが第2の径方向に屈曲変形し、光ファイバの先端が第2の径方向に変位する。これにより、光ファイバの先端から射出される光が、第1の径方向に交差する第2の径方向に走査される。したがって、第1の振動部および第2の振動部に同時に電圧を印加することによって、光を2次元的に走査することができる。

[0008] この場合に、第1の振動部および第2の振動部はそれぞれ、単一の部材からなる固定部材の一部として構成されているので、第1の振動部と第2の振動部との相対位置は固定である。さらに、光ファイバスキャナの組立工程

において、互いに角度を成す第1の内面および第2の内面に光ファイバの外周面を径方向に突き当てることによって、固定部材に対して光ファイバが所定の位置に位置決めされる。したがって、第1の振動部、第2の振動部および光ファイバの3者間の相対位置が一意に決まる。これにより、光ファイバスキャナの組立精度を向上し、安定した走査性能を得ることができる。

[0009] 上記第1の態様においては、前記接続部の少なくとも一部分が、前記第1の振動部および前記第2の振動部の振動吸収性よりも高い振動吸収性を有していてもよい。

このようにすることで、第1の振動部と第2の振動部との間の接続部において振動が吸収されるので、第1の振動部と第2の振動部との間で伸縮振動が伝達し合うことを防止することができる。

[0010] 上記第1の態様においては、前記接続部の前記光ファイバとは反対側に位置する外側部分が、前記第1の振動部および前記第2の振動部の振動吸収性よりも高い振動吸収性を有することが好ましい。

このようにすることで、第1の振動部および第2の振動部とは異なる材料を用いて接続部の振動吸収性を高める場合に、接続部の加工を容易にすることができる。

[0011] 上記第1の態様においては、前記固定部材が、前記光ファイバの前記第1の内面とは反対側に設けられ、前記光ファイバの外周面に接触する第3の内面を有するとともに、前記光ファイバの前記第2の内面とは反対側において前記第2の径方向に開放されていてもよい。

このようにすることで、光ファイバスキャナの組立工程において、第1の内面、第2の内面および第3の内面によって囲まれる空間内に開口部から光ファイバを径方向に挿入することができる。さらに、3つの内面によって周方向に位置が異なる3点で光ファイバの外周面を支持することによって、光ファイバをより安定的に保持することができる。

[0012] 上記第1の態様においては、前記第1の内面および前記第3の内面が、前記第2の径方向において前記光ファイバの半径よりも大きな寸法を有し、前

記固定部材の、前記光ファイバの前記第2の内面とは反対側における開口が、前記第2の径方向に垂直な方向において前記光ファイバの直径よりも大きな寸法を有していてもよい。

このようにすることで、開口部から容易に光ファイバを挿入することができる。また、光ファイバの中心軸が3つの内面によって囲まれる空間内に位置するように、光ファイバを配置することができる。

[0013] 上記第1の態様においては、前記光ファイバの前記第1の振動部とは反対側に設けられ、電圧の印加によって前記光ファイバの長手方向に伸縮する第3の振動部を備え、該第3の振動部が、前記第3の内面を有していてもよい。

このようにすることで、第1の径方向においてより強い変形力を第1および第3の振動部によって光ファイバに与えることができる。

[0014] 上記第1の態様においては、前記第2の径方向における前記第2の振動部の寸法が、前記第1の径方向における前記第1の振動部および前記第3の振動部の寸法よりも大きくてもよい。

このようにすることで、第1の径方向における光ファイバの屈曲振動の共振周波数と第2の径方向における光ファイバの屈曲振動の共振周波数とが近くなる。したがって、3つの振動部に交番電圧を与えて光ファイバを屈曲振動させる場合に、光ファイバの屈曲振動をより安定させることができる。

[0015] 上記第1の態様においては、前記光ファイバの外周面に、前記光ファイバの基端から前記固定部材の先端近傍まで前記外周面を被覆する金属被膜が設けられていてもよい。

このようにすることで、精密な接合に適した半田を固定部材と光ファイバとの接合に用いることができるので、組立精度をさらに向上することができる。また、金属被膜によって光ファイバを保護することができる。さらに、光ファイバを介して各振動部と電氣的に接続される他の部材をグラウンド（GND）電極として使用することができるので、GND用のリード線を固定部材に直接接続する必要がなく、リード線の配線を容易にすることができる。

[0016] 本発明の第２の態様は、照明光を発生する光源と、該光源に前記光ファイバの基端が接続される第１の態様に係る光ファイバスキャナとを備える照明装置である。

本発明の第３の態様は、第２の態様に係る照明装置と、該照明装置からの照明光が被写体に照射されることにより、被写体から戻る戻り光を検出する光検出部と、前記固定部材の前記第１の振動部および前記第２の振動部に前記電圧を供給する電圧供給部とを備える観察装置である。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、組立精度を向上して安定した走査性能を得ることができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0018] [図１]本発明の第１の実施形態に係る観察装置の全体構成図である。

[図２]図１の観察装置の内視鏡の挿入部先端の内部構成を示す長手軸に沿った縦断面図である。

[図３]本発明の第１の実施形態に係る光ファイバスキャナを先端側から長手軸方向に見た正面図である。

[図４]図３の固定部材を先端側から長手軸方向に見た正面図である。

[図５]図３の固定部材の変形例を先端側から長手軸方向に見た正面図である。

[図６]図３の固定部材の他の変形例を先端側から長手軸方向に見た正面図である。

[図７]図３の固定部材の他の変形例を先端側から長手軸方向に見た正面図である。

[図８]本発明の第２の実施形態に係る光ファイバスキャナを先端側から長手軸方向に見た正面図である。

[図９]図８の固定部材を先端側から長手軸方向に見た正面図である。

[図１０]図９の固定部材の変形例を先端側から長手軸方向に見た正面図である。

発明を実施するための形態

[0019] (第1の実施形態)

以下に、本発明の第1の実施形態に係る光ファイバスキャナ1、照明装置10および観察装置100について図1から図7を参照して説明する。

本実施形態に係る観察装置100は、図1に示されるように、細長い挿入部20aを有する内視鏡20と、該内視鏡20に接続された制御装置本体30と、該制御装置本体30に接続されたディスプレイ40とを備えている。観察装置100は、内視鏡20の挿入部20aの先端から射出される照明光を被写体A上でスパイラル状の走査軌跡Bに沿って走査し、被写体Aの画像を取得する光走査型内視鏡装置である。

[0020] 観察装置100は、図2に示されるように、被写体Aに照明光を照射する照明装置10と、照明光が照射されることによって被写体Aから戻る戻り光を検出するフォトダイオードのような光検出器(光検出部)60と、照明装置10および光検出器60を駆動制御する駆動制御装置(電圧供給部)70とをさらに備えている。光検出器60および駆動制御装置70は制御装置本体30内に設けられている。

[0021] 照明装置10は、制御装置本体30内に設けられ照明光を発生する光源50と、挿入部20a内に設けられ、光源50から発せられた照明光を導光して先端から射出する照明用の光ファイバ2を有する光ファイバスキャナ1と、光ファイバ2よりも先端側に配置され、光ファイバ2から射出された照明光を集光させる集光レンズ11と、光ファイバスキャナ1および集光レンズ11を収納する細長い筒状の枠体12と、該枠体12の外周面上に周方向に配列して設けられ、被写体Aからの戻り光(例えば、照明光の反射光または蛍光)を光検出器60に導光する複数の検出用の光ファイバ13とを備えている。

[0022] 光ファイバスキャナ1は、図2および図3に示されるように、光ファイバ2と、光ファイバ2の外周面に固定された固定部材3と、該固定部材3よりも基端側において光ファイバ2に設けられ光ファイバ2を枠体12に固定する固定部4とを備えている。

- [0023] 光ファイバ2は、マルチモードファイバまたはシングルモードファイバであり、長手軸を有する円柱状のガラス材からなる。光ファイバ2は、枠体12の長手方向に沿って配され、枠体12の基端から制御装置本体30へ延びている。光ファイバ2の先端は枠体12の内部の先端部近傍に配置され、光ファイバ2の基端は制御装置本体30内の光源50に接続されている。
- [0024] 固定部材3は、光ファイバ2の先端よりも該光ファイバ2の基端側の位置において光ファイバ2の外周面に設けられ、光ファイバ2の先端部分（以下、「突出部」という。）2aが固定部材3の先端面から突出している。以下、光ファイバ2の長手方向をZ方向とし、光ファイバ2の互いに直交する2つの径方向をX方向（第1の径方向）およびY方向（第2の径方向）とする。
- [0025] XY平面における固定部材3の横断面形状は、図3および図4に示されるように、光ファイバ2の円筒状の外周面に互いに垂直な2つの平坦な内面51a, 52aで接するL字形状である。2つの内面51a, 52aと光ファイバ2の外周面は、接着剤によって固定されている。固定部材3は、全体にわたって均質な圧電材料（例えば、チタン酸ジルコン酸鉛）から形成され、継ぎ目の無い一体構造を有する。このような固定部材3は、例えば、角柱状の圧電材料から切り出すことによって作製される。
- [0026] 固定部材3は、光ファイバ2とX方向に隣接する第1の振動部51と、光ファイバ2とY方向に隣接する第2の振動部52と、第1の振動部51と第2の振動部52とを接続する接続部6とから構成されている。接続部6は、第1の振動部51の第2の振動部52側に位置する端部と、第2の振動部52の第1の振動部51側に位置する端部との間に設けられている。
- [0027] 固定部材3の先端側および基端側は、Z方向に開放され、固定部材3の、光ファイバ2の第1の振動部51とは反対側および第2の振動部52とは反対側は、それぞれX方向およびY方向に開放されている。したがって、光ファイバ2と固定部材3との組立工程において、光ファイバ2を内面51a, 52aに向かって径方向に接近させて内面51a, 52aに突き当てること

ができるようになっている。

[0028] 第1の振動部51は、光ファイバ2の外周面に突き当たる平坦な第1の内面51aと、該第1の内面51aよりもX方向において外側に位置し、第1の内面51aと対向する第1の外面51bとを有している。第1の内面51aは、光ファイバ2の外周面のY方向の接線に沿ってZ方向に平行に配置されている。第1の内面51aおよび第1の外面51bにはそれぞれ電極71a, 71bが形成され、第1の内面51aと第1の外面51bとの間の領域において圧電材料がX方向に分極している。これにより、第1の内面51aと第1の外面51bとの間には、電極71a, 71b間の電圧の印加によってZ方向に伸縮する第1の圧電活性領域51cが形成されている。図中の矢印Pは、圧電材料の分極方向を示している。

[0029] 第2の振動部52は、光ファイバ2の外周面に突き当たる平坦な第2の内面52aと、該第2の内面52aよりもY方向において外側に位置し、第2の内面52aと対向する第2の外面52bとを有している。第2の内面52aは、光ファイバ2の外周面のX方向の接線に沿ってZ方向に平行に配置されている。第2の内面52aおよび第2の外面52bにはそれぞれ電極72a, 72bが形成され、第2の内面52aと第2の外面52bとの間の領域において圧電材料がY方向に分極している。これにより、第2の内面52aと第2の外面52bとの間には、電極72a, 72b間の電圧の印加によってZ方向に伸縮する第2の圧電活性領域52cが形成されている。

[0030] 第1の振動部51の電極71a, 71bは、光ファイバ2の中心軸をY方向に跨ぐように配置されている。電極71a, 71bは、光ファイバ2の中心軸の両側における寸法が等しくなるように配置されていることが好ましい。

第2の振動部52の電極72a, 72bは、光ファイバ2の中心軸をX方向に跨ぐように配置されている。電極72a, 72bは、光ファイバ2の中心軸の両側における寸法が等しくなるように配置されていることが好ましい。

- [0031] 電極 7 1 b には A 相用のリード線 8 A が接続され、電極 7 2 b には B 相用のリード線 8 B が接続され、電極 7 1 a または電極 7 2 a には GND 用のリード線 8 G が接続されている。リード線 8 A, 8 B, 8 G は、制御装置本体 3 0 内の駆動制御装置 7 0 に接続されている。電極 7 1 a, 7 1 b, 7 2 a, 7 2 b とリード線 8 A, 8 B, 8 G との接続には導電性接着剤または半田が使用される。
- [0032] なお、図 3 および図 4 に示される電極 7 1 a, 7 2 a は、内面 5 1 a, 5 2 a 全面にそれぞれ形成されて互いに接続されているが、これに代えて、図 5 に示されるように、電極 7 1 a, 7 2 a が内面 5 1 a, 5 2 a の一部分のみにそれぞれ形成されて互いに分離されていてもよい。この場合には、GND 用のリード線 8 G は、電極 7 1 a および電極 7 2 a の各々に 1 本ずつ接続される。外面 5 1 b, 5 2 b に形成される電極 7 1 b, 7 2 b も、図 5 に示されるように、外面 5 1 b, 5 2 b の一部分のみに形成されていてもよい。
- [0033] 固定部 4 は、円柱状の部材からなり、光ファイバ 2 の径方向外側に設けられている。固定部 4 の内周面は光ファイバ 2 の外周面と接着剤によって固定され、固定部 4 の外周面は枠体 1 2 の内壁に固定されている。これにより、光ファイバ 2 が先端を自由端とする片持ち梁状に固定部 4 によって支持されている。
- [0034] 駆動制御装置 7 0 は、A 相用のリード線 8 A を介して電極 7 1 b に所定の駆動周波数を有する A 相の交番電圧を印加し、B 相用のリード線 8 B を介して電極 7 2 b に所定の駆動周波数を有する B 相の交番電圧を印加する。所定の駆動周波数は、光ファイバ 2 の突出部 2 a の固有振動数と等しい周波数または固有振動数の近傍の周波数に設定される。ここで、駆動制御装置 7 0 は、位相が互いに $\pi/2$ だけ異なり、かつ、振幅が正弦波状に時間変化する A 相の交番電圧および B 相の交番電圧を A 相用のリード線 8 A および B 相用のリード線 8 B にそれぞれ供給する。
- [0035] 次に、このように構成された光ファイバスキャナ 1、照明装置 1 0 および観察装置 1 0 0 の作用について説明する。

本実施形態に係る観察装置 100 を用いて被写体 A を観察するには、駆動制御装置 70 を作動させ、光源 50 から光ファイバ 2 に照明光を供給させるとともに、リード線 8 A, 8 B を介して電極 71 b, 72 b に所定の駆動周波数を有する交番電圧を印加させる。

[0036] A 相の交番電圧が電極 71 b に供給されて第 1 の圧電活性領域 51 c に X 方向に電圧が印加されると、第 1 の圧電活性領域 51 c が分極方向に直交する Z 方向に伸縮振動し、固定部 4 の位置を節とし光ファイバ 2 の先端を腹とする X 方向の屈曲振動が光ファイバ 2 の突出部 2 a に励起され、光ファイバ 2 の先端が X 方向に振動する。これにより、光ファイバ 2 の先端から射出される照明光が X 方向に直線的に走査される。

[0037] B 相の交番電圧が電極 72 b に供給されて第 2 の圧電活性領域 52 c に Y 方向に交番電圧が印加されると、第 2 の圧電活性領域 52 c が分極方向に直交する Z 方向に伸縮振動し、固定部 4 の位置を節とし光ファイバ 2 の先端を腹とする Y 方向の屈曲振動が光ファイバ 2 の突出部 2 a に励起され、光ファイバ 2 の先端が Y 方向に振動する。これにより、光ファイバ 2 の先端から射出される照明光が Y 方向に直線的に走査される。

[0038] ここで、A 相の交番電圧の位相と B 相の交番電圧の位相とは互いに $\pi/2$ ずれており、かつ、A 相の交番電圧および B 相の交番電圧の振幅が正弦波状に時間変化することによって、光ファイバ 2 の先端がスパイラル状の軌跡に沿って振動し、照明光が被写体 A 上においてスパイラル状の軌跡に沿って 2 次元的に走査される。また、駆動周波数は突出部 2 a の固有振動数と等しいまたは近傍の周波数であるので、突出部 2 a を効率的に励振させることができる。

[0039] 被写体 A からの戻り光は、複数本の光ファイバ 13 によって受光され、その強度が光検出器 60 によって検出される。駆動制御装置 70 は、照明光の走査周期と同期して光検出器 60 に戻り光を検出させ、検出された戻り光の強度を照明光の走査位置と対応付けることによって被写体 A の画像を生成する。生成された画像は、制御装置本体 30 からディスプレイ 40 に出力され

該ディスプレイ４０に表示される。

[0040] ここで、光ファイバスキャナ１の組立方法について説明する。

本実施形態に係る光ファイバスキャナ１を組み立てるには、固定部材３の第１の内面５１ａおよび第２の内面５２ａに接着剤を塗布する。次に、第１の内面５１ａおよび第２の内面５２ａの両方に光ファイバ２の外周面が突き当たるように、光ファイバ２と固定部材３との相対位置を決定する。次に、接着剤を硬化させて光ファイバ２の外周面に固定部材３を固定する。これにより、光ファイバ２と固定部材３とを組み立てることができる。

[0041] この場合に、本実施形態によれば、光ファイバ２をＸ方向およびＹ方向に屈曲振動させるための２つの振動部５１，５２はそれぞれ、単一の部材から形成される固定部材３の一部である。すなわち、第１の振動部５１と第２の振動部５２との相対位置は固定である。さらに、固定部材３が有する互いに垂直な２つの内面５１ａ，５２ａに光ファイバ２の外周面を突き当てることによって、固定部材３に対して光ファイバ２が所定の位置に位置決めされる。したがって、第１の振動部５１と第２の振動部５２と光ファイバ２との間の相対位置を一意に決めることができる。これにより、光ファイバスキャナ１の組立精度を向上し、所望の走査性能を有する光ファイバスキャナ１を安定的に製造することができるという利点がある。

[0042] 本実施形態においては、固定部材３が、継ぎ目の無い一体構造からなることとしたが、これに代えて、第１の振動部５１、第２の振動部５２および接続部６を構成する３個のブロックを互いに接合することによって、全体として単一の部材からなる固定部材３が形成されていてもよい。

[0043] 本実施形態においては、接続部６の全体が圧電材料からなることとしたが、これに代えて、図６および図７に示されるように、接続部６の少なくとも一部分が、第１の振動部５１および第２の振動部５２のうち少なくとも一方よりも高い振動吸収性を有する振動吸収部材９から構成されていてもよい。図６の例においては、接続部６の一部分のみが振動吸収部材９から構成されている。図７の例においては、接続部６の全体が振動吸収部材９から構成さ

れている。

[0044] このようにすることで、第1の圧電活性領域51cと第2の圧電活性領域52cとの間での振動の伝達を抑制することができる。振動吸収部材9の材料は、硬質な樹脂、例えばPEEK、エンジニアプラスチックまたはエラストマであることが好ましい。

図6に示されるように、接続部6の一部分のみに振動吸収部材9を設ける場合には、振動吸収部材9は、接続部6のうち光ファイバ2とは反対側に位置する外側部分に設けられることが好ましい。このようにすることで、接続部6の加工を容易にすることができる。

[0045] (第2の実施形態)

次に、本発明の第2の実施形態に係る光ファイバスキャナ101、照明装置および観察装置について図8から図10を参照して説明する。本実施形態においては、第1の実施形態と異なる構成について主に説明し、第1の実施形態と共通する構成については同一の符号を付して説明を省略する。

[0046] 本実施形態に係る光ファイバスキャナ101は、図8および図9に示されるように、固定部材31が、第1の振動部51とは反対側において光ファイバ2とX方向に隣接する第3の振動部53と、第3の振動部53と第2の振動部52とを接続するもう1つの接続部61とをさらに有している点で、第1の実施形態と異なっている。

[0047] 接続部61は、第3の振動部53の第2の振動部52側に位置する端部と、第2の振動部52の第3の振動部53側に位置する端部との間に設けられている。したがって、XY平面における固定部材31の横断面形状は、2つの直角の角を有するU字形状であり、固定部材31は、光ファイバ2の第2の振動部52とは反対側において開放されている。固定部材31は、全体にわたって均質な圧電材料（例えば、チタン酸ジルコン酸鉛）から形成され、継ぎ目の無い一体構造を有する。このような固定部材31は、例えば、角柱状の圧電材料から切り出すことによって作製される。

[0048] 第3の振動部53は、光ファイバ2の外周面に突き当たる平坦な第3の内

面53aと、該第3の内面53aよりもX方向において外側に位置し、第3の内面53aと対向する第3の外表面53bとを有している。したがって、光ファイバ2は、3つの内面51a, 52a, 53aによって囲まれた空間内に配置され、光ファイバ2の外周面は、周方向に90°ずつずれた3点において内面51a, 52a, 53aによって支持されている。

[0049] 光ファイバ2の第2の振動部52とは反対側における開口のX方向の幅寸法Wは、光ファイバ2の直径以上である。したがって、光ファイバスキャナ101の組立工程において、3つの内面51a, 52a, 53aに囲まれる空間内に光ファイバ2を径方向に挿入することができるようになっている。

[0050] 第3の内面53aは、光ファイバ2の外周面のY方向の接線に沿ってZ方向に平行に配置されている。第1の内面51aおよび第3の内面53aのY方向における高さ寸法Hは、光ファイバ2の中心軸が3つの内面51a, 52a, 53aに囲まれる空間内に位置するように、光ファイバ2の半径よりも大きくなっている。

[0051] 第3の内面53aおよび第3の外表面53bにはそれぞれ電極73a, 73bが形成され、第3の内面53aと第3の外表面53bとの間の領域において圧電材料がX方向に分極している。これにより、第3の内面53aと第3の外表面53bとの間には、電極73a, 73b間の電圧の印加によってZ方向に伸縮する第3の圧電活性領域53cが形成されている。電極73a, 73bは、光ファイバ2の中心軸をY方向に跨ぐように配置されている。電極73a, 73bは、光ファイバ2の中心軸の両側における寸法が等しくなるように配置されていることが好ましい。電極73a, 73bは、図5に示される電極71a, 72a, 71b, 72bのように、内面53aおよび外表面53bの一部分のみにそれぞれ形成されていてもよい。

[0052] 電極73bにはA相用のもう1つのリード線8Aが接続されている。駆動制御装置70は、A相用のリード線8Aを介して電極73bにA相の交番電圧を印加する。ここで、第1の圧電活性領域51cの分極方向と第3の圧電活性領域53cの分極方向は、X方向の同一の側を向いている。したがって

、電極 7 1 b および電極 7 3 b に A 相の交番電圧が同時に印加されると、第 1 の圧電活性領域 5 1 c および第 3 の圧電活性領域 5 3 c のうち、一方が Z 方向に縮み、他方が Z 方向に伸びることにより、光ファイバ 2 の突出部 2 a に X 方向の屈曲振動が励起されるようになっている。

[0053] 第 1 および第 3 の圧電活性領域 5 1 c, 5 3 c の X 方向における厚さ寸法（すなわち、電極 7 1 a, 7 1 b 間の距離および電極 7 3 a, 7 3 b 間の距離）ならびに第 2 の圧電活性領域 5 2 c の Y 方向における厚さ寸法（すなわち、電極 7 2 a, 7 2 b 間の距離）は、互いに等しくなっている。駆動制御装置 7 0 は、A 相の交番電圧の大きさの 2 倍の大きさを有する B 相の交番電圧を電極 7 2 b に供給する。これにより、第 1 の振動部 5 1 および第 3 の振動部 5 3 による X 方向の屈曲振動の振幅と、第 2 の振動部 5 2 による Y 方向の屈曲振動の振幅とが互いに等しくなり、光の走査軌跡全体の形状が真円状となる。

[0054] このような光ファイバスキャナ 1 0 1 を組み立てるには、固定部材 3 1 の第 1 の内面 5 1 a、第 2 の内面 5 2 a および第 3 の内面 5 3 a に接着剤を塗布する。次に、3 つの内面 5 1 a, 5 2 a, 5 3 a によって囲まれる空間内に光ファイバ 2 を径方向に挿入し、第 1 の内面 5 1 a、第 2 の内面 5 2 a および第 3 の内面 5 3 a の全てに光ファイバ 2 の外周面が突き当たるように、光ファイバ 2 と固定部材 3 1 との相対位置を決定する。次に、接着剤を硬化させて光ファイバ 2 の外周面に固定部材 3 1 を固定する。これにより、光ファイバ 2 と固定部材 3 1 とを組み立てることができる。

[0055] この場合に、本実施形態によれば、光ファイバ 2 を X 方向および Y 方向に屈曲振動させるための 3 つの振動部 5 1, 5 2, 5 3 はそれぞれ、単一の部材から形成される固定部材 3 の一部分である。すなわち、第 1 の振動部 5 1 と第 2 の振動部 5 2 と第 3 の振動部 5 3 との相対位置は固定である。さらに、固定部材 3 1 が有する 3 つの内面 5 1 a, 5 2 a, 5 3 a に光ファイバ 2 の外周面を突き当てることによって、固定部材 3 1 に対して光ファイバ 2 が所定の位置に位置決めされる。したがって、第 1 の振動部 5 1 と第 2 の振動

部 5 2 と第 3 の振動部 5 3 と光ファイバ 2 との間の相対位置を一意に決めることができる。これにより、光ファイバスキャナ 1 0 1 の組立精度を向上し、所望の走査性能を有する光ファイバスキャナ 1 0 1 を安定的に製造することができるという利点がある。

[0056] 本実施形態においては、3つの圧電活性領域 5 1 c, 5 2 c, 5 3 c の厚さ寸法が全て等しいこととしたが、これに代えて、図 1 0 に示されるように、第 2 の圧電活性領域 5 2 c が第 1 および第 3 の圧電活性領域 5 1 c, 5 3 c よりも大きな厚さ寸法を有していてもよい。

このようにすることで、突出部 2 a の X 方向における屈曲振動の共振周波数と Y 方向における屈曲振動の共振周波数とが近くなるので、突出部 2 a をより安定的に屈曲振動させることができ、より安定した走査軌跡 B を得ることができる。

[0057] さらに、第 2 の圧電活性領域 5 2 c が第 1 および第 3 の圧電活性領域 5 1 c, 5 3 c の各々の 2 倍の厚さ寸法を有する場合には、A 相および B 相の交番電圧の大きさが等しいときに X 方向および Y 方向における突出部 2 a の屈曲振動の振幅が等しくなる。すなわち、全ての電極 7 1 b, 7 2 b, 7 3 b に等しい大きさの交番電圧を供給すればよいので、交番電圧の制御を容易にすることができる。

[0058] 本実施形態においては、第 3 の振動部 5 3 に代えて、圧電材料以外の材料からなる支持部材が設けられていてもよい。この場合にも、光ファイバ 2 の外周面が周方向の 3 点で固定部材 3 1 によって支持されるように、支持部材が、光ファイバ 2 の外周面と接触する内面（第 3 の内面）を有する。

本実施形態においては、図 6 および図 7 に示されるような振動吸収部材 9 が、接続部 6, 6 1 に設けられていてもよい。

[0059] 上述した第 1 および第 2 の実施形態においては、基端から固定部材 3, 3 1 の先端近傍まで外周面が金属被膜によって被覆された光ファイバ 2 を使用してもよい。

このようにすることで、光ファイバ 2 と固定部材 3, 3 1 の内面 5 1 a,

5 2 a, 5 3 aとの接合に、精密な接合に好適な半田を使用することができるので、光ファイバスキャナ 1, 1 0 1 の組立精度をさらに向上することができる。また、金属被膜によって光ファイバ 2 を保護することができ、組み立て時における光ファイバ 2 の破損を防ぐことができる。さらに、内面 5 1 a, 5 2 a, 5 3 a の電極 7 1 a, 7 2 a, 7 3 a が金属被膜を介して固定部 4 と電氣的に接続されるので、電極 7 1 a, 7 2 a, 7 3 a ではなく固定部 4 に単一の G N D 用のリード線 8 G を接続して固定部 4 を共通の G N D 電極として機能させることが可能となる。これにより、リード線 8 G の配線作業を容易にすることができるという利点がある。

符号の説明

- [0060] 1, 1 0 1 光ファイバスキャナ
2 光ファイバ
3, 3 1 固定部材
4 固定部
5 1, 5 2, 5 3 振動部
5 1 a, 5 2 a, 5 3 a 内面
5 1 b, 5 2 b, 5 3 b 外面
5 1 c, 5 2 c, 5 3 c 圧電活性領域
6, 6 1 接続部
7 1 a, 7 1 b, 7 2 a, 7 2 b, 7 3 a, 7 3 b 電極
8 A, 8 B, 8 G リード線
9 振動吸収部材
1 0 照明装置
1 1 集光レンズ
1 2 枠体
1 3 光ファイバ
2 0 内視鏡
2 0 a 挿入部

- 3 0 制御装置本体
- 4 0 ディスプレイ
- 5 0 光源
- 6 0 光検出器（光検出部）
- 7 0 駆動制御装置（電圧供給部）
- 1 0 0 観察装置
- A 被写体
- B 走査軌跡

請求の範囲

- [請求項1] 長手軸を有し、先端部から光を射出する光ファイバと、
前記先端部よりも前記光ファイバの基端部側の位置において前記光ファイバの外周面に固定された固定部材とを備え、
該固定部材が、
前記光ファイバの第1の径方向において前記光ファイバと隣接し、
電圧の印加によって前記光ファイバの長手方向に伸縮する第1の振動部と、
前記第1の径方向と交差する前記光ファイバの第2の径方向において前記光ファイバと隣接し、電圧の印加によって前記光ファイバの長手方向に伸縮する第2の振動部と、
前記第1の振動部と前記第2の振動部とを接続する接続部とを備え、
前記第1の振動部が、前記光ファイバの外周面に突き当たる第1の内面を有し、
前記第2の振動部が、前記第1の内面と角度を成して配置され、前記光ファイバの外周面に突き当たる第2の内面を有する光ファイバスキャナ。
- [請求項2] 前記接続部の少なくとも一部分が、前記第1の振動部および前記第2の振動部の振動吸収性よりも高い振動吸収性を有する請求項1に記載の光ファイバスキャナ。
- [請求項3] 前記接続部の前記光ファイバとは反対側に位置する外側部分が、前記第1の振動部および前記第2の振動部の振動吸収性よりも高い振動吸収性を有する請求項2に記載の光ファイバスキャナ。
- [請求項4] 前記固定部材が、前記光ファイバの前記第1の内面とは反対側に設けられ、前記光ファイバの外周面に接触する第3の内面を有するとともに、前記光ファイバの前記第2の内面とは反対側において前記第2の径方向に開放されている請求項1から請求項3のいずれかに記載の

光ファイバスキャナ。

[請求項5] 前記第1の内面および前記第3の内面が、前記第2の径方向において前記光ファイバの半径よりも大きな寸法を有し、

前記固定部材の、前記光ファイバの前記第2の内面とは反対側における開口が、前記第2の径方向に垂直な方向において前記光ファイバの直径よりも大きな寸法を有する請求項4に記載の光ファイバスキャナ。

[請求項6] 前記光ファイバの前記第1の振動部とは反対側に設けられ、電圧の印加によって前記光ファイバの長手方向に伸縮する第3の振動部を備え、

該第3の振動部が、前記第3の内面を有する請求項4または請求項5に記載の光ファイバスキャナ。

[請求項7] 前記第2の径方向における前記第2の振動部の寸法が、前記第1の径方向における前記第1の振動部および前記第3の振動部の寸法よりも大きい請求項6に記載の光ファイバスキャナ。

[請求項8] 前記光ファイバの外周面に、前記光ファイバの基端から前記固定部材の先端近傍まで前記外周面を被覆する金属被膜が設けられている請求項1から請求項7のいずれかに記載の光ファイバスキャナ。

[請求項9] 照明光を発生する光源と、

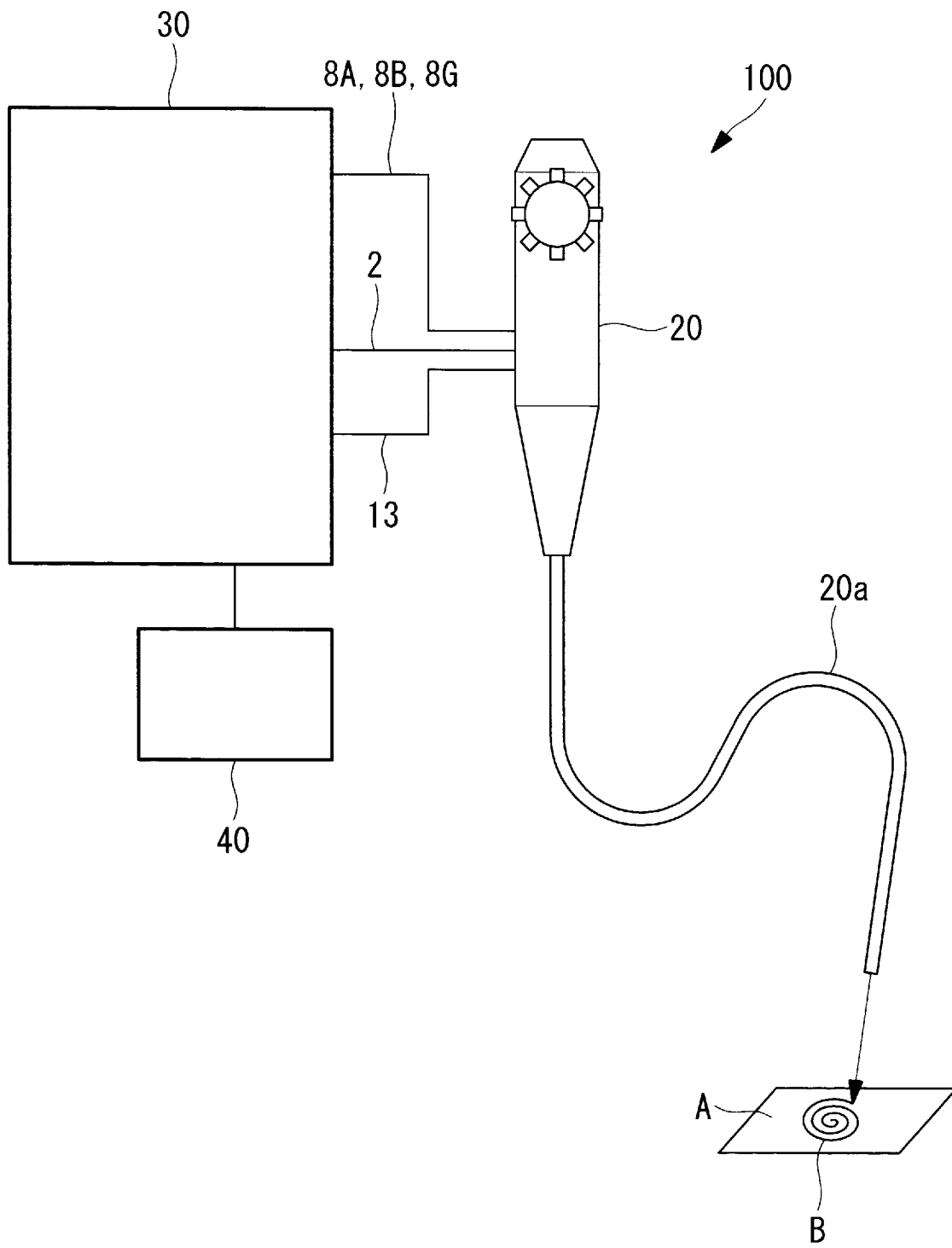
該光源に前記光ファイバの基端が接続される請求項1から請求項8のいずれかに記載の光ファイバスキャナとを備える照明装置。

[請求項10] 請求項9に記載の照明装置と、

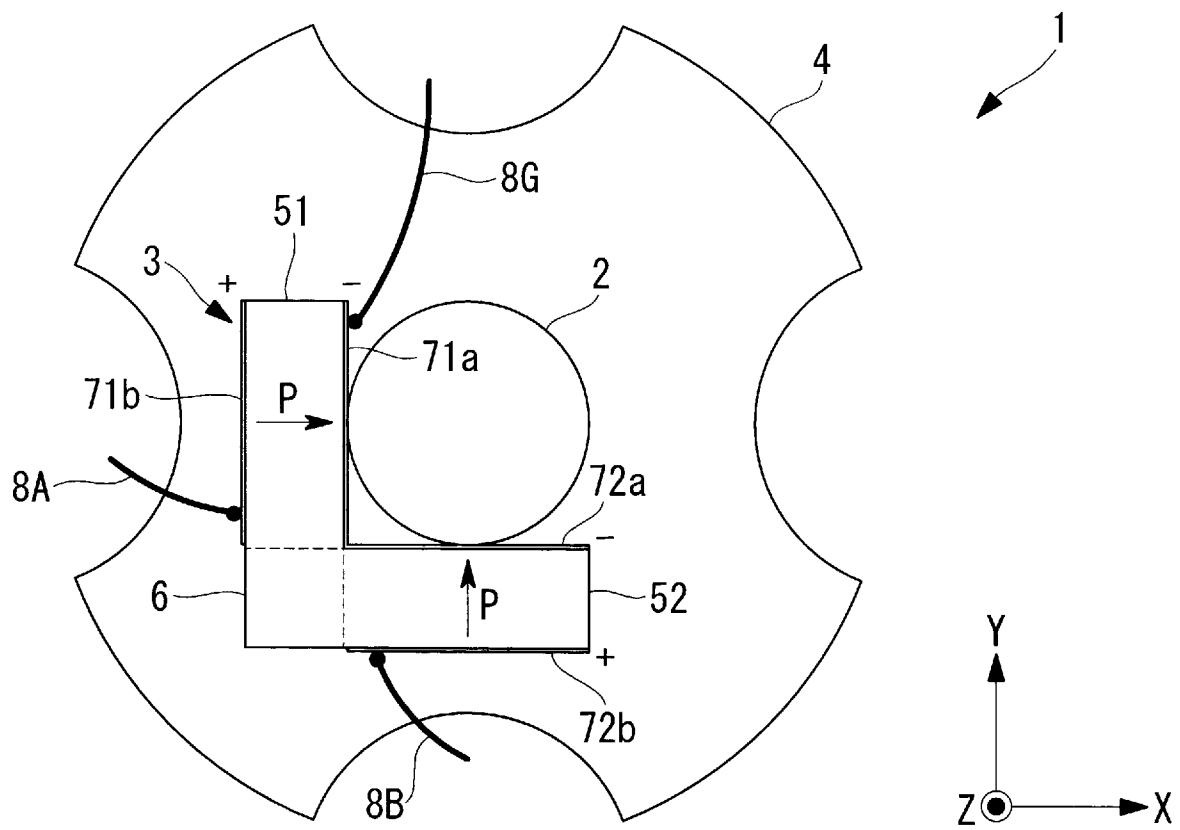
該照明装置からの照明光が被写体に照射されることにより、被写体から戻る戻り光を検出する光検出部と、

前記固定部材の前記第1の振動部および前記第2の振動部に前記電圧を供給する電圧供給部とを備える観察装置。

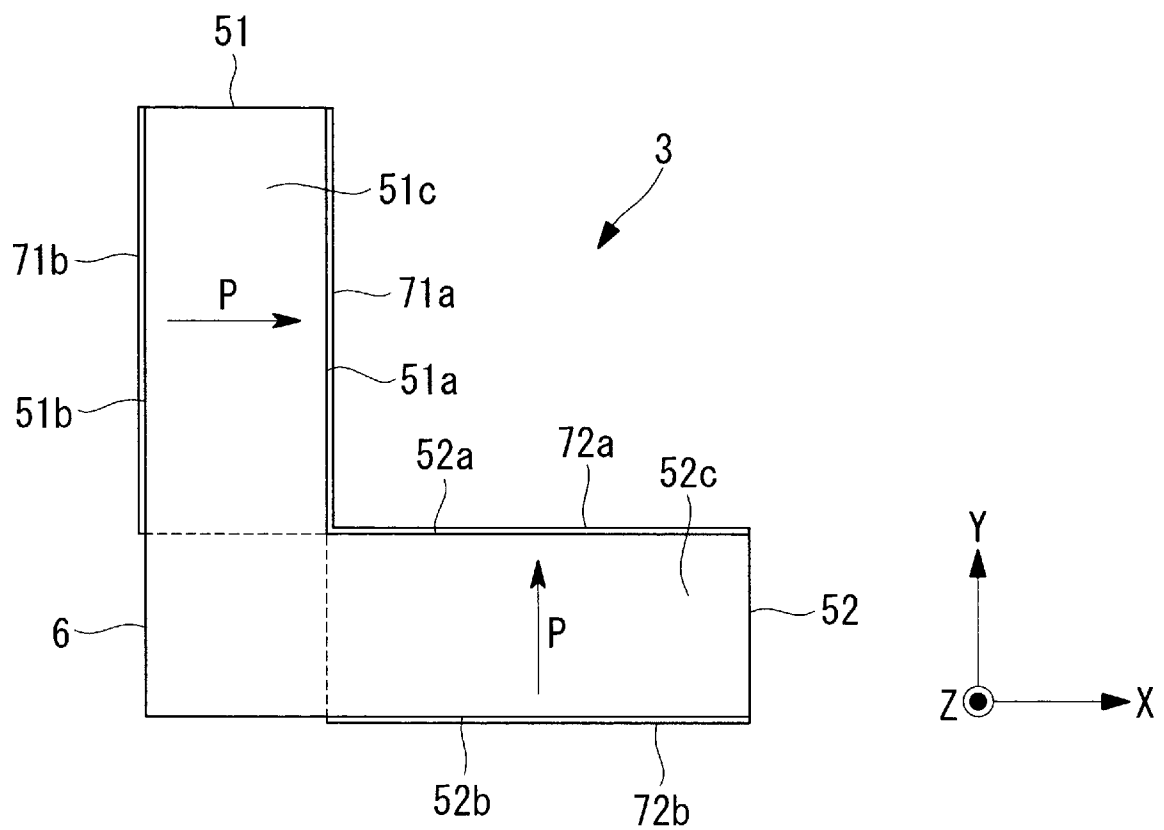
[図1]



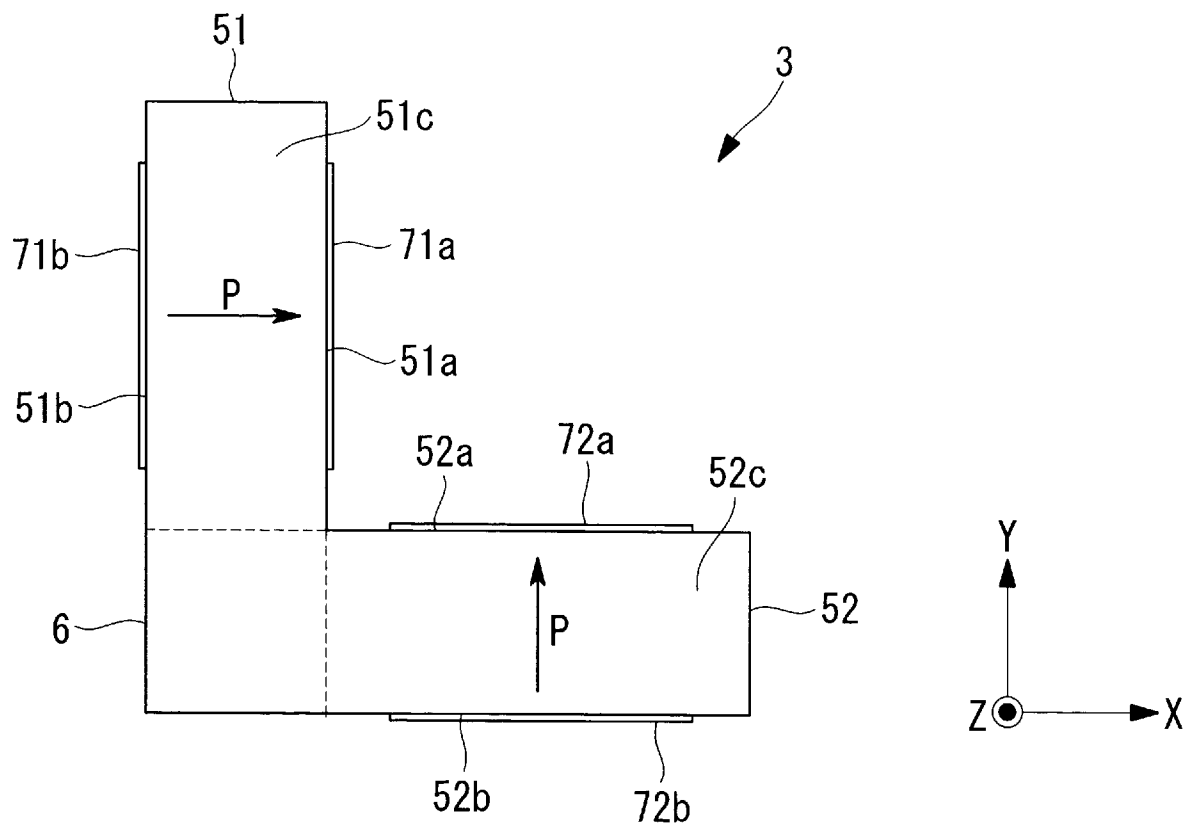
[図3]



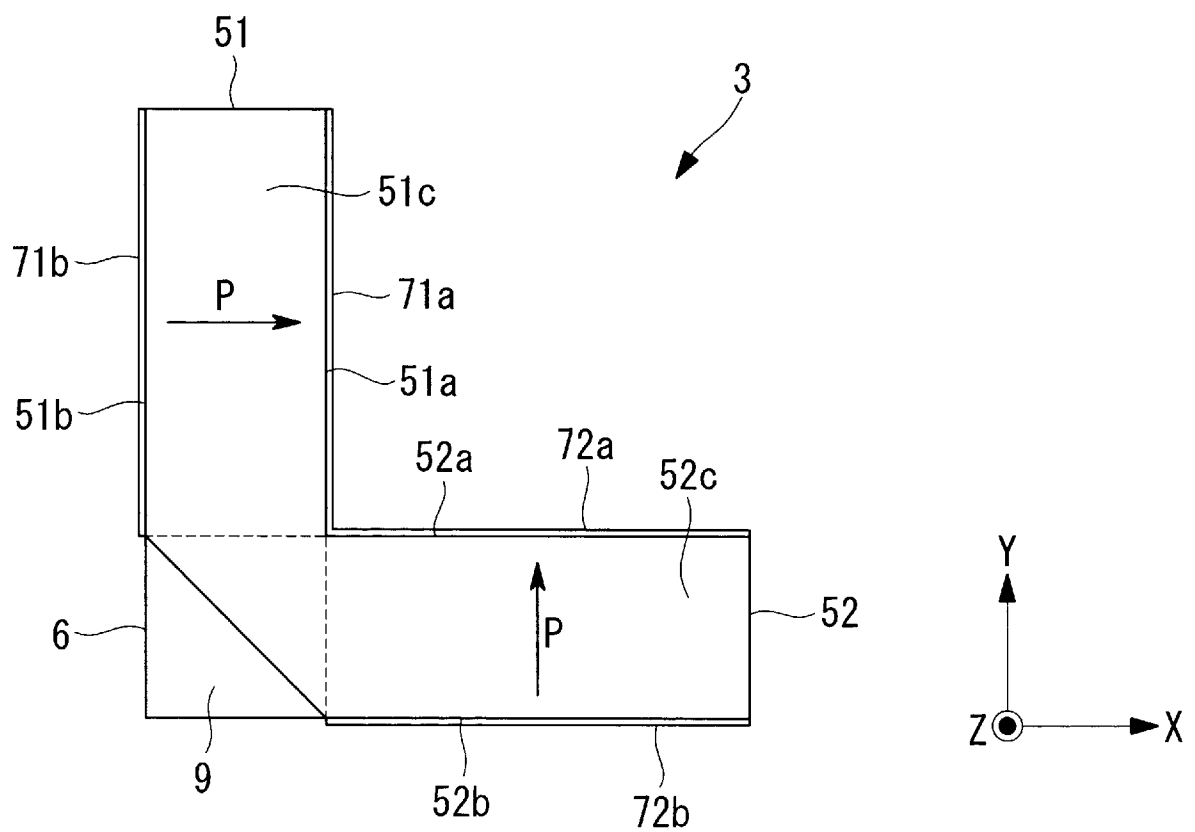
[図4]



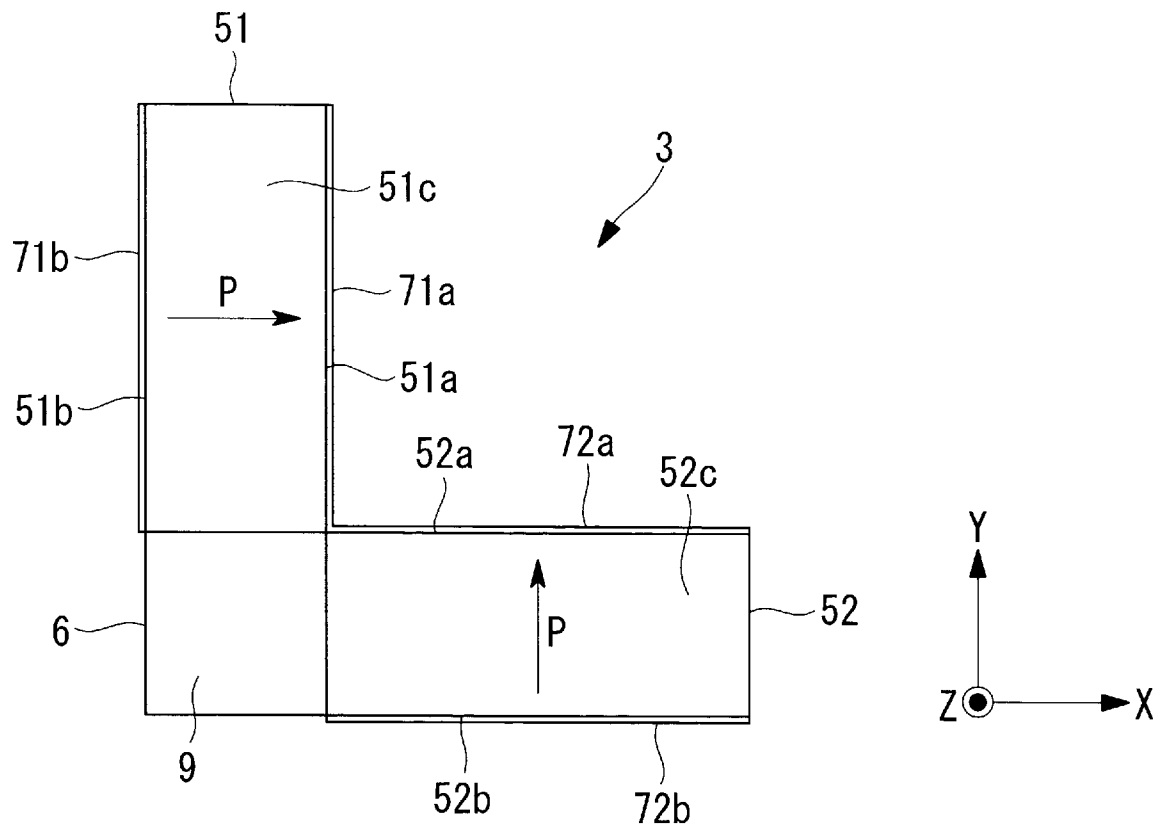
[図5]



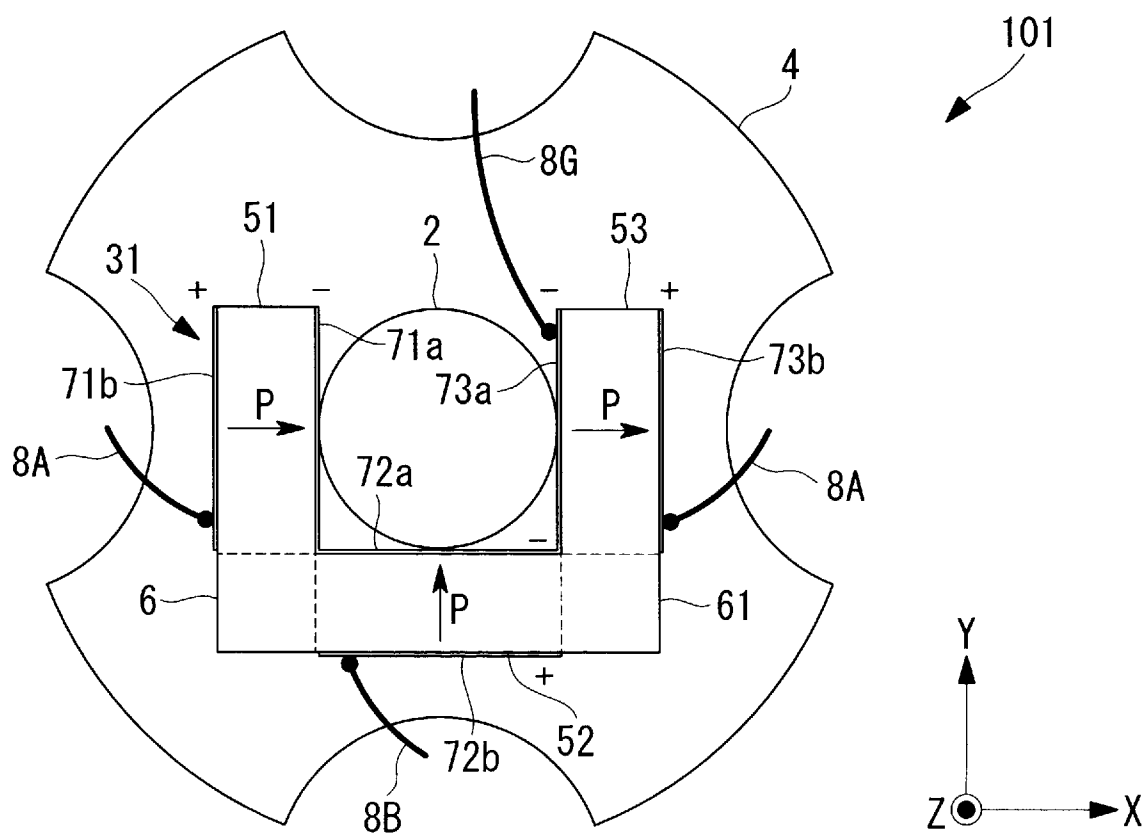
[図6]



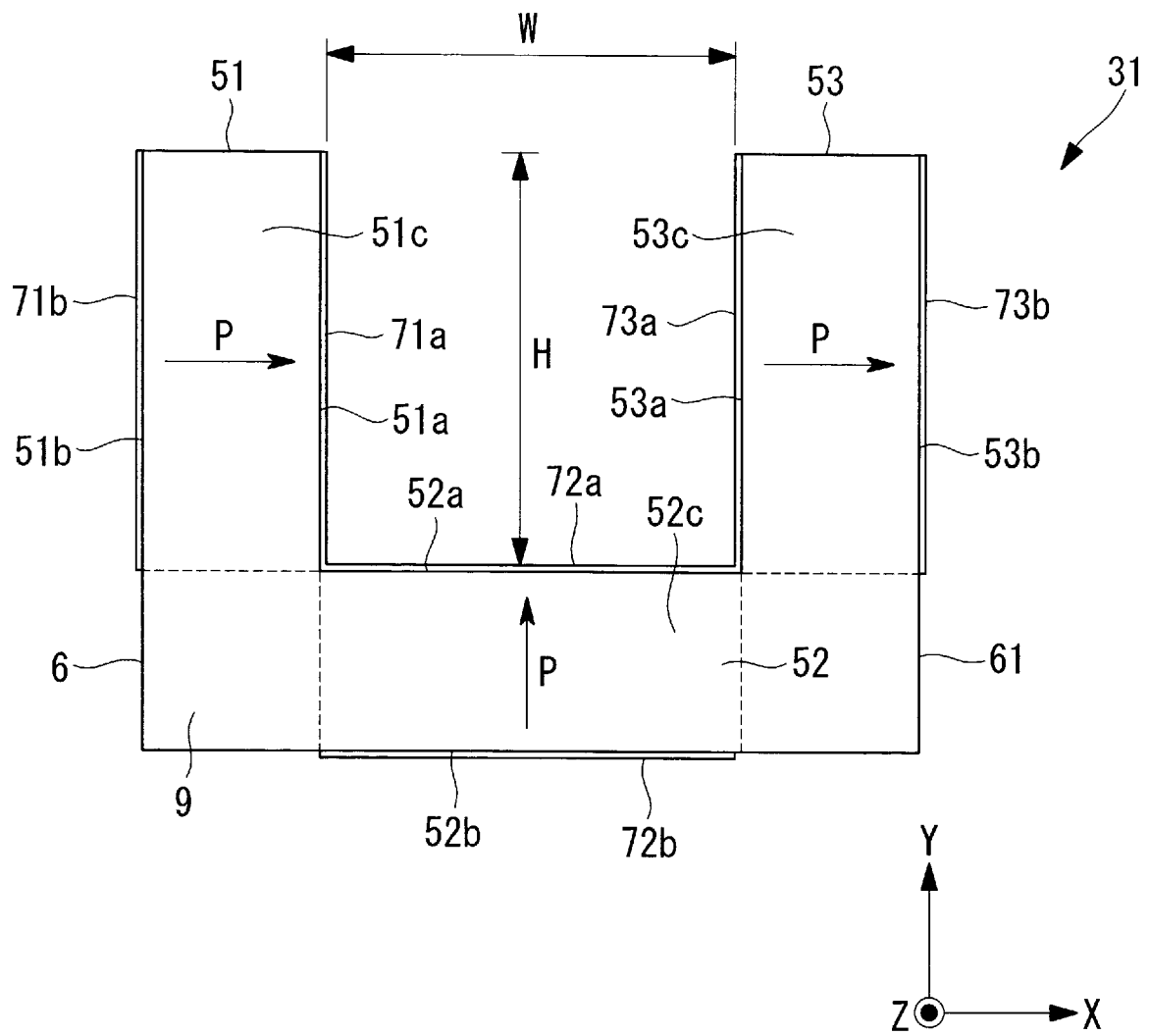
[図7]



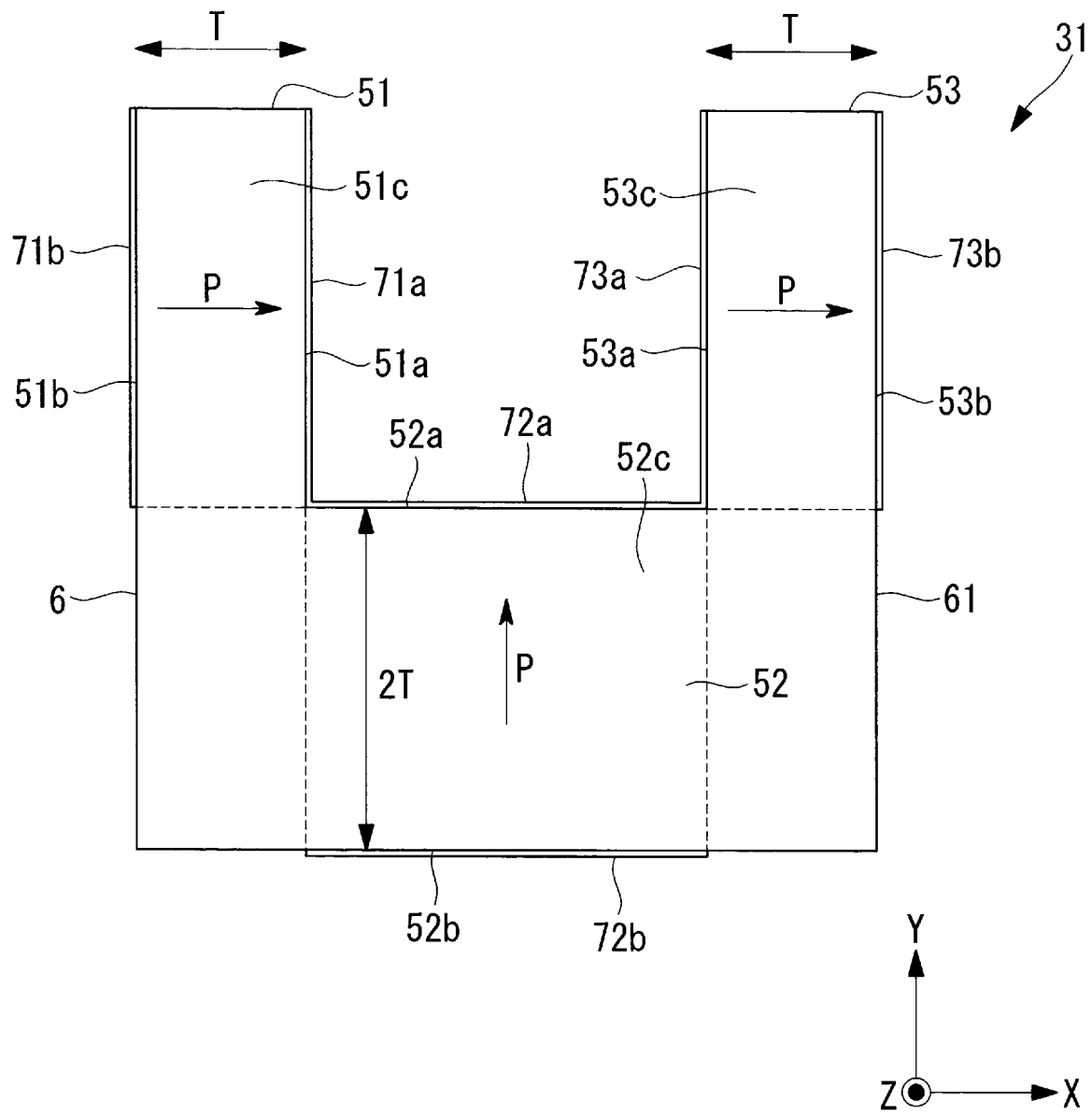
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/060813

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B26/10(2006.01)i, A61B1/00(2006.01)i, G02B23/26(2006.01)i, G02B26/08(2006.01)i, H01L41/09(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, A61B1/00, G02B23/26, G02B26/08, H01L41/09

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y Y	WO 2014/054524 A1 (Olympus Corp.), 10 April 2014 (10.04.2014), paragraphs [0101] to [0111], [0118] to [0122]; fig. 29 to 33, 37 to 38 paragraphs [0060] to [0063]; fig. 11 to 12 & US 2015/0205050 A1 paragraphs [0180] to [0193], [0201] to [0205]; fig. 29 to 33, 37 to 38 paragraphs [0122] to [0126]; fig. 11 to 12 & EP 2905648 A1 & CN 104620156 A & JP 2014-71423 A & JP 2014-137565 A	1,8-10 2-3 1-3,8-10
Y	US 8553337 B2 (Cornell University), 08 October 2013 (08.10.2013), column 9, line 59 to column 10, line 6; fig. 3 & US 2010/0261958 A1 & WO 2009/064746 A2 & EP 2209412 A & CN 101909509 A	1-3,8-10

☒ 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
03 June 2016 (03.06.16)

Date of mailing of the international search report
21 June 2016 (21.06.16)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/060813

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 2013-244045 A (Olympus Corp.), 09 December 2013 (09.12.2013), paragraph [0039]; fig. 5 (Family: none)	2-3
A	WO 2012/073958 A1 (Olympus Corp.), 07 June 2012 (07.06.2012), entire text; all drawings & US 2013/0257222 A1	1-10
A	JP 2008-511039 A (Auckland Uniservices Ltd.), 10 April 2008 (10.04.2008), entire text; all drawings & US 2008/0131048 A1 & WO 2006/022557 A1	1-10
A	CN 104013377 A (SHANGHAI UNIVERSITY), 03 September 2014 (03.09.2014), entire text; all drawings (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02B26/10(2006.01)i, A61B1/00(2006.01)i, G02B23/26(2006.01)i, G02B26/08(2006.01)i, H01L41/09(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02B26/10, A61B1/00, G02B23/26, G02B26/08, H01L41/09

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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 Y Y	WO 2014/054524 A1 (オリンパス株式会社) 2014. 04. 10, [0101]-[0111], [0118]-[0122], 図 29-33, 37-38 [0060]-[0063], 図 11-12 & US 2015/0205050 A1 [0180]-[0193], [0201]-[0205], 図 29-33, 37-38 [0122]-[0126], 図 11-12 & EP 2905648 A1 & CN 104620156 A & JP 2014-71423 A & JP 2014-137565 A	1, 8-10 2-3 1-3, 8-10

☑ 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

03. 06. 2016

国際調査報告の発送日

21. 06. 2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号 100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

堀部 修平

電話番号 03-3581-1101 内線 3295

2 L

9215

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	US 8553337 B2 (Cornell University) 2013.10.08, 第9欄59行-第10欄6行, 図3 & US 2010/0261958 A1 & WO 2009/064746 A2 & EP 2209412 A & CN 101909509 A	1-3, 8-10
Y	JP 2013-244045 A (オリンパス株式会社) 2013.12.09, [0039], 図5 (ファミリーなし)	2-3
A	WO 2012/073958 A1 (オリンパス株式会社) 2012.06.07, 全文, 全図 & US 2013/0257222 A1	1-10
A	JP 2008-511039 A (オークランド・ユニサーヴィシズ・リミテッド) 2008.04.10, 全文, 全図 & US 2008/0131048 A1 & WO 2006/022557 A1	1-10
A	CN 104013377 A (SHANGHAI UNIVERSITY) 2014.09.03, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-10