(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年9月20日(20.09.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/168659 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 26/08 (2006.01)　*G01J 1/04* (2006.01)
B81B 3/00 (2006.01)　*H01L 41/09* (2006.01)
G01J 1/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2018/009081

(22) 国際出願日：　2018年3月8日(08.03.2018)

(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 2017-052013　2017年3月17日(17.03.2017)　JP

(71) 出願人：住友精密工業株式会社 (**SUMITOMO PRECISION PRODUCTS CO., LTD.**) [JP/JP]；〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町１番１０号 Hyogo (JP).

(72) 発明者：木内　万里夫 (**KIUCHI Mario**)；〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町１番１０号 住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP).

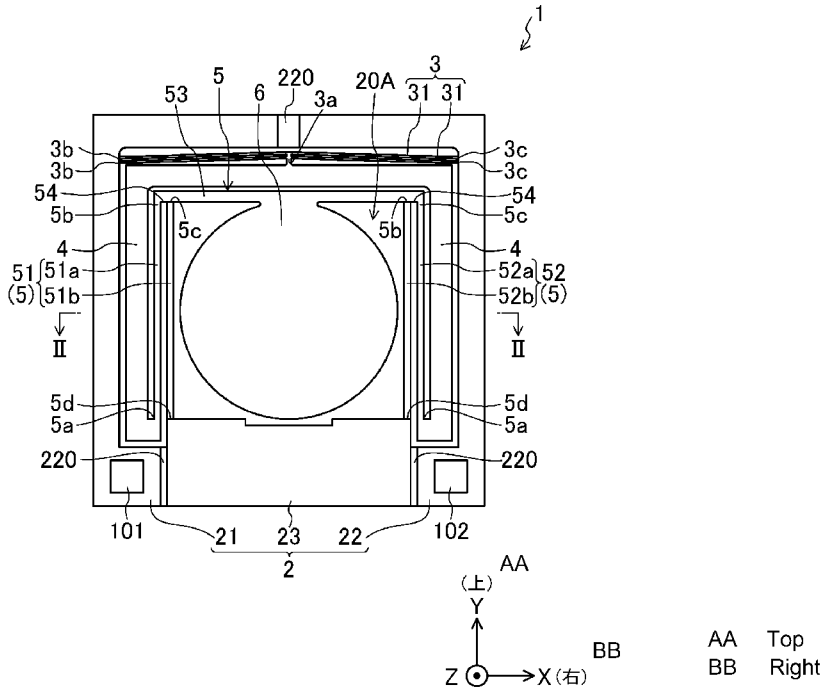
(74) 代理人：特許業務法人前田特許事務所 (**MAEDA & PARTNERS**)；〒5300004 大阪府大阪市北区堂島浜１丁目２番１号 新ダイビル２３階 Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能)：AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) **Title:** DISPLACEMENT MAGNIFICATION MECHANISM AND OPTICAL DEVICE USING SAME

(54) 発明の名称：変位拡大機構及びそれを用いた光学装置

[図1]



(57) **Abstract:** A displacement magnification mechanism comprises: a substrate 200; a fixing part 2 provided on the substrate 200; an actuator 3 connected to the fixing part 2; a beam 5 that extends substantially parallel to the upper surface of the substrate 200 with the base portion connected to the actuator 3, and is folded back in a direction intersecting with the upper surface of the substrate 200 and connected to the fixing part 2; and a connection portion 53 and a mirror 6 connected to a folded portion 54 formed by folding back the beam 5. The actuator 3 pushes or pulls the beam 5 from the

WO 2018/168659 A1

[続葉有]

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

base portion through to the folded portion 54.

(57) 要約:変位拡大機構は、基板２００と、基板２００に設けられた固定部２と、固定部２に連結されたアクチュエータ３と、基端側がアクチュエータ３に連結され基板２００の上面と略平行な方向に延在し、基板２００の上面と交差する方向に折り返され固定部２に連結されたビーム５と、ビーム５が折り返されてなる折り返し部５４に連結された連結部５３及びミラー６と、を有している。アクチュエータ３は基端側から折り返し部５４の方向へビーム５を押すかまたは引くように駆動する。

明　細　書

発明の名称 ： 変位拡大機構及びそれを用いた光学装置

技術分野

[0001] ここに開示する技術は、変位拡大機構及びそれを用いた光学装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、様々なミラー装置が知られている。例えば、特許文献１に開示されたミラー装置は、表面に圧電素子を積層させたアクチュエータと、アクチュエータの先端に連結されたミラーとを備えている。このミラー装置は、圧電素子に電圧を印加することによってアクチュエータを湾曲させ、ミラーを傾動させる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平０６－４６２０７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献１に開示されたミラー装置では、ミラーの傾動量を大きくしようとすると、圧電素子に印加する電圧を高くする必要がある。例えば、数度の傾動角度を得ようとすると、圧電素子への印加電圧を数十Ｖ以上にする必要があり、高価な電源が必要となる。また、消費電力が増加してしまい、高電圧を印加するため、ミラー装置での安全対策も必要である。静電駆動方式のアクチュエータを用いた場合も同様に、数度の傾動角度を得るためには駆動電圧を数十Ｖ以上にする必要がある。

[0005] 一方、駆動ビームを通電加熱してその熱膨張により駆動力を得る熱型アクチュエータは、低い電圧で大きな駆動量を得ることができる。しかし、このタイプのアクチュエータは、駆動ビームが延在する面内で駆動するため、ミラー表面と駆動ビームが延在する面とが同一または平行な位置にある場合、

ミラーをその表面と交差する方向に傾動させることは困難であった。

[0006] ここに開示する技術は、かかる点に鑑み、その目的は、ミラー等の移動部をその表面と交差する方向に対し傾動させるとともに、その傾動量を大きくできる変位拡大機構及びそれを用いた光学装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 上記の目的を達成するために、ここに開示する技術では、アクチュエータに連結されたビームを基板の上面と交差する方向に折り返して段違いに配置し、アクチュエータによるビームの押し引きにより折り返し部及びそれに連結されたミラーを傾動させるようにした。

[0008] 具体的には、ここに開示する変位拡大機構は、基板と、前記基板に設けられた固定部と、前記固定部に連結されたアクチュエータと、基端側が前記アクチュエータに連結されて前記基板の上面と略平行な方向に延在し、中間部の折り返し部にて該上面と交差する方向に沿って該基端側に折り返されて前記基端側に延在し先端側が前記固定部に連結されたビームと、前記ビームの折り返し部に連結された移動部と、を有し、前記アクチュエータは前記基端側から前記折り返し部側の方向へ前記ビームを押すかまたは引くように駆動することを特徴とする。

[0009] この構成によれば、基板の上面と交差する方向に折り返されたビームをアクチュエータが基端側から折り返し部側の方向に押し引きするため、固定部に連結されたビームが湾曲し、ビームの折り返し部を駆動して、それに連結された移動部を傾動させる。このことにより、アクチュエータのわずかな変位に対して移動部を大きく傾動させることができる。

[0010] また、ここに開示する光学装置は、前記変位拡大機構と、前記変位拡大機構の前記固定部上に配設され、前記アクチュエータの一端と電気的に接続された第１電極と、前記変位拡大機構の前記固定部上に配設され、前記アクチュエータの他端と電気的に接続された第２電極と、を備え、前記移動部は、前記変位拡大機構に入射する光を反射または透過するか、あるいは吸収することを特徴とする。

[0011] この構成によれば、移動部の傾動量を大きくできるため、アクチュエータの駆動電圧を低くすることができる。

発明の効果

[0012] 本開示の変位拡大機構によれば、ミラー等の移動部をその表面と交差する方向に対して傾動させることができるとともに傾動量を大きくできる。また、本開示の光学装置は、低い駆動電圧でミラー等の移動部を大きく傾動させることができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]実施形態１に係るミラー装置の平面図である。

[図2]図１のＩＩ－ＩＩ線での断面図である。

[図3]実施形態１に係る駆動前後のミラー装置の斜視図である。

[図4]駆動後のミラー装置の側面図である。

[図5]ミラー装置の製造工程を示す図である。

[図6]実施形態２に係るミラー装置の平面図である。

[図7]Ｘ軸周りにミラーが傾動した後のミラー装置の側面図である。

[図8]Ｙ軸周りにミラーが傾動した後のミラー装置の側面図である。

[図9]変形例に係るミラー装置の平面図である。

[図10]変形例に係る駆動前後のミラー装置の斜視図である。

[図11]変形例に係る駆動前後のミラー装置の別の斜視図である。

[図12]実施形態３に係る波長選択フィルタ装置の斜視図である。

[図13]図１２のＸＩＩＩ－ＸＩＩＩ線での断面図であり、波長選択フィルタの駆動前後の状態を示している。

[図14]変形例２に係る波長選択フィルタ装置の平面図である。

[図15]変形例２に係る波長選択フィルタ装置の斜視図である。

[図16]変形例３に係る波長選択フィルタ装置を下から見た平面図である。

[図17A]変形例４に係る波長選択フィルタ装置の部分拡大図であり、図１４に示す領域Ａに対応する部分拡大図である。

[図17B]変形例４に係る波長選択フィルタ装置の部分拡大図であり、図１４に

示す領域Ｂに対応する部分拡大図である。

[図18]変形例５に係る波長選択フィルタ装置の平面図である。

[図19]図１８のＸＩＸ－ＸＩＸ線での断面図である。

[図20]放熱ブロックを下から見た平面図である。

[図21]別の波長選択フィルタ装置の断面図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。以下の好ましい実施形態の説明は、本質的に例示に過ぎず、本開示、その適用物或いはその用途を制限することを意図するものでは全くない。

[0015] （実施形態１）

［ミラー装置の構成］

図１は、本実施形態に係るミラー装置の平面図を示し、図２は、図１におけるＩＩ－ＩＩ線での断面図を示す。このミラー装置１は、ＳＯＩ基板２００に、以下に示す部材が設けられてなる。ミラー装置１は、固定部２と、固定部２に連結されたアクチュエータ３と、アクチュエータ３に連結された迂回ビーム４と、第１端部５ａが迂回ビーム４に連結され、第４端部５ｄが固定部２に連結されたビーム５と、を備えている。また、ビーム５は、第１ビーム５１と、ミラー６を挟んで第１ビーム５１と対向して配置された第２ビーム５２と、を有している。さらに、ミラー装置１は、両端に第１ビーム５１及び第２ビーム５２が連結された連結部５３と連結部５３の中間部に連結されたミラー６と、を有しており、後述の折り返し部５４と連結される要素が移動部であり、本実施形態では連結部５３とミラー６とが特許請求の範囲に言う移動部に相当する。ミラー装置１は、固定部２に設けられた第１電極１０１と第２電極１０２とを備えている。

[0016] また、ＳＯＩ基板２００は、デバイス層（第１シリコン層２１０）、Ｂｏｘ層（酸化膜層２２０）、及びハンドル層（第２シリコン層２３０）からなり、例えば、デバイス層の厚さは３０μｍ、Ｂｏｘ層の厚さは１μｍ、ハンドル層の厚さは２５０μｍである。

[0017] 以下、説明の便宜上、アクチュエータ３の長手方向をＸ方向、第１ビーム５１及び第２ビーム５２の長手方向をＹ方向、ミラー装置１の厚み方向をＺ方向と称する。なお、Ｘ方向において、図１における左側を単に左側、図１における右側を単に右側と称することもある。Ｙ方向において、図１における上側を単に上側、図１における下側を単に下側と称することもある。Ｚ方向において、図２における上側を上面、図２における下側を下面と称することもある。また、第１端部５ａ，５ａを基端、第４端部５ｄ，５ｄを先端と称することがある。

[0018] 図１に示すように、例えば、ミラー装置１は平面視で矩形の全体形状を有している。固定部２は、そのような平面視矩形のミラー装置１の全体形状を形成するフレームである。固定部２は、Ｘ方向に対向して配置された第１ベース部材２１及び第２ベース部材２２と、Ｙ方向下側で第１ベース部材２１と第２ベース部材２２との間に設けられた第３ベース部材２３とを備えている。第１ベース部材２１、第２ベース部材２２及び第３ベース部材２３は、いずれも、アクチュエータ３、迂回ビーム４、第１ビーム５１，第２ビーム５２、連結部５３及びミラー６の可動域を確保しつつできるだけ広い面積を占める形状にされている。

[0019] なお、固定部２は、第１シリコン層２１０において第１ベース部材２１、第２ベース部材２２及び第３ベース部材２３の３つのパーツに分かれているが、酸化膜層２２０及び第２シリコン層２３０では１つに繋がっている。このため、第１ベース部材２１、第２ベース部材２２及び第３ベース部材２３の相対位置は固定されており、第１ベース部材２１、第２ベース部材２２及び第３ベース部材２３で可動部材を支持することができる。

[0020] また、固定部２は、第１ベース部材２１と第２ベース部材２２との間に開口部２０Ａを有しており、平面視で、開口部２０Ａ内に、アクチュエータ３、迂回ビーム４、第１ビーム５１，第２ビーム５２、連結部５３及びミラー６がそれぞれ配置されており、固定部２と、その開口部２０Ａ内に設けられた上記の各可動部材とで変位拡大機構が構成されている。

[0021] このように、固定部２は、可動部材の可動域を確保しつつできるだけ広い面積を占めるような形状にされていることで、アクチュエータ３を支持するフレームとして必要な高い剛性を確保している。

[0022] アクチュエータ３はミラー駆動装置１においてＹ方向上側に配置されており、また、アクチュエータ３は、並列配置された２つのアクチュエータ３１，３１を備えている。２つのアクチュエータ３１，３１は、Ｘ方向に延びる棒状の駆動ビームであり、アクチュエータ３の第１端部３ｂから第２端部３ｃへの長手方向の略中央の中間部３ａにおいて互いに連結されている。このように、２つのアクチュエータ３１，３１が中間部３ａにおいて連結されていることで、２つのアクチュエータ３１，３１の各駆動力が結合されてアクチュエータ３は大きな駆動力を発揮することができる。

[0023] ２つのアクチュエータ３１，３１の第１端部３ｂ，３ｂは、第１ベース部材２１に連結されている。２つのアクチュエータ３１，３１の第２端部３ｃ，３ｃは、第２ベース部材２２に連結されている。

[0024] また、アクチュエータ３は、Ｘ方向に一直線に伸びているわけではなく、中間部３ａがその駆動方向であるＹ方向上側に突出するようにわずかに屈曲、あるいは全体的にＹ方向上側に膨らむようにわずかに湾曲している。

[0025] アクチュエータ３は通電による加熱で熱膨張して駆動力を発生させる熱型アクチュエータである。また、上記のように、アクチュエータ３がその駆動方向に対して屈曲あるいは湾曲していることにより、加熱による熱膨張時に、アクチュエータ３が駆動方向と反対側に屈曲あるいは湾曲することがない。従って、駆動方向に向かってアクチュエータ３を確実に屈曲あるいは湾曲させることができる。

[0026] 迂回ビーム４は、Ｙ方向下側が開口した略Ｕ字形状であり、Ｘ方向に延在する部分の略中間部にアクチュエータ３の中間部３ａが連結されている。また、迂回ビーム４のＹ方向に延在する部分は、その端部で第１ビーム５１及び第２ビーム５２に連結されている。迂回ビーム４は、第１ビーム５１、第２ビーム５２及び連結部５３よりも剛性が高くなっており、本実施形態では

幅広に形成されている。従って、後述するアクチュエータ３の駆動時にほとんど弾性変形せずにその形状を留めてアクチュエータ３の駆動力を第１ビーム５１及び第２ビーム５２に伝達する。なお、迂回ビーム４の剛性を第１ビーム５１、第２ビーム５２及び連結部５３よりも高めるためには、迂回ビーム４の厚みを第１ビーム５１、第２ビーム５２及び連結部５３よりも厚くしたり、迂回ビーム４の一部に母材であるシリコンよりも剛性が高い材料を成膜する、例えば、ダイヤモンドライクカーボン膜等を成膜するなどしてもよい。また、図示しないが、迂回ビーム４には肉抜き部（孔）が設けられていてもよい。アクチュエータ３が上述のように熱型アクチュエータである場合、迂回ビーム４に肉抜き構造を設けることで、その表面積が増加し放熱が促進される。このことにより、アクチュエータ３からミラー６に伝わる熱を緩和することができる。

[0027] ビーム５は、Ｙ方向に延在する第１ビーム５１と、ミラー６を挟んで第１ビーム５１と対向して配置されＹ方向に延在する第２ビーム５２と、を有している。第１ビーム５１と第２ビーム５２とは、基板２００の上面と略平行となるように配置されている。

[0028] 第１ビーム５１は、上側第１ビーム５１ａと下側第１ビーム５１ｂと折り返し部５４と、を有している。上側第１ビーム５１ａは、迂回ビーム４の一方の端部に第１端部５ａが連結され、連結部５３の一方の端部に折り返し部５４を介して第２端部５ｂが連結されている。下側第１ビーム５１ｂは、連結部５３の一方の端部に折り返し部５４を介して第３端部５ｃが連結され、第３ベース部材２３に第４端部５ｄが連結されている。すなわち、第１ビーム５１は、迂回ビーム４を介してアクチュエータ３に連結され、基板２００の上面と平行に延在した後、折り返し部５４においてＺ方向下側に折り返され固定部２に連結される。上側第１ビーム５１ａと下側第１ビーム５１ｂとは、ともにＹ方向に延在する幅が略一定の棒状の部材であり、上側第１ビーム５１ａの幅と下側第１ビーム５１ｂの幅とは略等しい。また、平面視で、上側第１ビーム５１ａと下側第１ビーム５１ｂとはＸ方向に関し、所定の間

隔をあけて並列に配置されている。さらに、図２に示すように、上側第１ビーム５１ａと下側第１ビーム５１ｂとはＺ方向に関し、所定の間隔をあけて並列に配置されており、上側第１ビーム５１ａの厚みと下側第１ビーム５１ｂの厚みとは略等しい。上側第１ビーム５１ａの両端はそれぞれ第１ビームの第１端部５ａ及び第２端部５ｂであり、下側第１ビーム５１ｂの両端はそれぞれ第１ビームの第３端部５ｃ及び第４端部５ｄである。

[0029] 第２ビーム５２は、上側第２ビーム５２ａと下側第２ビーム５２ｂと折り返し部５４と、を有している。上側第２ビーム５２ａは、迂回ビーム４の他方の端部に第１端部５ａが連結され、連結部５３の他方の端部に折り返し部５４を介して第２端部５ｂが連結されている。下側第２ビーム５２ｂは、連結部５３の他方の端部に折り返し部５４を介して第３端部５ｃが連結され、第３ベース部材２３に第４端部５ｄが連結されている。すなわち、第２ビーム５２は、迂回ビーム４を介してアクチュエータ３に連結され、基板２００の上面と平行に延在した後、折り返し部５４においてＺ方向下側に折り返され固定部２に連結される。上側第２ビーム５２ａと下側第２ビーム５２ｂとは、ともにＹ方向に延在する幅が略一定の棒状の部材であり、上側第２ビーム５２ａの幅と下側第２ビーム５２ｂの幅とは略等しい。また、平面視で、上側第２ビーム５２ａと下側第２ビーム５２ｂとはＸ方向に関し、所定の間隔をあけて並列に配置されている。さらに、図２に示すように、上側第２ビーム５２ａと下側第２ビーム５２ｂとはＺ方向に関し、所定の間隔をあけて並列に配置されており、上側第２ビーム５２ａの厚みと下側第２ビーム５２ｂの厚みとは略等しい。上側第２ビーム５２ａの両端はそれぞれ第２ビームの第１端部５ａ及び第２端部５ｂであり、下側第２ビーム５２ｂの両端はそれぞれ第２ビームの第３端部５ｃ及び第４端部５ｄである。また、上側第１及び第２ビーム５１ａ，５２ａの第１端部５ａ及び第２端部５ｂはそれぞれ迂回ビーム４及び連結部５３の上面近傍に連結され、下側第１及び第２ビーム５１ｂ，５２ｂの第３端部５ｃ及び第４端部５ｄはそれぞれ連結部５３及び第３ベース部材２３における第１シリコン層２１０の下面近傍に連結され

ている。

[0030] また、第１ビーム５１と第２ビーム５２とはミラー６を挟んでＸ方向に関して対称に配置されており、後述するミラー装置１の駆動時にミラー６が捻れて駆動することがない。

[0031] 連結部５３はＸ方向に延びる幅が略一定の棒状の部材であり、連結部５３は第１ビーム５１と第２ビーム５２とを連結している。また、連結部５３の両端部にそれぞれ第１ビーム５１及び第２ビーム５２の折り返し部５４，５４が連結されている。連結部５３は、アクチュエータの３の駆動によって、基板２００の上面に対して傾動する移動部である。

[0032] ミラー６は、開口部２０Ａの略中央に配置されており、連結部５３の中間部に連結された、平面視で略円形の平板部材である。ミラー６は、アクチュエータの３の駆動によって、基板２００の上面に対して傾動する移動部である。また、当該ミラー装置１において、ミラー６は、図示しない入射光を反射するとともに、その光路を変化させるミラーとして機能する。したがって、ミラー６は、当該光路の断面よりも一回り大きい平面形状を有している。また、ミラー６の表面全体に金属膜６１、例えば、Ａｕ／Ｔｉ膜が形成されている。なお、基板２００の表面から光を入射させる場合は、ミラー６の表面に金属膜６１を設けるが、基板２００の裏面から光を入射させる場合は、ミラー６の裏面に金属膜６１を設ける。また、図２に示す構成では、ミラー６の厚みは固定部２１，２２における第１シリコン層２１０や迂回ビーム４の厚みと略等しいが、例えば、下側第１及び第２ビーム５１ｂ，５２ｂの厚みと略等しくなるようにミラー６を薄く形成することで、ミラー６の質量を小さくして共振周波数を高くすることができる。なお、図１に示す構成では、ミラー６は連結部５３の中間部に直接連結されているが、例えば、ヒンジを介して連結されていてもよい。

[0033] ［ミラー装置の動作］

続いて、このように構成されたミラー装置１の動作について説明する。図３は、駆動前後のミラー装置１の斜視図を示し、図４は、駆動後のミラー装

置１の側面図を示す。なお、図３における二点鎖線は、駆動前の状態のミラー装置１を示している。また、説明の便宜上、各部材に関しては第１シリコン層２１０のみを図示している。

[0034] ミラー装置１は、第１電極１０１と第２電極１０２との間に電圧を印加することで駆動される。第１電極１０１と第２電極１０２との間に電圧が印加されると、第１ベース部材２１及び第２ベース部材２２を通じてアクチュエータ３に電流が流れる。このとき、シリコン素材でできたアクチュエータ３にジュール熱が発生し、アクチュエータ３は一瞬のうちに４００℃程度に加熱される。

[0035] アクチュエータ３は、加熱されることにより全長が伸びるように熱膨張する。アクチュエータ３の第１端部３ｂ，３ｂ及び第２端部３ｃ，３ｃは固定部２により位置が固定されて移動することができないため、アクチュエータ３の熱膨張により、中間部３ａはあらかじめ突出している方向であるＹ方向上側へ押し出される。

[0036] アクチュエータ３の中間部３ａがＹ方向上側へ押し出されると、それに連結されている迂回ビーム４がＹ方向上側へ引っ張られるが、迂回ビーム４はほとんど弾性変形しない。よって、迂回ビーム４がＹ方向上側へ引っ張られる力は、迂回ビーム４に連結された上側第１ビーム５１ａ及び上側第２ビーム５２ａをそれぞれ第１端部５ａ，５ａからＹ方向上側に押し出すように働く。

[0037] 上側第１ビーム５１ａ及び上側第２ビーム５２ａがＹ方向上側に押し出されると、これらの第２端部５ｂ，５ｂに連結された折り返し部５４の上面側にはＹ方向上側に押し出される力が働く。一方、折り返し部５４は下側第１ビーム５１ｂ及び下側第２ビーム５２ｂを介して固定部２（第３ベース部材２３）に連結されている。従って、下側第１ビーム５１ｂ及び下側第２ビーム５２ｂはＹ方向に変位せず、第３端部５ｃ，５ｃには折り返し部５４の下面側をＹ方向下側に引っ張る力が働く。折り返し部５４の上面側と下面側に上記の力が働くことで、折り返し部５４はＺ方向下側に駆動される。このと

き、第１ビーム５１と第２ビーム５２とは、第１端部５ａ，５ａ及び第４端部５ｄ，５ｄを支点としてＺ方向下側に向けて大きく湾曲し、第１ビーム５１と第２ビーム５２の湾曲に応じて、図４に示すように、折り返し部５４に連結された連結部５３が時計回り方向に傾動する。

[0038] 連結部５３に連結されたミラー６も、連結部５３の傾動に伴い、時計回り方向に傾動する。このとき、ミラー６において、連結部５３との連結部分のＹ方向における反対側はいずれの部材とも連結しておらず自由に移動可能である。また、図１，３，４に示すように、第１及び第２ビーム５１，５２のＹ方向の長さとミラー６のＹ方向の長さ、つまりミラー６の直径とが略等しい。よって、ミラー６は連結部５３との連結部分から半径分Ｙ方向に離れた点、つまりミラー６の略中心を通りＸ方向に延びる軸（図示せず）の周りを傾動する。図４に示すミラー６の傾動角度は約３°であり、このとき、第１電極１０１と第２電極１０２との間に印加される電圧は数Ｖ程度である。同じ傾動角度を得るのに、圧電駆動方式のアクチュエータを駆動してＺ方向に直接ミラー６を傾動させようとする場合に比べて、駆動電圧を１／２から一桁程度低くすることができる。

[0039] 上記のように、電極１０１及び電極１０２への電圧印加（ミラー装置１の駆動状態）及び解除（ミラー装置１の非駆動状態）を切り替えることで、ミラー６をその表面と交差する方向に傾動させることができる。図１に示すミラー６に重なるように図略の光路が配置されており、ミラー６が図３，４に示すように傾動することで、図略の光路を通る光を反射し、その光路をもとの光路と異なるように変えてミラー装置１の外に出射する。

[0040] ［ミラー装置の製造方法］

続いて、ミラー装置１の製造方法について説明する。図５は、本実施形態に係るミラー装置１の製造工程を示す。なお、図５に描かれた各製造工程の図は、図１のＩＩ－ＩＩ線における断面図に対応する。

[0041] まず、デバイス層（第１シリコン層２１０）、Ｂｏｘ層（酸化膜層２２０）、及びハンドル層（第２シリコン層２３０）からなるＳＯＩウエハー（Ｓ

ＯＩ基板２００）を用意する。例えば、デバイス層の厚さは３０μｍ、Ｂｏｘ層の厚さは１μｍ、ハンドル層の厚さは２５０μｍである。

[0042] デバイス層をエッチング処理して、デバイス層に、固定部２、アクチュエータ３（図示せず）、迂回ビーム４、上側第１ビーム５１ａ、下側第１ビーム５１ｂ、上側第２ビーム５２ａ、下側第２ビーム５２ｂ、連結部５３（図示せず）及びミラー６からなる変位拡大機構を一体形成する。なお、図５では、便宜上、当該変位拡大機構の一部のみ描かれている。

[0043] 特に、下側第１ビーム５１ｂ及び下側第２ビーム５２ｂとは、他の部材よりもエッチング回数を１回多くして、厚さが数μｍ程度になるように薄く形成される。つまり、下側第１ビーム５１ｂ及び下側第２ビーム５２ｂの部材の厚みはアクチュエータ３、迂回ビーム４、折り返し部５３及びミラー６の厚みよりも薄い。さらに、第１ベース部材２１の表面に第１電極１０１（図示せず）が形成され、第２ベース部材２２の表面に第２電極１０２（図示せず）が形成され、ミラー６の表面に金属膜６１が形成される。電極１０１，１０２及び金属膜６１は、例えば、厚さ２０ｎｍのＴｉ及び厚さ３００ｎｍのＡｕからなるＡｕ／Ｔｉ膜である。

[0044] デバイス層にミラー装置１の原形が形成されると、次に、デバイス層にワックス２４０でダミーウエハー２５０を貼り合わせてミラー装置１の裏面の層、すなわち、Ｂｏｘ層及びハンドル層をエッチング処理する。さらに、上側第１ビーム５１ａ及び上側第２ビーム５２ａに対応する部分が開口するよう、図示しないマスクをミラー装置１の裏面側に設け、裏面側から当該対応部分の第１シリコン層を除去する。このとき、上側第１ビーム５１ａ及び上側第２ビーム５２ａの厚みと下側第１ビーム５１ｂ及び下側第２ビーム５２ｂの厚みとが略等しくなるようにエッチング処理を行う。次に、図示しないマスクを除去する。このエッチング処理により、固定部２にはＳＯＩ基板２００が残され、その他の変位拡大機構における可動部材であるアクチュエータ３（図示せず）、迂回ビーム４、上側第１ビーム５１ａ、下側第１ビーム５１ｂ、上側第２ビーム５２ａ、下側第２ビーム５２ｂ、連結部５３（図示

せず）及びミラー６にはデバイス層のみが残される。

[0045] 最後に、ワックス２４０及びダミーウエハー２５０を除去してミラー装置１が完成する。上記の工程は、良く知られるＭＥＭＳ（Micro Electro-Mechanical Systems）素子の製造工程を応用したものであり、特に、上側第１及び第２ビーム５１ａ，５２ａと下側第１及び第２ビーム５１ｂ，５２ｂにおいて、Ｚ方向で所定の間隔を保って加工するのが容易となる。また、これらのビームのＸ方向及びＺ方向の配置間隔の精度を向上させることができる。

[0046] ［効果］

上記の変位拡大機構によれば、アクチュエータ３が通電加熱されて熱膨張することで、迂回ビーム４が駆動されて、迂回ビーム４に連結された第１及び第２ビーム５１，５２が駆動される。第１及び第２ビーム５１，５２において、上側第１及び第２ビーム５１ａ，５２ａが折り返し部５４を押し、下側第１及び第２ビーム５１ｂ，５２ｂが折り返し部５４を引くように駆動するため、折り返し部５４，５４に連結された第１及び第２ビーム５１，５２が大きく湾曲し、折り返し部５４，５４に連結された連結部５３を傾動させる。さらに、連結部５３に連結されたミラー６が傾動する。つまり、駆動部材であるアクチュエータ３がミラー６の表面と平行な方向にわずかに変位することでミラー６を大きく傾動させることができる。また、第１ビーム５１と第２ビーム５２とはミラー６を挟んでＸ方向に関して対称に配置されており、ミラー装置１の駆動時にミラー６が捻れて駆動することがないため、所定の方向にミラー６を傾動させることができる。

[0047] また、第１及び第２ビーム５１，５２の長さとミラー６の直径とを略等しくすることにより、ミラー６をその略中心を通る軸の周りに傾動させることができる。

[0048] なお、本実施形態では、アクチュエータ３として熱型アクチュエータを用いる例を示したが、別の方式で駆動するアクチュエータ、例えば、静電容量駆動方式のアクチュエータや圧電駆動方式のアクチュエータを用いてもよい。アクチュエータ３として熱型アクチュエータを用いることで、ミラー６の

傾動量を大きく取れるため、第１電極１０１と第２電極１０２との間に印加される電圧が低くても、ミラー６を十分に傾動させることができる。このことにより、ミラー６による反射光の照射範囲を大きくすることができる。また、熱型アクチュエータを用いることで、圧電駆動方式のアクチュエータに比べて、アクチュエータ自体の経年劣化が抑制され、ミラー装置１の長寿命化が図れる。また、本実施形態では、下側第１及び第２ビーム５１ｂ，５２ｂの第４端部５ｄ，５ｄを固定部２の第３ベース部材２３に連結する構成を示したが、第４端部５ｄ，５ｄ同士を図示しない別の連結部で連結してもよいし、当該別の連結部に図示しない別のアクチュエータを連結し、アクチュエータ３と当該別のアクチュエータとで第１及び第２ビーム５，６を駆動してもよい。この場合、アクチュエータ３と図示しない別のアクチュエータは、屈曲（湾曲）方向が互いに反対となる。具体的には、駆動前の状態において、アクチュエータ３はＹ方向下側に屈曲または湾曲し、別のアクチュエータはＹ方向上側に屈曲または湾曲している。

[0049] （実施形態２）

［ミラー装置の構成］

図６は、本実施形態に係るミラー装置１の平面図を示す。本実施形態と図１に示すミラー装置１との違いは、まず、第１ビーム５１を駆動するための第１アクチュエータ７と第２ビーム５２を駆動するための第２アクチュエータ８とが別個に設けられていることである。

[0050] 第１アクチュエータ７は、並列配置された２つのアクチュエータ７１，７１を備えている。２つのアクチュエータ７１，７１は、Ｘ方向に延びる棒状の駆動ビームであり、アクチュエータ７の第１端部７ｂ，７ｂから第２端部７ｃ，７ｃへの長手方向の略中央の中間部７ａにおいて互いに連結されている。２つのアクチュエータ７１，７１の湾曲あるいは屈曲方向やこれらの各駆動力が結合されて第１アクチュエータ７が大きな駆動力を発揮することは、実施形態１で説明したアクチュエータ３と同様である。

[0051] ２つのアクチュエータ７１，７１の第１端部７ｂ，７ｂは、第１ベース部

材２１に連結されている。２つのアクチュエータ７１，７１の第２端部７ｃ，７ｃは第１ベース部材２１と第２ベース部材２２との間に設けられた第４ベース部材２４に連結されている。本実施形態に係るミラー装置１において、固定部２は第１～第４ベース部材２１～２４から構成されており、第３ベース部材２３は実施形態１に示す構成と同様にＹ方向下側で第１ベース部材２１と第２ベース部材２２との間に設けられているのに対し、第４ベース部材２４はＹ方向上側で第１ベース部材２１と第２ベース部材２２との間に設けられている。また、第４ベース部材２４には第３電極１０３が設けられており、第３電極１０３は第１アクチュエータ７と第２アクチュエータ８との共通電極として機能する。

[0052] また、第１アクチュエータ７は、Ｘ方向に一直線に伸びているわけではなく、中間部７ａがその駆動方向であるＹ方向上側に突出するようにわずかに屈曲、あるいは全体的にＹ方向上側に膨らむようにわずかに湾曲している。

[0053] 第２アクチュエータ８は、並列配置された２つのアクチュエータ８１，８１を備えている。２つのアクチュエータ８１，８１は、Ｘ方向に延びる棒状の駆動ビームであり、アクチュエータ７の第１端部８ｂ，８ｂから第２端部８ｃ，８ｃへの長手方向の略中央の中間部８ａにおいて互いに連結されている。２つのアクチュエータ８１，８１の湾曲あるいは屈曲方向やこれらの各駆動力が結合されて第２アクチュエータ８が大きな駆動力を発揮することは、第１アクチュエータ７と同様である。

[0054] ２つのアクチュエータ８１，８１の第１端部８ｂ，８ｂは、第４ベース部材２４に連結されている。２つのアクチュエータ８１，８１の第２端部８ｃ，８ｃは、第２ベース部材２２に連結されている。

[0055] また、第２アクチュエータ８は、Ｘ方向に一直線に伸びているわけではなく、中間部８ａがその駆動方向であるＹ方向上側に突出するようにわずかに屈曲、あるいは全体的にＹ方向上側に膨らむようにわずかに湾曲している。さらに、アクチュエータ７１，７１とアクチュエータ８１，８１とはＸ方向の長さ及びＹ方向の幅さらにＺ方向の厚みが略等しくなるように設定されて

いる。

[0056] 次に、本実施形態に係るミラー装置と図１に示すミラー装置とで異なる点は、図１に示す連結部５３及び折り返し部５４に代えて、第１ビーム５１が第１折り返し部５４ａを介して第１連結部５３ａに、第２ビーム５２が第２折り返し部５４ｂを介して第２連結部５３ｂにそれぞれ別個に連結されていることである。

[0057] 第１ビーム５１の第１端部５ａは第１アクチュエータ７の中間部７ａに、第２ビーム５２の第１端部５ａは第２アクチュエータ８の中間部８ａにそれぞれ連結されている。第１ビーム５１の第２及び第３端部５ｂ，５ｃはそれぞれ第１折り返し部５４ａを介して第１連結部５３ａに連結され、第２ビーム５２の第２及び第３端部５ｂ，５ｃはそれぞれ第２折り返し部５４ｂを介して第２連結部５３ｂに連結されている。また、第１ビーム５１の第４端部５ｄ及び第２ビーム５２の第４端部５ｄはそれぞれ第３ベース部材２３に連結されている。すなわち、第１ビーム５１は、第１アクチュエータ７に連結され、基板２００の上面と平行に延在した後、第１折り返し部５４ａにおいてＺ方向上側に折り返され固定部２に連結される。第２ビーム５２は、第２アクチュエータ８に連結され、基板２００の上面と平行に延在した後、第２折り返し部５４ｂにおいてＺ方向上側に折り返され固定部２に連結される。

[0058] 第１ビーム５１と第２ビーム５３及び第１連結部５３ａと第２連結部５３ｂとは、それぞれミラー６を挟んでＸ方向に対称に配置されている。また、ミラー６はヒンジ９ａを介して第１連結部５３ａに、ヒンジ９ｂを介して第２連結部５３ｂにそれぞれ連結されている。また、ミラー６はヒンジ９ｃを介して第３ベース部材２３に連結されており、ヒンジ９ｃは、Ｘ方向で見てヒンジ９ａとヒンジ９ｂとの略中間に位置している。ミラー６とヒンジ９ａとの連結部と、ミラー６とヒンジ９ｂとの連結部とは、ミラー６の略中心を通りＸ方向に延びる軸を通るように設けられている。ヒンジ９ａ及びヒンジ９ｂはそれぞれＸ方向への折り返し構造とＹ方向への折り返し構造とを有しており、Ｘ軸周りまたはＹ軸周りでのミラー６の傾動に対応している。

[0059] 本実施形態に係るミラー装置１は、別個の第１及び第２アクチュエータ７，８によって第１及び第２ビーム５，６を独立に駆動することで、第１及び第２連結部５３ａ，５３ｂ及びヒンジ９ａ，９ｂを介してミラー６を傾動させるとともにその傾動軸を変えることができる。以下、この点について図面を用いて説明する。

[0060] ［ミラー装置の動作］

図７は、Ｘ軸周りにミラー６が傾動した後のミラー装置１の側面図を示し、図８は、Ｙ軸周りにミラー６が傾動した後のミラー装置１の側面図を示す。なお、説明の便宜上、ヒンジ９ａ～９ｃについては図示を省略している。また、説明の便宜上、各部材に関しては第１シリコン層２１０のみを図示している。

[0061] まず、Ｘ軸の周りをミラー６が傾動する場合について説明する。この場合、第１電極１０１及び第２電極１０２にそれぞれ同じ値の電圧を印加する。第３電極１０３は上述の通り、第１アクチュエータ１と第２アクチュエータ８との共通電極として機能する。この場合は、第３電極１０３はＧＮＤ電位に固定される。

[0062] 第１電極１０１と第３電極１０３との間に電圧が印加されると、第１ベース部材２１及び第４ベース部材２４を通じて第１アクチュエータ７に電流が流れ、第１アクチュエータ７は加熱されて熱膨張する。第１アクチュエータ７の熱膨張により、中間部７ａはあらかじめ突出している方向であるＹ方向上側へ押し出される。

[0063] 同様に、第２電極１０２と第３電極１０３との間に電圧が印加されると、第２ベース部材２２及び第４ベース部材２４を通じて第２アクチュエータ８に電流が流れ、第２アクチュエータ８は加熱されて熱膨張する。第２アクチュエータ８の熱膨張により、中間部８ａはあらかじめ突出している方向であるＹ方向上側へ押し出される。

[0064] 中間部７ａ，８ａが駆動されると、実施形態１で説明したのと同じ原理により、図７に示すように、第１ビーム５１（図示せず）及び第２ビーム５２

はＺ方向下側に向かって大きく湾曲し、第１連結部５３ａ（図示せず）及び第２連結部５３ｂは、図８におけるＸ軸の周りを時計回り方向に傾動する。第１及び第２連結部５３ａ，５３ｂが傾動すると、その変位を受けてヒンジ９ａ，９ｂがそれぞれ変形し、ヒンジ９ａ，９ｂとミラー６との連結部に対し、それぞれＺ方向下側に力が働く。ここで、第１電極１０１及び第２電極１０２には同じ値の電圧が印加されている。上述の通り、アクチュエータ７１，７１とアクチュエータ８１，８１とはサイズが略等しいため、同じ値の電圧が印加されると流れる電流量及び発熱量も略等しくなる。よって、熱膨張による第１及び第２アクチュエータ７，８の駆動量は略等しく、ヒンジ９ａ，９ｂからミラー６がＺ方向下側に受ける力も略等しくなる。ここで、ミラー６はヒンジ９ｃを介して第３ベース部材２３に連結されており、ヒンジ９ｃは、Ｘ方向で見てヒンジ９ａとヒンジ９ｂとの略中間に位置しているため、ヒンジ９ｃを支点としてミラー６のＸ方向右側とＸ方向左側とは略等しい力でＺ方向下側に押され、結果としてヒンジ９ｃを通りＸ方向に延びる軸（図示せず）の周りをミラー６が傾動する。

[0065] 一方、第１電極１０１と第２電極１０２とにそれぞれ異なる値の電圧を印加すると、第１アクチュエータ７と第２アクチュエータ８とで駆動量が異なることは明らかである。このことを利用すると、ミラー６の傾動軸をＸ方向以外とすることができる。

[0066] 例えば、図８に示すように、第２アクチュエータ８のみを駆動させるようにすると、第２ビーム５２が駆動されて第２連結部５３ｂのみが傾動し、ヒンジ９ｂとミラー６との連結部に対してのみＺ方向下側に力が働く。このとき、第２ビーム５２はＺ方向に対して捻れることなく駆動するため、ミラー６はＹ方向に延びる軸の周りに傾動する。第１アクチュエータ７の駆動量と第２アクチュエータ８の駆動量を個別に調整することで、ミラー６とヒンジ９ａとの連結部に働く力とミラー６とヒンジ９ｂとの連結部に働く力とを異ならせることができる。このことにより、ミラー６の傾動軸として、ＸＹ平面内で、ヒンジ９ａ，９ｃを通る軸とＸ方向に延びる軸との間の任意の軸を

選択できる。

[0067] なお、本実施形態において、第１及び第２アクチュエータ７，８をミラー装置１におけるＹ方向上側に並置した構成を示したが、いずれか一方のアクチュエータをミラー装置１におけるＹ方向下側に配置してもよい。それに応じて第１ビーム５１または第２ビーム５２の配置も変更される。また、ヒンジ９ｃを図６に示す位置と反対側、つまり、固定部２の第４ベース部材２４に連結するようにしてもよい。また、アクチュエータは１つだけ設けるようにしてもよく、その場合、アクチュエータは第１ビーム５１あるいは第２ビーム５２にのみ連結されていてもよいし、第１ビーム５１と第２ビーム５２の両方に連結されていてもよい。

[0068] ＜＜変形例＞＞

図９は、変形例に係るミラー装置の平面図を示し、図１０及び図１１は、それぞれ駆動前後のミラー装置の斜視図を示す。なお、図１０及び図１１における二点鎖線は、駆動前の状態のミラー装置１を示している。また、図１０，１１において、説明の便宜上、各部材に関しては第１シリコン層２１０のみを図示している。さらに、図１１において、ヒンジ９ａ，９ｂの形状は簡略化して図示している。

[0069] 本変形例に係るミラー装置と実施形態２に係るミラー装置との違いは、まず、ミラー６と第３ベース部材２３とを連結するヒンジ９ｃが設けられていない点である。次に、第２ビーム５２において、上側第２ビーム５２ａがミラー６寄りに配置され、下側第２ビーム５２ｂが近接する第２ベース部材２２寄りに配置されていることであり、この場合に、上側第２ビーム５２ａの両端はそれぞれ第２ビームの第１端部５ａ及び第２端部５ｂであり、下側側第２ビーム５２ｂの両端はそれぞれ第２ビームの第３端部５ｃ及び第４端部５ｄである。つまり、第１ビーム５１と第２ビーム５２とは、Ｙ方向に関して対称に配置されておらず、本変形例において、第２アクチュエータ８を駆動すると、上側第２ビーム５２ａ及び下側側第２ビーム５２ｂはＺ方向上側に湾曲し、第２折り返し部５４ｂが駆動され、第２連結部５３ｂはＺ方向上

側に向けて傾動する。つまり、第１アクチュエータ７と第２アクチュエータ８とを同時に駆動させると、第１折り返し部５４ａと第２折り返し部５４ｂとが駆動されて、第１連結部５３ａと第２連結部５３ｂとはそれぞれ反対回りに傾動する。

[0070] 例えば、図１０に示すように第１アクチュエータ７のみを駆動させると、第１連結部５２ａのみが傾動し、ミラー６はヒンジ９ｂを通りＸ方向に延びる軸の周りを傾動するようになる。また、図１１に示すように第１電極１０１と第２電極とに電圧を印加し、第１アクチュエータ７と第２アクチュエータ８の両方を駆動させると、上述の通り、第１連結部５３ａと第２連結部５３ｂとはそれぞれ反対回りに傾動する。第１電極１０１と第２電極とに同じ電圧を印加すると、第１連結部５３ａの傾動量と第２連結部５３ｂの傾動量とは全体値が略等しくなるため、ミラー６はその略中心を通りＹ方向に延びる軸の周りを傾動するようになる。

[0071] なお、本実施形態において、第１アクチュエータ７と第２アクチュエータ８とを独立に駆動させるため、第３ベース部材２３において中間部分の第１シリコン層２１０が除去され、第３ベース部材２３ａと第３ベース部材２３ｂとに分離されている。このことにより、第１アクチュエータ７と第２アクチュエータ８とが電気的に分離される。また、本実施形態において、第１及び第２アクチュエータ７，８をミラー装置１におけるＹ方向上側に並置した構成を示したが、いずれか一方のアクチュエータをミラー装置１におけるＹ方向下側に配置してもよい。それに応じて第１ビーム５１または第２ビーム５２の配置も変更される。また、アクチュエータは１つだけ設けるようにしてもよく、その場合、アクチュエータは第１ビーム５１あるいは第２ビーム５２にのみ連結されていてもよいし、第１ビーム５１と第２ビーム５２の両方に連結されていてもよい。

[0072] （実施形態３）

本実施形態に示すように、ここに開示する変位拡大機構を波長選択フィルタ装置１０に適用することができる。図１２は、本実施形態に係る波長選択

フィルタ装置の斜視図を示し、図１３は、図１２のＸＩＩＩ－ＸＩＩＩ線での断面図であり、波長選択フィルタの駆動前後の状態を示している。なお、図１２において、説明の便宜上、フィルタ１００以外の部材に関しては第１シリコン層２１０のみを図示している。

[0073] 本実施形態に示す構成と図１に示す構成との違いは、ミラー６に代えて、フィルタ支持部６０が連結部５３（図１参照）に連結されており、フィルタ支持部６０の上面（Ｚ方向上側の主面）に誘電体多層膜からなるフィルタ１００が載置されていることである。この場合は、連結部５３、フィルタ支持部６０及びフィルタ１００が特許請求の範囲に言う移動部に相当する。なお、上記以外の構成は図１に示す構成と共通するため、構造や機能及び動作については説明を省略する。

[0074] フィルタ支持部６０は、第１シリコン層２１０からなり、平面視で略矩形状である。フィルタ支持部６０の中央部分には開口部が設けられている。フィルタ１００はフィルタ支持部６０の開口部を覆うようにフィルタ支持部６０の上面に載置されている。第１アクチュエータ７が駆動されると、第１及び第２ビーム５１，５２が駆動されて、連結部５３及びフィルタ支持部６０、さらにフィルタ１００がＸ軸の周りを傾動する。

[0075] 図１３に示すように、波長選択フィルタ装置１０において、フィルタ１００の上面に光が入射すると、フィルタ１００の内部で入射光が変調を受ける。フィルタ１００は互いに屈折率の異なる誘電体が積層された構造であり、フィルタ１００を透過する光の波長はフィルタ１００の長さ、つまりフィルタ１００内での光路長に依存する。図１３の左側に示す場合では、フィルタ１００内での光路長Ｄ１に依存してフィルタ１００を透過する光の波長が定まり、所定の波長の光がフィルタ１００の下面から出射される。

[0076] 一方、第１アクチュエータ７を駆動して、フィルタ支持部６０及びフィルタ１００をＸ軸の周りに傾動させると、図１３の右側に示すように、フィルタ１００内で光路長がＤ１からＤ２（Ｄ２＞Ｄ１）に変化する。これに応じてフィルタ１００を透過する光の波長も変化する。この原理を用いて、波長

選択フィルタ装置１０では、選択された波長の光のみを透過させるようにすることができる。なお、図１２ではフィルタ支持部６０の開口部の形状を平面視で円形としているが、特にこれに限定されず矩形やその他の形状であってもよい。

[0077] ＜＜変形例２＞＞

図１４は、本変形例に係る波長選択フィルタ装置の平面図を、図１５は、斜視図をそれぞれ示す。なお、本変形例において、実施形態１～３と同様の箇所については、同一の符号を付して詳細な説明を省略する。また、図１５において、説明の便宜上、フィルタ１００以外の部材に関しては第１シリコン層２１０のみを図示している。

[0078] 本変形例に示す構成と図１または図１２に示す構成とは、第１～第３ベース部材２１～２３、迂回ビーム４及び連結部５３の形状または配置が異なる。図１４，１５に示す構成では、変位拡大機構において、第１ベース部材２１がＸ方向左側かつＹ方向上側に、第２ベース部材２２がＸ方向右側かつＹ方向上側に配置されている。一方、第３ベース部材２３は、第１及び第２ベース部材２１，２２の間ではなく、第１及び第２ベース部材２１，２２のＹ方向下側に、かつフィルタ支持部６０を囲むように配置されている。

[0079] 迂回ビーム４は、図１または図１２に示す構成に比べて、Ｙ方向に延在する部分が短く、フィルタ支持部６０のＹ方向上側端部近傍まで延びている。また、図１または図１２に示す構成では、迂回ビーム４がＹ方向下側で折り返された部分に上側第１ビーム５１ａと下側第２ビーム５２ａとがそれぞれ連結されているのに対して、本変形例に示す構成では、迂回ビーム４はＹ方向で折り返される部分を持たず、Ｙ方向に延在する部分の端部でそれぞれ上側第１ビーム５１ａと下側第２ビーム５２ａとに連結されている。また、連結部５３は、Ｘ方向に延びる幅が略一定の第１部分５３ｃと第１部分５３ｃの両端部からそれぞれＹ方向に延びる幅が略一定の第２部分５３ｄ及び第３部分５３ｅとを有している。第１部分５３ｃは、Ｘ方向の中央部でアクチュエータ３に連結されている。第２部分５３ｄは、Ｙ方向上側の端部近傍で、

第３ベース部材２３に連結されたヒンジ９ａに連結されている。また、第３部分５３ｅは、Ｙ方向上側の端部近傍で、第３ベース部材２３に連結されたヒンジ９ｂに連結されている。また、第２部分５３ｄとヒンジ９ａとの連結部分と、第３部分５３ｅとヒンジ９ｂとの連結部分とは、フィルタ支持部６０の略中心を通りＸ方向に延びる軸（以下、フィルタ支持部６０の傾動軸Ｔと呼ぶことがある。）を通るように設けられている。

[0080] 変位拡大機構をこのように構成することで、図１や図１２に示す構成に比べて、迂回ビーム４の体積及び質量を小さくすることができる。このことにより、アクチュエータ３が迂回ビーム４をＹ方向上側に引っ張る力が第１及び第２折り返し部５４ａ，５４ｂにより大きく伝わり、フィルタ支持部６０の変位量を大きくすることができる。また、アクチュエータ３で発生した熱が迂回ビーム４から放散されるのを抑制でき、アクチュエータ３の駆動量、ひいてはフィルタ支持部６０の変位量を大きくすることができる。また、フィルタ支持部６０がヒンジ９ａ，９ｂを介して固定部２に連結され、かつヒンジ９ａとヒンジ９ｂとが、傾動軸Ｔを通るように設けられているため、フィルタ支持部６０を傾動軸Ｔの周りに傾動させることができる。

[0081] また、迂回ビーム４のＹ方向に延びる部分を短くすることで、迂回ビーム４とビーム５との連結部（図１に示す５ａに相当）、この場合は、迂回ビーム４と下側第１ビーム５１ｂ及び下側第２ビーム５２ｂとの連結部を、第３ベース部材２３に接続された上側第１ビーム５１ａ及び下側第１ビーム５２ａよりもフィルタ支持部６０に近い側にそれぞれ配置することができる。このことにより、連結部５３の第２及び第３部分５３ｄ，５３ｅをビーム５よりもＸ方向で見てフィルタ支持部６０から離れた側に配置し、かつＹ方向に延在させることができる。また、これらの第２及び第３部分５３ｄ，５３ｅと固定部２（第３ベース部材２３）とをそれぞれヒンジ９ａ，９ｂを介して連結することができる。つまり、ヒンジ９ａ，９ｂを介して、フィルタ支持部６０及び連結部５３（移動部）が固定部２に連結される。ヒンジ９ａ，９ｂはＸ方向で複数折り返されてなる線条部材であり、これらが一種のバネ部

材として機能することで、フィルタ支持部６０の剛性を高めることができる。特に、波長選択フィルタ装置１０において、フィルタ１００を取付けることで、フィルタ１００及びフィルタ支持部６０の傾動時の重心が基板２００の上面よりもＺ方向上側にシフトする。例えば、図１２に示す構成において、Ｘ方向の加速度がフィルタ１００に加わると、Ｙ軸方向に延びる軸の周りにフィルタ１００及びフィルタ支持部６０が回転するおそれがある。一方、本変形例によれば、ヒンジ９ａ，９ｂによって、フィルタ支持部６０を２点で支持しているため、傾動軸Ｔ以外の軸の周りでの回転モーメントを抑制でき、フィルタ１００を所望の方向に傾動させることができる。

[0082] ＜＜変形例３＞＞

図１６は、本変形例に係る波長選択フィルタ装置を下から見た平面図を示す。なお、図１６に示す構成と、図１４，１５に示す構成とは、裏面の構成が異なるのみであり、変形例３と同様の箇所については、同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

[0083] 図１６に示すように、フィルタ支持部６０の４つのコーナー部には、それぞれ第２部分６０ａが設けられている。また、連結部５３の第２及び第３部分５３ｄ，５３ｅには、それぞれストッパ５３ｆが設けられている。第２及び第３部分５３ｄ，５３ｅにおいて、ストッパ５３ｆは、それぞれフィルタ支持部６０と反対側に、言いかえると、第３ベース部材２３に近い側に設けられている。また、ストッパ５３ｆのＹ方向の長さは、第２及び第３部分５３ｄ，５３ｅのＹ方向の長さと略同じである。また、実施形態１～３に示すように、変位拡大機構の可動部材であるアクチュエータ３、迂回ビーム４、第１ビーム５１，第２ビーム５２、連結部５３、ミラー６及びフィルタ支持部６０は、基板２００のうち、酸化膜層２２０と第２シリコン層２３０とが除去されて、デバイス層である第１シリコン層２１０で構成されている。一方、第２部分６０ａ及びストッパ５３ｆはそれぞれ、第１シリコン層２１０と酸化膜層２２０と第２シリコン層２３０とが積層されて構成されている。つまり、固定部２と同じ積層構造を有している。なお、第２部分６０ａやス

トッパ５３ｆは、図５に示すシャッタ装置１の裏面層のエッチング処理工程において、図示しないマスクを用いて、第２部分６０ａやストッパ５３ｆに対応する箇所の酸化膜層２２０及び第２シリコン層を残すことで得られる。

[0084] 本変形例に係る変位拡大機構によれば、まず、フィルタ支持部６０の４つのコーナー部に、それぞれ第２部分６０ａが設けられることで、フィルタ１００を取付ける際にフィルタ支持部６０に加わる衝撃を緩和することができる。前述したように、第１シリコン層２１０の厚み、つまり、フィルタ支持部６０の開口及び第２部分６０ａを除く部分（第１部分）の厚みは３０μｍ程度である。一方、フィルタ１００は、一辺が１ｍｍ以下の直方体または立方体である。フィルタ１００をフィルタ支持部６０に取付ける際、通常、基台（図示せず）上に変位拡大機構が形成された基板２００を載置し、接着剤等を介して、フィルタ支持部６０の上面にフィルタ１００が取付けられる。この場合、フィルタ支持部６０と基台との間は第２シリコン層２３０及び酸化膜層２２０のトータルの厚み、つまり、約２５０μｍ程度の隙間があるため、取付け時の衝撃でフィルタ支持部６０がたわんでフィルタ１００の位置がぐらつき、所定の位置からずれてフィルタ１００が取付けられるおそれがある。また、取付け時の衝撃の強さによってはフィルタ支持部６０やこれに連結された連結部５３やヒンジ９ａ，９ｂが破損するおそれがある。

[0085] 一方、本変形例によれば、フィルタ支持部６０の裏面側に第２部分６０ａを設けることにより、第２部分６０ａを介して、フィルタ支持部６０が基台上に安定して保持される。このことにより、フィルタ１００を取付けるときのフィルタ支持部６０のたわみやフィルタ１００のぐらつきを抑制し、フィルタ支持部６０にフィルタ１００を安定して取付けることができる。また、第２部分６０ａの質量はフィルタ１００の数％程度ではあるが、フィルタ支持部６０の裏面側に第２部分６０ａを設けることにより、波長選択フィルタ装置１０のＺ方向での重心を、傾動軸Ｔに近づけることができる。このことにより、Ｘ方向やＹ方向から力を受けて、フィルタ１００及びフィルタ支持部６０が、傾動軸Ｔ以外の軸の周りに傾動するのを抑制できる。なお、フィ

ルタ支持部６０に第２部分６０ａを設けることにより、フィルタ支持部６０自体の質量は大きくなる。フィルタ支持部６０が重くなりすぎると、フィルタ支持部６０のＺ方向の変位量、ひいてはフィルタ１００のＺ方向の変位量が所定量よりも小さくなってしまうおそれがある。このような場合には、平面視で、第２部分６０ａの面積を小さくするようにするとよい。図１６において、単純に第２部分６０ａを縮小させるようにしてもよいが、他の形状、例えば、平面視ではしご状に第２部分６０ａを形成するようにしてもよい。

[0086] また、本変形例によれば、連結部５３の第２及び第３部分５３ｄ，５３ｅの裏面側にストッパ５３ｆを設けることで、フィルタ１００及びフィルタ支持部６０が所定量以上に傾動するのを抑制することができる。また、所定の方向以外の方向に傾動するのを抑制することができる。波長選択フィルタ装置１０において、フィルタ１００の質量が大きいため、例えば、アクチュエータ３の駆動量が所定量以上に大きくなりすぎると、傾動軸Ｔの周りにフィルタ１００が傾動する場合においても、その傾動量が大きくなり、許容範囲以上の回転モーメントがフィルタ１００に働いて、フィルタ支持部６０や連結部５３，あるいはヒンジ９ａ，９ｂを損傷するおそれがある。また、フィルタ１００に対してＸ方向やＹ方向の加速度が加わる場合には、傾動軸Ｔ以外の軸の周りにフィルタ１００が傾動し、同様に、フィルタ支持部６０や連結部５３，あるいはヒンジ９ａ，９ｂを損傷するおそれがある。

[0087] 一方、本変形例によれば、フィルタ１００及びフィルタ支持部６０が傾動軸Ｔの周りに所定量以上傾動しようとすると、ストッパ５３ｆのＹ方向端部のいずれかが、対向する第３ベース部材２３に当接して、それ以上にフィルタ１００及びフィルタ支持部６０が傾動するのを阻止する。フィルタ１００に所定以上のＹ方向の加速度が加わった場合も同様である。また、フィルタ１００に所定以上のＸ方向の加速度が加わった場合は、第２部分５３ｄの裏面側のストッパ５３ｆ、または第３部分５３ｅの裏面側のストッパ５３ｆのいずれかが、対向する第３ベース部材２３とＸ方向で当接して、傾動軸Ｔ以外の軸の周りにフィルタ１００が傾動しようとするのを抑制できる。これら

のことにより、フィルタ支持部６０や連結部５３等の不測の損傷を防止できるとともに、所定の方向に所定の範囲内でフィルタ１００及びフィルタ支持部６０を傾動させることができる。なお、ストッパ５３ｆと対向する第３ベース部材２３とは、フィルタ１００及びフィルタ支持部６０が所定量傾動するのを妨げない程度の所定の間隔をあけて設けられている。

[0088] ＜＜変形例４＞＞

図１７Ａは、本変形例に係る波長選択フィルタ装置の部分拡大図を、図１７Ｂは、波長選択フィルタ装置の別の部分の部分拡大図をそれぞれ示す。また、図１７Ａは、図１４に示す領域Ａに対応する部分拡大図であり、図１７Ｂは、図１４に示す領域Ｂに対応する部分拡大図である。なお、本変形例において、変形例２，３と同様の箇所については、同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

[0089] 本変形例に示す構成と変形例２，３に示す構成との違いは、迂回ビーム４，連結部５３の少なくともいずれかに第１突起部４ａまたは第２突起部５３ｇが設けられていることである。第１突起部４ａ及び第２突起部５３ａはそれぞれ第１シリコン層２１０で構成されており、基板２００の上面と平行な方向に、本変形例ではＸ方向に延びて設けられている。また、第３ベース部材２３には、第１突起部４ａや第２突起部５３ｇを収容する凹部２３ｃ及び／または２３ｄが形成されている。図１７Ａ，１７Ｂにそれぞれ示すように、凹部２３ｃと第１突起部４ａとは所定の間隔Ｌ１をあけて配置されており、凹部２３ｄと第２突起部５３ｇとは所定の間隔Ｌ２をあけて配置されている。

[0090] 本変形例によれば、迂回ビーム４あるいは連結部５３の表面積を増やすことができる。一般に、物体から熱が放散されるときの放熱時定数は、以下の式（１）で表わされる。

$$\tau c = mc / hA \quad \cdots (1)$$

ここで、

τc：放熱時定数

ｍ：物体の質量

ｃ：物体の比熱

ｈ：物体の熱伝達率

Ａ：物体の表面積

である。

[0091] 式（１）から明らかなように、物体の表面積Ａを増やすことにより、放熱時定数τｃは減少する。つまり、より短時間で物体から熱が放散される。従って、第１突起部４ａ及び／または第２突起部５３ｇを設けることにより、式（１）に示すように、迂回ビーム４及び／または連結部５３の放熱時定数τｃを小さくできるため、移動部である連結部５３やフィルタ支持部６０の応答速度を短縮することができる。ここで、移動部の応答速度はとは、アクチュエータ３に電圧を印加してから、移動部が所定の位置まで移動するまでの時間に相当する。併せて、アクチュエータ３から迂回ビーム４や連結部５３に伝わる熱を速やかに放散することができる。このことにより、フィルタ１００の温度上昇を抑制し、温度変化によってフィルタ１００の光学特性が変化するのを防止できる。また、フィルタ１００に加わる熱的ダメージを低減できる。

[0092] また、本変形例において、前述の間隔Ｌ１，Ｌ２をそれぞれ数μｍ以下とすることで、迂回ビーム４及び／または連結部５３からの放熱をさらに促進することができる。一般に、大気中に配置され、間隔をあけて対向する２つの物体間で温度差がある場合は、空気を介して両者の間で熱のやり取りが行われる。しかし、本実施形態においては、迂回ビーム４及び／または連結部５３と第３ベース部材２３との間隔は数μｍ以下と小さくなっており、このオーダーでの間隔では、熱抵抗が小さいため、第１突起部４ａ及び／または第２突起部５３ｇから第３ベース部材２３に速やかに熱が放散される。

[0093] また、本変形例によれば、フィルタ２００及びフィルタ支持部６０が所定量以上に傾動しようとする場合、第１突起部４ａ及び／または第２突起部５３ｇが第３ベース部材２３に当接することで、所定量以上にフィルタ１００

及びフィルタ支持部６０が傾動するのを阻止することができる。また、フィルタ支持部６０の傾動軸以外の軸の周りに傾動しようとする場合にも、その傾動を抑制できる。これらのことにより、フィルタ支持部６０や連結部５３等の不測の損傷を防止できるとともに、所定の方向に所定の範囲内でフィルタ１００及びフィルタ支持部６０を傾動させることができる。なお、第１突起部４ａ及び第２突起部５３ｇは、第１シリコン層２１０で構成されているため、一定以上の速度で第３ベース部材２３に衝突すると、これらの部材４ａ，５３ｇが破損する場合がある。従って、第１突起部４ａ及び／または第２突起部５３ｇを上記のようにストッパとして用いる場合は、その強度、具体的には、第１突起部４ａ及び／または第２突起部５３ｇのＸ方向及びＹ方向の長さやそれぞれの本数を適切に設定する必要がある。なお、要求される放熱仕様等に応じて、第１突起部４ａと凹部２３ｃのみを設けるようにしてもよいし、第２突起部５３ｇと凹部２３ｄのみを設けるにしてもよい。第１及び第２突起部４ａ，５３ｇと凹部２３ｃ，５３ｄをすべて設けるにしてもよい。

[0094] ＜＜変形例５＞＞

図１８は、本変形例に係る波長選択フィルタ装置の平面図を、図１９は、図１８のＸＩＸ－ＸＩＸ線での断面図をそれぞれ示す。また、図２０は、本変形例に係る放熱ブロックを下から見た平面図を示す。なお、本変形例において、変形例２，３と同様の箇所については、同一の符号を付して詳細な説明を省略する。また、図１８，１９に示す変位拡大機構は、放熱ブロック２３０ａを除いて図１６に示す構成と同じである。

[0095] 本変形例に示す構成と実施形態１～３及び変形例２～４に示す構成との違いは、第１ビーム５１及び第２ビーム５２のＺ方向下側に、これらビーム５１，５２と所定の間隔をあけて放熱ブロック２３０ａが設けられている点にある。図１８，１９に示すように、放熱ブロック２３０ａは、ハンドル層である第２シリコン層２３０で構成されており、Ｘ方向の一端は、第３ベース部材２３の第２シリコン層２３０に連結されている。また、放熱ブロック２

３０ａと第１電極１０１との間、及び放熱ブロック２３０ａと第２電極１０２との間にはＢｏｘ層２２０がそれぞれ介在しているため、放熱ブロック２３０ａは第１及び第２ベース部材２１，２２とそれぞれ電気的には絶縁されている。また、図１９に示すように、第１ビーム５１及び第２ビーム５２と放熱ブロック２３０ａとの間隔は、Ｂｏｘ層２２０の厚さ（１μｍ）に相当する。

[0096] 本実施形態によれば、アクチュエータ３から第１及び第２ビーム５１，５２に伝わる熱を放熱ブロック２３０ａを介して速やかに放散させることができる。変形例４で説明したように、２つの物体の間隔が数μｍ以下になると、空気が介在していても、第１ビーム５１及びは第２ビーム５２から放熱ブロック２３０ａに速やかに熱が放散される。放熱ブロック２３０ａに放散された熱は、放熱ブロック２３０ａから直接大気に、あるいは放熱ブロック２３０ａから第１及び第２ベース部材２１，２２の第２シリコン層２３０を介して放散される。このことにより、フィルタ１００の温度上昇を抑制し、温度変化によってフィルタ１００の光学特性が変化するのを防止できる。また、フィルタ１００に加わる熱的ダメージを低減できる。また、第１及び第２ビーム５１，５２と放熱ブロック２３０ａとの間では、Ｂｏｘ層である酸化膜層２２０は設けられていないため、第１及び第２ビーム５１，５２はＺ方向に変位可能である。ただし、これらビーム５１，５２がＺ方向下側に変位して、放熱ブロック２３０ａに当接しないように、放熱ブロック２３０ａの配置や細部を適切に設定する必要がある。

[0097] ここで、放熱ブロック２３０ａは、例えば、図５に示すシャッタ装置１の裏面層のエッチング処理工程において、図示しないマスクを用いて放熱ブロック２３０ａを残すように第２シリコン層２３０をエッチング処理し、続けて、フッ酸系薬液を用いたエッチング等により、酸化膜層２２０を除去することで形成される。しかし、第１及び第２ビーム５１，５２と放熱ブロック２３０ａとが平面視で重なる部分はＸ方向で数百μｍ～数ｍｍ程度あるため、当該重なる部分のＹ方向の幅によっては、Ｂｏｘ層２２０のエッチング量

が大きくなり、第１及び第２ベース部材２１，２２の酸化膜層２２０が側面からエッチングされてしまい、アクチュエータ３が駆動されて変位する際に、第１及び第２ベース部材２１，２２が変形してしまうおそれがある。また、薬液を用いたウエットエッチングでは、部材の表面張力や静電引力に起因した固着が生じるおそれがある。

[0098] そこで、図２０に示すように、放熱ブロック２３０ａに複数の肉抜き部（孔）２３１を設けることで、上記の問題を回避することができる。放熱ブロック２３０ａの形成工程において、酸化膜層２２０を除去する際に、肉抜き部２３１から薬液が入り込むため、放熱ブロック２３０ａに接した部分の酸化膜層２２０を除去する時間が短くなる。また、肉抜き部２３１を設けることにより、第１及び第２ビーム５１，５２と放熱ブロック２３０ａとの対向面積を減らすことができる。これらのことにより、第１及び第２ビーム５１，５２や放熱ブロック２３０ａでの表面張力や静電引力に起因した固着を抑制できる。以上のことから、第１ビーム５１及び第２ビーム５２と放熱ブロック２３０ａと間の表面張力や静電引力を弱めて、これらが互いに固着したり、第１ビーム５や第２ビーム５２が破損したりするのを防止できる。また、肉抜き部２３１を設けることで、放熱ブロック２３０ａの表面積を増やし、放熱ブロック２３０ａから速やかに熱を放散させることができる。なお、図２０において、放熱ブロック２３０ａは、迂回ビーム４に近い側に配置されているが、特にこれに限定されない。例えば、図１４Ａにおいて、第１ビーム５の中央部分や第２ビーム５２の中央部分の下側に配置されていてもよいが、その場合は、フィルタ支持部６０と放熱ブロック２３０ａとが当接しないように放熱ブロック２３０ａの位置を適切に設定する必要がある。また、平面視で、放熱ブロック２３０ａが迂回ビーム４と一部または全部が重なるように配置されていてもよい。その場合は、放熱ブロック２３０ａのＸ方向両端部がそれぞれ第３ベース部材２３に連結されるとともに、当該連結部分がＸ方向で対向するようにしてもよい。

[0099] （その他の実施形態）

なお、第１アクチュエータ７及び第２アクチュエータ８をそれぞれ単数のアクチュエータから構成してもよい。また、第１アクチュエータ７及び第２アクチュエータ８の大きさや構造は同じである必要はなく互いに違えてもよい。例えば、第１アクチュエータ７を１つのアクチュエータから構成し、第２アクチュエータ８を２つのアクチュエータから構成するなど、第１アクチュエータ７および第２アクチュエータ８を構成するアクチュエータの数が異なっていてもよい。また、第１アクチュエータ７を構成する部材の長さと第２アクチュエータ８を構成する部材の長さが異なっていてもよい。また、例えば、上側第１ビーム５１ａ及び下側第１ビーム５１ｂの上面にこれ等のビーム５１ａ，５１ｂの構成材料であるシリコンとは熱膨張係数の異なる材料を設けてバイメタル構造としてもよい。アクチュエータ３ないし第１及び第２アクチュエータ７，８で発生しビーム５に伝搬した熱をミラー６等の傾動に利用することができる。上側第２ビーム５２ａ及び下側第１ビーム５２ｂについても同様の構成とすることができる。

[0100] また、実施形態１における折り返し部５４や実施形態２における第１及び第２折り返し部５４ａ，５４ｂにおいて、第２端部５ｂ，５ｂと第３端部５ｃ，５ｃとがほぼ同じ位置で折り返し部５４や第１及び第２折り返し部５４ａ，５４ｂに連結されていてもよい。具体的に言うと、第１ビーム５１において、第２端部５ｂと第３端部５ｃとがいずれも折り返し部５４における上面側に位置し、第２端部５ｂと第３端部５ｃとが直接連結されているような配置であってもよい。この場合でも、アクチュエータ３の駆動により折り返し部５４に対し押す力と引っ張る力とを加えることができる。また、アクチュエータ３や第１及び第２アクチュエータ７，８で発生した熱がミラー６に伝搬して、ミラー６を構成する第１シリコン層２１０中のシリコンが金属膜６１中に拡散し、光の反射特性等を変化させる場合がある。このようなシリコンの拡散を防止するために、金属膜６１にシリコンの拡散防止膜を設けてもよい。例えば、金属膜６１をＡｕ／Ｐｔ／Ｔｉ膜としてもよい。変形例を含め上記の全ての実施形態において、必要に応じて、対応する部材に上記の

構成を適用することができる。

[0101] なお、実施形態３及び変形例２～５において、フィルタ１００がフィルタ支持部６０の上面（Ｚ方向上側面）に載置された波長選択フィルタ１０を示したが、図２１に示すように、フィルタ１００がフィルタ支持部６０の裏面（Ｚ方向下側面）に載置されるようにしてもよい。なお、図２１に示す変位拡大機構は、図１４に示す変位拡大機構と同じであり、図２１に示す断面は、図１４に示す傾動軸Ｔを通るＸＺ平面に相当する。フィルタ１００をこのように配置することで、基板２００の上面、つまり、第１シリコン層２１０の上面が基台に接した状態でフィルタ１００をフィルタ支持部６０に取付けることができる。このことにより、フィルタ支持部６０と基台との隙間がなくなり、フィルタ支持部６０にフィルタ１００を安定して取付けることができる。また、図２１から明らかなように、波長選択フィルタ装置１０のＺ方向の高さを低くすることができる。図１２，１４に示す構成では、波長選択フィルタ装置１０のＺ方向の高さは、基板２００の厚みとフィルタ１００のＺ方向の高さとの和に相当する。一方、図２１に示す構成では、波長選択フィルタ装置１０のＺ方向の高さは、第１シリコン層２１０の厚みとフィルタ１００のＺ方向の高さとの和に相当する。つまり、酸化膜層２２０と第２シリコン層２３０との厚みの和（約２５０μｍ）分、波長選択フィルタ装置１０のＺ方向の高さを低くすることができる。このことにより、波長選択フィルタ１０を小型化できる。

[0102] また、これに限らず、上記の各実施形態及び変形例で説明した各構成要素を組み合わせて、新たな実施形態とすることも可能である。例えば、図１４，１５に示す変位拡大機構を図１に示す構成に適用してもよい。また、図１６に示すフィルタ支持部６０の第２部分６０ａを、図１２，１３に示す構成に設けるようにしてもよい。また、図１８～２０に示す放熱ブロック２３０ａを図１，６，９に示す構成に適用することも可能である。ただし、アクチュエータ３やアクチュエータ７，８を駆動した場合に、放熱ブロック２３０ａが第１及び第２ビーム５１，５２やフィルタ支持部６０に当接しないよう

に放熱ブロック２３０ａの位置を適切に設定する必要がある。

[0103] また、ここに開示する変位拡大機構を赤外線センサに適用してもよく、その場合は、例えば、図１，６，９に示すミラー６に赤外線吸収体を付与すればよい。

産業上の利用可能性

[0104] ここに開示された技術は、ミラー等の移動部をその表面と交差する方向に対して傾動させることができるとともに傾動量を大きくできるため、光学装置に適用する上で有用である。

符号の説明

[0105]

１	ミラー装置
２	固定部
３	アクチュエータ
４	迂回ビーム
４ａ	第１突起部
２３ｃ，２３ｄ	凹部
５１	第１ビーム（ビーム）
５２	第２ビーム（ビーム）
５３	連結部（移動部）
５３ａ	第１連結部（移動部）
５３ｂ	第２連結部（移動部）
５３ｇ	第２突起部
５４	折り返し部
５４ａ	第１折り返し部
５４ｂ	第２折り返し部
６０	フィルタ支持部
１００	フィルタ
２３０ａ	放熱ブロック

請求の範囲

[請求項1] 基板と、

前記基板に設けられた固定部と、

前記固定部に連結されたアクチュエータと、

基端側が前記アクチュエータに連結されて前記基板の上面と略平行な方向に延在し、中間部の折り返し部にて該上面と交差する方向に折り返されて前記基端側に延在し先端側が前記固定部に連結されたビームと、

前記ビームの折り返し部に連結された移動部と、を有し、

前記アクチュエータは前記基端側から前記折り返し部側の方向へ前記ビームを押すかまたは引くように駆動する変位拡大機構。

[請求項2] 前記ビームは第１ビームと第２ビームとを含み、前記移動部は該第１ビームと該第２ビームとの間に設けられている請求項１に記載の変位拡大機構。

[請求項3] 前記折り返し部は、前記第１ビームおよび前記第２ビームがそれぞれ折り返されてなる第１折り返し部および第２折り返し部を含み、

前記移動部は前記第１折り返し部と前記第２折り返し部とに連結されている請求項２に記載の変位拡大機構。

[請求項4] 前記アクチュエータは第１アクチュエータと第２アクチュエータを含み、

前記第１ビームは第１アクチュエータに連結され、前記第２ビームは第２アクチュエータに連結されている請求項２または３に記載の変位拡大機構。

[請求項5] 前記移動部は前記ビームの折り返し部にヒンジを介して連結されている請求項１ないし４のいずれか１項に記載の変位拡大機構。

[請求項6] 前記移動部は前記ビームの折り返し部および前記固定部にヒンジを介して連結されている請求項１ないし５のいずれか１項に記載の変位拡大機構。

[請求項7] 前記ビームの前記基端側は折り返されて前記アクチュエータに連結されている請求項１ないし６のいずれか１項に記載の変位拡大機構。

[請求項8] 前記アクチュエータは湾曲または屈曲した状態で前記固定部に連結され、加熱により駆動する熱型アクチュエータである請求項１ないし７のいずれか１項に記載の変位拡大機構。

[請求項9] 前記ビームは、前記基板の上面と平行な方向に延在する第１突起部を有する請求項１ないし８のいずれか１項に記載の変位拡大機構。

[請求項10] 前記移動部は、前記基板の上面と平行な方向に延在する第２突起部を有する請求項１ないし９のいずれか１項に記載の変位拡大機構。

[請求項11] 前記固定部は、前記第１突起部及び／または前記第２突起部を収容する凹部を有し、該凹部の側面と前記第１突起部及び／または前記第２突起部の側面とは所定の間隔をあけて設けられている請求項９または１０に記載の変位拡大機構。

[請求項12] 前記ビームの下方に、前記ビームと所定の間隔をあけて放熱ブロックが設けられている請求項１ないし１１のいずれか１項に記載の変位拡大機構。

[請求項13] 前記基板は、デバイス層と酸化膜層とハンドル層とがこの順で積層されてなり、

前記ビームは前記デバイス層で構成される一方、前記放熱ブロックは前記ハンドル層で構成され、かつ前記固定部に連結されている請求項１２に記載の変位拡大機構。

[請求項14] 前記基板は、デバイス層と酸化膜層とハンドル層とがこの順で積層されてなり、

前記アクチュエータと前記ビームとは前記デバイス層で構成される一方、前記移動部は前記デバイス層で構成される第１部分と、前記デバイス層と前記酸化膜層と前記ハンドル層とで構成される第２部分とを有する請求項１ないし１３のいずれか１項に記載の変位拡大機構。

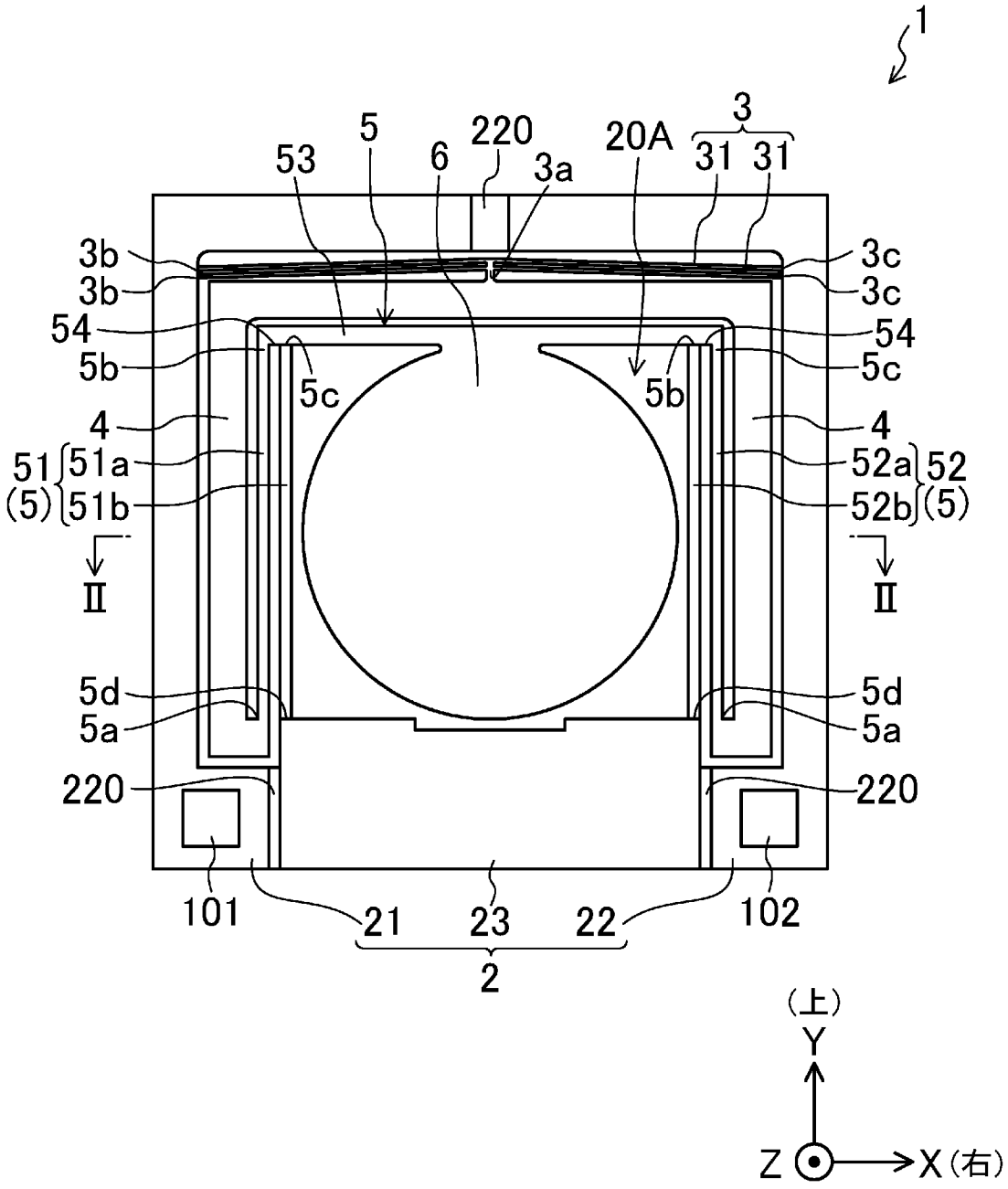
[請求項15] 請求項１ないし１４のいずれか１項に記載の変位拡大機構と、

前記変位拡大機構の前記固定部上に配設され、前記アクチュエータの一端と電気的に接続された第１電極と、

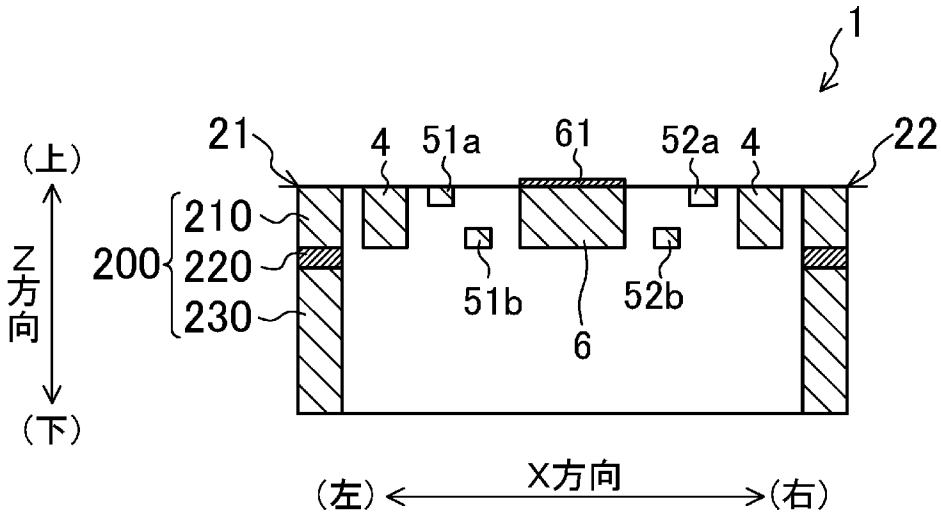
前記変位拡大機構の前記固定部上に配設され、前記アクチュエータの他端と電気的に接続された第２電極と、を備え、

前記移動部は前記変位拡大機構に入射する光を反射または透過するか、あるいは吸収する光学装置。

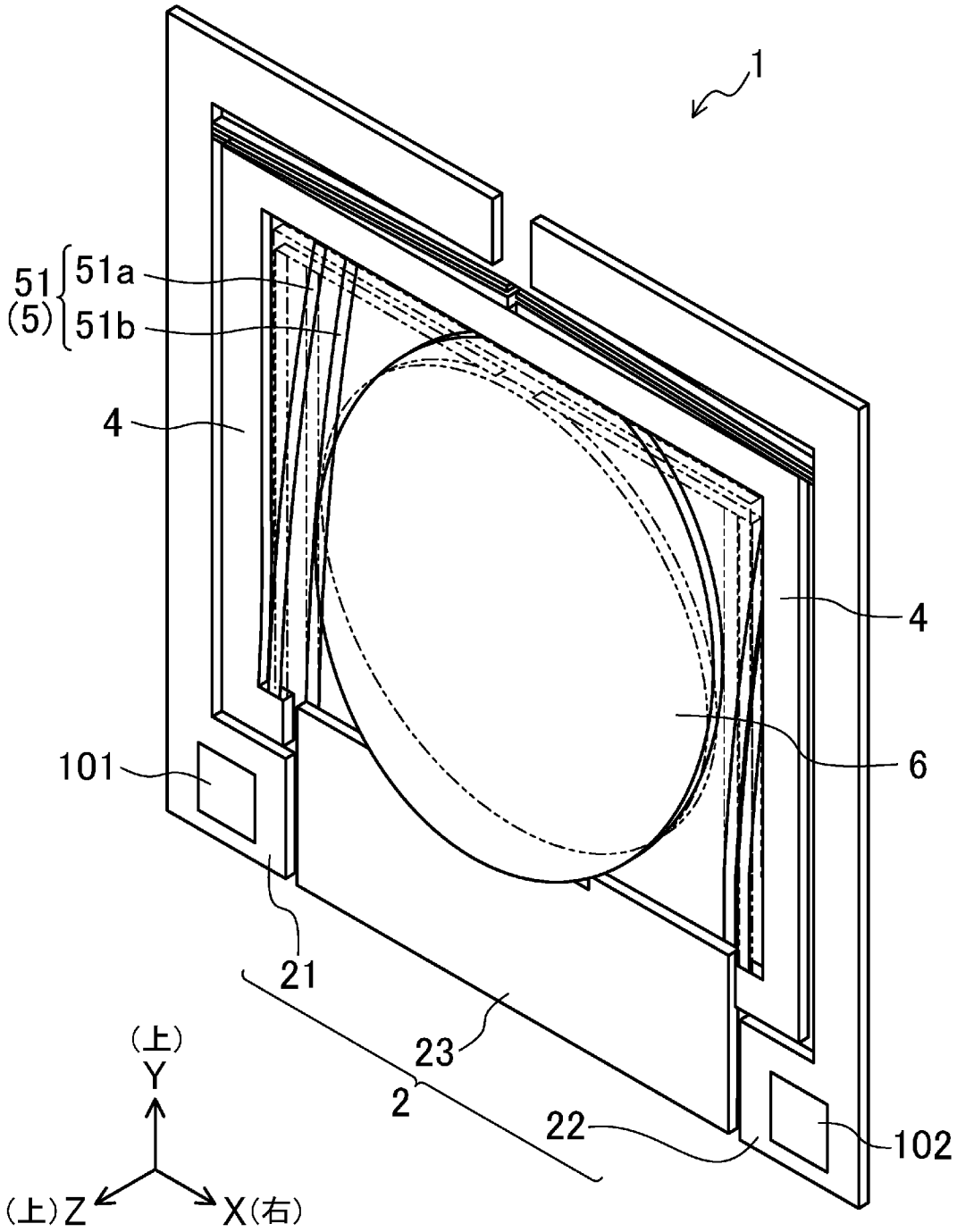
[図1]


1
3
5
220
20A
53
6
3a
31
31
3b
3b
3c
3c
54
54
5b
5c
5c
5b
4
4
51
51a
52a
52
(5)
51b
52b
(5)
Ⅱ
Ⅱ
5d
5d
5a
5a
220
220
101
21
23
22
102
2
(上)
Y
Z
X(右)

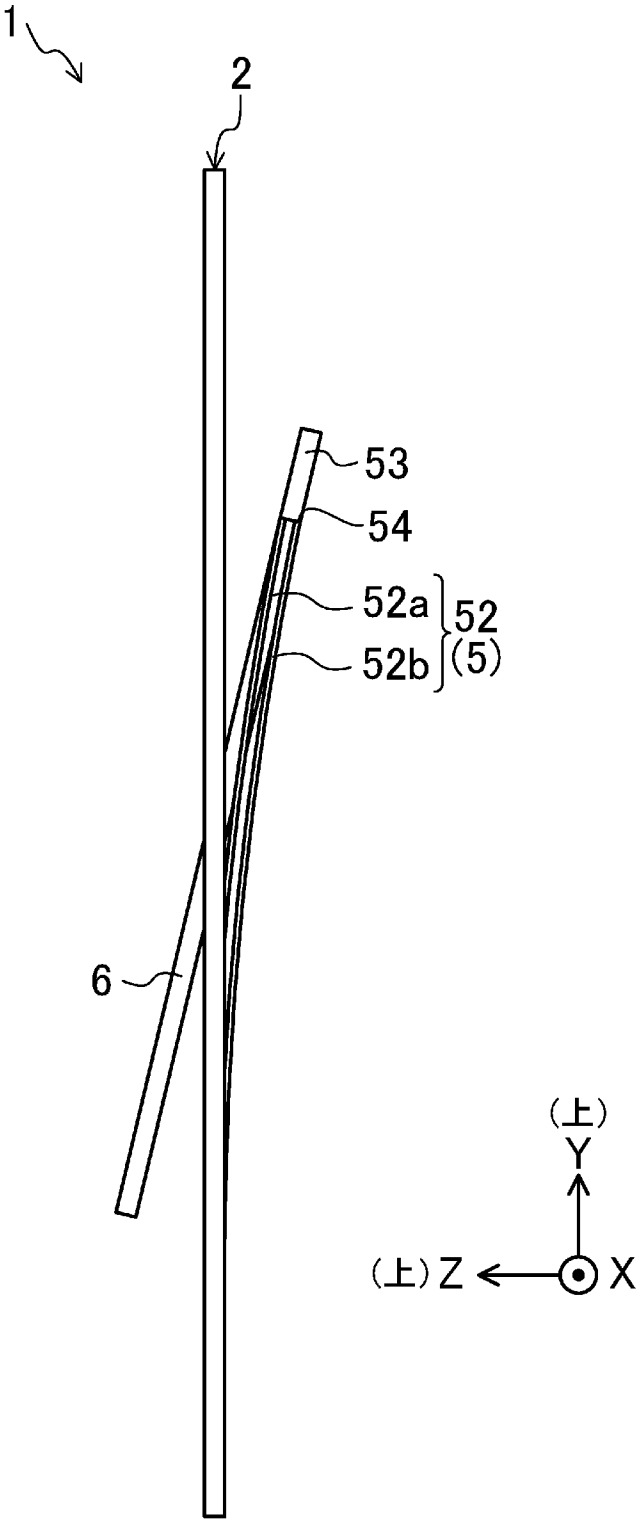
[図2]


1
21
4
51a
61
52a
4
22
(上)
210
200
220
230
Z方向
(下)
51b
6
52b
(左)
X方向
(右)

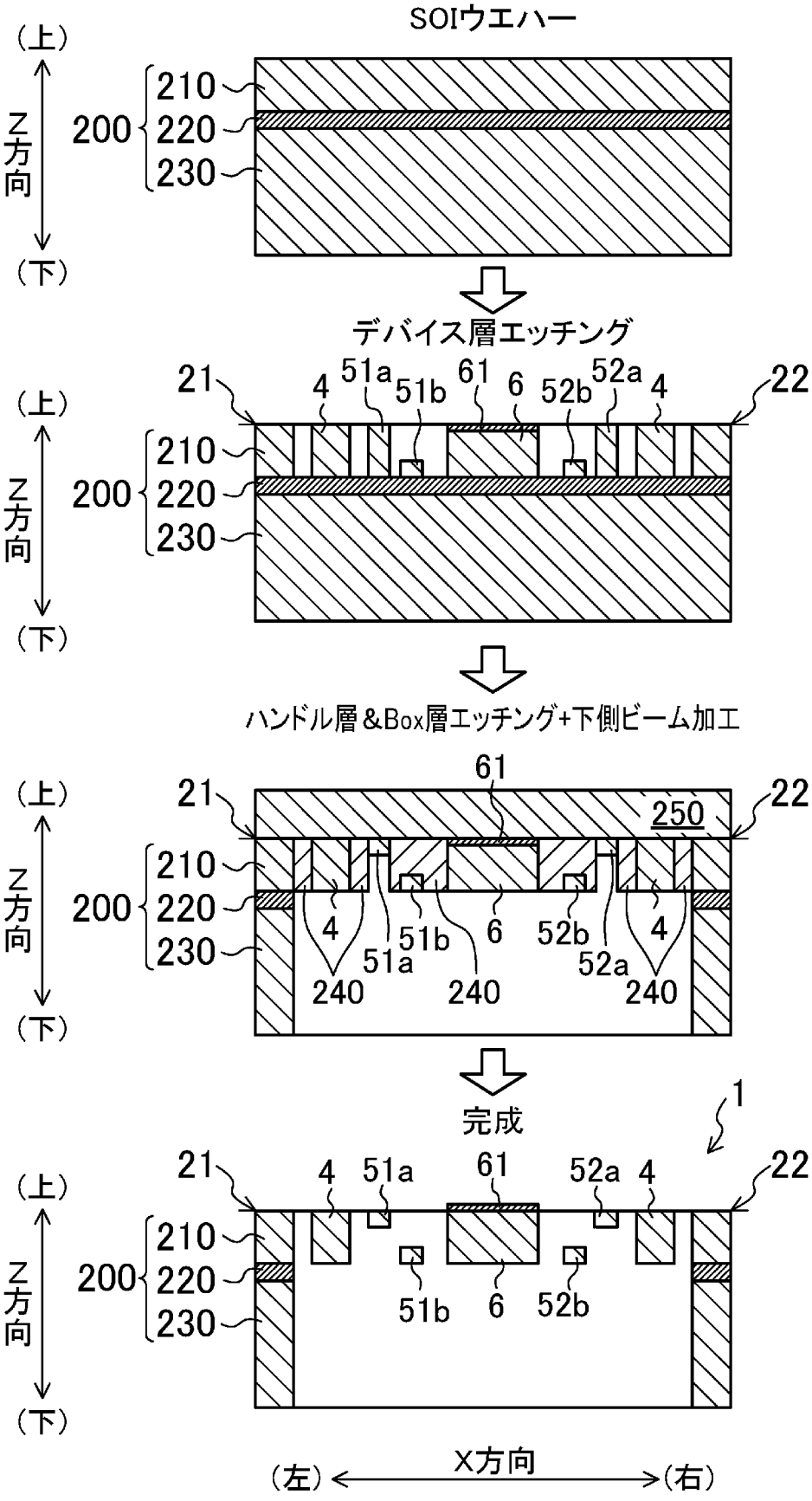
[図3]



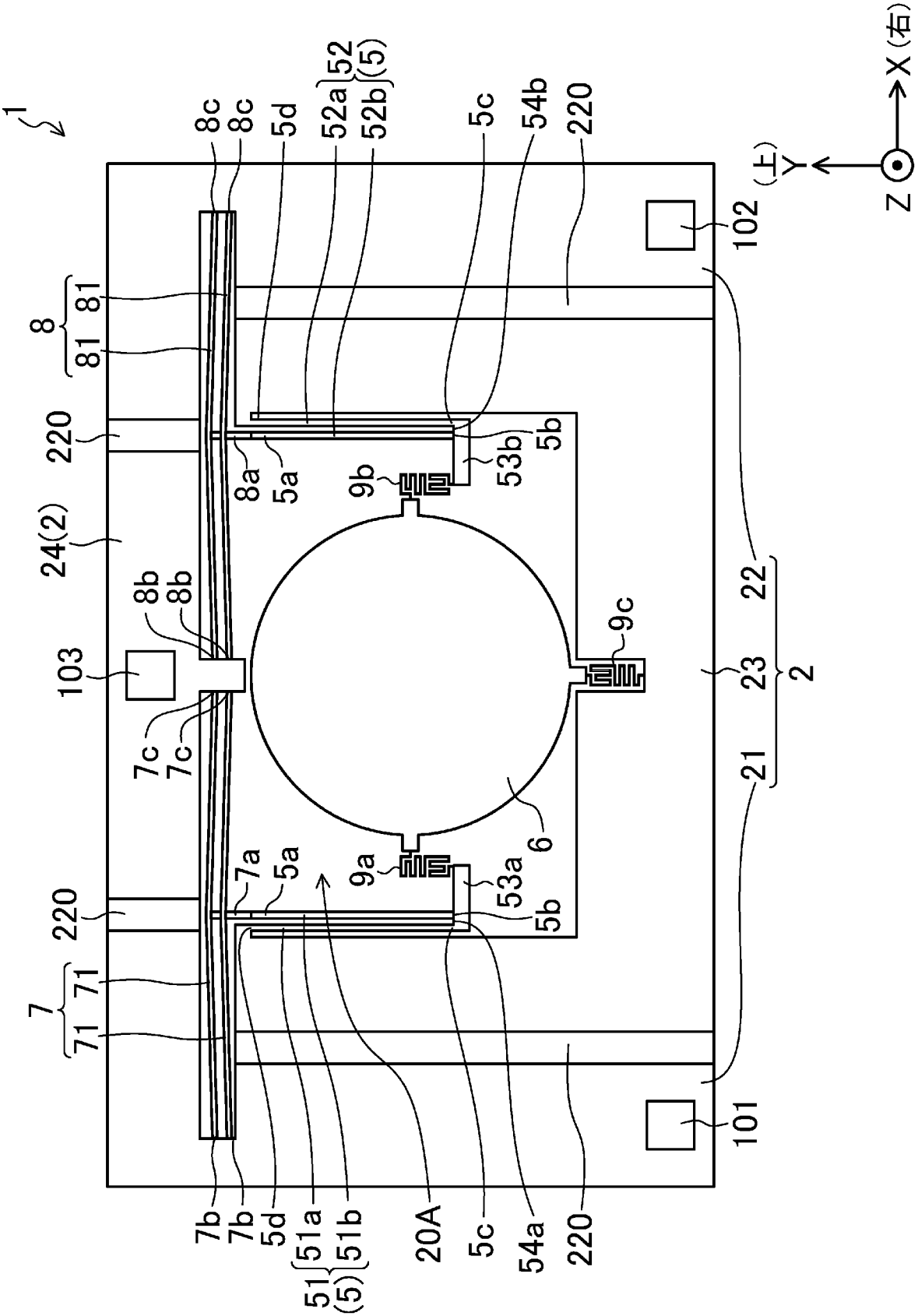
[図4]



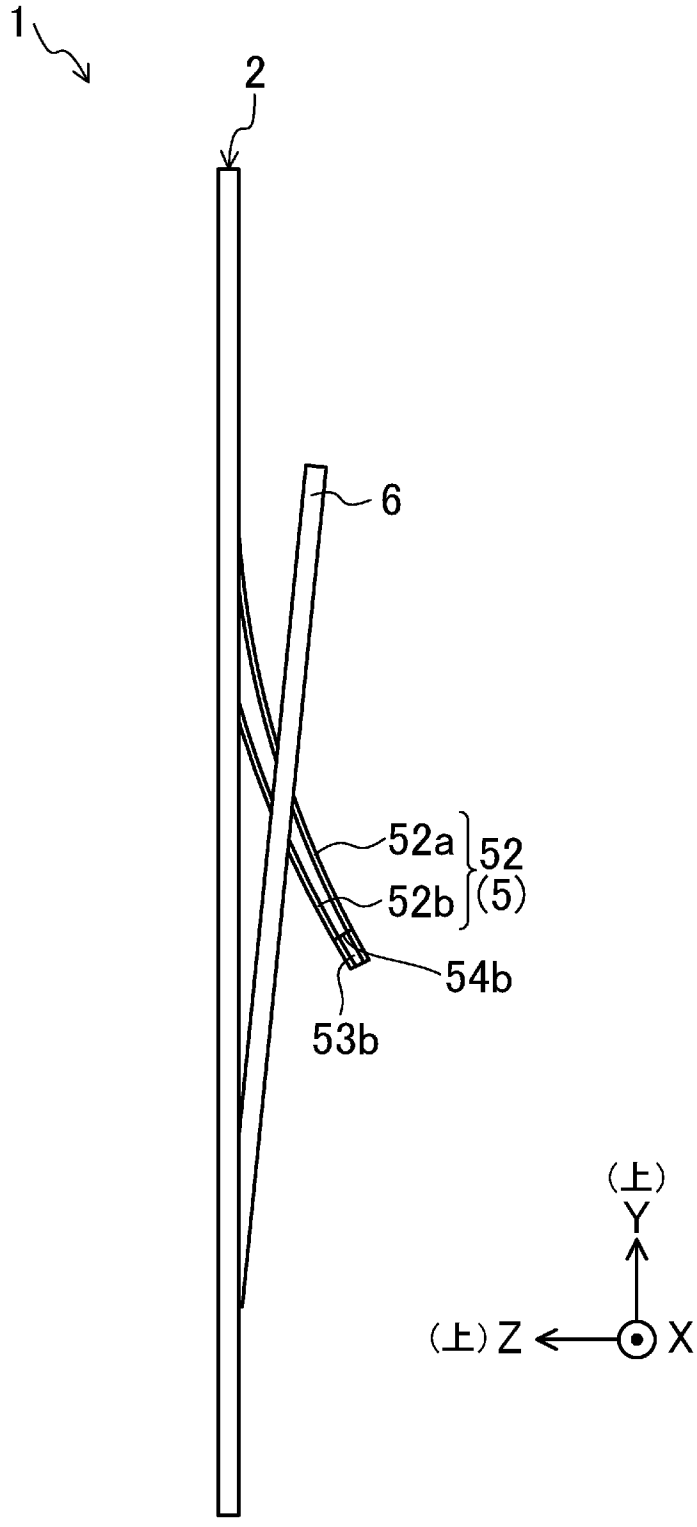
[図5]


SOIウエハー
(上)
Z方向
(下)
200
210
220
230
デバイス層エッチング
21
22
4
51a
51b
61
6
52b
52a
ハンドル層&Box層エッチング+下側ビーム加工
250
240
完成
1
X方向
(左)
(右)

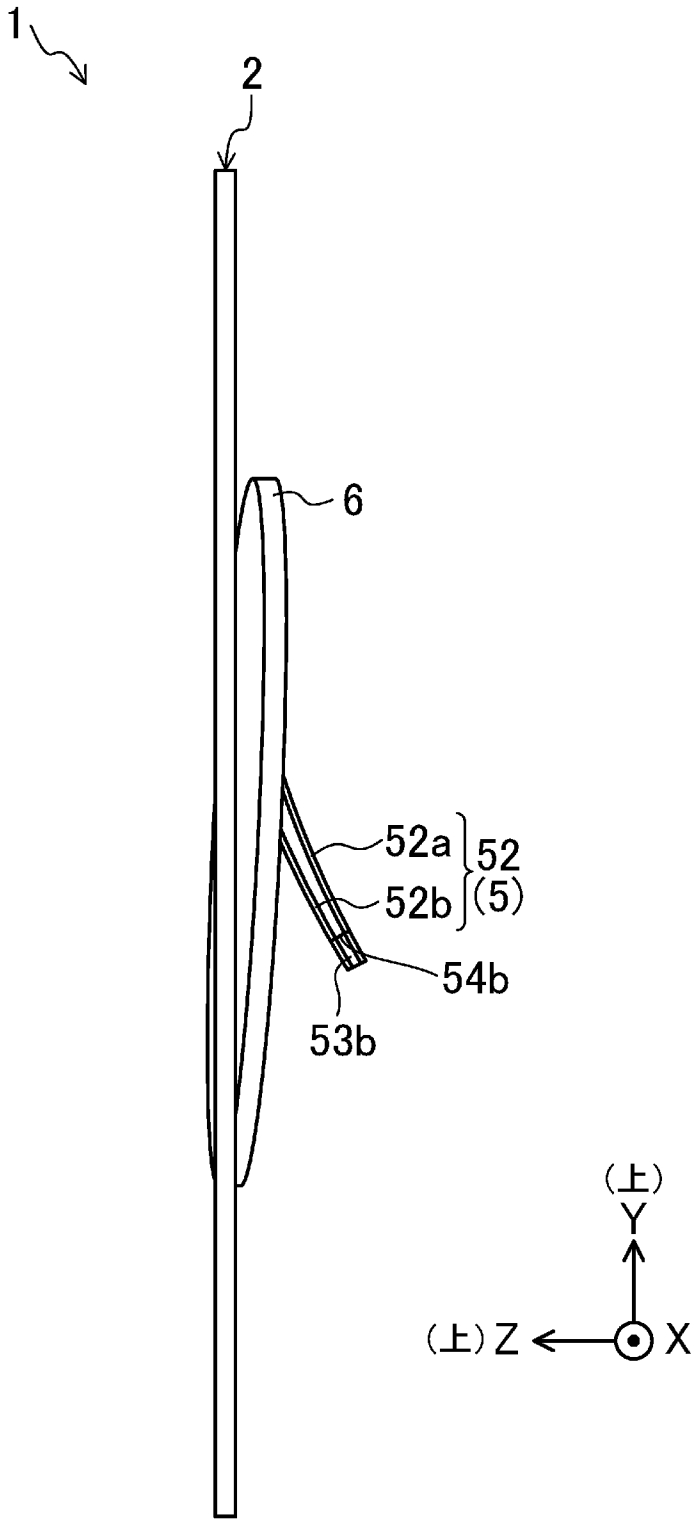
[図6]


1
8c
8c
5d
52a
52b
52
(5)
5c
54b
220
X (右)
Y (上)
Z
102
8
81
81
220
8a
5a
9b
53b
5b
24(2)
8b
8b
9c
22
103
23
2
7c
7c
21
6
7a
5a
9a
53a
5b
220
7
71
71
101
7b
7b
5d
51a
51b
51
(5)
20A
5c
54a
220

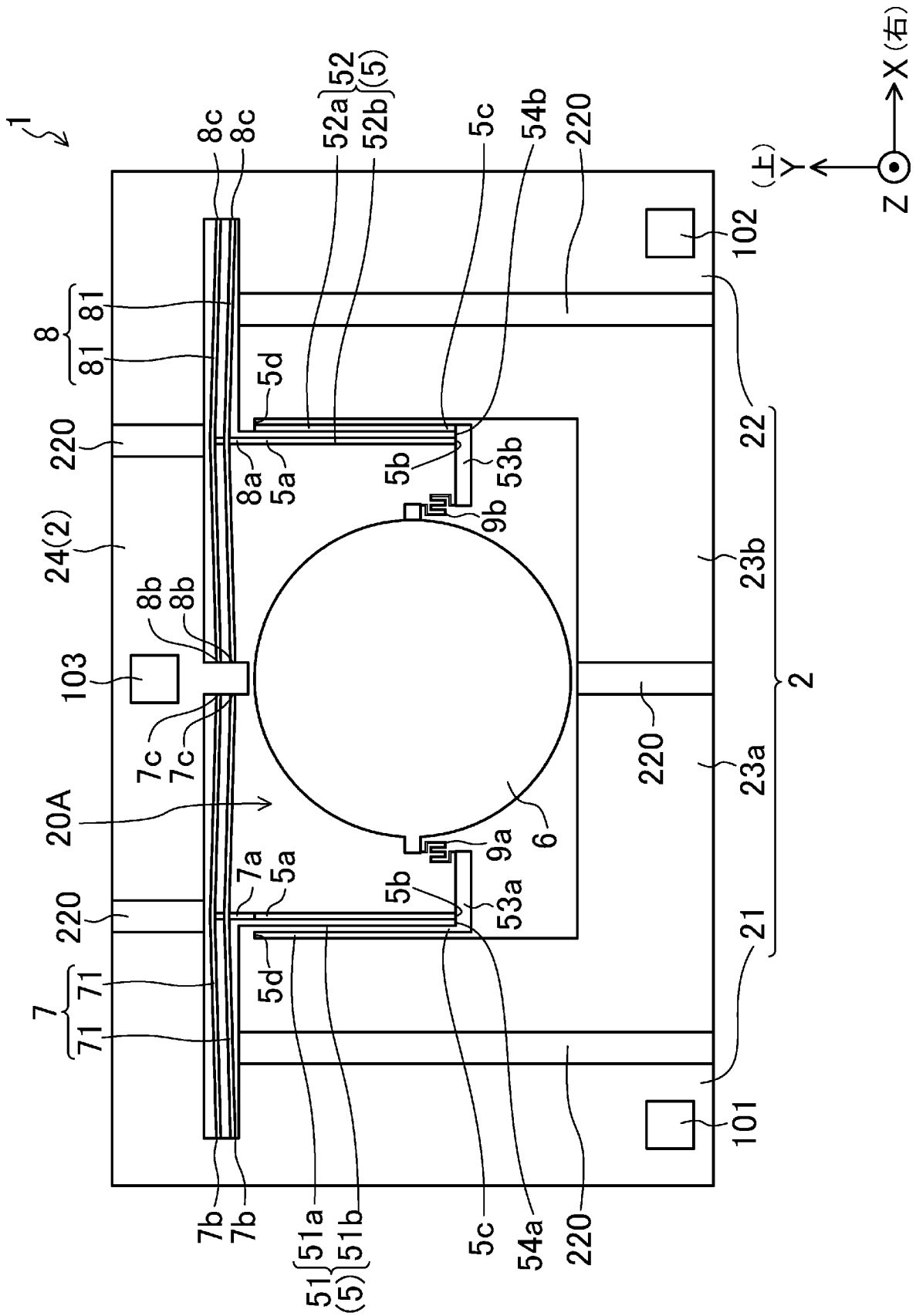
[図7]



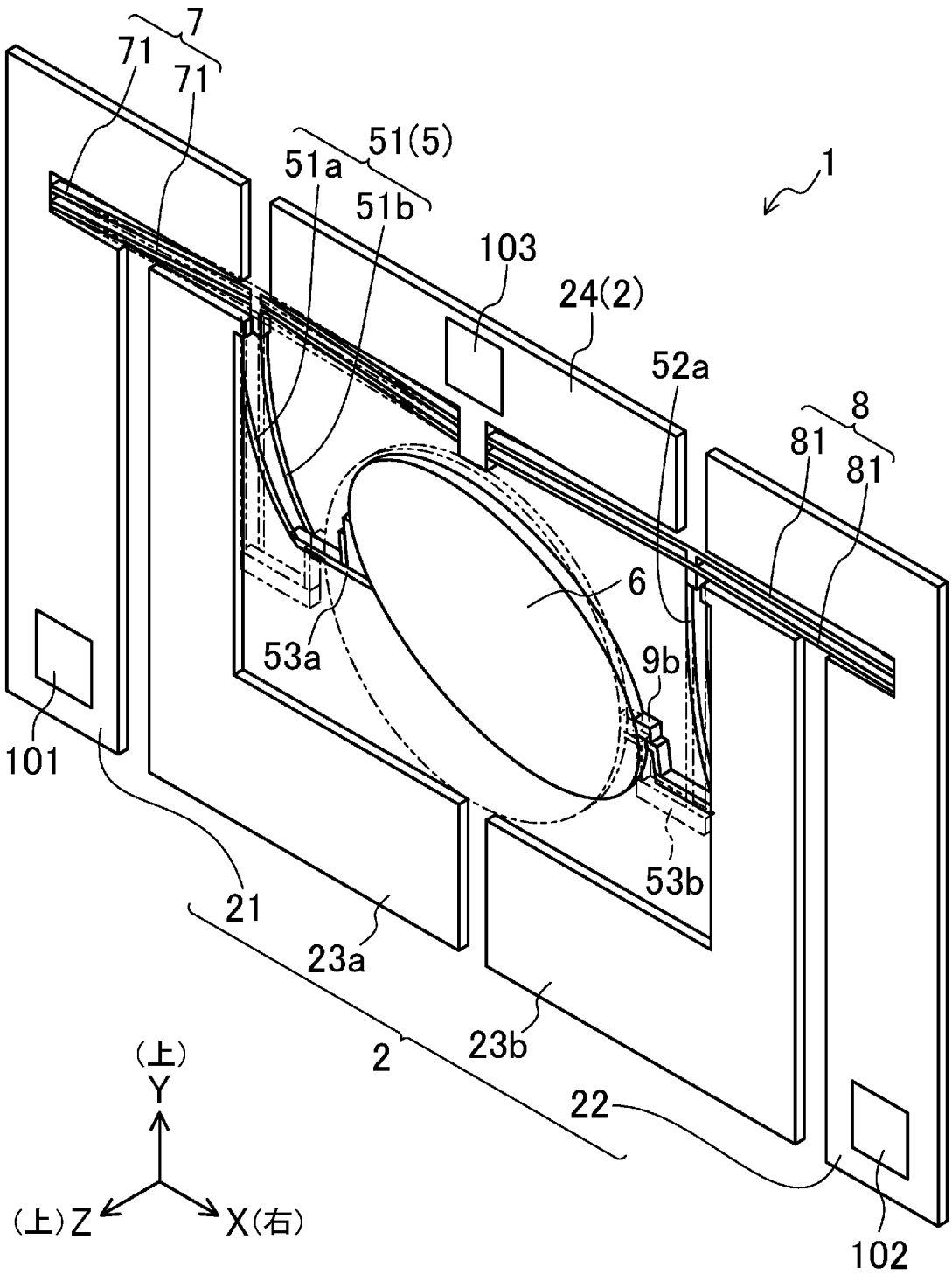
[図8]



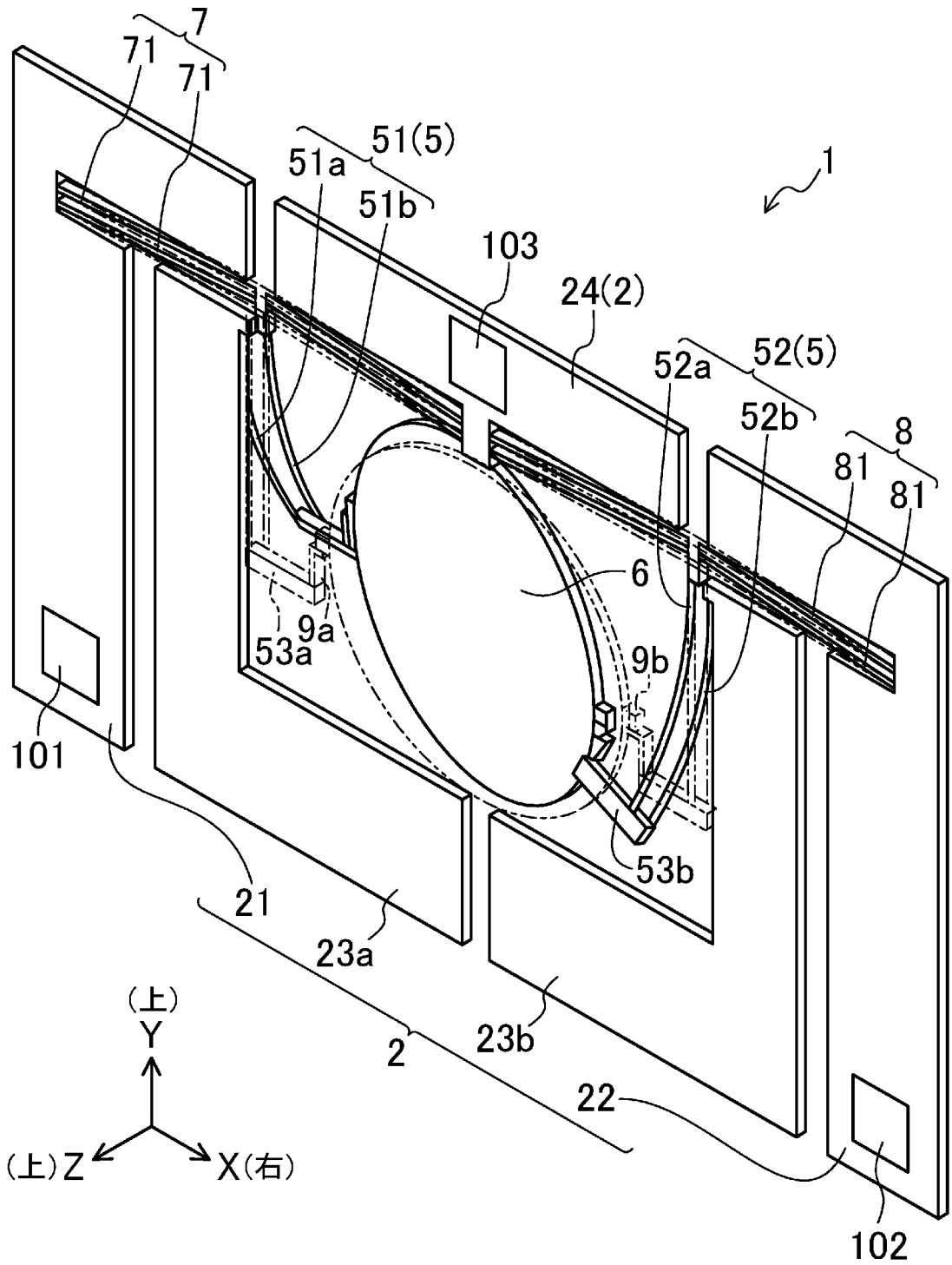
[図9]


1
8c
8c
52a
52b
52
(5)
5c
54b
220
(上)
Y
X(右)
Z
102
8
81
81
5d
220
22
8a
5a
5b
53b
9b
24(2)
23b
8b
8b
103
2
7c
7c
220
23a
20A
6
9a
7a
5a
5b
53a
220
21
7
71
71
5d
101
7b
7b
51a
51b
51
(5)
5c
54a
220

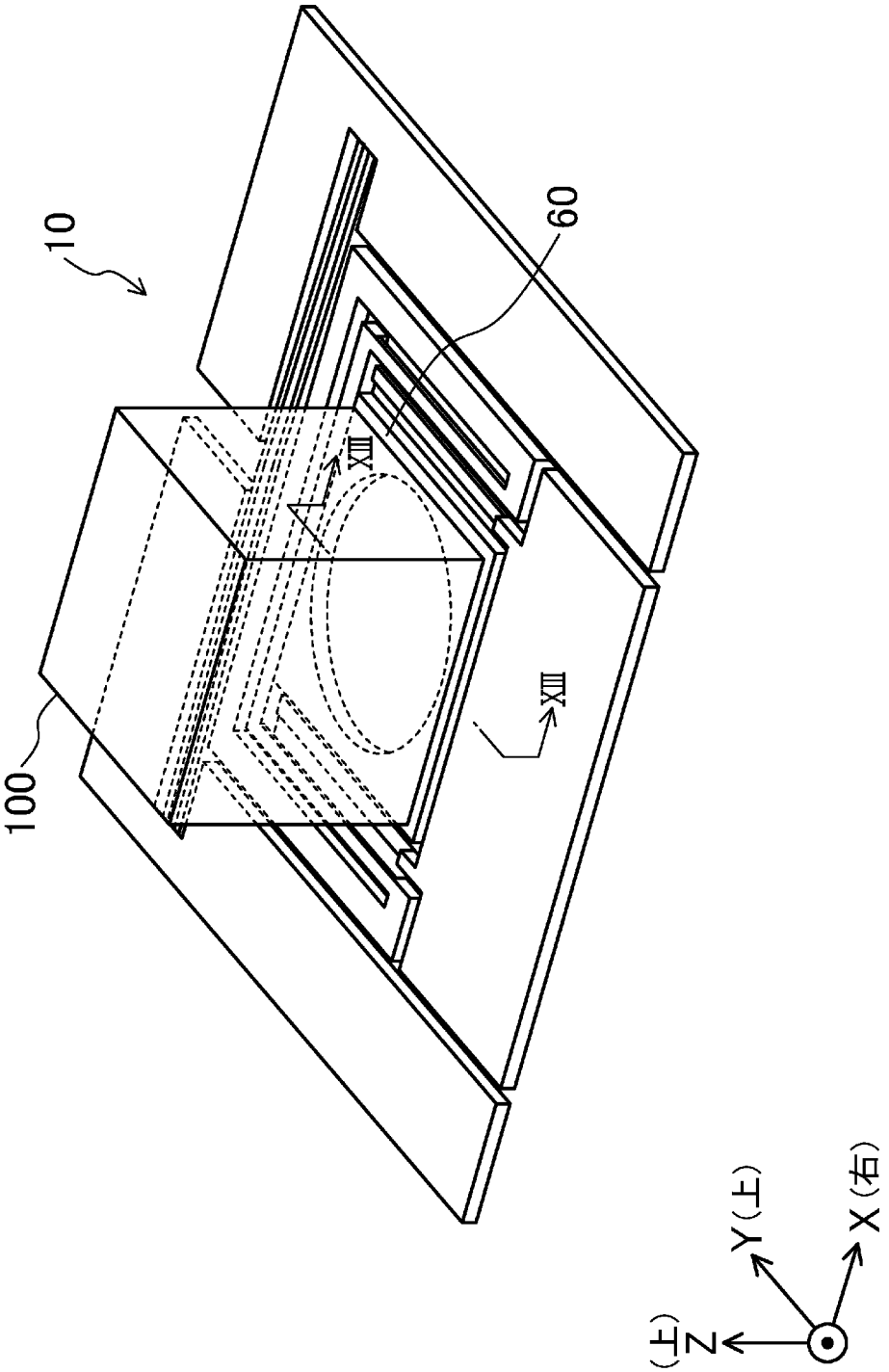
[図10]


7
71
71
51(5)
51a
51b
1
103
24(2)
52a
8
81
81
6
53a
9b
101
21
53b
23a
23b
2
22
102
(上)
Y
(上)Z
X(右)

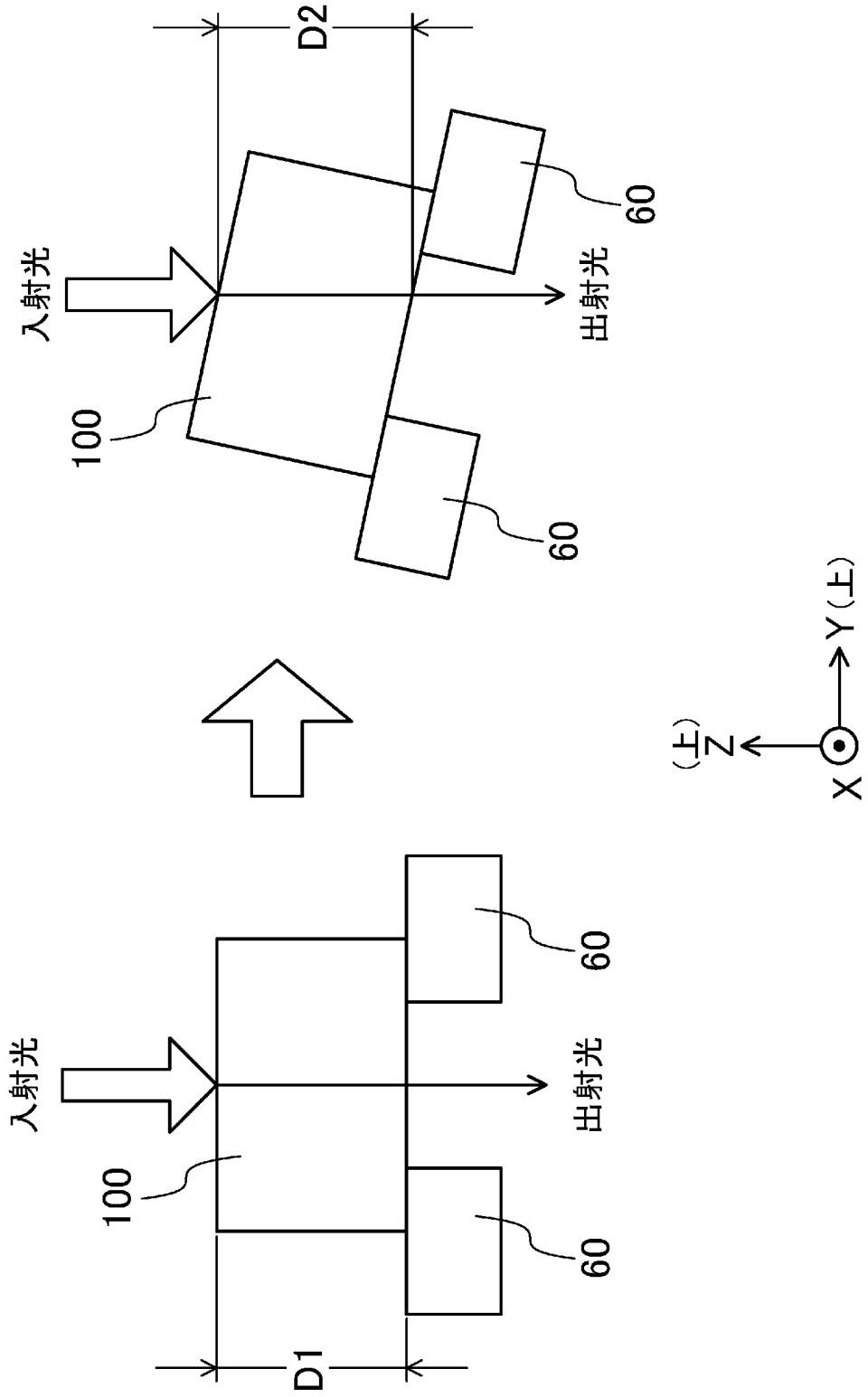
[図11]


7
71
71
51(5)
51a
51b
1
103
24(2)
52a
52(5)
52b
8
81
81
6
9a
53a
9b
101
21
53b
23a
23b
2
22
102
(上)
Y
(上)Z
X(右)

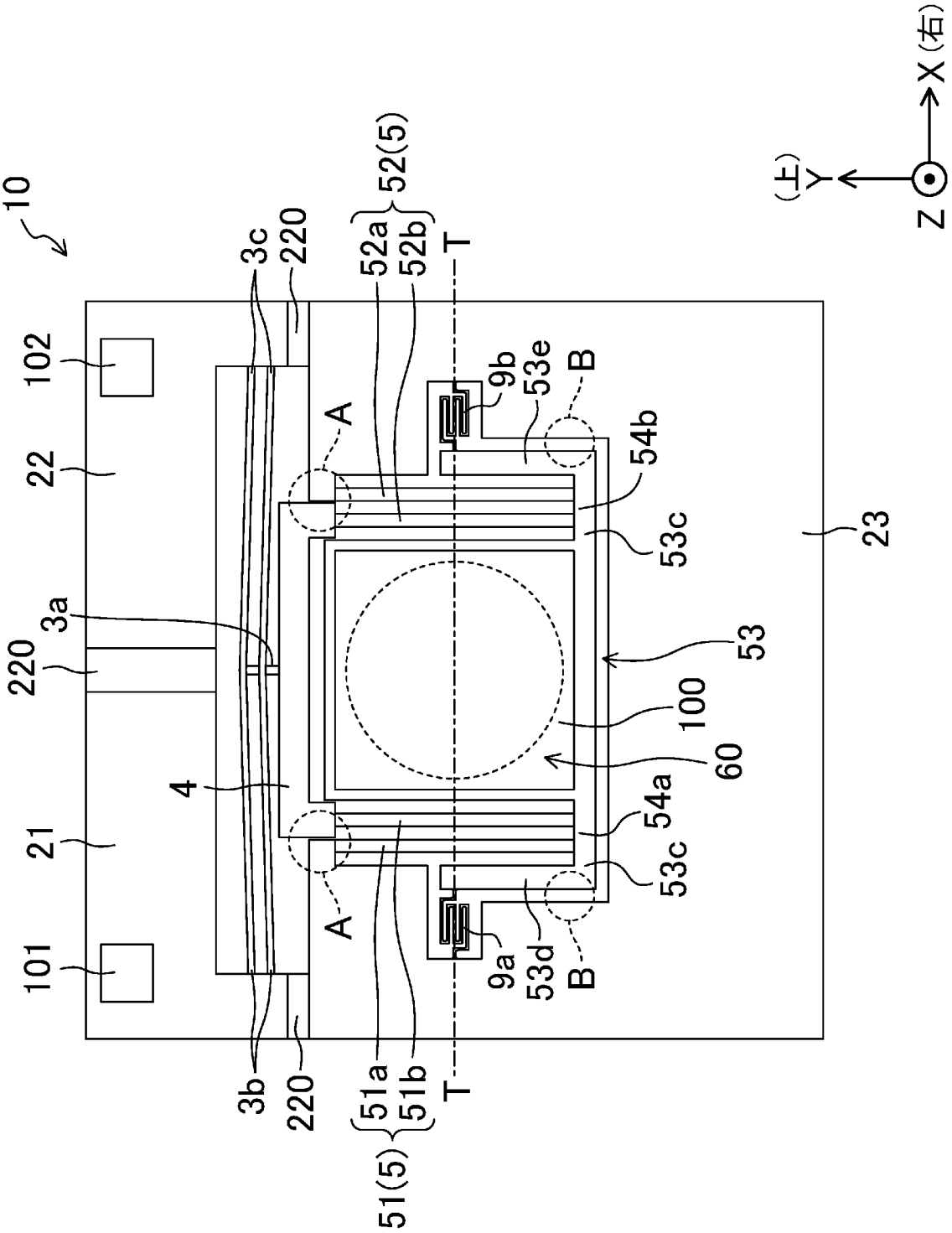
[図12]



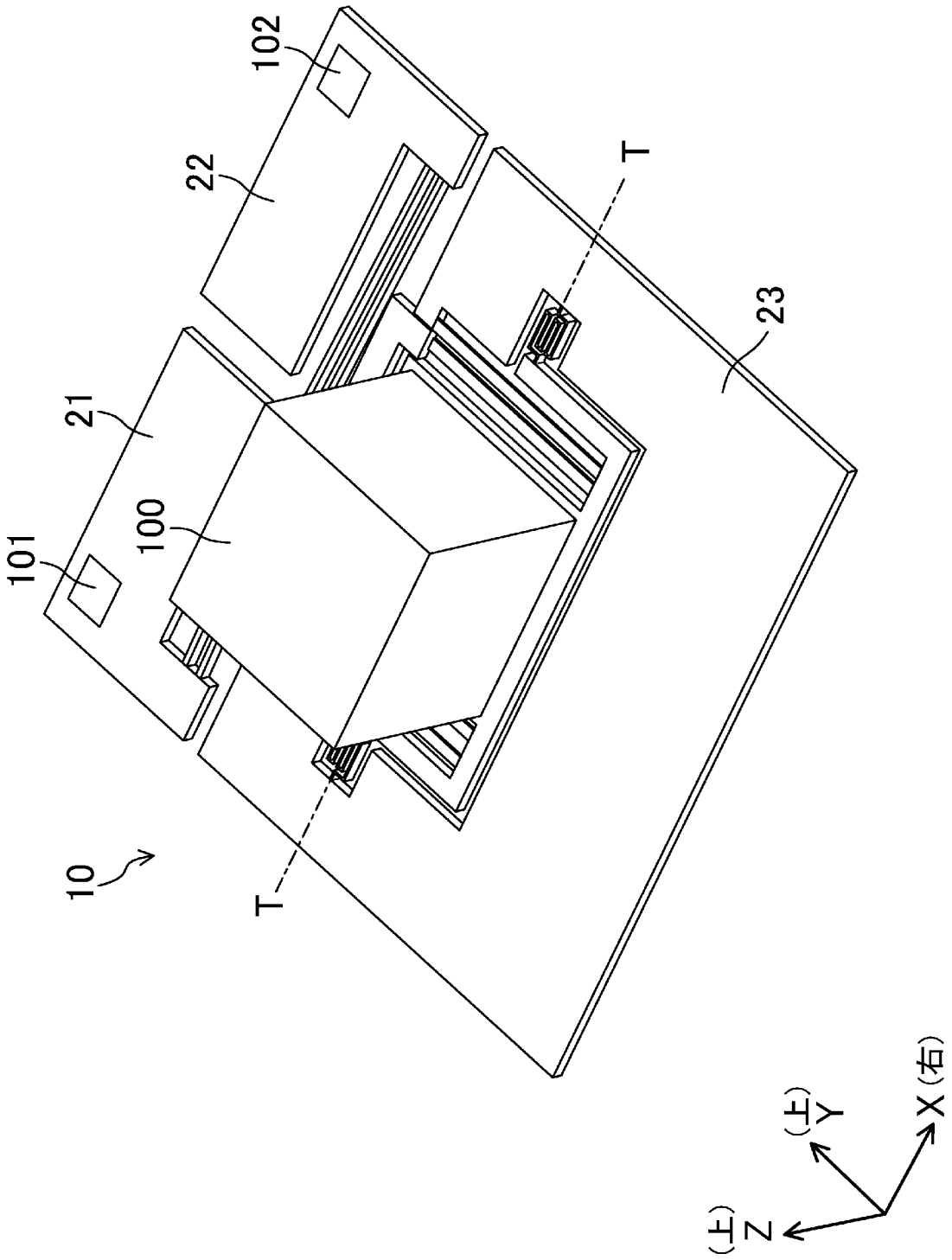
[図13]



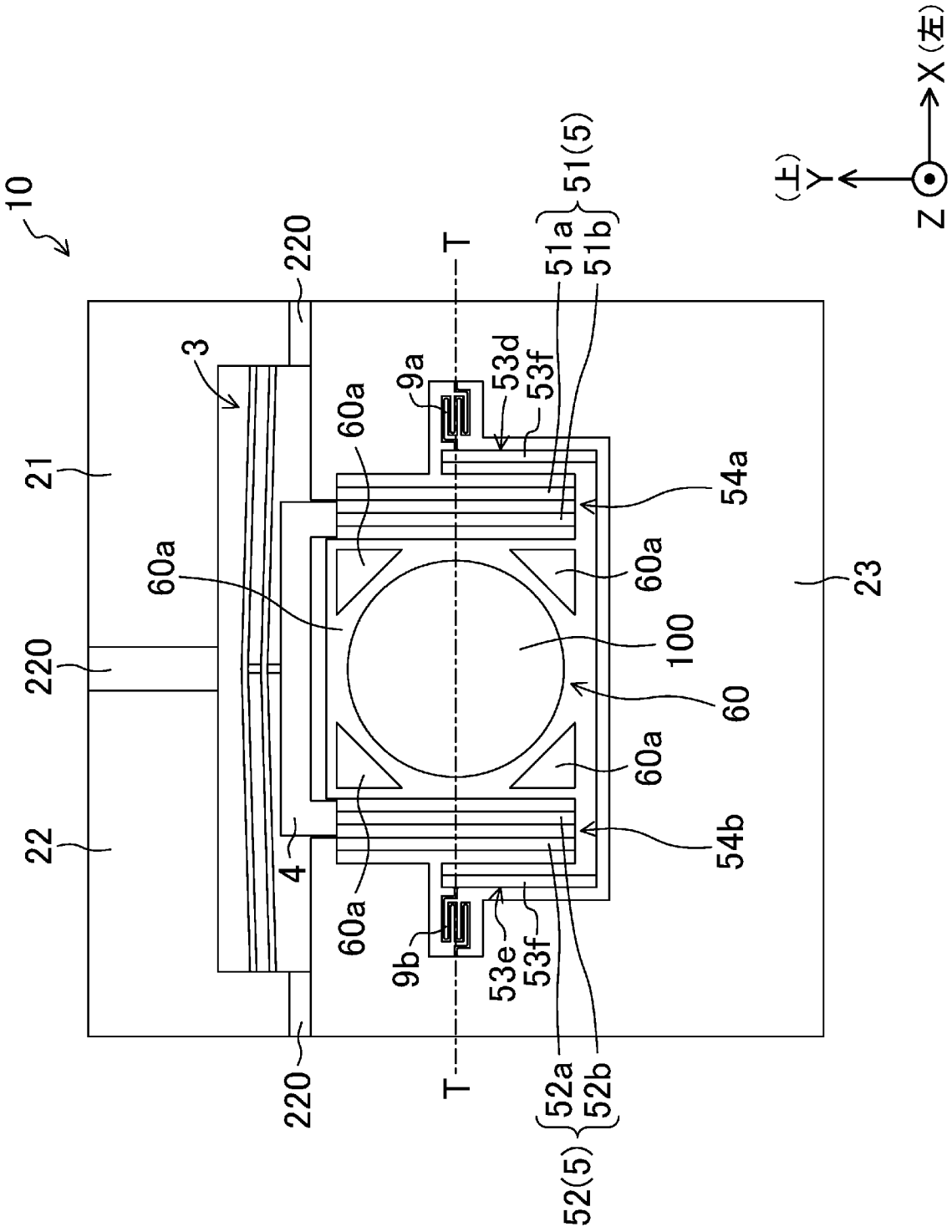
[図14]


10
3c
220
52(5)
52a
52b
T
102
9b
53e
B
A
54b
22
53c
23
3a
53
220
100
60
4
54a
21
53c
A
B
9a
53d
101
3b
220
51a
51b
51(5)
T
(上)
Y
X(右)
Z

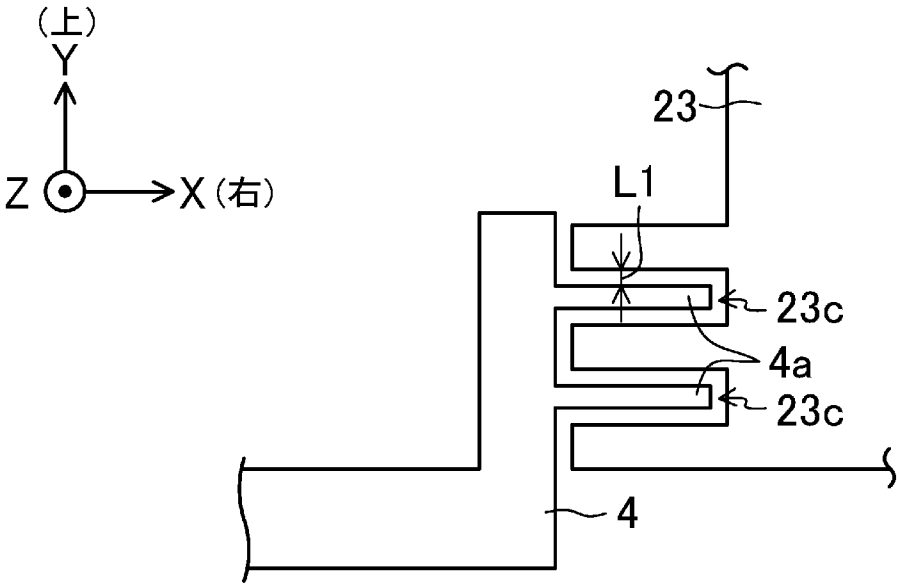
[図15]



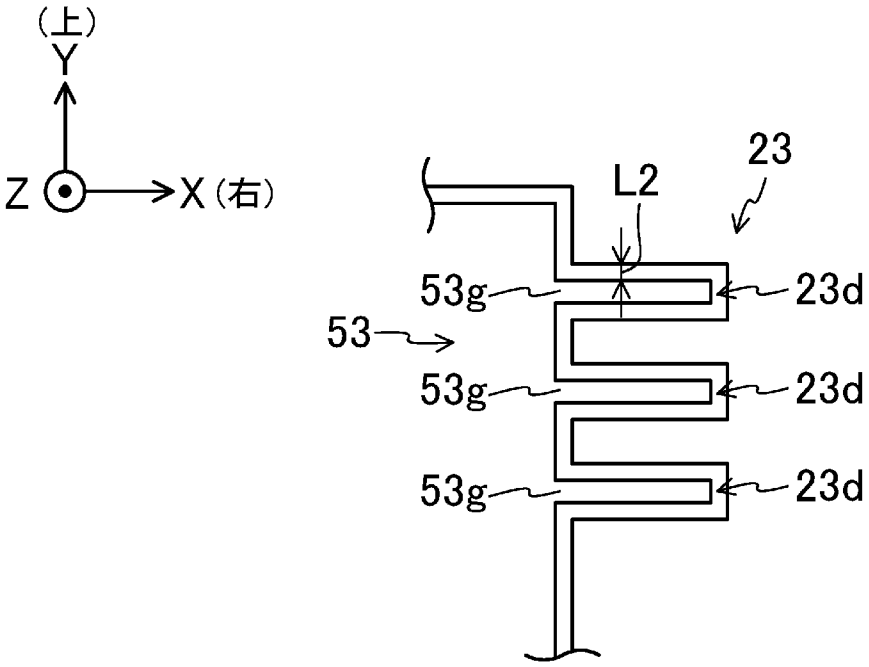
[図16]


10
220
T
51(5)
51a
51b
X(左)
(上)Y
Z
3
9a
53d
53f
60a
21
54a
60a
60a
23
220
100
60
60a
22
54b
4
60a
9b
53e
53f
220
T
52a
52b
52(5)

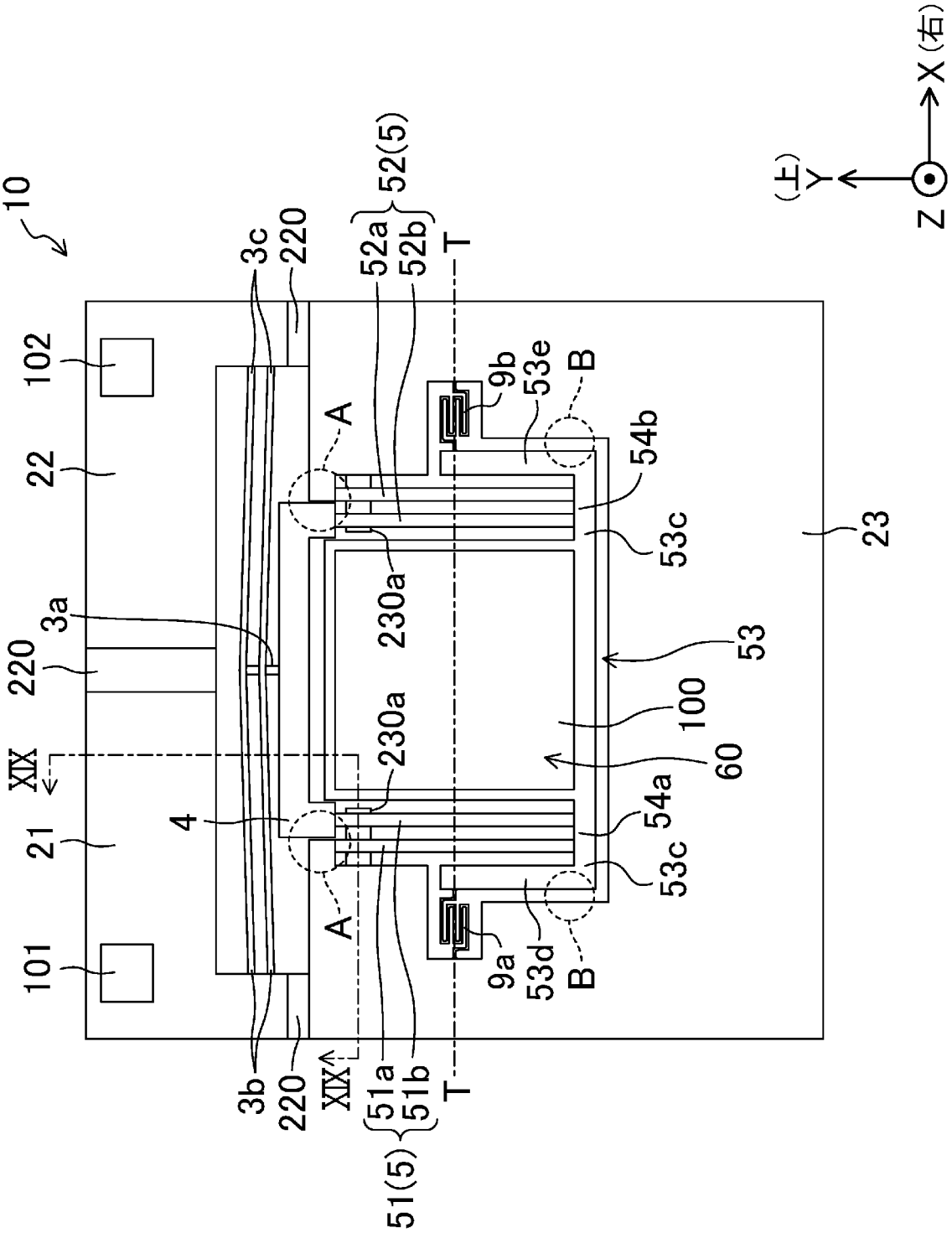
[図17A]



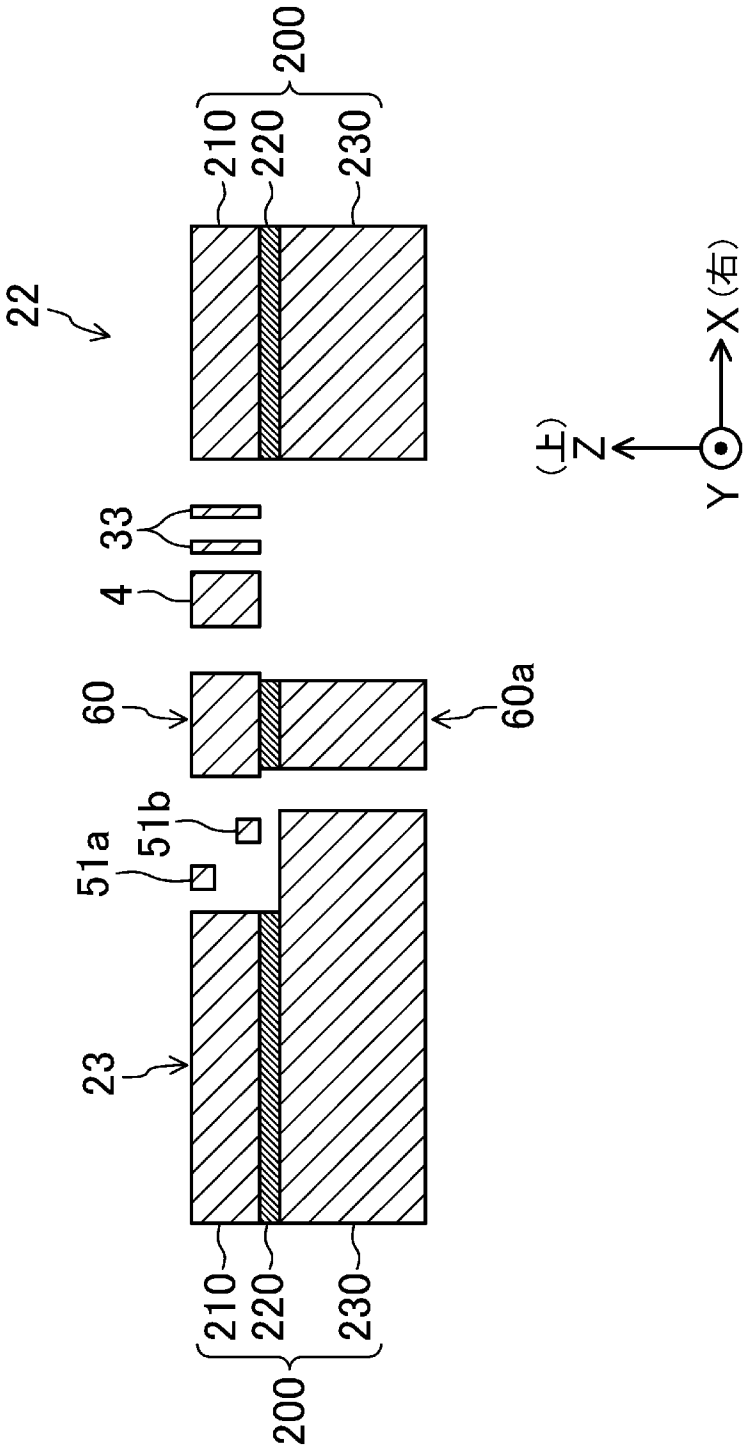
[図17B]



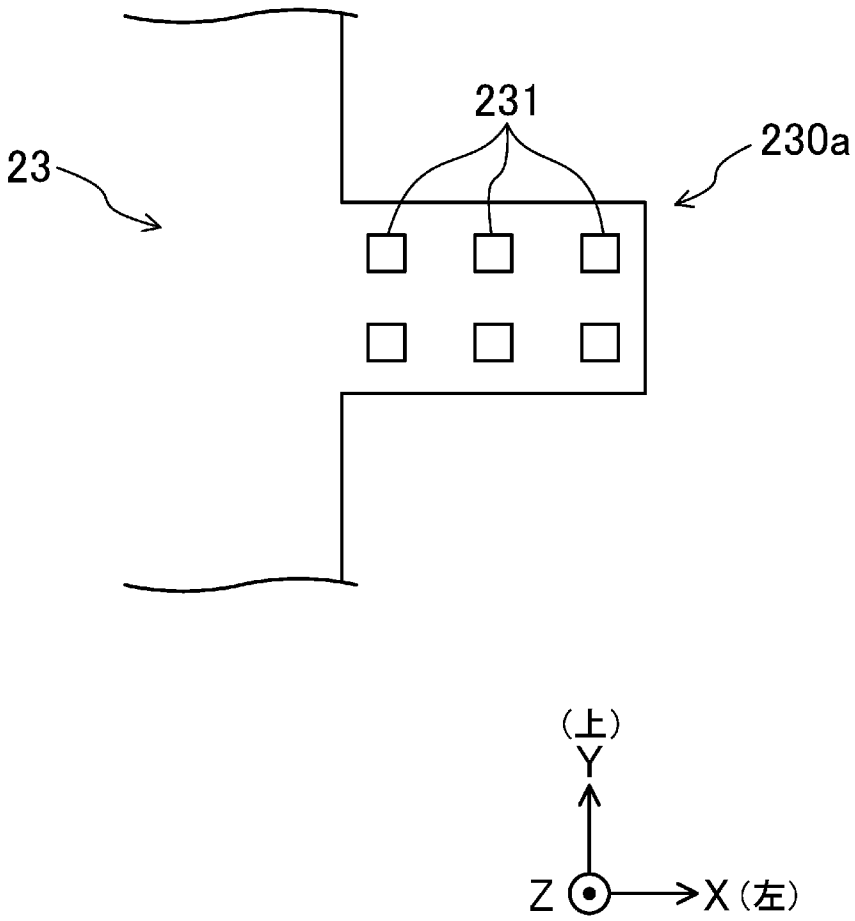
[図18]


10
102
22
21
101
220
3a
3c
3b
XIX
4
A
B
52(5)
52a
52b
T
9b
53e
54b
53c
230a
53
100
60
54a
53d
9a
51(5)
51a
51b
23
(上)
Y
X(右)
Z

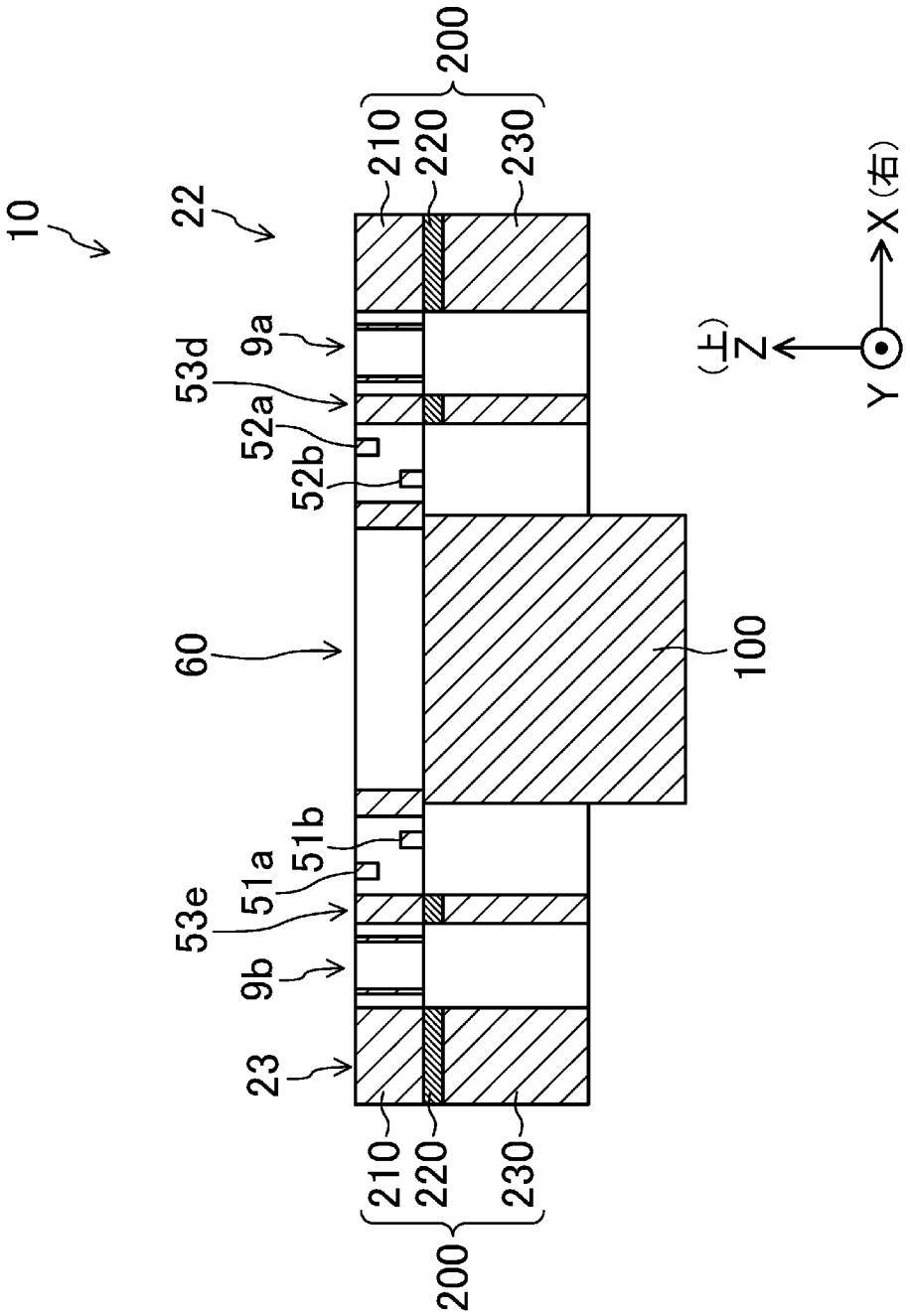
[図19]



[図20]



[図21]


10
22
200
210
220
230
9a
53d
52a
52b
60
100
51b
51a
53e
9b
23
Z (上)
X (右)
Y

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/009081

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. G02B26/08(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i, G01J1/02(2006.01)i, G01J1/04(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)
Int. Cl. G02B26/08, B81B3/00, G01J1/02, G01J1/04, H01L41/09

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018
Registered utility model specifications of Japan 1996-2018
Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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.
A	JP 2004-37717 A (SONY CORP.) 05 February 2004, entire text, all drawings & US 2004/0075881 A1 & KR 10-2004-0002706 A & CN 1470897 A	1-15
A	JP 2013-80208 A (DENSO CORP.) 02 May 2013, entire text, all drawings (Family: none)	1-15
A	WO 2016/080317 A1 (SUMITOMO PRECISION PRODUCTS CO., LTD.) 26 May 2016, entire text, all drawings & US 2017/0357075 A1	1-15

☐ 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	Date of mailing of the international search report
18.05.2018	29.05.2018
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／００９０８１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G02B26/08(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i, G01J1/02(2006.01)i, G01J1/04(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.　G02B26/08, B81B3/00, G01J1/02, G01J1/04, 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	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８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
A	JP 2004-37717 A（ソニー株式会社）2004.02.05, 全文,全図 & US 2004/0075881 A1 & KR 10-2004-0002706 A & CN 1470897 A	１－１５
A	JP 2013-80208 A（株式会社デンソー）2013.05.02, 全文,全図（ファミリーなし）	１－１５
A	WO 2016/080317 A1（住友精密工業株式会社）2016.05.26, 全文,全図 & US 2017/0357075 A1	１－１５

☐　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	国際調査報告の発送日
１８．０５．２０１８	２９．０５．２０１８

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　２Ｌ　９５１３
右田　昌士
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２９５