(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
2010 年 1 月 7 日(07.01.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/001613 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 26/08 (2006.01) *G02B 7/18* (2006.01)
B81B 3/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2009/003084

(22) 国際出願日: 2009 年 7 月 2 日(02.07.2009)

(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 2008-173821 2008 年 7 月 2 日(02.07.2008) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 富士通株式会社 (FUJITSU LIMITED) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 松本 剛 (MATSUMOTO, Tsuyoshi) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). ▲高▼馬悟覚 (KOUMA, Norinao) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 壷井修 (TSUBOI, Osamu) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 宮田宏志 (MIYATA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号 富士通オプティカルコンポーネンツ株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 大菅義之 (OSUGA, Yoshiyuki); 〒1020084 東京都千代田区二番町８番地２０ 二番町ビル３Ｆ Tokyo (JP).

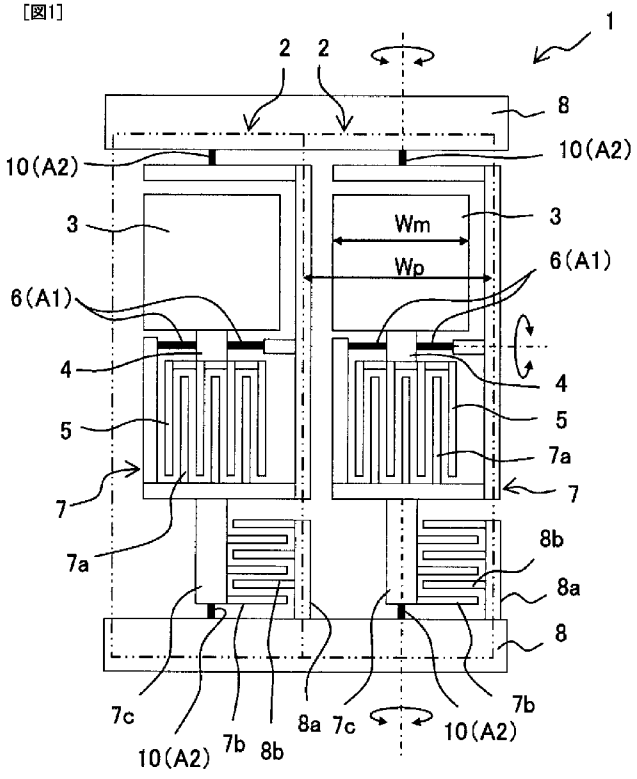
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,

[続葉有]

(54) **Title**: MICRO-MIRROR ARRAY AND OPTICAL SWITCH

(54) 発明の名称: マイクロミラーアレイ、及び、光スイッチ

[図1]



(57) **Abstract**: Disclosed is a micro-mirror array (1) comprising an arrangement of multiple micro-mirror elements (2) that are equipped with mirrors (3) that turn about two axes and with supporting parts (7) that are connected to an outer frame (8) and that support the mirrors (3), wherein a supporting part (7) is constructed to extend between the mirror (3) of the micro-mirror element (2) provided with this supporting part (7) and one of the two mirrors (3) adjacent to this mirror (3), such that both ends are connected to the outer frame (8).

(57) 要約: ２軸を中心に回動するミラー（３）と、外フレーム（８）に接続されミラー（３）を支持する支持部（７）とを備えるマイクロミラー素子（２）を複数個配列してなるマイクロミラーアレイ（１）において、支持部（７）は、この支持部（７）を備えるマイクロミラー素子（２）のミラー（３）と、このミラー（３）に隣接する２つのミラー（３）のうち一方との間を通って延び、両端が外フレーム（８）に接続される構成とする。

WO 2010/001613 A1

JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： マイクロミラーアレイ、及び、光スイッチ

技術分野

[0001] 本発明は、例えば、光スイッチ、光アッテネータ等に用いられるマイクロミラーアレイ及びこのマイクロミラーアレイを備える光スイッチに関する。

背景技術

[0002] 従来、光伝送路中で光路を切り替える光スイッチにおいて、光ファイバから出射される光を、回動（揺動）するミラーにより任意の光ファイバの光路に反射させるマイクロミラー素子（ＭＥＭＳミラー素子）が用いられている（例えば、特許文献１参照）。

[0003] 図２４は、従来のマイクロミラーアレイを示す概略平面図である。

同図において、マイクロミラーアレイ８１は、複数のマイクロミラー素子８２を１方向に配列してなる。マイクロミラー素子８２のミラー８３は、ミラーアーム８４を介してミラー側可動電極（櫛歯電極）８５に接続されている。ミラー８３は、ミラーアーム８４において一対のトーションバー８６，８６を介して内フレーム８７に支持されており、トーションバー８６，８６を回動軸として回動（揺動）可能となっている。

[0004] 内フレーム８７は、ミラー８３及びミラー側可動電極８５を覆うように配置され、ミラー側可動電極８５に対向配置されたミラー側固定電極（櫛歯電極）８７ａを有している。そして、ミラー側可動電極８５とミラー側固定電極８７ａとが協働して発生させる静電気力により、ミラーアーム８４に接続されたミラー８３は、ミラーアーム８４及びミラー側可動電極８５と共に、トーションバー８６，８６を回動軸として回動（揺動）可能となっている。

[0005] 内フレーム８７のミラー８３と反対側の端部には、内フレームアーム８７ｂが設けられており、その側面には内フレーム側可動電極（櫛歯電極）８７ｃが設けられている。外フレーム８８に一端が固定された外フレームアーム８８ａには、外フレーム側固定電極（櫛歯電極）８８ｂが設けられている。

内フレーム側可動電極８７ｃと外フレーム側固定電極８８ｂとは、対向配置されている。内フレーム８７は、一端側の内フレームアーム８７ｂと他端側とにおいて、トーションバー８９，８９を介して外フレーム８８に回動可能に支持されている。

[0006] そして、内フレーム側可動電極８７ｃと外フレーム側固定電極８８ｂとが協働して発生させる静電気力により、内フレーム８７は、トーションバー８９，８９を回動軸として回動（揺動）可能となっている。

[0007] 上述のマイクロミラー素子８２は、内フレーム８７がミラー８３を覆うように配置されるため、隣接する２つのミラー８３との間の両方に内フレーム８７が位置することとなり、ミラー配列方向におけるミラー占有率（ミラーピッチＷｐに対するミラー幅Ｗｍ）を大きくすることができない。

[0008] 例えば、光波長選択スイッチでは入力ポートからの光多重信号を波長毎の単一信号に分光し、それらをマイクロミラーアレイで反射し、所望の出力ポートへ振り分けることになるが、ここで用いられるマイクロミラーアレイには光信号に対する広い反射（透過）帯域が要求される（狭い反射帯域では光信号の伝送品質の劣化を招く）。ミラーアレイは光多重信号の信号（波長）間隔に応じて配列されるが、光信号に対するミラーの反射（透過）帯域はミラー占有率により決定されるため、大きなミラー占有率が望まれる。

[0009] 特許文献２記載のマイクロミラーアレイは、ミラーが突出するように配置されたマイクロミラー素子を、互いに対向するようにミラー配列方向に交互に配置してなり、ミラー配列方向においてミラーを近接させている。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：特開２００５－３０５５８２号公報

特許文献2：米国特許第６９８４９１７号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] しかしながら、上記特許文献２記載のマイクロミラーアレイは、ミラー配列方向におけるミラー占有率を高めるために、互いに対向するマイクロミラー素子を交互に配置する必要があり、マイクロミラー素子の配列に制限を伴うためマイクロミラーアレイのサイズが大きくなるという問題がある。

[0012] なお、上記特許文献２記載のマイクロミラー素子の向きを全て揃えると、ミラーを支持する部分の幅がミラーの幅よりも大きいため、ミラー占有率を高めることができない。

また内フレームの支持位置がミラー素子の方端（ミラーとは反対の端）に偏っているため、ミラー素子の振動、衝撃に対する耐性の弱さが懸念される。

[0013] 本発明の課題は、上記従来の実情に鑑み、２軸を中心に回動するミラーのミラー占有率を高めることができるマイクロミラーアレイ及び光スイッチを提供することである。

課題を解決するための手段

[0014] 上記課題を解決するために、本発明のマイクロミラーアレイは、２軸を中心に回動するミラーと、外フレームに接続され上記ミラーを支持する支持部とを備えるマイクロミラー素子を複数個配列してなるマイクロミラーアレイにおいて、上記支持部は、この支持部を備えるマイクロミラー素子のミラーと、このミラーに隣接する２つのミラーのうち一方との間を通って延び、両端が上記外フレームに接続される構成を有する。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、ミラー配列方向においてミラーを互いに近接させることができ、ミラー占有率を高めることができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本発明の第１実施形態に係るマイクロミラーアレイを示す概略平面図である。

[図2]本発明の第２実施形態に係るマイクロミラーアレイを示す概略平面図である。

[図3]本発明の第３実施形態に係るマイクロミラーアレイを示す概略平面図で

ある。

[図4]本発明の第３実施形態の変形例に係るマイクロミラーアレイを示す概略平面図である。

[図5]本発明の第４実施形態に係るマイクロミラーアレイを示す概略平面図である。

[図6]本発明の第５実施形態に係るマイクロミラーアレイを示す概略平面図である。

[図7]本発明の第５実施形態の変形例に係るマイクロミラーアレイを示す概略平面図である。

[図8]本発明の第６実施形態に係るマイクロミラーアレイを示す概略平面図である。

[図9]本発明の第６実施形態の変形例に係るマイクロミラーアレイを示す概略平面図である。

[図10]本発明の第７実施形態の比較例に係るマイクロミラーアレイを示す概略平面図である。

[図11]図１０のｂ－ｂ´概略断面図である。

[図12]図１０のａ－ａ´概略断面図である。

[図13]本発明の第７実施形態に係るマイクロミラーアレイを示す概略平面図である。

[図14A]図１３のｃ－ｃ´概略断面図である。

[図14B]本発明の第７実施形態の第１変形例に係る概略断面図である。

[図14C]本発明の第７実施形態の第２変形例に係る概略断面図である。

[図14D]本発明の第７実施形態の第３変形例に係る概略断面図である。

[図15A]本発明の第８実施形態に係るマイクロミラー素子を示す概略平面図である。

[図15B]本発明の第８実施形態の第１変形例に係るマイクロミラー素子を示す概略平面図である。

[図15C]本発明の第８実施形態の第２変形例に係るマイクロミラー素子を示す

概略平面図である。

[図16]図１５Ｂの部分拡大図である。

[図17]図１５Ｂの部分拡大斜視図である。

[図18]波長選択スイッチが適用されるメッシュ型ネットワークの構成を示すブロック図である。

[図19]波長選択スイッチが適用されるリング型ネットワークの構成を示すブロック図である。

[図20]波長選択スイッチの構成を示すブロック図である。

[図21]空間結合型の波長選択スイッチの要部の構成を示す概略斜視図である。

[図22A]図２１の波長選択スイッチの動作（ポート切り替え動作）を説明するための説明図（その１）である。

[図22B]図２１の波長選択スイッチの動作（ポート切り替え動作）を説明するための説明図（その１）である。

[図23]分光器の例である一般的な回折格子を示す部分拡大図である。

[図24]従来のマイクロミラーアレイを示す概略平面図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明の実施の形態に係るマイクロミラーアレイ（ＭＥＭＳミラーアレイ）について、図面を参照しながら説明する。

＜第１実施形態＞

図１は、本発明の第１実施形態に係るマイクロミラーアレイを示す概略平面図である。なお、同図においては、マイクロミラー素子２を２つのみ図示しているが、マイクロミラーアレイ１には、３つ以上のマイクロミラー素子２を配列することも可能である。

[0018] 同図に示すマイクロミラーアレイ１は、マイクロミラー素子２を１方向（同図における左右方向）に配列してなる。詳しくは後述するが、各マイクロミラー素子２は、２軸を中心に回動するミラー３と、外フレーム８に接続されミラー３を支持する支持部としての内フレーム７とを備えている。

[0019] ミラー３は、ミラーアーム４を介してミラー側可動電極（櫛歯電極）５に接続されている。内フレーム７は、ミラー側可動電極５を囲むように形成され、一対のトーションバー６，６（第１の軸Ａ１）によりミラーアーム４を支持している。

[0020] 内フレーム７には、ミラー側可動電極５に対向するミラー側固定電極（櫛歯電極）７ａが設けられている。これらミラー側可動電極５とミラー側固定電極７ａとが協働して発生させる静電気力により、ミラーアーム４に接続されたミラー３は、ミラーアーム４及びミラー側可動電極５と共に、トーションバー６，６を回動軸（第１の軸Ａ１）として回動（揺動）可能となっている。

[0021] 内フレーム７は、この内フレーム７を備えるマイクロミラー素子２のミラー３と、このミラー３に隣接する２つのミラー３のうち一方との間を通って延び、ミラー３側の外フレーム８の手前で外フレーム８の支持面に平行に屈曲している。そして、内フレーム７は、外フレーム８の支持面に平行に延びる部分がトーションバー１０（第２の軸Ａ２）を介して外フレーム８に回動可能に支持されている。

[0022] 内フレーム７のミラー３と反対側の端部には、内フレームアーム７ｃが設けられており、その側面には内フレーム側可動電極（櫛歯電極）７ｂが設けられている。外フレーム８に一端が固定された外フレームアーム８ａには、外フレーム側固定電極（櫛歯電極）８ｂが設けられている。内フレーム側可動電極７ｂと外フレーム側固定電極８ｂとは、対向配置されている。内フレーム７は、内フレームアーム７ｃの端部においてもミラー３側の端部と同様に、トーションバー１０（第２の軸Ａ２）を介して外フレーム８に回動可能に支持されている。

[0023] そして、内フレーム側可動電極７ｂと外フレーム側固定電極８ｂとが協働して発生させる静電気力により、内フレーム７は、トーションバー１０，１０（第２の軸Ａ２）を回動軸として回動（揺動）可能となっている。

[0024] 以上のように、ミラー３は、トーションバー６，６を回動軸（第１の軸Ａ

１）とする回動動作と、トーションバー６，６に直交するトーションバー１０，１０（第２の軸Ａ１）を回動軸とする回動動作との２軸を中心にした回動動作が可能となっている。

[0025] 以上説明した本実施形態では、ミラー３を支持する支持部としての内フレーム７は、この内フレーム７を備えるマイクロミラー素子２のミラー３と、このミラー３に隣接する２つのミラー３のうち一方との間を通って延び、両端が外フレーム８に接続される。そのため、マイクロミラー素子２を互いに近接させて配列することで、ミラー配列方向においてミラー３を互いに近接させることができる。よって、本実施形態によれば、マイクロミラー素子２の配列に制限を伴うことなく、２軸を中心に回動するミラー３のミラー占有率（ミラーピッチＷｐに対するミラー幅Ｗｍ）を高めることができる。

[0026] また、本実施形態では、内フレーム７は、トーションバー６，６（第１の軸Ａ１）を介してミラー３を回動可能に支持する。そのため、ミラー３を支持する構成を簡素にすることができ、したがって、マイクロミラー素子２の集積を容易にすることができる。

[0027] なお、本実施形態では、ミラー３等を回動させるための駆動部を櫛歯電極として説明したが、回動のための駆動方法は、櫛歯電極に限定されない。

＜第２実施形態＞

本実施形態では、内フレーム１７の回動軸部１７ｃ（第２の軸Ａ２）が外フレーム８間において一直線状に延びる点及びそれに伴う構成を除いて、上記第１実施形態と同様であるため、同一の部材には図２に同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

[0028] 図２は、本発明の第２実施形態に係るマイクロミラーアレイを示す概略平面図である。

同図に示すマイクロミラーアレイ１１のマイクロミラー素子１２では、ミラー３を支持する内フレーム１７の回動軸部１７ｃ（第２の軸Ａ２）は、両端がトーションバー１０，１０を介して外フレーム８に接続されており、外フレーム８の間を一直線状に延びている。

[0029] そのため、上記第１実施形態のように内フレーム１７のうちミラー３側の端部において外フレーム８と平行に延びる部分を設ける必要がなく、内フレーム１７の構成、ひいてはマイクロミラー素子１２及びマイクロミラーアレイ１１の構成が簡素になる。

[0030] なお、回動軸部１７ｃの他端側の外周面には、内フレーム側可動電極（櫛歯）１７ｂが設けられている。

以上説明した本実施形態においても、ミラー３を支持する支持部としての内フレーム１７は、この内フレーム１７を備えるマイクロミラー素子１２のミラー３と、このミラー３に隣接する２つのミラー３のうち一方との間を通って延び、両端が外フレーム８に接続される。そのため、マイクロミラー素子１２を互いに近接させて配列することで、ミラー配列方向においてミラー３を互いに近接させることができる。よって、本実施形態によっても、マイクロミラー素子１２の配列に制限を伴うことなく、２軸を中心に回動するミラー３のミラー占有率を高めることができる。

[0031] また、本実施形態では、内フレーム１７は、この内フレーム１７を備えるマイクロミラー素子１２のミラー３と、このミラー３に隣接する２つのミラー３のうち一方との間を通って一直線状に延び両端が外フレーム８に接続される回動軸部１７ｃ（第２の軸Ａ２）を有する。そのため、内フレーム１７の構成を簡素にすることができ、したがって、マイクロミラー素子１２の集積を容易にすることができる。

[0032] ＜第３実施形態＞

本実施形態では、内フレーム２７に錘部２７ｄ，２７ｅを形成した点を除いて、上記第２実施形態と同様であるため、上記第２実施形態と同一の部材には図３に同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

[0033] 図３は、本発明の第３実施形態に係るマイクロミラーアレイを示す概略平面図である。

同図に示すマイクロミラーアレイ２１のマイクロミラー素子２２では、ミラー３を支持する内フレーム２７の回動軸部２７ｃ（第２の軸Ａ２）には、

隣接するマイクロミラー素子２２のミラー３と、ミラー３側の外フレーム８との間、及び、ミラー側固定電極２７ａと内フレーム側可動電極２７ｂとの間に錘部２７ｄ，２７ｅが設けられている。

[0034] 錘部２７ｄ，２７ｅは、内フレーム２７と、この内フレーム２７と共に回動軸部２７ｃを中心に回動する部分（本実施形態では、ミラー３、ミラーアーム４、ミラー側可動電極５、トーションバー６，６）との重心を、ミラー３の配列方向において内フレーム２７の回動軸２７ｃに近づけるように配置されている。

[0035] なお、本実施形態では、マイクロミラー素子２２に錘部２７ｄ，２７ｅを２つ配置する例について説明したが、マイクロミラー素子毎の錘部の数は、１つであっても３つ以上であってもよい。

[0036] 以上説明した本実施形態においても、ミラー３を支持する支持部としての内フレーム２７は、この内フレーム２７を備えるマイクロミラー素子２２のミラー３と、このミラー３に隣接する２つのミラー３のうち一方との間を通って延び、両端が外フレーム８に接続される。そのため、マイクロミラー素子２２を互いに近接させて配列することで、ミラー配列方向においてミラー３を互いに近接させることができる。よって、本実施形態によっても、マイクロミラー素子２２の配列に制限を伴うことなく、２軸を中心に回動するミラー３のミラー占有率を高めることができる。

[0037] また、本実施形態では、錘部２７ｄは、内フレーム２７と、この内フレーム２７と共に回動軸部２７ｃ（第２の軸Ａ２）を中心に回動する部分（ミラー３、ミラーアーム４、ミラー側可動電極５、トーションバー６，６）との重心を、ミラー配列方向において内フレーム２７の回動軸部２７ｃに近づけるように配置されている。そのため、内フレーム２７を安定させて支持することができる。更には、マイクロミラー素子２２の振動耐性を向上させることも可能となる。

[0038] また、本実施形態では、内フレーム２７は、その回動軸部２７ｃを第２の軸Ａ２として回動し、錘部２７ｄ，２７ｅは、回動軸部２７ｃに配置されて

いる。そのため、内フレーム２７をより安定させて支持することができると共に、マイクロミラー素子２２の振動耐性をより向上させることができる。

[0039] なお、図４に示すように、錘部２７ｄ，２７ｆを回動軸部２７の両端に配置することで、内フレーム２７と、この内フレーム２７と共に第２の軸Ａ２を中心に回動する部分（ミラー３、ミラーアーム４、ミラー側可動電極５、トーションバー６，６）との重心を、回動軸部２７ｃの長さ方向における中央部分２７ｇに位置させるようにするとよい。これによって、より一層、内フレーム２７を安定させて支持することができると共にマイクロミラー素子２２の振動耐性を向上させることができる。

[0040] ＜第４実施形態＞

本実施形態では、両端が外フレーム８に接続され内フレーム３７を回動可能に支持する補強梁部３９を設けた点において主に上記第１～第３実施形態と相違し、その他の点については概ね同様であるため、上記第１実施形態と同一の部材には図５に同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

[0041] 図５は、本発明の第４実施形態に係るマイクロミラーアレイを示す概略平面図である。

同図に示すマイクロミラーアレイ３１のマイクロミラー素子３２では、外フレーム８に接続されミラー３を支持する支持部として、内フレーム３７及び補強梁部３９を配置している。

[0042] 補強梁部３９は、この補強梁部３９を備えるマイクロミラー素子３２のミラー３とこのミラー３に隣接する２つのミラー３のうち一方との間を通って一直線状に延び、両端が外フレーム８に接続されている。

[0043] 内フレーム３７は、ミラー３側の端部と、その反対側の端部とにおいて、トーションバー４０，４０を介して補強梁部３９により回動可能に支持され、補強梁部３９を第２の軸Ａ２として回動する。なお、内フレーム３７のミラー３側の端部は、ミラー３よりも外フレーム側固定電極８ｂ側に位置しており、ミラー３とミラー３との間を通っていない。

[0044] 以上説明した本実施形態においても、ミラー３を支持する支持部としての

補強梁部３９及び内フレーム３７のうち補強梁部３９は、この補強梁部３９を備えるマイクロミラー素子３２のミラー３と、このミラー３に隣接する２つのミラー３のうち一方との間を通って延び、両端が外フレーム８に接続される。そのため、マイクロミラー素子３２を互いに近接させて配列することで、ミラー配列方向においてミラー３を互いに近接させることができる。よって、本実施形態によっても、マイクロミラー素子３２の配列に制限を伴うことなく、２軸を中心に回動するミラー３のミラー占有率を高めることができる。

[0045] また、本実施形態では、内フレーム３７を回動可能に支持する補強梁部３９が、マイクロミラー素子３２のミラー３とこのミラー３に隣接する２つのミラー３のうち一方との間を通って延び、両端が外フレーム８に接続されるため、補強梁部３９によって内フレーム３７を安定させて支持することができる。更には、マイクロミラー素子３２の振動耐性を向上させることも可能となる。

[0046] また、本実施形態では、内フレーム３７は、補強梁部３９を第２の軸Ａ２として回動し、少なくともミラー３側の端部又はその近傍として、ミラー３側の端部と、その反対側の端部とにおいて、トーションバー４０，４０を介して補強梁部３９により支持されている。内フレーム３７を支持するトーションバー４０，４０の一方を内フレーム３７（マイクロミラー素子３２）の重心近傍で支持するため、支持位置が一方の端に偏っている場合に比べて、縦回転（図面の水平方向を軸とした回転）を抑制することができる。更には、マイクロミラー素子３２の振動耐性を向上させることも可能となる。

[0047] なお、本実施形態では、補強梁部３９が一直線状に延びる例について説明したが、補強梁部３９は、外フレーム８に接続される両端の間で屈曲して延びる部分を有していてもよい。

[0048] また、本実施形態では、内フレーム３７がミラー３側の端部とその反対側の端部とにおいて補強梁部３９により支持される構成について説明したが、内フレーム３７が少なくともミラー３側の端部又はその近傍において補強梁

部３９により支持される構成とすることで、補強梁部３９により内フレーム７を安定させて支持することができると共に、マイクロミラー素子３２の振動耐性を向上させることができる。

[0049] ＜第５実施形態＞

本実施形態では、内フレーム４７がその一部４７ｃを第２の軸Ａ２として回動する点及びそれに伴う構成を除いて、上記第４実施形態と同様であるため、同一の部材には図６に同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

[0050] 図６は、本発明の第５実施形態に係るマイクロミラーアレイを示す概略平面図である。

同図に示すマイクロミラーアレイ４１のマイクロミラー素子４２では、ミラー３を支持する内フレーム４７の回動軸部４７ｃ（第２の軸Ａ２）は、ミラー３側の端部が補強梁部４９に、反対側の端部が外フレーム８に、それぞれトーションバー５０，５０を介して接続されている。これらトーションバー５０，５０は、回動軸部４７ｃから回動軸部４７ｃの長手方向に延びている。

[0051] 補強梁部４９は、外フレーム８の間を一直線状に延びており、内フレーム４７の回動軸部４７ｃの一端を、トーションバー５０を介して軸支する軸支部４９ａが設けられている。

[0052] 以上説明した本実施形態においても、ミラー３を支持する支持部としての補強梁部４９及び内フレーム４７のうち補強梁部４９は、この補強梁部４９を備えるマイクロミラー素子４２のミラー３と、このミラー３に隣接する２つのミラー３のうち一方との間を通って延び、両端が外フレーム８に接続される。そのため、マイクロミラー素子４２を互いに近接させて配列することで、ミラー配列方向においてミラー３を互いに近接させることができる。よって、本実施形態によっても、マイクロミラー素子４２の配列に制限を伴うことなく、２軸を中心に回動するミラー３のミラー占有率を高めることができる。

[0053] また、本実施形態では、内フレーム４７は、ミラー３側の端部が補強梁部

４９により支持され他端部が外フレーム８により支持される回動軸部４７ｃ（第２の軸Ａ２）を有する。そのため、補強梁部４９によって内フレーム４７を安定させて支持することができる。更には、マイクロミラー素子４２の振動耐性を向上させることも可能となる。

[0054] なお、本実施形態では、補強梁部４９は、回動軸部４７ｃを、そのミラー３側の端部のみにおいて支持する構成について説明したが、ミラー３側の端部に加え外周面においても１又は２以上のトーションバーにより回動軸部４７ｃを支持するようにすることで、より一層、内フレーム４７を安定させて支持することができると共に振動耐性を向上させることができる。

[0055] 図７は、本発明の第５実施形態の変形例に係るマイクロミラーアレイ４１を示す概略平面図である。

本変形例においても、内フレーム側可動電極４７ｂと外フレーム側固定電極８ｂとが協働して発生させる静電気力により、内フレーム４７は、トーションバー５０，５０（第２の軸Ａ２）を回動軸として回動（揺動）可能となっている。

[0056] なお、外フレーム側固定電極８ｂは、外フレーム８に固定されていればよく、本変形例のように、外フレームアーム（補強梁部４９）に外フレーム側固定電極８ｂを設ける構成としても良い。

[0057] ＜第６実施形態＞

本実施形態では、内フレーム５７に錘部５７ｄを形成した点、及び、駆動部としての外フレーム側固定電極（櫛歯電極）５９ｃを補強梁部５９に形成した点を除いて、上記第５実施形態と概ね同様であるため、上記第５実施形態と同一の部材には図８に同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

[0058] 図８は、本発明の第６実施形態に係るマイクロミラーアレイを示す概略平面図である。

同図に示すマイクロミラーアレイ５１のマイクロミラー素子５２では、ミラー３を支持する内フレーム５７の回動軸部５７ｃ（第２の軸Ａ２）は、上記第５実施形態と同様に、ミラー３側の端部が補強梁部５９の軸支部５９ａ

に、反対側の端部が外フレーム８に、それぞれトーションバー６０，６０を介して接続されている。但し、本実施形態の内フレーム５７には、回動軸部５７ｃのミラー３と反対側の端部に錘部５７ｄが設けられている。

[0059] 錘部５７ｄは、内フレーム５７と、この内フレーム５７と共に回動する部分（本実施形態では、ミラー３、ミラーアーム４、ミラー側可動電極５、トーションバー６，６）との重心を、ミラー３の配列方向において内フレーム５７の回動軸部５７ｃに近づけるように配置されている。

[0060] なお、内フレーム５７が補強梁部５９を第２の軸Ａ２として回動する場合（例えば、図５に示す上記第４実施形態）には、補強梁部５９の回動軸部に錘部を設け、上記重心を補強梁部５９の回動軸部に近づけるようにするとよい。

[0061] 補強梁部５９は、ミラー３側の端部から回動軸部５７ｃ（第２の軸Ａ２）と平行に延び、内フレーム５７の錘部５７ｄとの干渉を避けるように回動軸部５７ｃから遠ざかる方向（ミラー配列方向）に屈曲して延びた後、再び屈曲して回動軸部５７ｃと平行に延びている。

[0062] 補強梁部５９の回動軸部５７ｃから遠ざかるように延びる部分からは補強梁アーム５９ｂがミラー３側に延びている。この補強梁アーム５９ｂには、隣接するマイクロミラー素子５２の内フレーム５７を駆動するための外フレーム側固定電極（櫛歯電極）５９ｃが、隣接する内フレーム５７の内フレーム側可動電極５７ｂと対向するように配置されている。

[0063] 以上説明した本実施形態においても、ミラー３を支持する支持部としての補強梁部５９及び内フレーム５７のうち補強梁部５９は、この補強梁部５９を備えるマイクロミラー素子５２のミラー３と、このミラー３に隣接する２つのミラー３のうち一方との間を通って延び、両端が外フレーム８に接続される。そのため、マイクロミラー素子５２を互いに近接させて配列することで、ミラー配列方向においてミラー３を互いに近接させることができる。よって、本実施形態によっても、マイクロミラー素子５２の配列に制限を伴うことなく、２軸を中心に回動するミラー３のミラー占有率を高めることがで

きる。

[0064] また、本実施形態では、錘部５７ｄは、内フレーム５７と、この内フレーム５７と共に回動する部分（ミラー３、ミラーアーム４、ミラー側可動電極５、トーションバー６，６）との重心を、ミラー配列方向において内フレーム５７の回動軸部５７ｃに近づけるように配置されている。そのため、内フレーム５７を安定させて支持することができる。更には、マイクロミラー素子５２の振動耐性を向上させることも可能となる。

[0065] また、本実施形態では、片持ち梁部２９は、隣接するマイクロミラー素子２２の内フレーム２７を駆動するための外フレーム側固定電極５９ｂを有する。そのため、例えば、錘部５７ｄを回動軸部５７ｃの端部に配置することができるなど、配置の自由度を高めることができる。

[0066] 図９は、本発明の第６実施形態の変形例に係るマイクロミラーアレイ５１を示す概略平面図である。

本変形例においても、内フレーム側可動電極５７ｂと外フレーム側固定電極５９ｃとが協働して発生させる静電気力により、内フレーム５７は、トーションバー６０，６０（第２の軸Ａ２）を回動軸として回動（揺動）可能となっている。

[0067] なお、外フレーム側固定電極５９ｃは、外フレーム８に固定されていればよく、本変形例のように、外フレームアーム（補強梁部５９）に外フレーム側固定電極５９ｃを設ける構成としても良い。

[0068] ＜第７実施形態＞

本実施形態では、上述の第１～第６実施形態と同様の構成については詳細な説明を省略する。なお、図１３～図１４Ｄの本実施形態の説明よりも先に、図１０～図１２の比較例についての説明を行う。

[0069] 図１０は、本発明の第７実施形態の比較例に係るマイクロミラーアレイ６１を示す概略平面図である。

図１１は図１０のｂ－ｂ´概略断面図であり、図１２は図１０のａ－ａ´概略断面図である。

[0070] 図１３は、本発明の第７実施形態に係るマイクロミラーアレイ１０１を示す概略平面図である。

図１４Ａは、図１３のｃ－ｃ´概略断面図である。

[0071] 図１４Ｂ～図１４Ｄは、本実施形態の第１～第３変形例に係る概略断面図である。

まず、図１０に示す比較例に係るマイクロミラーアレイ６１について説明する。このマイクロミラーアレイ６１の内フレーム６７は、図２４に示す従来のマイクロミラーアレイ８１と同様に、ミラー６３及びミラー側可動電極６５を覆うように配置されている。

[0072] 同図において、マイクロミラーアレイ６１は、複数のマイクロミラー素子６２を１方向に配列してなる。マイクロミラー素子６２のミラー６３は、ミラーアーム６４を介してミラー側可動電極（櫛歯電極）６５に接続されている。ミラー６３は、ミラーアーム６４において一対のトーションバー６６，６６を介して内フレーム６７に支持されており、トーションバー６６，６６を回動軸として回動（揺動）可能となっている。

[0073] 内フレーム６７は、ミラー６３及びミラー側可動電極６５を覆うように配置され、ミラー側可動電極６５に対向配置されたミラー側固定電極（櫛歯電極）６７ａを有している。そして、ミラー側可動電極６５とミラー側固定電極６７ａとが協働して発生させる静電気力により、ミラーアーム６４に接続されたミラー６３は、ミラーアーム６４及びミラー側可動電極６５と共に、トーションバー６６，６６を回動軸として回動（揺動）可能となっている。

[0074] 内フレーム６７のミラー６３側（図１０における上側）の端部には、内フレームアーム６７ｃが設けられており、その側面には内フレーム側可動電極（櫛歯電極）６７ｂが設けられている。外フレーム６８に一端が固定された外フレームアーム６８ａには、外フレーム側固定電極（櫛歯電極）６８ｂが設けられている。内フレーム側可動電極６７ｂと外フレーム側固定電極６８ｂとは、対向配置されている。内フレーム６７は、一端側の内フレームアーム６７ｃと他端側とにおいて、トーションバー７０，７０を介して外フレー

ム６８に回動可能に支持されている。

[0075] そして、内フレーム側可動電極６７ｂと外フレーム側固定電極６８ｂとが協働して発生させる静電気力により、内フレーム６７は、トーションバー７０，７０を回動軸として回動（揺動）可能となっている。

[0076] なお、図１１に示すように、本比較例の内フレーム６７は、２層構造のＳＯＩ（Silicon On Insulator）基板であり、SiO_2（符号６７ｄ）と、これを挟んで位置するＳｉからなる２つの層（６７－１，６７－２）とを有する。また、図１１に示すように、例えば金属膜からなるミラー６３は背面側においてミラーアーム６４により支持されている。

[0077] ところで、図１２に示すように、内フレーム６７は、この内フレーム６７に覆われるミラー６３と、このミラー６３に隣接する２つのミラー６３，６３の両方との間を通って延びる。そのため、互いに隣接するミラー６３，６３間には、２つの内フレーム６７が存在する。

[0078] 更に、隣接するミラー６３，６３間には、２つの内フレーム６７の幅Ｗｆ，Ｗｆに加えて、ミラー６３と内フレーム６７との間、内フレーム６７間、及び、隣接するミラー６３と内フレーム６７との間、の計３箇所の隙間（Ｖｍ，Ｖｇ，Ｖｍ）があるため、ミラー占有率が制約を受ける。

[0079] 特に隣接するマイクロミラー素子６２同士のフレーム間隔Ｖｇに関しては、マイクロミラー素子６２がトーションバー７０，７０を回動軸として傾斜する際に、隣接するマイクロミラー素子６２と接触しないためのマージン（Δ_1、Δ_2）を考慮しておく。

[0080] 図１２に示す左から２つ目のマイクロミラー素子６２は傾斜した様子を示しており、回転前の位置から、回転に伴って、隣接する内フレーム６７との距離が右上側においてΔ_1、左下側においてΔ_2だけ接近することになる。内フレーム６７の全体の幅をａ、ミラー６３の傾斜角度をθ、ＳＯＩ基板である内フレーム６７の上層側６７－１及び下層側６７－２の厚さをそれぞれｄ１・ｄ２とすると、下記の式（１）及び（２）で示されるマージン量が必要となる。

[0081] $\Delta_1 = a/2 \cdot (\cos\theta - 1) + d1 \cdot \sin\theta$ ・・・式（１）

$\Delta_2 = a/2 \cdot (\cos\theta - 1) + d2 \cdot \sin\theta$ ・・・式（２）

例えば厚みが２００μｍのＳＯＩ基板を用いて、ミラーピッチＷｐが２６０μｍで、傾斜角度θが５°のマイクロミラーアレイ６１を作製した場合、Ｖｇ＝１８μｍ、Ｖｍ＝６μｍ、Ｗｆ＝１５μｍといった間隔を要し、その結果ミラー６３の占有率は７５%程度になってしまう。

[0082] ミラー６３の占有率としては９０%程度が最も好適であり、図１０～図１２に示す比較例に係るマイクロミラーアレイ６１では、光の利用効率を損なっている。なお、ミラー６３の占有率が高すぎると、隣接する波長間で信号の混信が発生するため、９０%程度が好適となっている。

[0083] また、将来に向けてのさらなる大容量化に対して、光信号の波長帯域の分割が細分化されてゆく場合には、マイクロミラーアレイ６１のマイクロミラー素子６２のピッチ幅Ｗｐをさらに小さくすることが好ましい。この時、内フレーム６７や隙間部分の幅を狭くすることが難しくミラー６３の幅を狭くせざるを得ない。このため占有率が大幅に低下することになり、その結果、信号光の損失が増える。

[0084] そこで、本実施形態では、上述の第１～第６実施形態と同様に、支持部としての内フレーム１０７は、この内フレーム１０７を備えるマイクロミラー素子１０２のミラー１０３３と、このミラー１０３に隣接する２つのミラー１０３のうち一方との間を通って延び、両端が外フレーム１０８に接続される。また、詳しくは後述するが、本実施形態では、内フレーム１０７の１以上の層を欠落させることで、より一層ミラー占有率を高めるようにしている。

[0085] 図１３に示すマイクロミラーアレイ１０１は、マイクロミラー素子１０２を１方向（同図における左右方向）に配列してなる。各マイクロミラー素子１０２は、２軸を中心に回動するミラー１０３と、外フレーム１０８に接続されミラー１０３を支持する支持部としての内フレーム１０７とを備えている。

[0086] ミラー１０３は、ミラーアーム１０４を介してミラー側可動電極（櫛歯電極）１０５に接続されている。内フレーム１０７には、ミラー側可動電極１０５に対向するミラー側固定電極（櫛歯電極）１０７ａが設けられている。駆動部であるこれらミラー側可動電極１０５とミラー側固定電極１０７ａとが協働して発生させる静電気力により、ミラーアーム１０４に接続されたミラー１０３は、ミラーアーム１０４及びミラー側可動電極１０５と共に、トーションバー１０６，１０６を回動軸として回動（揺動）可能となっている。

[0087] 内フレーム１０７は、ミラー１０３の駆動部であるミラー側可動電極１０５及びミラー側固定電極１０７ａを回り込むように延び、ミラー１０３と共にミラー側可動電極１０５及びミラー側固定電極１０７ａを囲むように形成される。

[0088] また、内フレーム１０７は、ミラー１０３間を通って延びる直線部分１０７ｄとミラー側可動電極１０５を回り込む部分１０７ｅとで一対の上記トーションバー１０６，１０６によりミラーアーム１０４を支持している。

[0089] 内フレーム１０７のミラー１０３側の端部には、内フレームアーム１０７ｃが設けられており、その側面には内フレーム側可動電極（櫛歯電極）１０７ｂが設けられている。外フレーム１０８に一端が固定された外フレームアーム１０８ａには、外フレーム側固定電極（櫛歯電極）１０８ｂが設けられている。内フレーム側可動電極１０７ｂと外フレーム側固定電極１０８ｂとは、対向配置されている。内フレーム１０７は、内フレームアーム１０７ｃの端部及びこれと反対側の端部において、トーションバー１１０を介して外フレーム１０８に回動可能に支持されている。

[0090] そして、内フレーム側可動電極１０７ｂと外フレーム側固定電極１０８ｂとが協働して発生させる静電気力により、内フレーム１０７は、トーションバー１１０，１１０を回動軸として回動（揺動）可能となっている。

[0091] 以上のように、ミラー１０３は、トーションバー１０６，１０６を回動軸とする回動動作と、トーションバー１０６，１０６に直交するトーションバ

ー１１０，１１０を回動軸とする回動動作との２軸を中心にした回動動作が可能となっている。

[0092] なお、詳しくは後述するが、本実施形態のミラー１０３は、このミラー１０３を支持する内フレーム１０７の上記駆動部を回り込む部分１０７ｅと、この回り込む部分側１０７ｅで隣接する内フレーム１０７（の直線部分１０７ｄ）との隙間ｇ２よりも、この隣接する内フレーム１０７との隙間ｇ１が小さくなっている。

[0093] 図１３のｃ－ｃ´概略断面図である図１４Ａに示すように、内フレーム１０７は、この内フレーム１０７が支持するミラー１０３と、このミラー１０３が第２の軸（トーションバー１１０，１１０）を中心に回動する際に背面側に回動する側、即ち、ミラー１０３の中心付近に対して沈み込むように変位する側（図１４Ａにおける右側）、で隣接するミラー１０３との間を通って延びる。

[0094] また、内フレーム１０７は、２層構造のＳＯＩ基板であり、SiO_2（符号１０７ｄ）を挟んで位置する２つのＳｉ層（１０７－１，１０７－２）から形成されている。なお、内フレーム１０７は、図１４Ａの例ではミラー正面側のＳｉ層１０７－１を部分的に欠落させているが、ミラー１０３の反射面近傍からミラー背面側に亘って配置されている。

[0095] 内フレーム１０７は、少なくともミラー１０３，１０３間を通る部分において、Ｓｉ層１０７－１を例えばエッチングにより除去して欠落させることでミラー１０３の背面側（図１４Ａにおける下側）のＳｉ層１０７－２から形成されている。なお、破線で示すミラー１０３´は、図１３に示すトーションバー１０６により回動した位置を示している。

[0096] 以上の構成により、図１４Ａに示すマイクロミラー素子１０２は、図１０に示す比較例におけるマイクロミラー素子６２と比較して、内フレーム１０７がミラー１０３の片側を通って延びることで１本分のフレーム幅Ｗｆを省略しているため、図１２に示すように、省略した１本のフレームとこれに隣接するミラー１０３とのギャップＶｍ、及び、上記マージンΔ_2をも省略する

ことができる。更には、正面側のＳｉ層１０７－１を除去したことでマージンΔ_1を省略することができる。

[0097] 例えば、Ｓｉ層１０７－１，１０７－２の厚みｄ１（図１４Ｂ参照），ｄ２が６０μｍ，１４０μｍ、内フレーム全体の幅ａ＝２４０μｍ、θ＝５°の条件下では、ミラーピッチＷｐが２６０μｍのときにミラー幅Ｗｍを２３０μｍ程度に拡大することが可能となり約８９％の占有率を実現できる。

[0098] 次に、図１４Ｂに示す第１変形例では、内フレーム１０７は、少なくともミラー１０３，１０３間を通る部分において、ミラー背面側のＳｉ層１０７－２を除去して欠落させることで、ミラー正面側（図１４Ｂにおける上側）のＳｉ層１０７－１から形成されている。

[0099] この場合、上記マージンΔ_1が確保されるが、図１４Ａに示すマイクロミラー素子１０２と同様に、１本分のフレーム幅Ｗｆ、ギャップＶｍ及びマージンΔ_2を省略することができる。

[0100] 図１４Ｃに示す第２変形例の場合、内フレーム１０７´は、この内フレーム１０７´により支持されるミラー１０３と、このミラー１０３が第２の軸（トーションバー１１０，１１０）を中心に回動する際にミラー正面側に持ち上がる側（図１４Ｃにおける左側）で隣接するミラー１０３との間を通って延びる。

[0101] また、内フレーム１０７´は、少なくともミラー１０３，１０３間を通る部分において、Ｓｉ層１０７´－１を例えばエッチングにより除去して欠落させることでミラー背面側（図１４Ｃにおける下側）のＳｉ層１０７´－２から形成されている。

[0102] 以上の構成により、図１４Ｃに示すマイクロミラー素子１０２´は、図１０に示す比較例におけるマイクロミラー素子６２と比較して、内フレーム１０７´がミラー１０３の一方を通って延びることで１本分のフレーム幅Ｗｆを省略しているため、図１２に示すように、省略した１本のフレームと隣接するミラー１０３とのギャップＶｍ、及び、マージンΔ_2をも省略することができる。更には、正面側のＳｉ層１０７－１を除去したことで上記マージン

Δ_1を省略することができる。

[0103] 但し、ミラー背面側のＳｉ層１０７´－２とミラー１０３との間のマージンとして、次式（３）で示されるマージンΔ_3を確保しておく。

$$\Delta_3 = a\cdot(1/\cos\theta - 1) \quad \cdots \text{式（３）}$$

図１４Ｄに示す第３変形例では、内フレーム１０７´は、少なくともミラー１０３，１０３間を通る部分において、ミラー背面側のＳｉ層１０７－２を除去して欠落させることで、ミラー正面側（図１４Ｄにおける上側）のＳｉ層１０７´－１から形成されている。

[0104] この場合、図１４Ａに示す例と同様に、１本分のフレーム幅Ｗｆ、ギャップＶｍ及びマージンΔ_1，Δ_2を省略することができる。

但し、トーションバー１０６（第１の軸Ａ１）を回動軸とするミラー１０３，１０３´の回動における作動領域とミラー正面側のＳｉ層１０７´－１との間のマージンとして、次式（４）で示されるマージンΔ_4を確保しておく。

[0105] $$\Delta_4 = a/2\cdot\cos\theta(\cos\theta - 1) + d_1\cdot\sin\theta \quad \cdots \text{式（４）}$$

以上のように、内フレーム１０７は、この内フレーム１０７を備えるマイクロミラー素子１０２のミラー１０３３と、このミラー１０３に隣接する２つのミラー１０３のうち一方との間を通って延び、また、内フレーム１０７の一部を欠落させる構成とすることで、上述のように、ミラー１０３を、このミラー１０３を支持する内フレーム１０７の上記駆動部を回り込む部分１０７ｅと、この回り込む部分側１０７ｅで隣接する内フレーム１０７（直線部分１０７ｄ）との隙間ｇ２よりも、この隣接する内フレーム１０７との隙間ｇ１を小さくする量を有効に増やすことができる。

[0106] 以上説明した第７実施形態においても、ミラー１０３を支持する支持部としての内フレーム１０７は、この内フレーム１０７を備えるマイクロミラー素子１０２のミラー１０３と、このミラー１０３に隣接する２つのミラー１０３のうち一方との間を通って延び、両端が外フレーム１０８に接続される。そのため、マイクロミラー素子１０２を互いに近接させて配列することで

、ミラー配列方向においてミラー１０３を互いに近接させることができる。よって、本実施形態によっても、マイクロミラー素子１０２の配列に制限を伴うことなく、２軸を中心に回動するミラー１０３のミラー占有率を高めることができる。

[0107] また、本実施形態では、図１４Ａ及び図１４Ｂに示すように、内フレーム１０７は、この内フレーム１０７が支持するミラー１０３と、このミラーが第２の軸（トーションバー１１０）を中心に回動する際に背面側に回動する側で隣接するミラー１０３との間を通って延びる。したがって、より一層ミラー占有率を高めることができる。

[0108] また、本実施形態では、図１４Ａ～図１４Ｄに示すように、内フレーム１０７は、２以上の層１０７－１，１０７－２から形成され、少なくともミラー１０３間を通る部分において１以上（本実施形態では１つ）の層が欠落して形成されている。したがって、ミラー占有率を高めることができる。

[0109] また、本実施形態では、図１４Ａ及び図１４Ｃに示すように、内フレーム１０７は、少なくともミラー１０３間を通る部分においてミラー正面側の層１０７－１が欠落して形成されている。したがって、より一層ミラー占有率を高めることができる。

[0110] 更には、図１４Ａに示すように内フレーム１０７が、この内フレーム１０７が支持するミラー１０３と、このミラー１０３が第２の軸（トーションバー１１０）を中心に回動する際に背面側に回動する側で隣接するミラー１０３と、の間を通って延び、且つ、ミラー正面側の層１０７－１が欠落して延びる場合には、例えば、図１０～図１２の比較例に対して、フレーム幅Ｗｆ、ギャップＶｍ、及び、マージンΔ_1，Δ_2を省略することができる。したがって、より有効にミラー占有率を高めることができる。

[0111] また、本実施形態では、図１３等に示すように、ミラー１０３は、このミラー１０３を支持する内フレーム１０７の上記駆動部を回り込む部分１０７ｅと、この回り込む部分側１０７ｅで隣接する内フレーム１０７（の直線部分１０７ｄ）との隙間ｇ２よりも、この隣接する内フレーム１０７との隙間

ｇ１が小さくなっている。したがって、より一層ミラー占有率を高めることができる。

[0112] なお、本実施形態では、２以上の層から形成される内フレーム１０７について、２層構造のＳＯＩ基板を例に説明したが、３以上の層から形成されるものや、その他の材料から形成されるものとしてもよい。

[0113] ＜第８実施形態＞

本実施の形態では、第３の連結部としての応力緩和機構１１９を配置した点を除いて概ね上述の第７実施形態と同様であるため、第７実施形態と同一又は同様の部分については同一の符号を付して説明を省略する。

[0114] 図１５Ａは、本発明の第８実施形態に係るマイクロミラー素子１１２を示す概略平面図である。

図１５Ｂ及び図１５Ｃは、本実施形態の第１及び第２変形例に係るマイクロミラー素子１２２，１３２を示す概略平面図である。

[0115] 図１６は、図１５Ｂの部分拡大図である。

図１７は、図１５Ｂの部分拡大斜視図である。

マイクロミラー素子１１２は、内フレーム１０７の内部、具体的には、内フレームアーム１０７ｃと内フレーム１０７の本体部分（内フレームアーム１０７ｃを除く部分）との間、に第３連結部としての応力緩和機構１１９が例えば内フレーム１０７と一体的に配置されている。なお、本実施の形態のマイクロミラー素子１１２も、ミラー１０３を内フレーム１０７に対し回動可能に連結する第１の軸Ａ１となるトーションバー（第１の連結部）１０６を有する。

[0116] 応力緩和機構１１９は、平面視矩形枠状を呈する。応力緩和機構１１９は、第２の軸Ａ２となるトーションバー（第２の連結部）１１０に直交する薄肉面１１９ａ，１１９ｂを有する。これら薄肉面１１９ａ，１１９ｂの中央において、応力緩和機構１１９は、内フレームアーム１０７ｃ及び上記本体部分に接続されている。

[0117] 薄肉面１１９ａ，１１９ｂの厚さＷａ，Ｗｂは、例えば、内フレーム１０

７の幅Ｗｆの半分以下とすることが好ましい。なお、薄肉面１１９ａ，１１９ｂのうち、内フレームアーム１０７ｃ及び上記本体部分に接続されている部分については、集中荷重に対する強度を確保するために、例えば、部分的に厚みを持たせるか或いは内フレーム１０７を貫通させるとよい。

[0118] 応力緩和機構１１９のうち薄肉面１１９ａ，１１９ｂを除く面は、トーションバー１１０と平行な面となっている。この面の厚さについては、例えば、内フレーム１０７の幅Ｗｆと同程度とするなどして、強度を確保するようにすればよい。

[0119] トーションバー１１０に平行な方向の変位に対する、トーションバー１１０のバネ定数k_{12}と応力緩和機構１１９のバネ定数k_{13}とは、$k_{13} < k_{12}$の関係にある。

また、トーションバー１１０を回動軸とする回動方向の変位に対する、トーションバー１１０のバネ定数k_{22}と応力緩和機構１１９のバネ定数k_{23}とは、$k_{23} \geqq k_{22}$の関係にある。

[0120] このように、応力緩和機構１１９は、トーションバー１１０と平行な方向への引っ張りや圧縮方向の応力成分を吸収する。

図１５Ｂの第１変形例に係るマイクロミラー素子１２２は、内フレーム１０７とトーションバー（第２の連結部）１１０との間、具体的には、内フレーム１０７のうち内フレームアーム１０７ｃが設けられたのと反対側の端部と、トーションバー１１０との間、に第３連結部としての応力緩和機構１２９が例えば内フレーム１０７及びトーションバー１１０と一体的に配置されている。

[0121] 応力緩和機構１２９は、平面視Ｕ字形状を呈する。応力緩和機構１２９は、トーションバー１１０に直交する薄肉面１２９ａを有する。この薄肉面１２９ａの中央において、応力緩和機構１２９は、トーションバー１１０に接続されている。また、応力緩和機構１２９のうち薄肉面１２９ａを除くトーションバー１１０に平行な２つの面において、応力緩和機構１２９は内フレーム１０７に接続されている。

[0122] 薄肉面１２９ａの、トーションバー１１０に平行な方向の厚さＷａは、例えば、内フレーム１０７の幅Ｗｆの半分以下とすることがより好ましい。なお、薄肉面１２９ａのうちトーションバー１１０に接続されている部分については、集中荷重に対する強度を確保するために、例えば、部分的に厚みを持たせるとよい。

[0123] 応力緩和機構１２９のうち薄肉面１２９ａを除く面は、トーションバー１１０と平行な面となっている。この面の厚さについては、例えば、内フレーム１０７の幅Ｗｆと同程度とするなどして強度を確保するようにすればよい。

[0124] 本変形例においても、トーションバー１１０に平行な方向の変位に対する、トーションバー１１０のバネ定数k_{12}と応力緩和機構１２９のバネ定数k_{13}とは、$k_{13} < k_{12}$の関係にあり、トーションバー１１０を回動軸とする回動方向の変位に対する、トーションバー１１０のバネ定数k_{22}と応力緩和機構１２９のバネ定数k_{23}とは、$k_{23} \geqq k_{22}$の関係にある。

[0125] このように、応力緩和機構１２９は、トーションバー１１０と平行な方向への引っ張りや圧縮方向の応力成分を吸収する。

ここで、図１５Ｂに示す応力緩和機構１２９を例に、応力緩和機構（第３の連結部）の一例について、図１６及び図１７を参照しながら具体的に説明する。

[0126] 図１５Ｂに示すマイクロミラー素子１２２を例えば、均質な基板を選択的にエッチング処理して製造する場合、内フレーム１０７、トーションバー１１０、応力緩和機構１２９等は同じ材料（例えばＳｉ）で形成され、それぞれの部位のパターンの幅や厚みの差によって各部位の機械的強度を調整する。材質が同じの場合、剛体の強度は寸法の３乗にほぼ比例する。仮に、応力緩和機構１２９の薄肉面１２９ａの厚さＷａを５μｍから２倍の１０μｍにした場合、強度が８倍に増加することになる。

[0127] 内フレーム１０７は、トーションバー１１０，１１０によって宙づりにされている状態であるため、内フレーム１０７へ作用する応力としては引っ張

り方向のストレスと、トーションバー１１０，１１０を回動軸とする回転トルクぐらいである。

[0128] 上述のバネ定数の関係を満たす応力緩和機構１２９を設けることによって、引っ張り方向のストレスが軽減されることもあり内フレーム１０７にそれほど大きな力が作用することはない。したがって、内フレーム１０７のパターン幅としては、薄肉部１２９ａが５μｍの場合には約２倍の１０μｍ程度あれば十分な強度が得られる。

[0129] ここで、図１６及び図１７に示すように、トーションバー１１０との接続部分を挟んで位置する薄肉面１２９ａの２つの部分のうち一方の面の平面視の長さをＬ・奥行きをｔ・厚さをＷａ、トーションバー１１０の長さをｇ・断面をｈ×ｉ、ヤング率をＥとするとき、トーションバー１１０に平行な方向の変位に対する、上述のトーションバー１１０のバネ定数k_{12}及び応力緩和機構１２９のバネ定数k_{13}の簡略モデルによる近似解は、下記の式（５）及び（６）となる。

[0130] $k_{12} = hiE/g$ ・・・式（５）

$k_{13} = tWa_3E/(2L_3)$ ・・・式（６）

応力緩和機構１２９の寸法を、Ｌ＝９０μｍ、Ｗａ＝５μｍ、ｔ＝２００μｍ、トーションバー１１０の寸法を、ｇ＝１００μｍ、ｈ＝５μｍ、ｉ＝２０μｍとするとき、バネ定数k_{12}，k_{13}の比を求めると、約１対５８でk_{12}が大きくなる。しかも、応力緩和機構１２９とトーションバー１１０とは直列に連結されていることから、外フレーム１０８からの応力のほとんどが応力緩和機構１２９で吸収されることになり、トーションバー１１０等に作用する応力が大幅に軽減される。

[0131] 図１５Ｃの第２変形例に係るマイクロミラー素子１３２は、トーションバー１１０（第２の連結部）と外フレーム１０８との間、具体的には、直接内フレームアーム１０７の上記本体部分に接続されるトーションバー１１０と外フレーム１０８との間、に第３連結部としての応力緩和機構１３９が例えば外フレーム１０８と一体的に配置されている。

[0132] 応力緩和機構１３９は、外フレーム１０８に設けられた空洞部分１３９ｂと、この空洞部分１３９ｂを塞ぐように位置する薄肉面１３９ａとを有する。この薄肉面１３９ａの中央において、応力緩和機構１３９は、トーションバー１１０に接続されている。

[0133] 薄肉面１３９ａの厚さＷａは、例えば、内フレーム１０７の幅Ｗｆの半分以下とすることが好ましい。なお、薄肉面１３９ａのうちトーションバー１１０に接続されている部分については、集中荷重に対する強度を確保するために、例えば、部分的に厚みを持たせるとよい。

[0134] 本変形例においても、トーションバー１１０に平行な方向の変位に対する、トーションバー１１０のバネ定数k_{12}と応力緩和機構１３９のバネ定数k_{13}とは、$k_{13}<k_{12}$の関係にあり、トーションバー１１０を回動軸とする回動方向の変位に対する、トーションバー１１０のバネ定数k_{22}と応力緩和機構１３９のバネ定数k_{23}とは、$k_{23}\geqq k_{22}$の関係にある。

[0135] このように、応力緩和機構１３９は、トーションバー１１０と平行な方向への引っ張りや圧縮方向の応力成分を吸収する。

以上説明した第８実施形態においても、ミラー１０３を支持する支持部としての内フレーム１０７は、この内フレーム１０７を備えるマイクロミラー素子１０２のミラー１０３と、このミラー１０３に隣接する２つのミラー１０３のうち一方との間を通って延び、両端が外フレーム１０８に接続される。そのため、マイクロミラー素子１１２，１２２，１３２を互いに近接させて配列することで、ミラー配列方向においてミラー１０３を互いに近接させることができる。よって、本実施形態によっても、マイクロミラー素子１１２，１２２，１３２の配列に制限を伴うことなく、２軸を中心に回動するミラー１０３のミラー占有率を高めることができる。

[0136] また、本実施形態並びにその第１及び第２変形例では、マイクロミラー素子１１２，１２２，１３２は、内フレーム１０７の内部、内フレーム１０７とトーションバー（第２の連結部）１１０との間、及び、トーションバー１１０と外フレーム１０８との間、の３箇所のうち少なくとも１箇所に配置さ

れた応力緩和機構（第３の連結部）１１９，１２９，１３９を備える。また、トーションバー１１０に平行な方向の変位に対する、トーションバー１１０のバネ定数k_{12}と応力緩和機構１１９，１２９，１３９のバネ定数k_{13}とは、$k_{13}<k_{12}$の関係にあり、トーションバー１１０を回動軸とする回動方向の変位に対する、トーションバー１１０のバネ定数k_{22}と応力緩和機構１１９，１２９，１３９のバネ定数k_{23}とは、$k_{23}\geqq k_{22}$の関係にある。

[0137] そのため、応力緩和機構１１９，１２９，１３９は、トーションバー１１０からの引っ張りや圧縮応力に対して変形して応力を分散させることができる。また、応力緩和機構１１９，１２９，１３９は、トーションバー１１０を回動軸とする回動方向のトルクに対しては剛性が高く、更には、上述のように引っ張りや圧縮応力に対して応力を低減するためトーションバー１１０を回動軸とする回動動作の特性を安定させることもできる。

[0138] また、本実施形態では、応力緩和機構１１９，１２９，１３９は、トーションバー１１０に対して垂直な平面部１１９ａ，１１９ｂ，１２９ａ，１３９ａを有し、これら平面部のトーションバー１１０に平行な方向の厚みＷａは、内フレーム１０７の幅Ｗｆに対して半分以下である。そのため、応力緩和機構１１９，１２９，１３９による応力の緩和と内フレーム１０７の強度とのバランスをとることができる。更には、平面部を設けて応力を緩和することで、上述のバネ定数の２つの関係を満たす構成を簡素にすることができる。

[0139] ところで、図２０に示す後述するアッテネータ機能４０４を実現するために、ミラー１０３の傾斜角度は０．０１°以下の精度で微調整することが要求される。トーションバー１０６（第１の軸Ａ１）を回動軸とするミラー１０３の回転が出力信号光の出力先の切り替えおよび光アッテネータ機能を実現している。

[0140] 内フレーム１０７は、外フレーム１０８に外部から応力が作用する場合（例えば、環境温度の変化にともなう熱膨張の影響等による）、応力に対して変形しやすい構造となっている。内フレーム１０７の変形に対して、ミラー側

可動電極１０５及びミラー側固定電極１０７ａの部位で発生する回転トルクや、トーションバー１０６のバネ定数が変調を受ける。その結果、ミラー１０３の傾斜角度が僅かに変位してしまい、後述する光アッテネータ機能に僅かな狂いを生じるおそれがある。しかしながら、本実施形態によれば、このような機能の狂いを抑えることができる。

[0141] ＜光スイッチについて＞

以上説明した第１～第８実施形態に係るマイクロミラーアレイを光スイッチ等に用いることができるのは上述のとおりであるが、マイクロミラーアレイ等の理解をより容易にするため、以下、光スイッチの一例について説明する。

[0142] 近年、様々な技術分野において、マイクロマシニング技術により形成される微小構造を有する素子の応用が図られている。これらは部品が非常に小型であること、機械的特性の劣化が少ないことなどの特徴を有しており、これによって作製されるマイクロミラー素子は光通信分野における光スイッチ等への適用が進んでいる。その中の一つに波長選択スイッチがある。

[0143] 光通信においては激増するインターネットトラフィックを収容すべく、波長分割多重（ＷＤＭ：Wavelength Division Multiplexing）通信を中核としたネットワークの光化が急ピッチで進んでいる。

[0144] 光スイッチ（以下、「波長選択スイッチ」という。）２０１，３０１は、例えば、図１８に示すメッシュ型ネットワークや図１９に示すリング型ネットワークにおけるノードに配置され、入力された波長を任意の出力ポートに振り分ける機能を有する。

[0145] なお、図１８に示すメッシュ型ネットワークには、合波部２０２、分波部２０３等が配置され、図１９に示すリング型ネットワークには、ＯＡＤＭ（Optical Add Drop Multiplexer）ノードにおけるアド（挿入）光用の合波部３０２、ドロップ（分岐）光用の分波部３０３等が配置されている。

[0146] 波長選択スイッチのこのような波長振り分け機能は、換言すると、例えば図２０に示すような波長毎のクロス・バースイッチとしての機能と等価であ

る。波長選択スイッチ４００は、入力光伝送路（入力ファイバ）に対応する入力ポート数に応じた分波部４０１と、複数の２×２スイッチ４０２と、出力光伝送路（出力ファイバ）に対応する出力ポート数に応じた合波部４０３とをそなえ、入力ポートから入力されたＷＤＭ光を対応する分波部４０１で波長（チャンネル）毎に分波し、いずれかの２×２スイッチ４０２にて設定に応じた波長単位の出力切り替え（クロス又はバー切り替え）を行なった上で、いずれかの合波部４０３にて他波長の光と波長多重して対応する出力ポートへＷＤＭ光を出力する。

[0147] 図２０の例で説明すると、入力ポート＃１に波長λ２，λ５及びλ６のＷＤＭ光が入力され、入力ポート＃２に波長λ１，λ３，λ４及びλ７のＷＤＭ光が入力されている。２×２スイッチ４０２でのクロス又はバー切り替えによって、波長λ１，λ４及びλ６の光が出力ポート＃１へ、残りの波長λ２，λ３，λ５及びλ７の光が出力ポート＃２へ切り替え出力されている様子が図２０に示されている。

[0148] 図２０において、符号４０４は利得等化（光アッテネータ）機能を示し、空間結合型の波長選択スイッチ４００においては、例えば出力ファイバへの集光位置をコア中心から適宜ずらしてコアへの光結合量を可変することによって当該機能を実現できる。

[0149] 具体的には、図２１に示すように、空間結合型の波長選択スイッチ５００は、その要部に着目すると、例えば基板５１０上に、入出力光学系を構成するコリメータアレイ５１１と、入力ＷＤＭ光を波長毎に分光するための分光光学系を構成する分光器５１２と、集光光学系を構成する集光レンズ５１３と、スイッチング素子であるマイクロミラーアレイ５１４とを備える。

[0150] ここで、コリメータアレイ５１１は入力光ファイバから入射した光をコリメート光に変換し、分光器５１２から入射したコリメート光を出力ファイバのコアに集光する機能を有している。

[0151] 分光器５１２は、入射光を波長によって異なる方向（角度）へ反射するもので、一般的には図２３に示すような回折格子５１２が用いられる。

集光レンズ５１３は、分光器５１２により波長毎に分離された光を所定のマイクロミラーアレイ５１４に集光する一方、マイクロミラーアレイ５１４で反射されてくる光を集光して分光器５１２経由でコリメータアレイ５１１へ出力するものである。

[0152] マイクロミラーアレイ５１４は、入力ファイバ５１１－１からの入射光を出力ファイバ５１１－２，５１１－３，５１１－４のいずれかへ反射させてポート切り替えを行なうスイッチング素子として機能するもので、図１や図１３に示すようにマイクロミラー素子２，１０２がアレイ状に配置されている。

[0153] 入力光は分光器（回折格子）５１２により波長毎に分離された光となっており、１波長域に対して１個のミラー５１４ａが配置される。ミラー５１４ａは、図２２Ａ及び図２２Ｂに示すごとく傾斜角が可変な構成となっており、傾斜角に応じて出力ポートが定まるようになっている。個々のミラー５１４ａの傾斜角度を個別に制御することによって、各波長域毎に出力ポートを切り替える構成となっている。

[0154] さらに、マイクロミラーアレイ５１４の傾斜角の調整を行うに当たって、傾斜角を微調整することによって出力ファイバ５１１－２，５１１－３，５１１－４のコアへの光結合量を調整することができる。これによって、出力先の切り替え機能とともに図２０に示す上述の光アッテネータ機能４０４を実現できる。

[0155] 上述した第１～第８実施形態におけるマイクロミラー素子では、直交する２つの軸方向に回動可能なミラーを用いている。ミラーの傾斜角度が１軸方向だけの場合、図２１において光信号の出力先を５１１－２から５１１－４へ切り替える際に瞬間的にではあるが５１１－３へ光信号が入射してしまう。これを避けるため、光信号の出力先を切り替えるための傾斜方向と、光信号のファイバへの結合のオン／オフを切り替える方向の傾斜方向との２方向の角度傾斜を使用しても良い。

請求の範囲

[請求項1] ２軸を中心に回動するミラーと、外フレームに接続され前記ミラーを支持する支持部とを備えるマイクロミラー素子を複数個配列してなるマイクロミラーアレイにおいて、

前記支持部は、該支持部を備えるマイクロミラー素子のミラーと、該ミラーに隣接する２つのミラーのうち一方との間を通って延び、両端が前記外フレームに接続される、

ことを特徴とするマイクロミラーアレイ。

[請求項2] 前記ミラーは、第１の軸及び第２の軸の２軸を中心に回動し、

前記支持部は、前記第２の軸を中心に回動し前記ミラーを前記第１の軸を中心に回動可能に支持する内フレームを有する、

ことを特徴とする請求項１記載のマイクロミラーアレイ。

[請求項3] 前記内フレームは、該内フレームを備えるマイクロミラー素子のミラーと、該ミラーに隣接する２つのミラーのうち一方との間を通って一直線状に延び両端が前記外フレームに接続される前記第２の軸を有することを特徴とする請求項２記載のマイクロミラーアレイ。

[請求項4] 前記マイクロミラー素子は、前記内フレームと、該内フレームと共に前記第２の軸を中心に回動する部分との重心を、前記第２の軸に近づける錘部を更に備えることを特徴とする請求項２記載のマイクロミラーアレイ。

[請求項5] 前記錘部は、前記内フレームと、該内フレームと共に前記第２の軸を中心に回動する部分との重心を、前記第２の軸の長さ方向における中央に近づけるように配置されることを特徴とする請求項４記載のマイクロミラーアレイ。

[請求項6] 前記内フレームは、該内フレームの一部を前記第２の軸として回動し、

前記錘部は、前記第２の軸に配置される、

ことを特徴とする請求項４記載のマイクロミラーアレイ。

[請求項7] 前記支持部は、前記内フレームを前記第２の軸を中心に回動可能に支持する補強梁部を更に有し、

前記補強梁部は、該補強梁部を備えるマイクロミラー素子のミラーと該ミラーに隣接する２つのミラーのうち一方との間を通って延び、両端が前記外フレームに接続される、

ことを特徴とする請求項２記載のマイクロミラーアレイ。

[請求項8] 前記内フレームは、前記補強梁部を前記第２の軸として回動し、少なくとも前記ミラー側の端部又はその近傍において前記補強梁部により支持されることを特徴とする請求項７記載のマイクロミラーアレイ。

[請求項9] 前記内フレームは、前記ミラー側の端部が前記補強梁部により支持され他端部が前記外フレームにより支持される前記第２の軸を有することを特徴とする請求項７記載のマイクロミラーアレイ。

[請求項10] 前記補強梁部は、該補強梁部を備えるマイクロミラー素子に隣接するマイクロミラー素子の内フレームを駆動するための駆動部を有することを特徴とする請求項７記載のマイクロミラーアレイ。

[請求項11] 前記内フレームは、該内フレームが支持する前記ミラーと、該ミラーが前記第２の軸を中心に回動する際に背面側に回動する側で隣接する前記ミラーとの間を通って延びることを特徴とする請求項２記載のマイクロミラーアレイ。

[請求項12] 前記内フレームは、２以上の層から形成され、前記ミラー間を通って延び、少なくとも前記ミラー間を通る部分において１以上の層が欠落して形成されていることを特徴とする請求項２記載のマイクロミラーアレイ。

[請求項13] 前記内フレームは、少なくとも前記ミラー間を通る部分において該ミラーの正面側の１以上の層が欠落して形成されていることを特徴とする請求項１２記載のマイクロミラーアレイ。

[請求項14] 前記マイクロミラー素子は、前記ミラーを前記第１の軸を中心に回

動させる駆動部を備え、

前記内フレームは、前記ミラー間を通って前記駆動部を回り込むように延び、

前記ミラーは、該ミラーを支持する前記内フレームの前記駆動部を回り込む部分と該回り込む部分側で隣接する前記内フレームとの隙間よりも、該隣接する内フレームとの隙間が小さい、

ことを特徴とする請求項２記載のマイクロミラーアレイ。

[請求項15] 前記マイクロミラー素子は、

前記ミラーを前記内フレームに対し回動可能に連結する、前記第１の軸となる第１の連結部と、

前記内フレームを前記外フレームに対し回動可能に連結する、前記第２の軸となる第２の連結部と、

前記内フレームと前記第２の連結部との間、前記第２の連結部と前記外フレームとの間、及び、前記内フレームの内部、の３箇所のうち少なくとも１箇所に配置された第３の連結部と、

を備え、

前記第２の連結部に平行な方向の変位に対する、前記第２の連結部のバネ定数k_{12}と前記第３の連結部のバネ定数k_{13}とは、$k_{13}<k_{12}$の関係にあり、

前記第２の連結部を回動軸とする回動方向の変位に対する、前記第２の連結部のバネ定数k_{22}と前記第３の連結部のバネ定数k_{23}とは、$k_{23}\geqq k_{22}$の関係にある、

ことを特徴とする請求項２記載のマイクロミラーアレイ。

[請求項16] 前記第３の連結部は、前記第２の連結部に対して略垂直な平面部を有し、

該平面部の前記第２の連結部に平行な方向の厚みは、前記内フレームの幅に対して半分以下である、

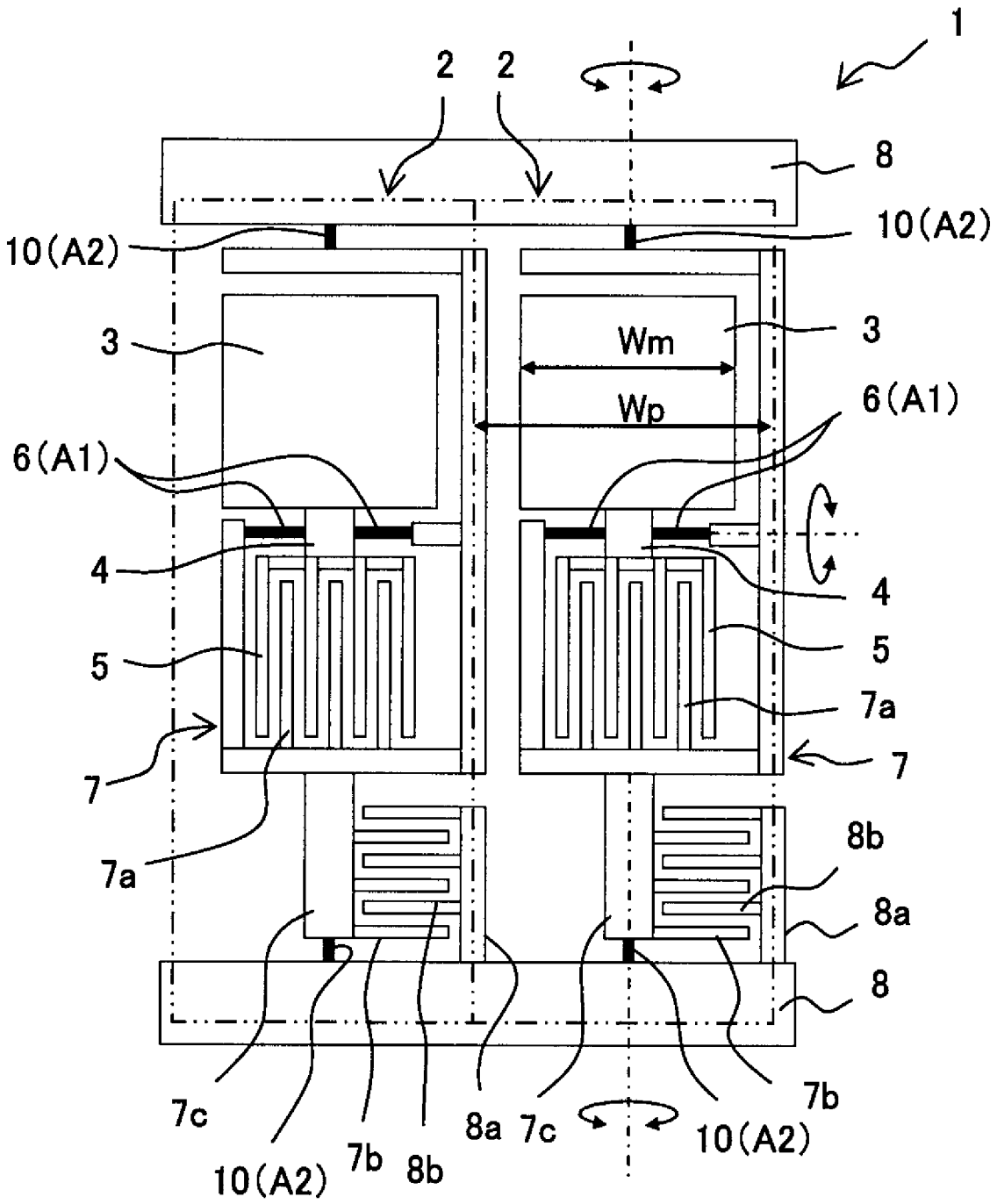
ことを特徴とする請求項１５記載のマイクロミラーアレイ。

[請求項17] ２軸を中心に回動するミラーと、外フレームに接続され前記ミラーを支持する支持部とを備えるマイクロミラー素子を複数個配列してなるマイクロミラーアレイを含む光スイッチにおいて、

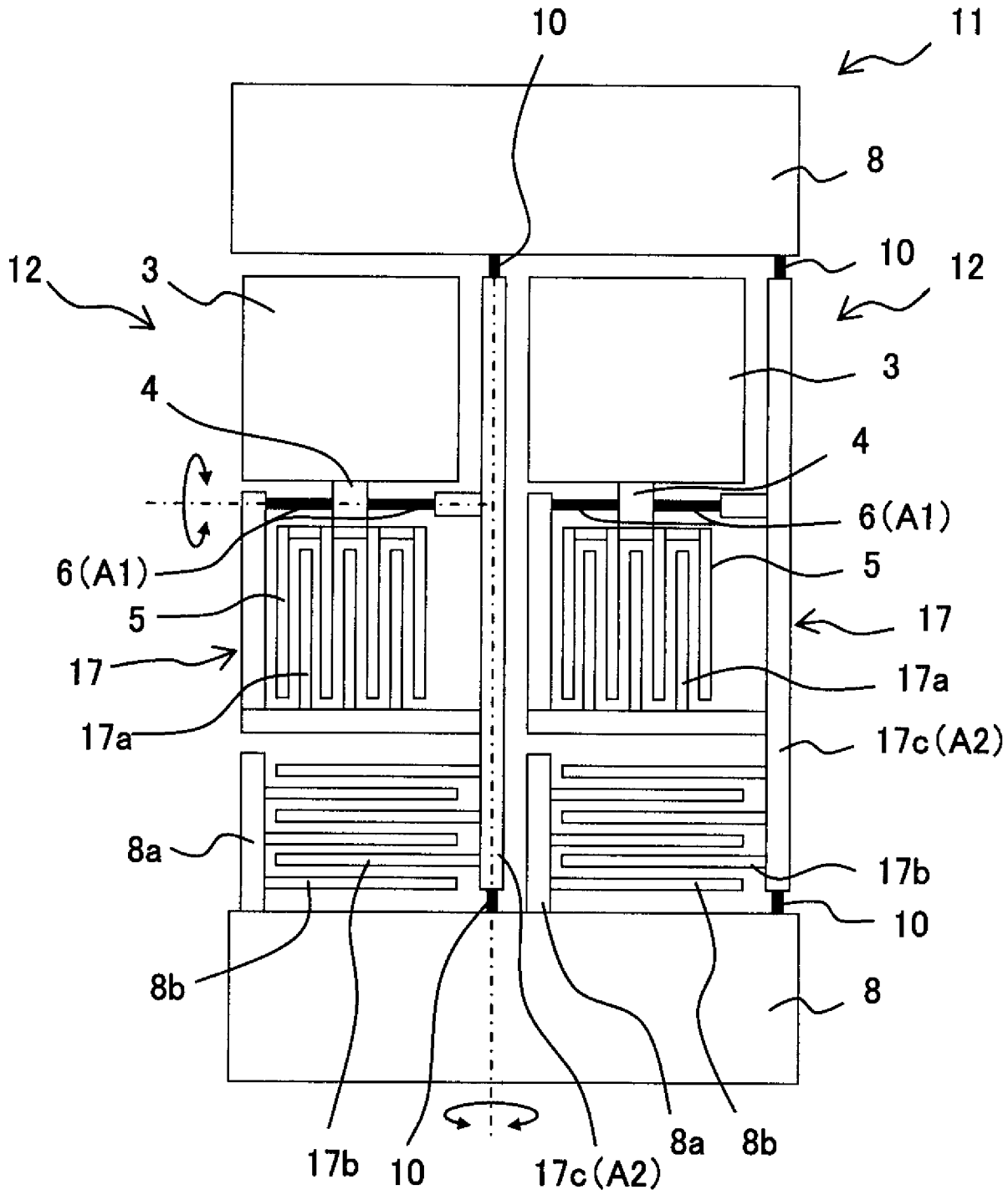
前記支持部は、該支持部を備えるマイクロミラー素子のミラーと、該ミラーに隣接する２つのミラーのうち一方との間を通って延び、両端が前記外フレームに接続される、

ことを特徴とする光スイッチ。

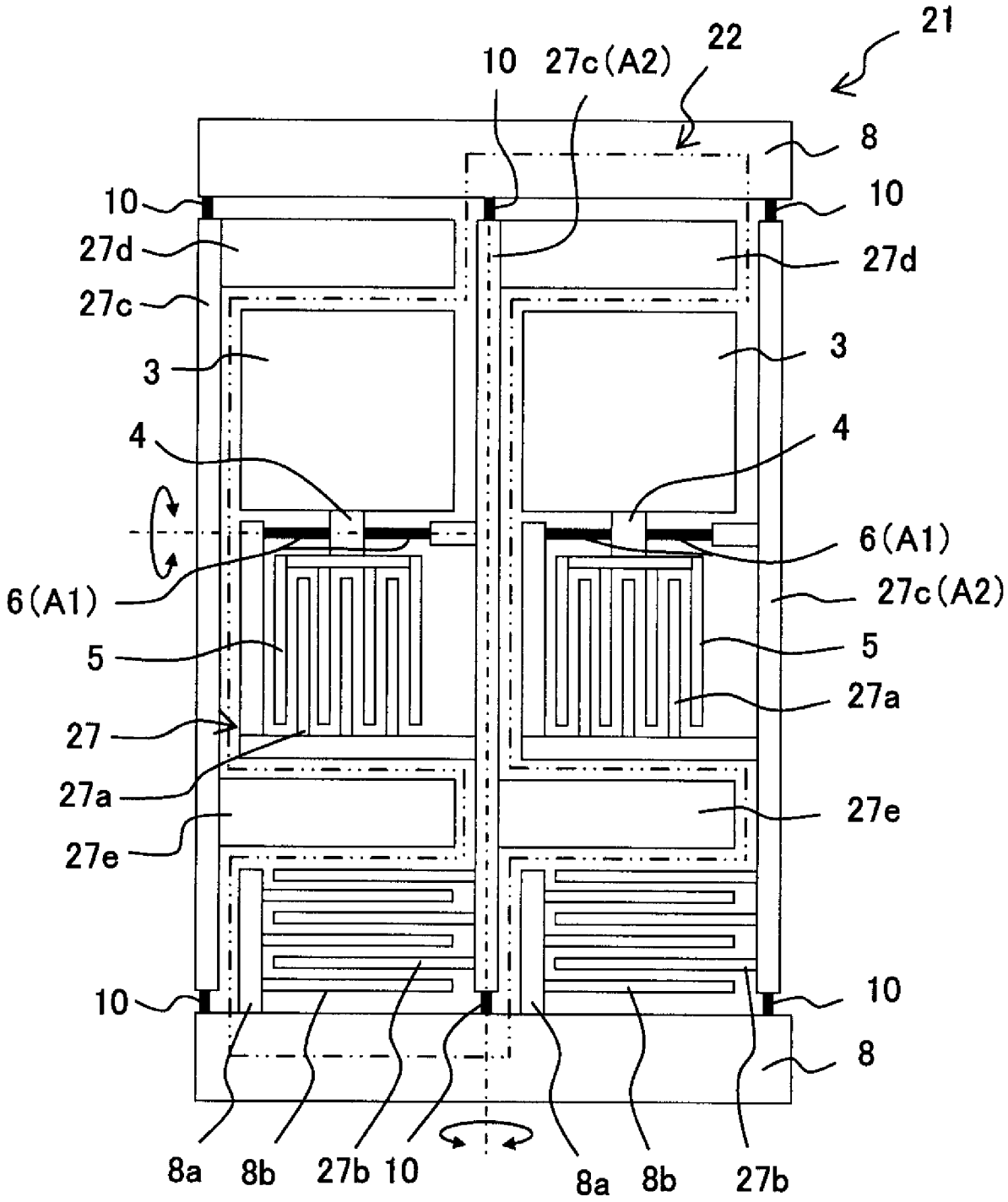
[図1]


1
2
2
8
10(A2)
10(A2)
3
Wm
3
Wp
6(A1)
6(A1)
4
4
5
5
7a
7
7
7a
8b
8a
8
7c
10(A2)
7b
8b
8a
7c
10(A2)
7b

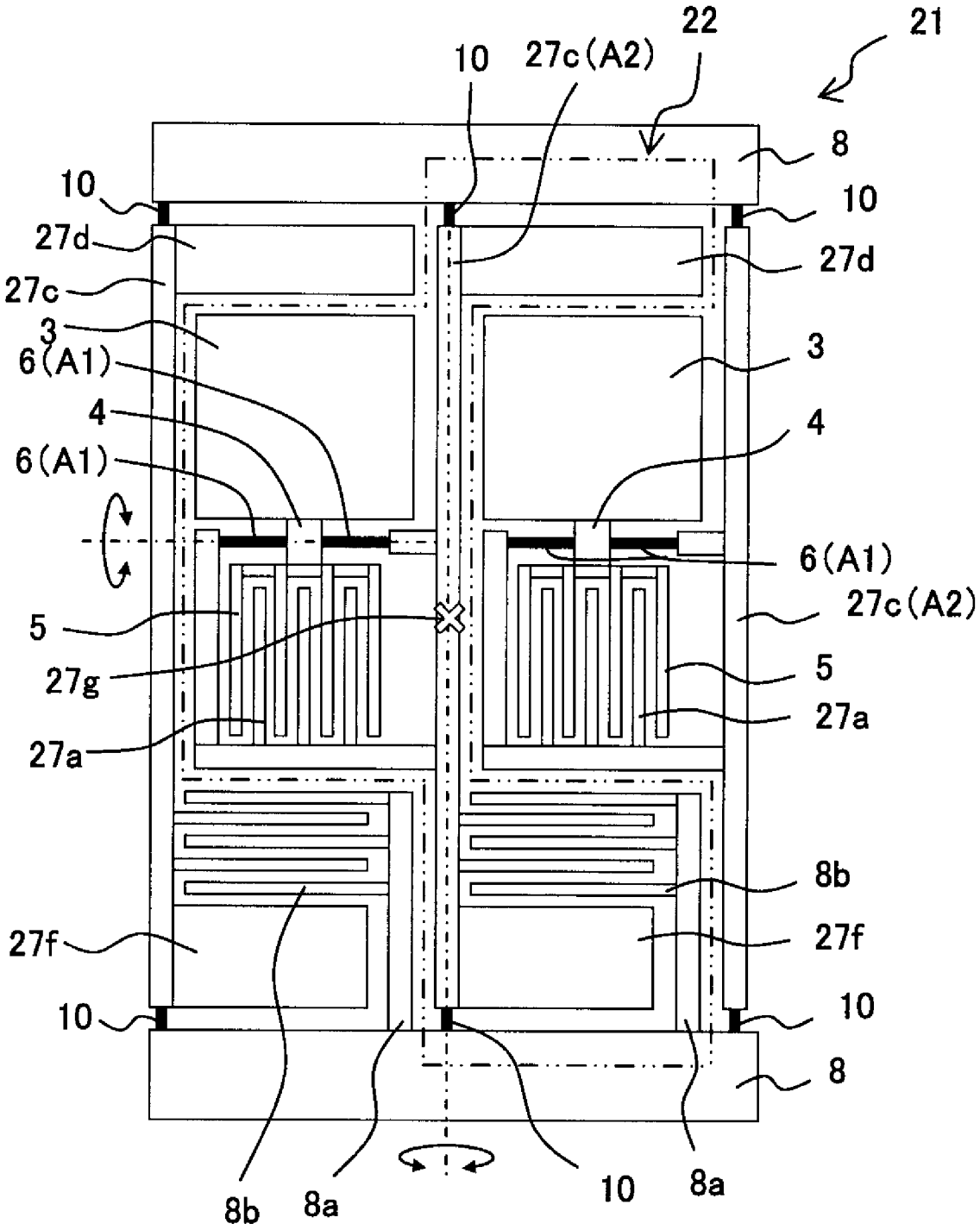
[図2]


10
11
8
12
3
10
12
3
4
4
6(A1)
6(A1)
5
5
17
17
17a
17a
17c(A2)
8a
17b
10
8b
8
17b
10
17c(A2)
8a
8b

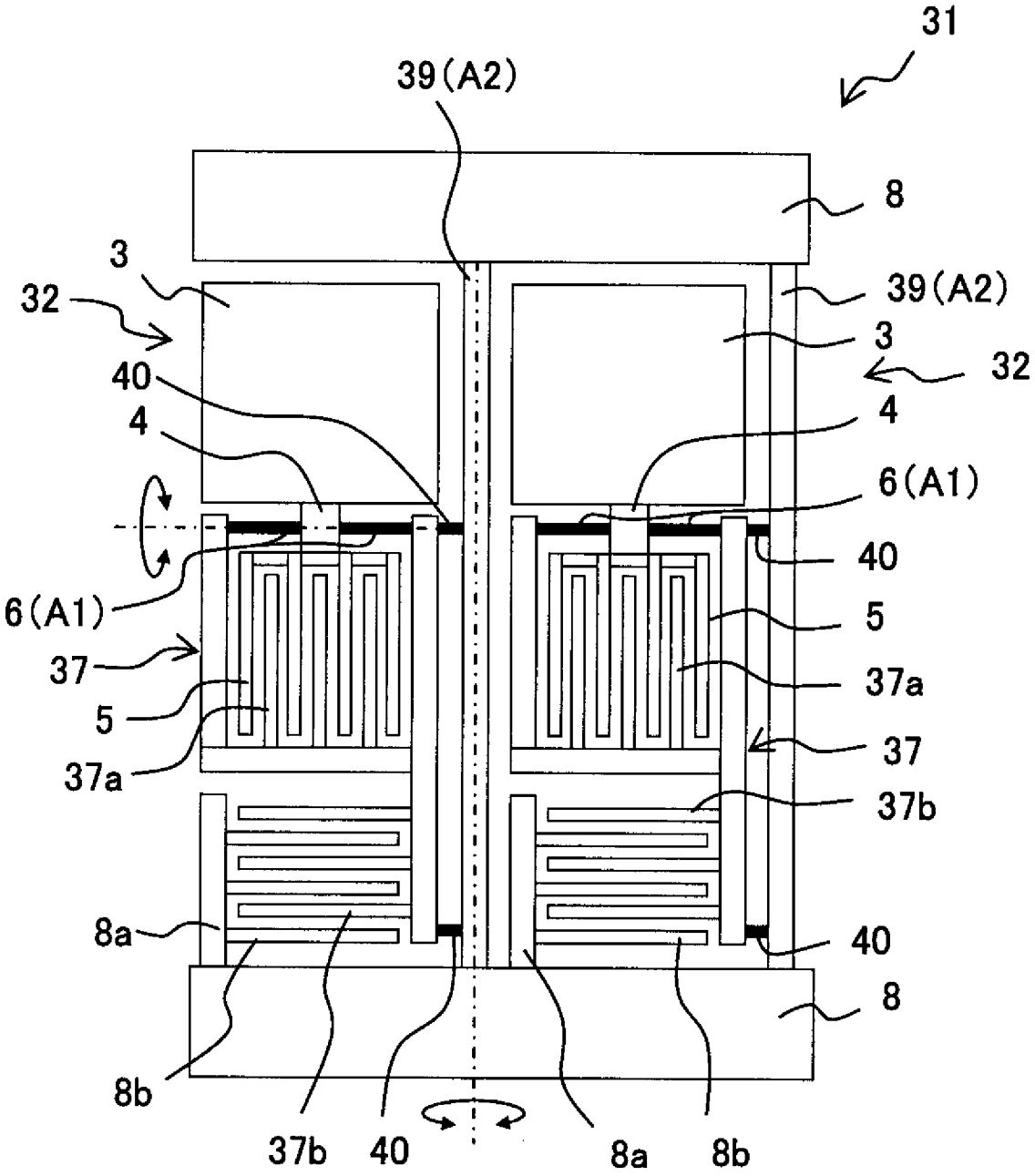
[図3]


21
22
10
27c(A2)
8
10
27d
27c
3
4
6(A1)
5
27
27a
27e
10
8a
8b
27b
10
8a
8b
27b
10
8
27e
27a
5
27c(A2)
6(A1)
4
3
27d
10

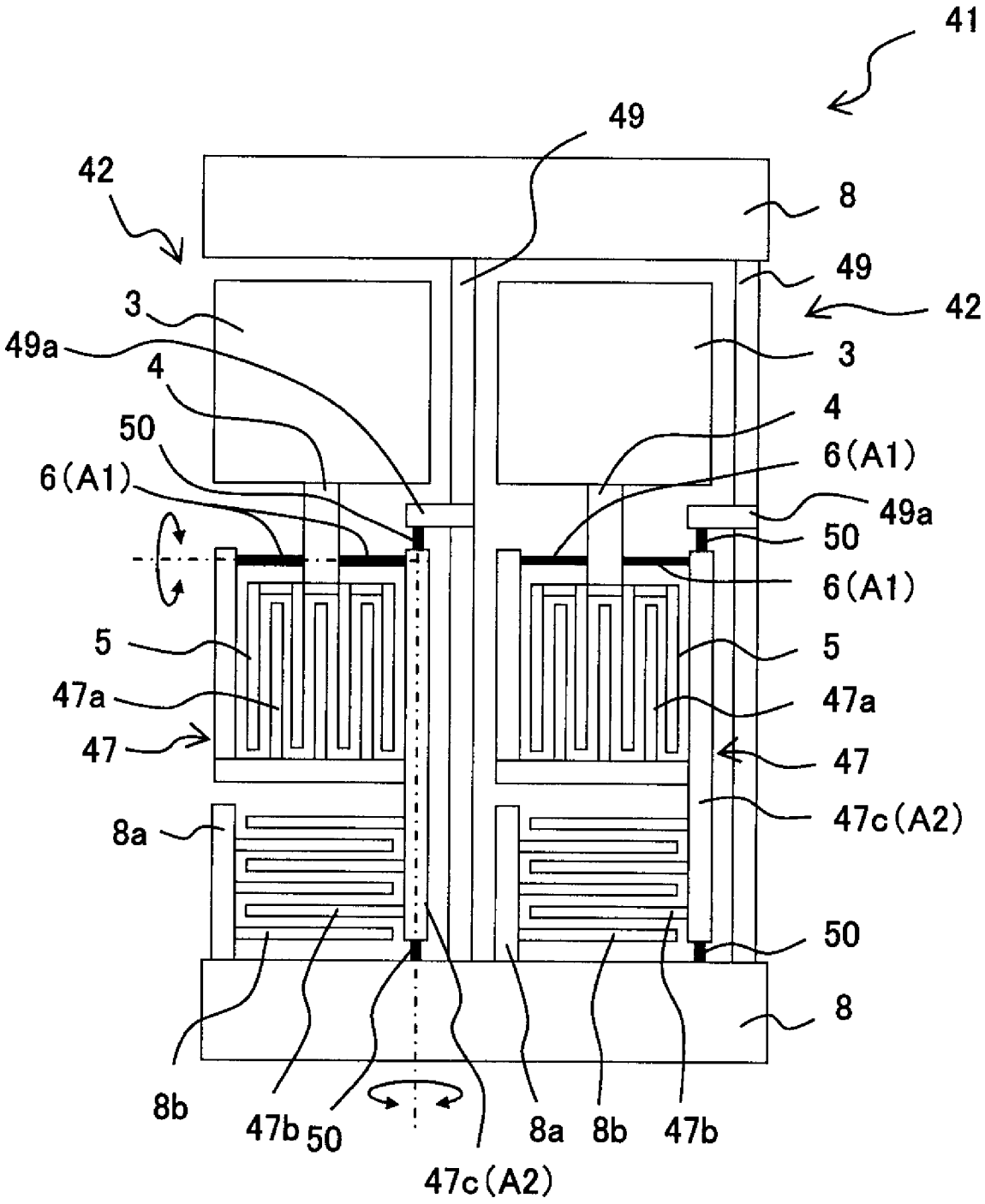
[図4]


22
21
10
27c(A2)
8
10
10
27d
27d
27c
3
3
6(A1)
4
4
6(A1)
6(A1)
27c(A2)
5
27g
5
27a
27a
8b
27f
27f
10
10
8
8b
8a
10
8a

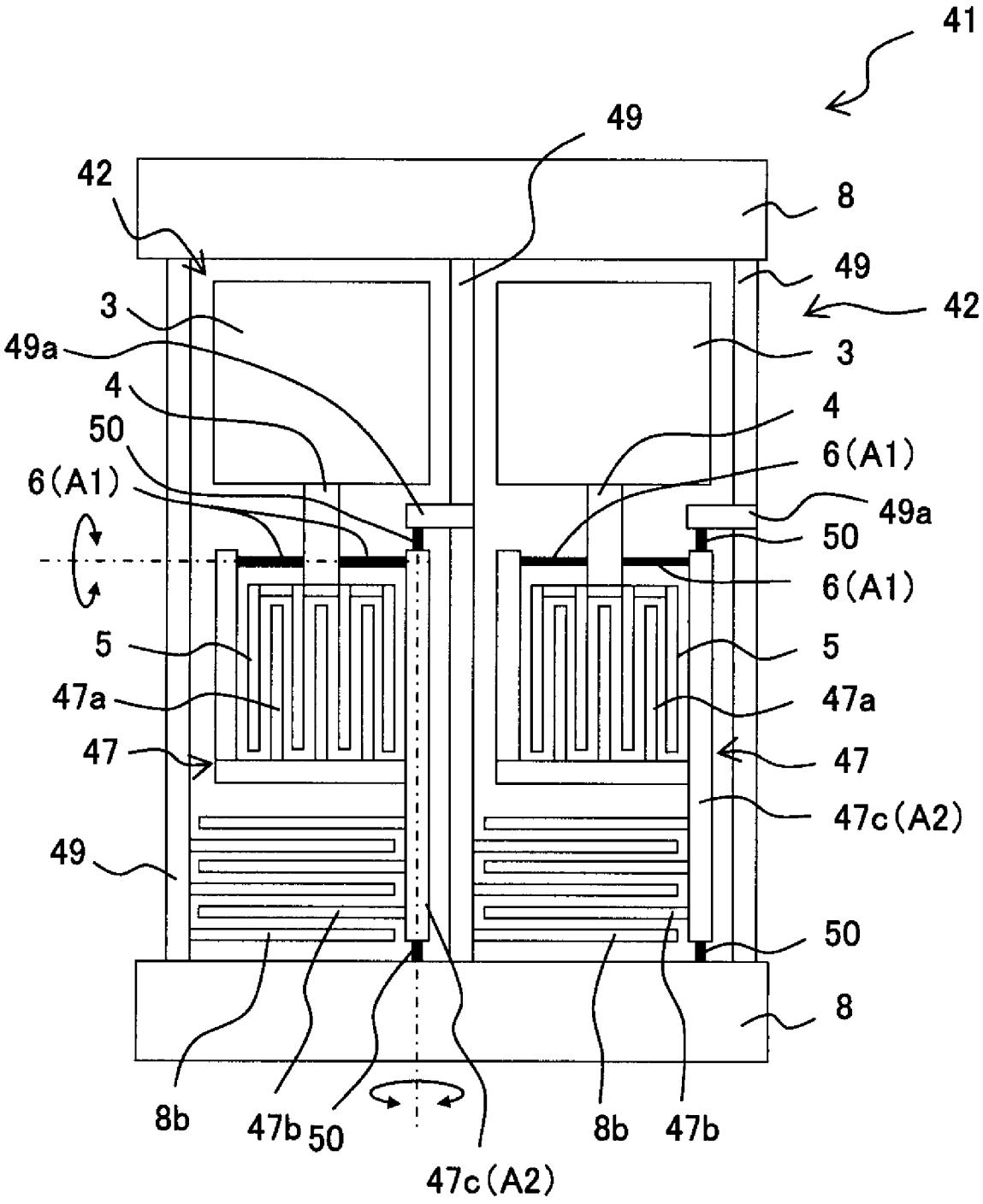
[図5]


31
39(A2)
8
3
32
39(A2)
3
32
40
4
4
6(A1)
40
6(A1)
5
37
37a
5
37
37a
37b
8a
40
8
8b
37b
40
8a
8b

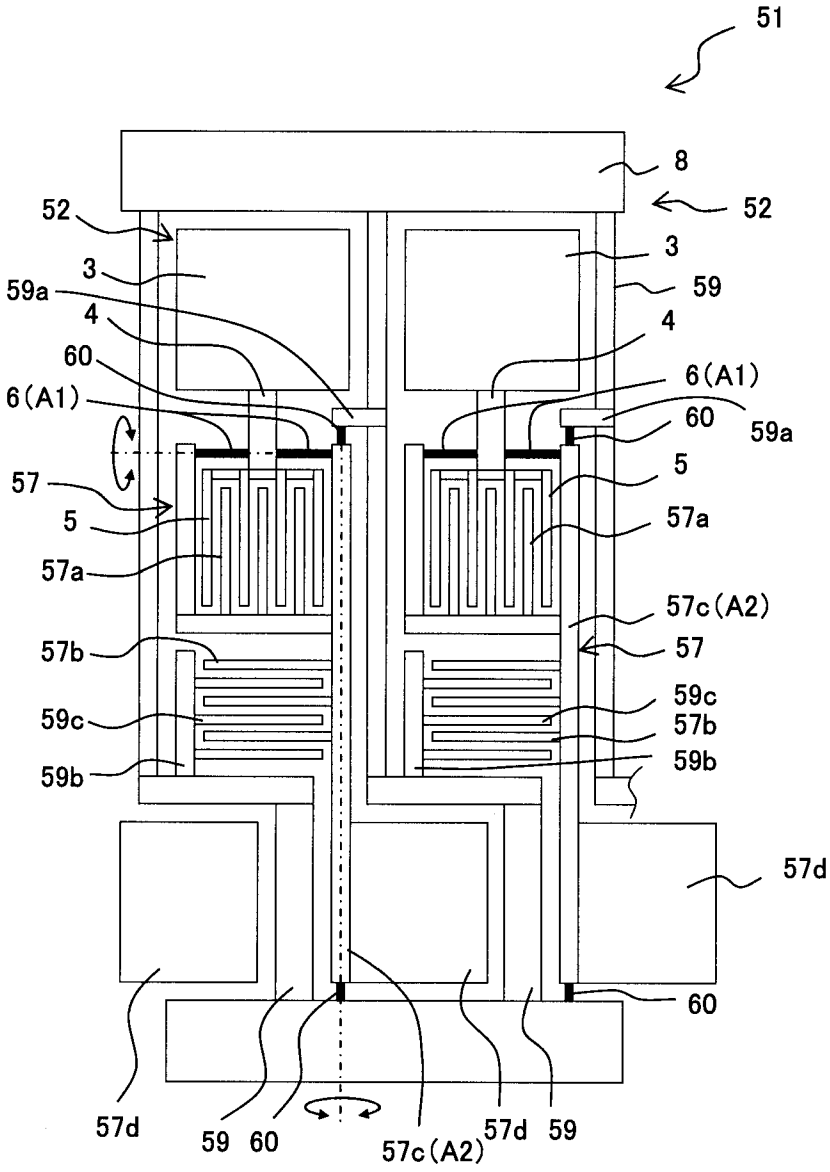
[図6]


41
49
42
8
49
42
3
49a
3
4
4
50
6(A1)
6(A1)
49a
50
6(A1)
5
5
47a
47a
47
47
47c(A2)
8a
50
8
8b
47b
50
8a
8b
47b
47c(A2)

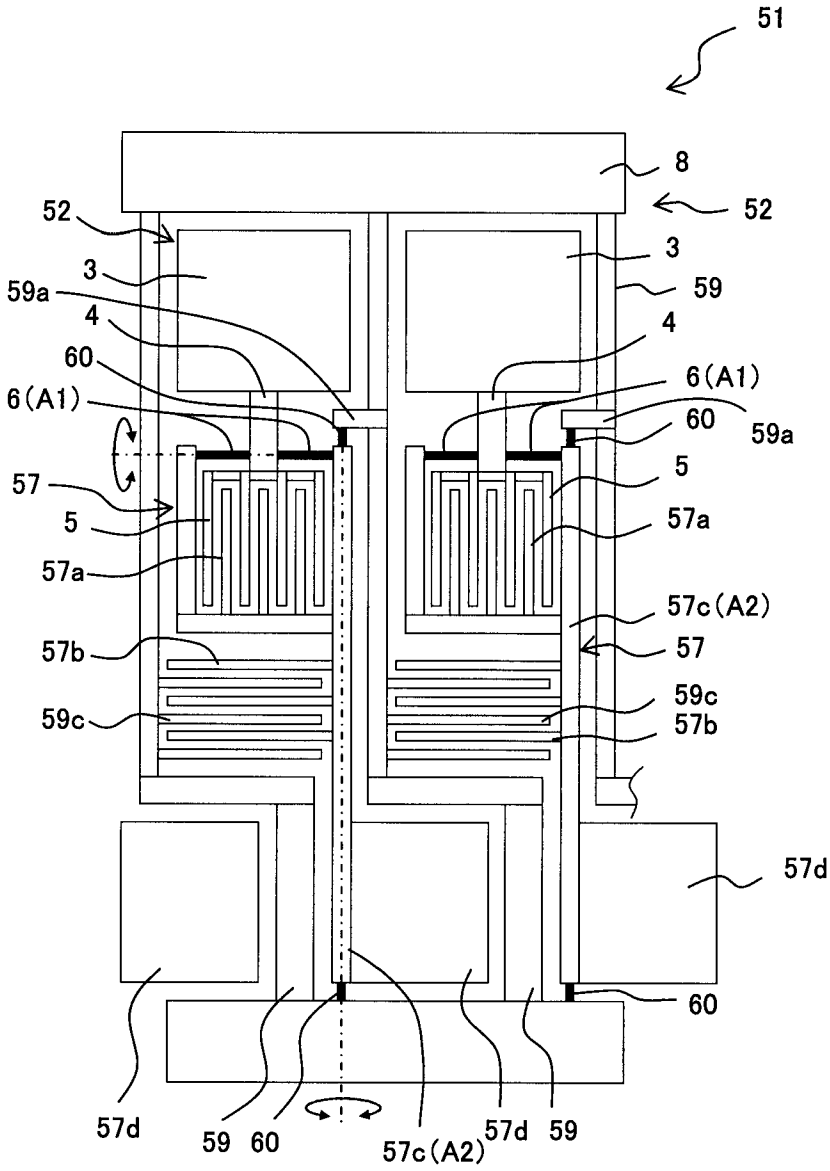
[図7]


41
49
42
8
49
42
3
49a
3
4
4
50
6(A1)
6(A1)
49a
50
6(A1)
5
5
47a
47a
47
47
47c(A2)
49
50
8
8b
47b
50
47c(A2)
8b
47b

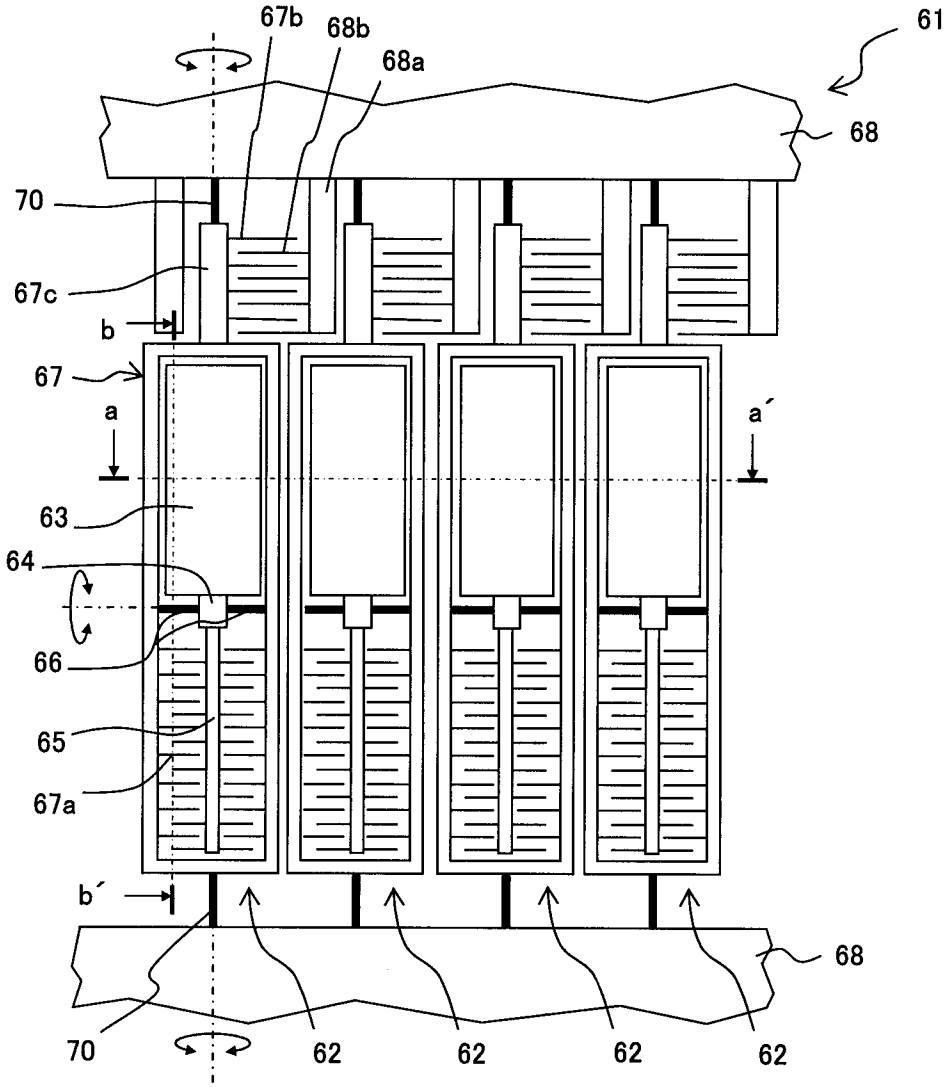
[図8]


51
8
52
52
3
3
59a
59
4
4
60
6(A1)
6(A1)
60
59a
57
5
5
57a
57a
57c(A2)
57b
57
59c
59c
57b
59b
59b
57d
60
57d
59
60
57c(A2)
57d
59

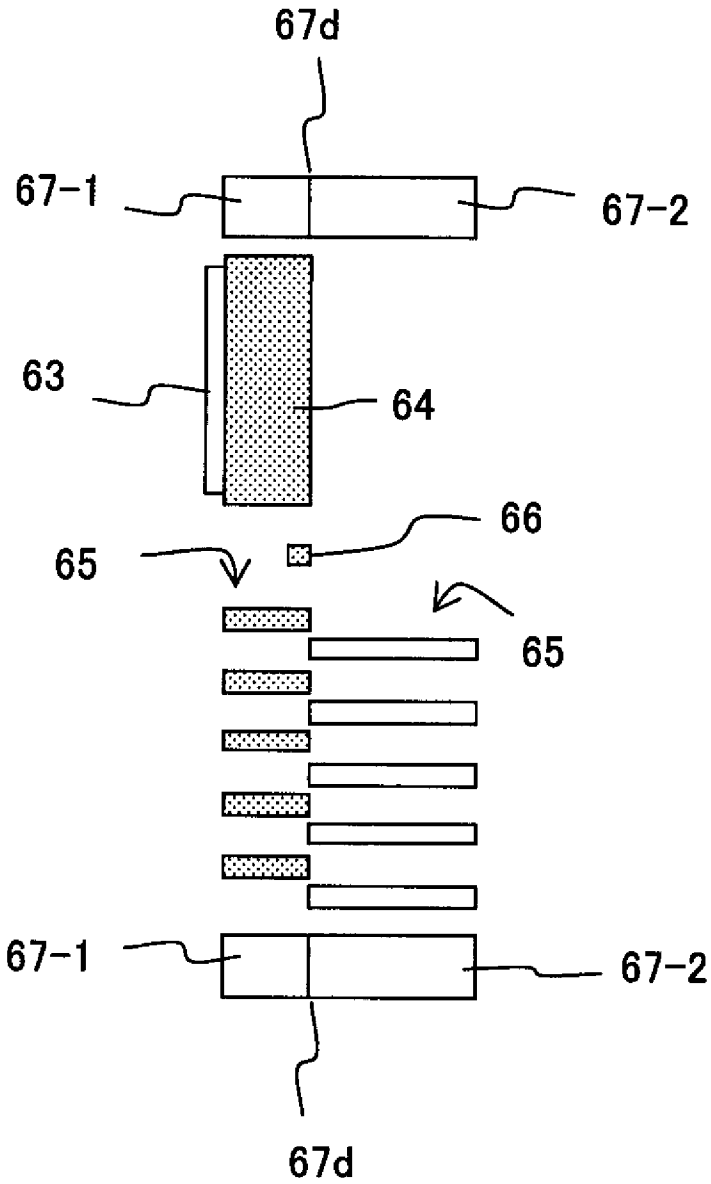
[図9]


51
8
52
52
3
3
59a
59
4
4
60
6(A1)
6(A1)
60
59a
57
5
5
57a
57a
57c(A2)
57b
57
59c
59c
57b
57d
60
57d
59
60
57c(A2)
57d
59

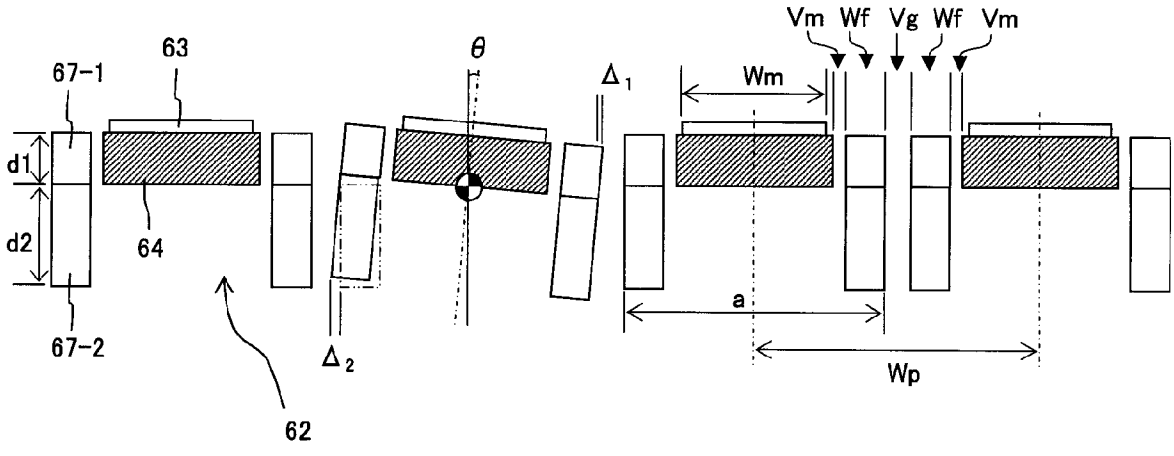
[図10]



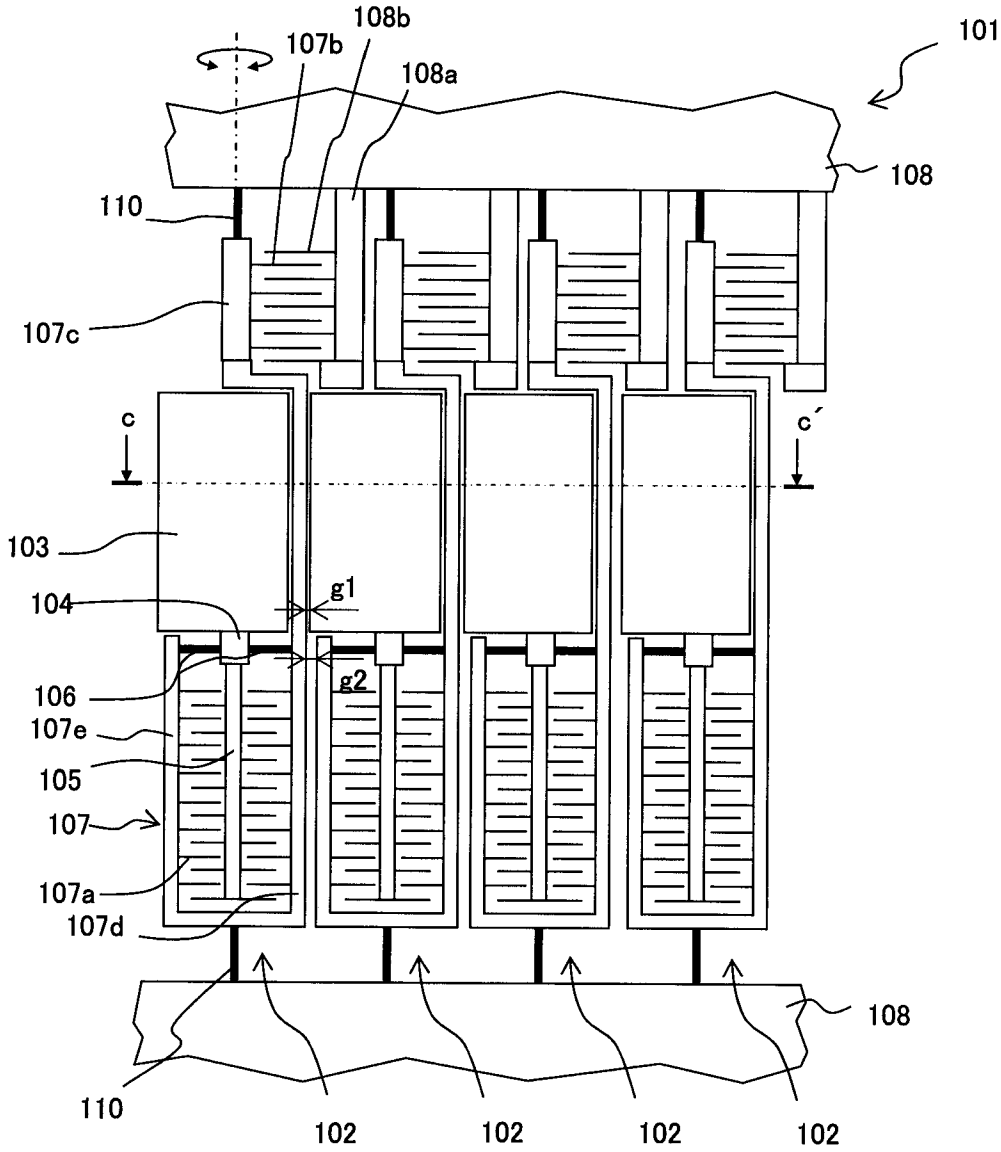
[図11]


67d
67-1
67-2
63
64
66
65
65
67-1
67-2
67d

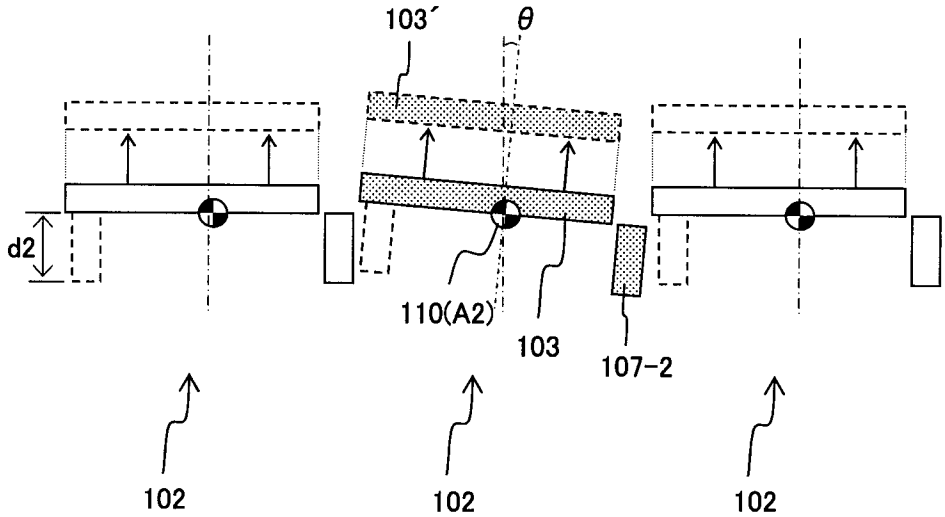
[図12]


Vm
Wf
Vg
Wf
Vm
63
67-1
θ
Δ1
Wm
d1
d2
64
a
67-2
Δ2
Wp
62

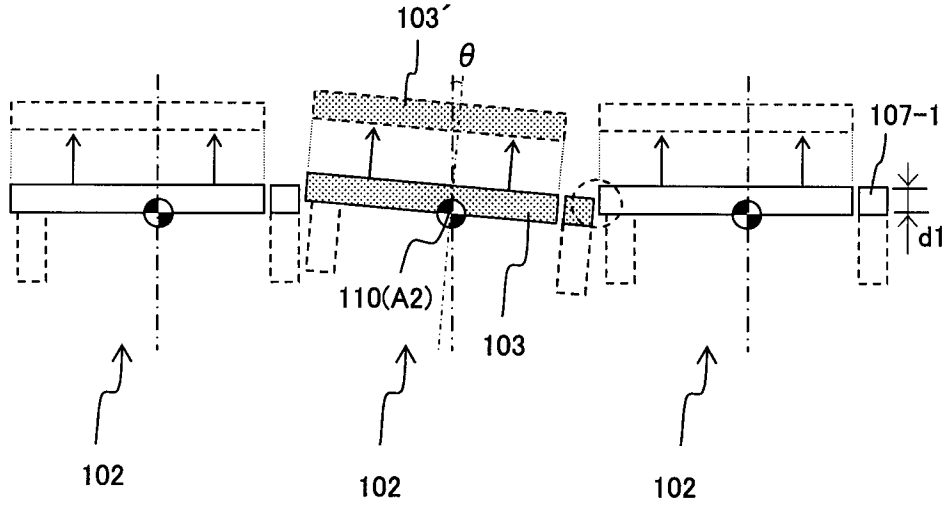
[図13]


108b
107b
108a
101
108
110
107c
c
c´
103
104
g1
g2
106
107e
105
107
107a
107d
108
110
102
102
102
102

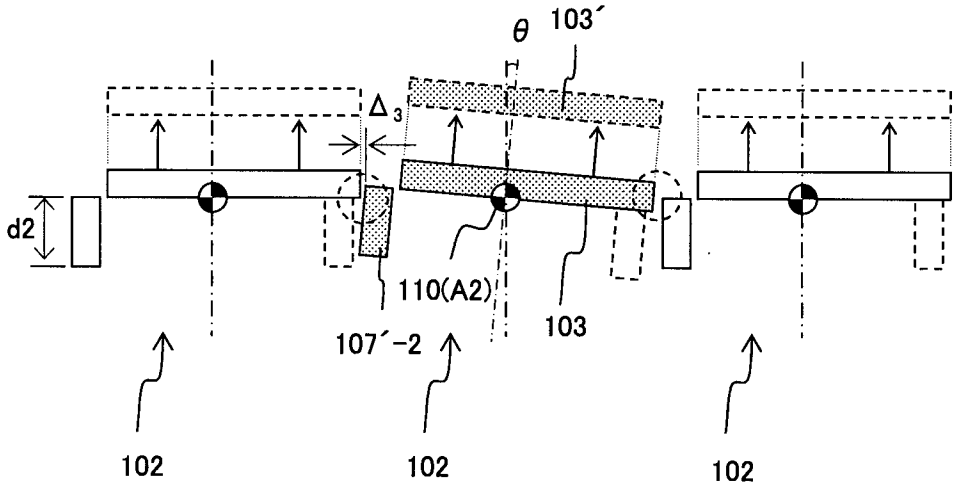
[図14A]


103´
θ
d2
110(A2)
103
107-2
102
102
102

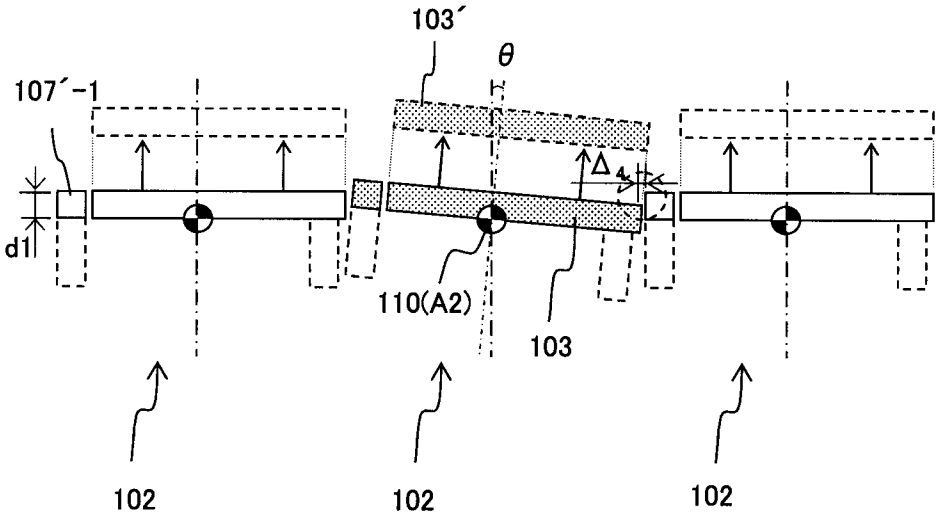
[図14B]



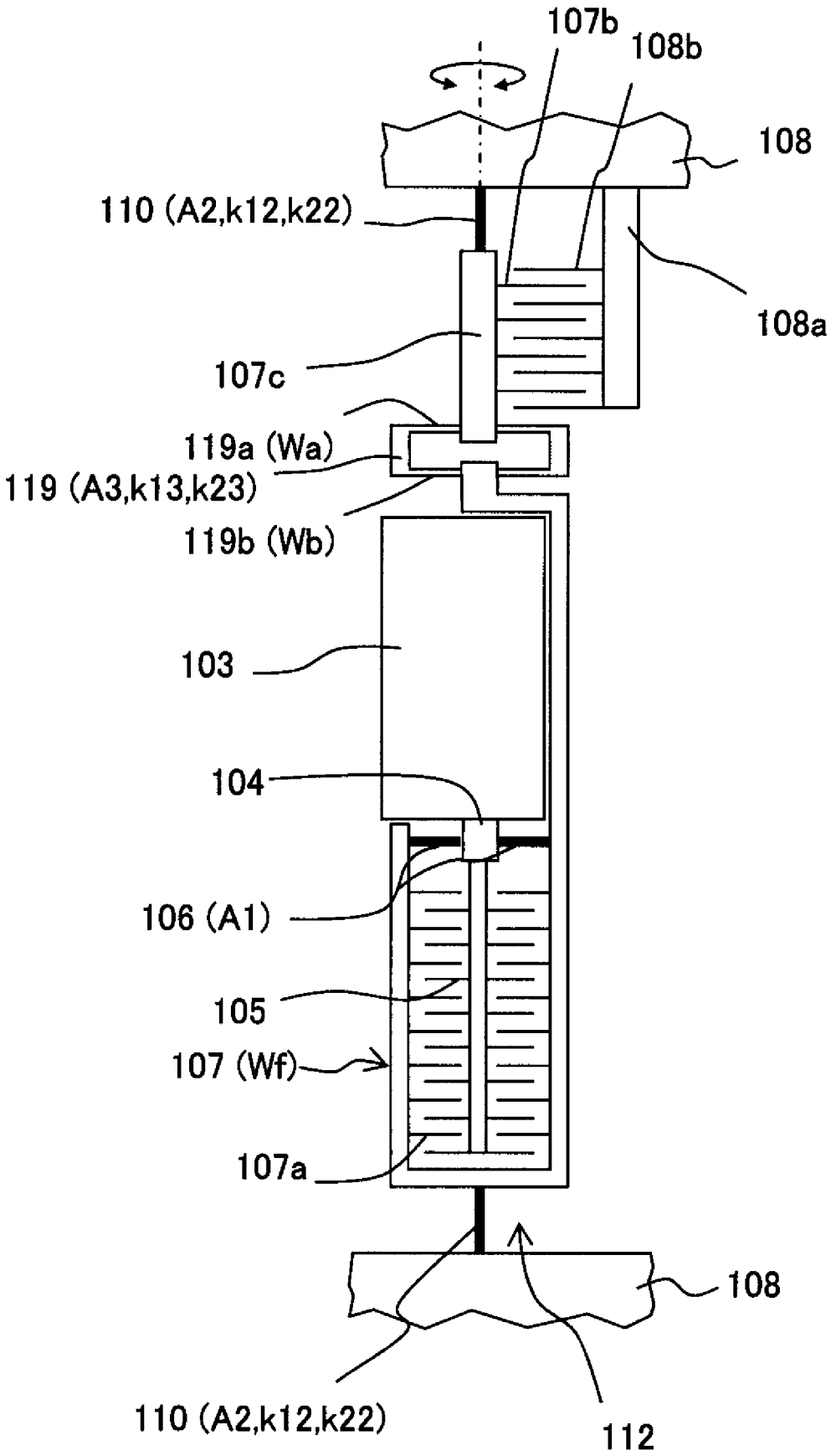
[図14C]



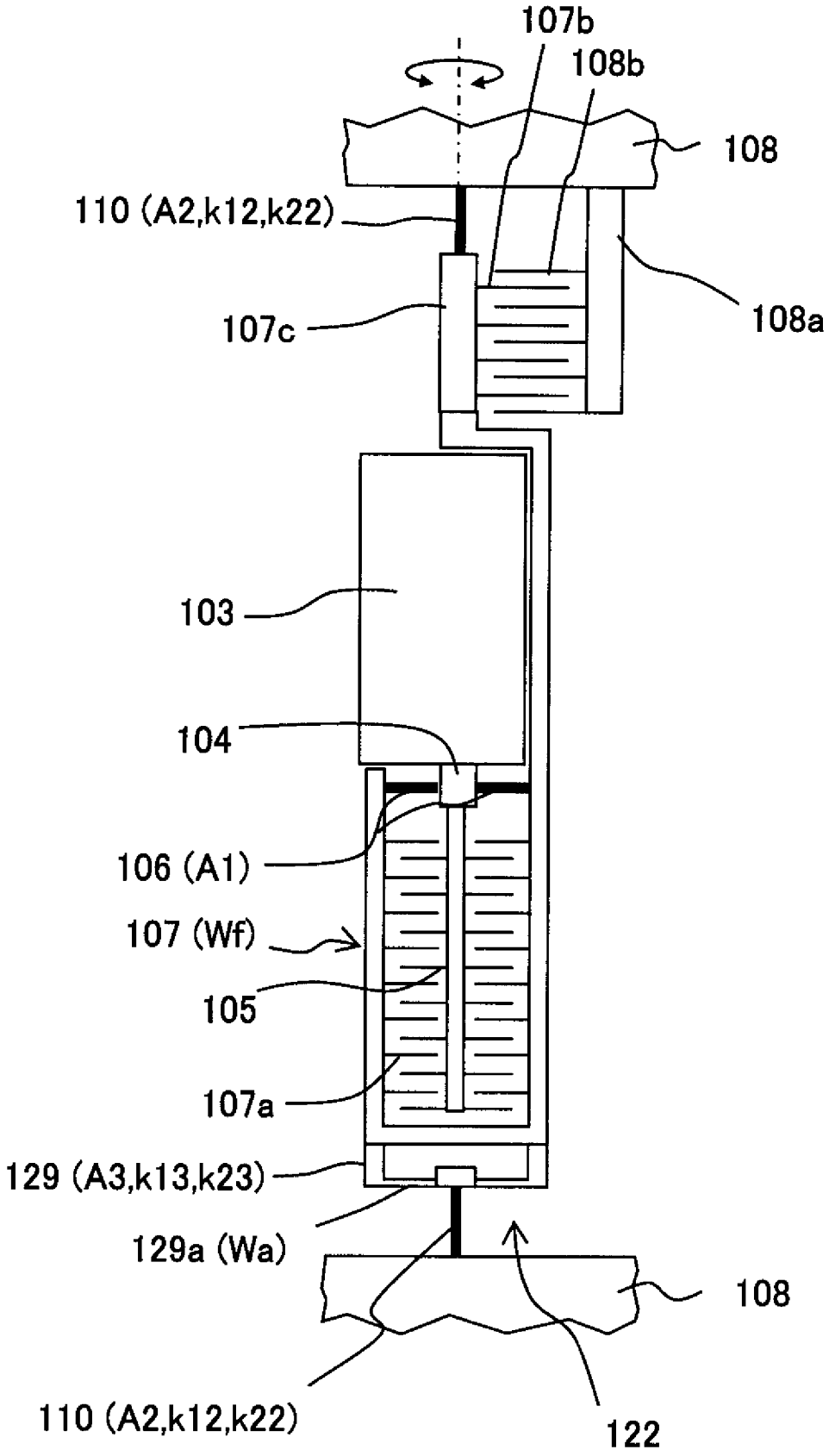
[図14D]



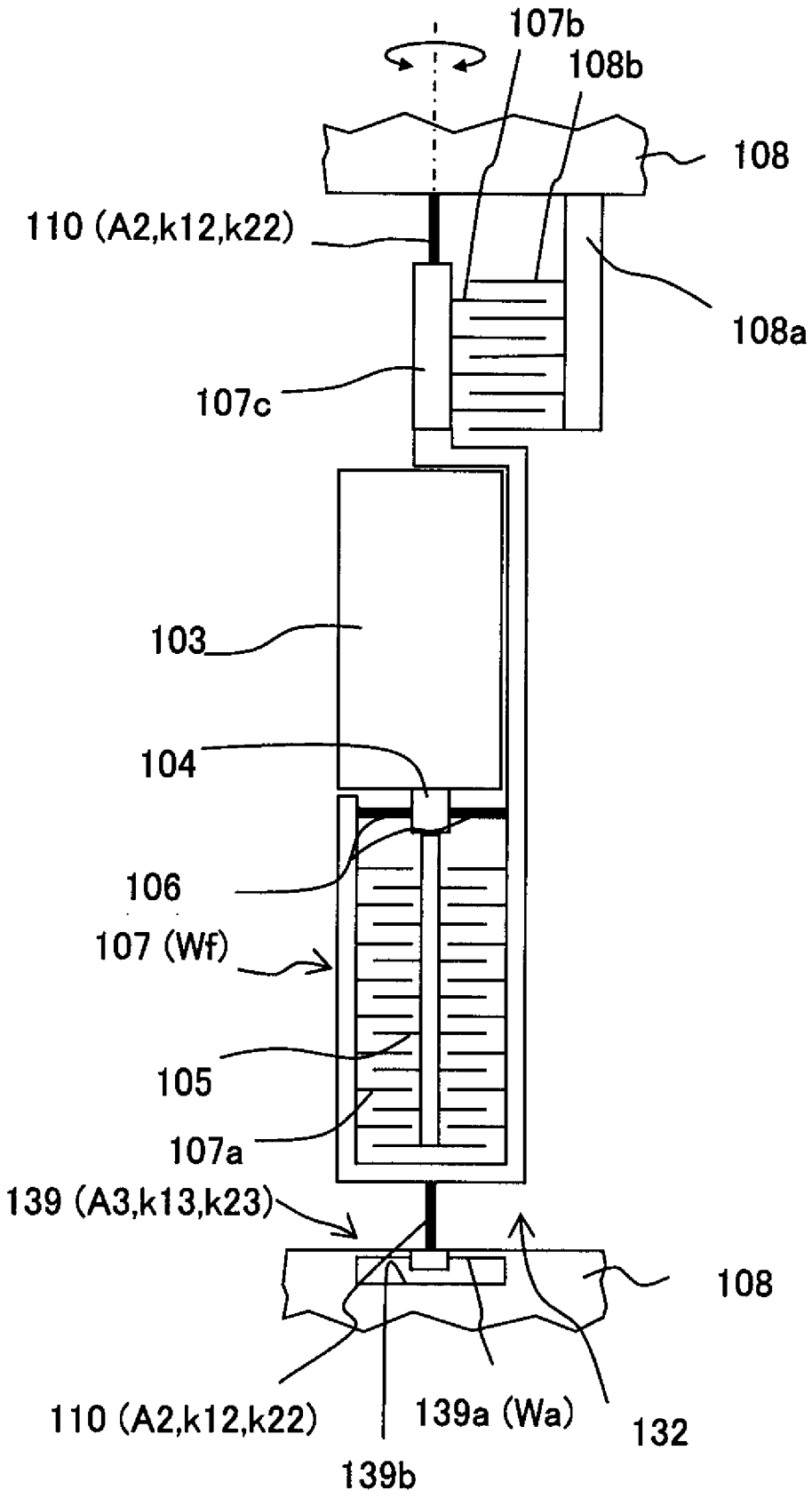
[図15A]


107b
108b
108
110 (A2,k12,k22)
108a
107c
119a (Wa)
119 (A3,k13,k23)
119b (Wb)
103
104
106 (A1)
105
107 (Wf)
107a
108
110 (A2,k12,k22)
112

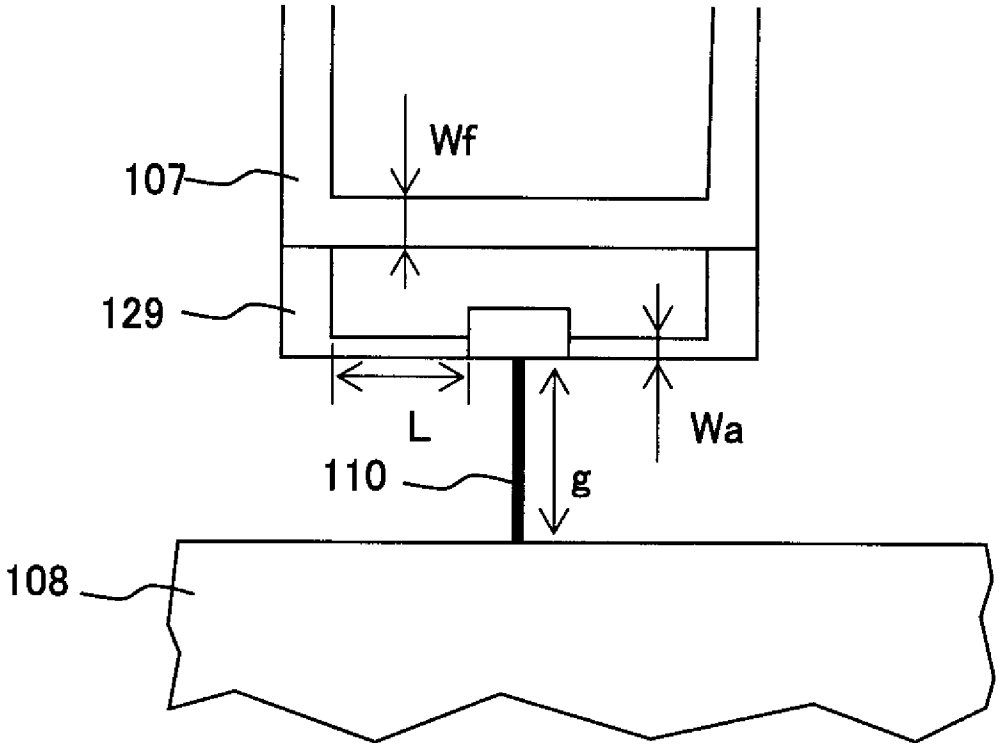
[図15B]


107b
108b
108
110 (A2,k12,k22)
107c
108a
103
104
106 (A1)
107 (Wf)
105
107a
129 (A3,k13,k23)
129a (Wa)
108
110 (A2,k12,k22)
122

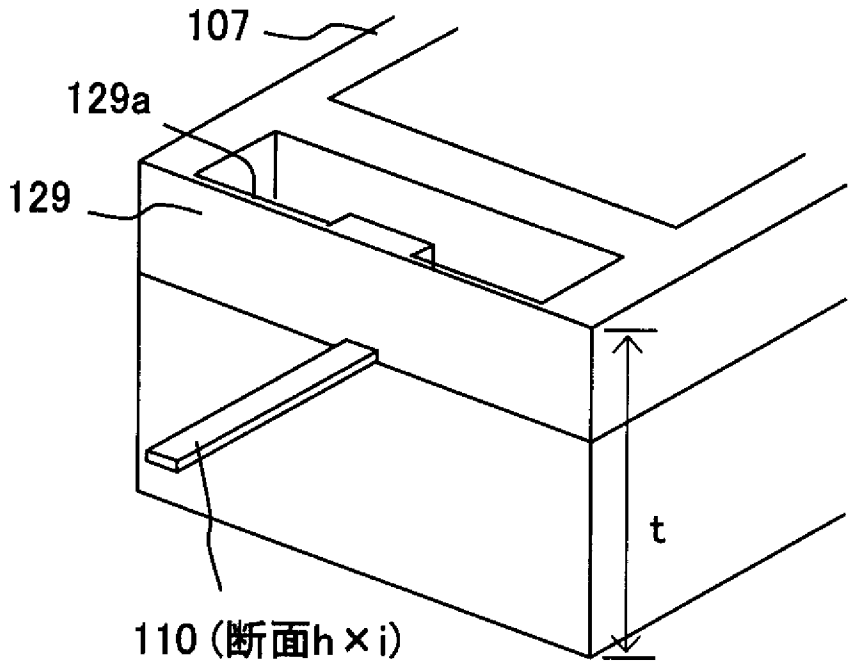
[図15C]


107b
108b
108
110 (A2,k12,k22)
108a
107c
103
104
106
107 (Wf)
105
107a
139 (A3,k13,k23)
108
110 (A2,k12,k22)
139a (Wa)
132
139b

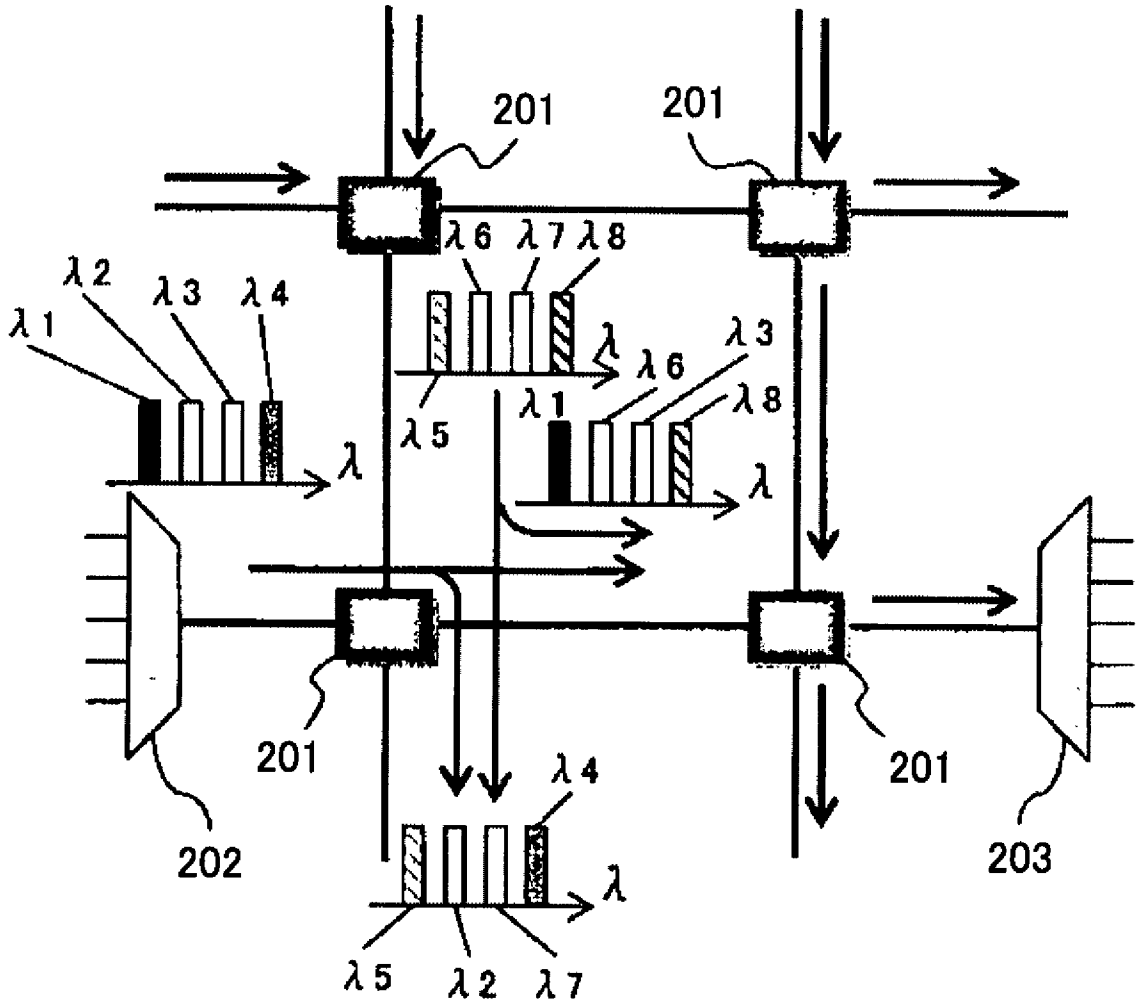
[図16]



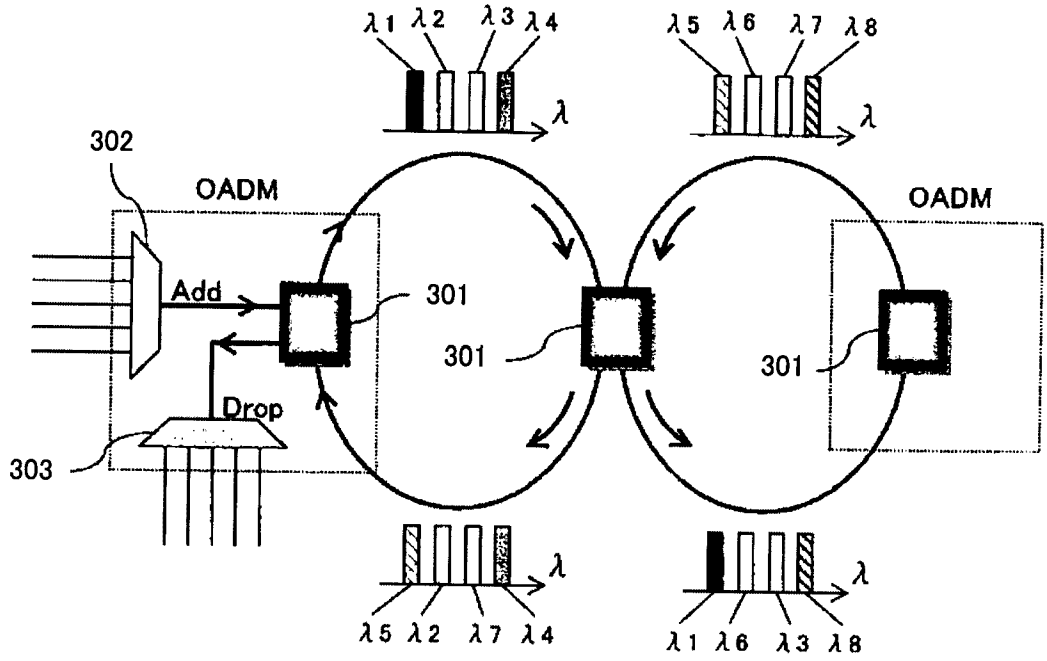
[図17]



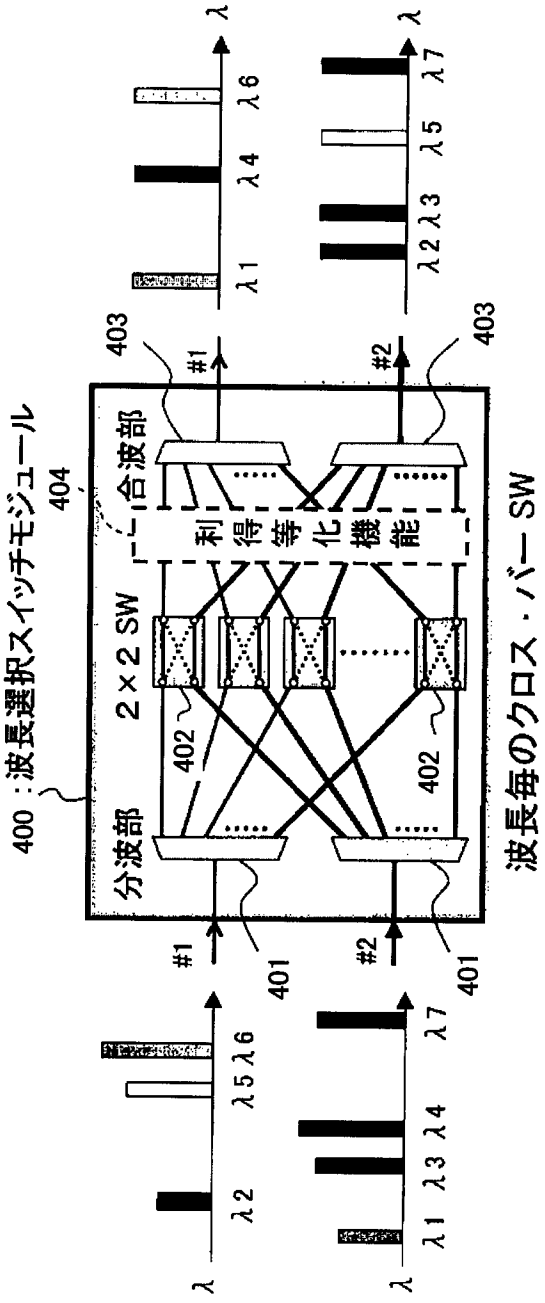
[図18]


201
201
λ6 λ7 λ8
λ2
λ3
λ4
λ1
λ
λ5
λ6
λ3
λ1
λ8
λ
λ
201
201
202
203
λ4
λ
λ5
λ2
λ7

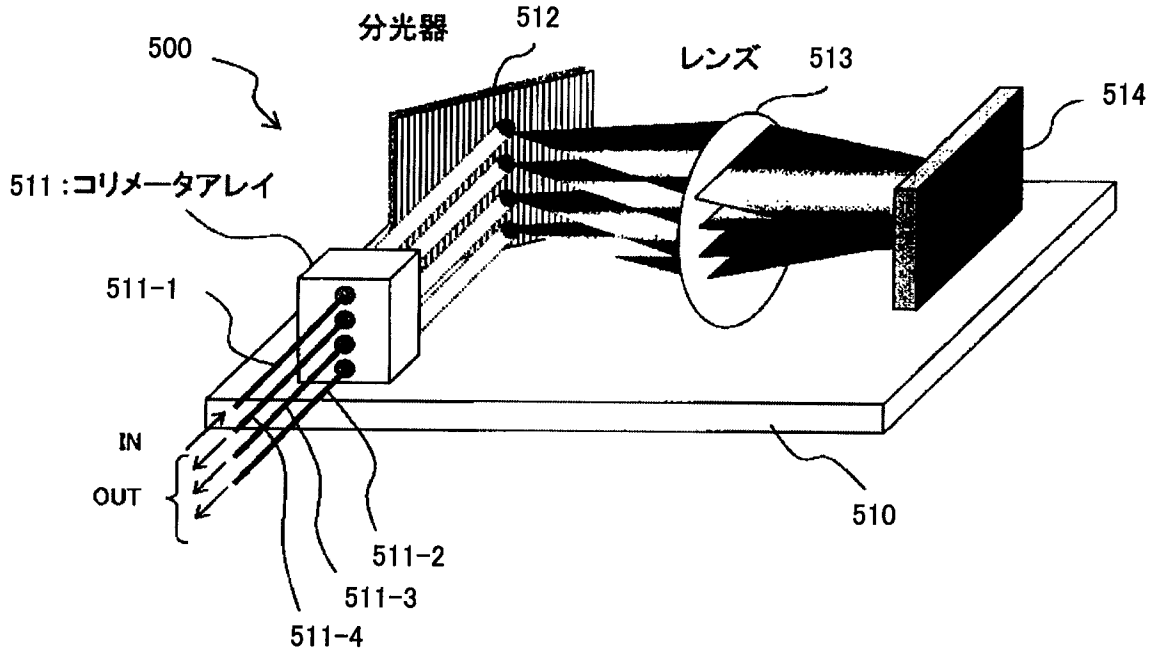
[図19]


λ1 λ2 λ3 λ4
λ
λ5 λ6 λ7 λ8
λ
302
OADM
OADM
Add
301
301
301
Drop
303
λ
λ5 λ2 λ7 λ4
λ
λ1 λ6 λ3 λ8

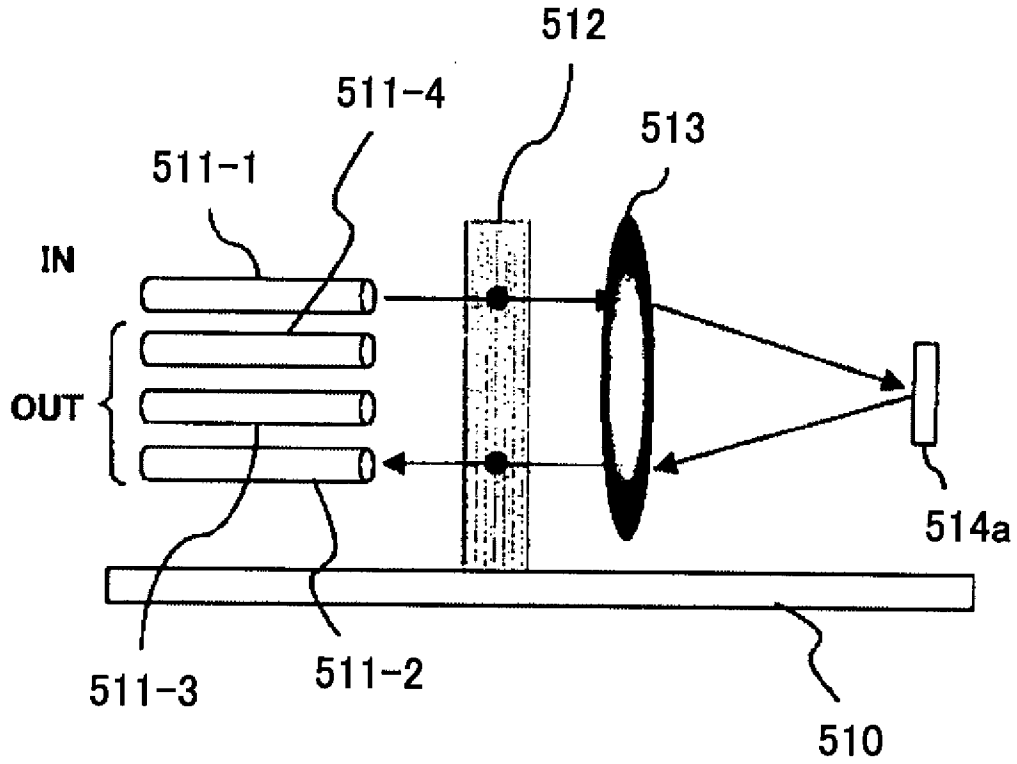
[図20]


400：波長選択スイッチモジュール
404
分波部
合波部
利得等化機能
2×2 SW
波長毎のクロス・バー SW
#1
#2
401
402
403
λ
λ1 λ2 λ3 λ4 λ5 λ6 λ7

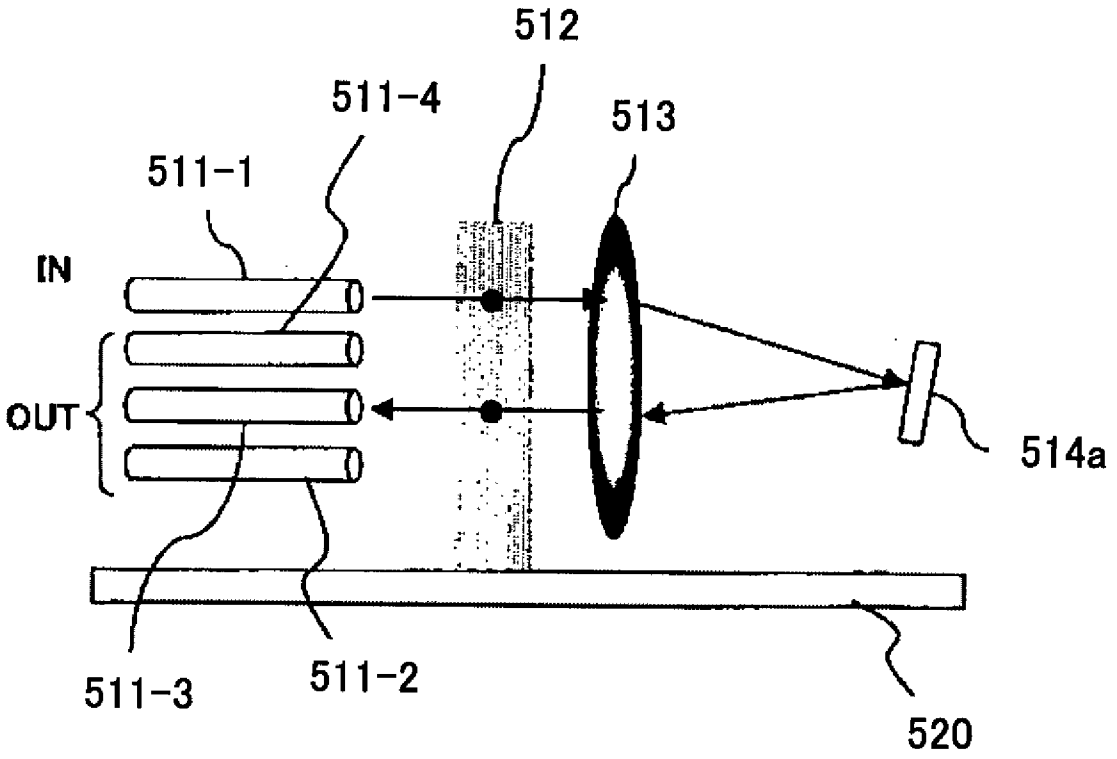
[図21]


500
分光器
512
レンズ
513
514
511 :コリメータアレイ
511-1
IN
OUT
510
511-2
511-3
511-4

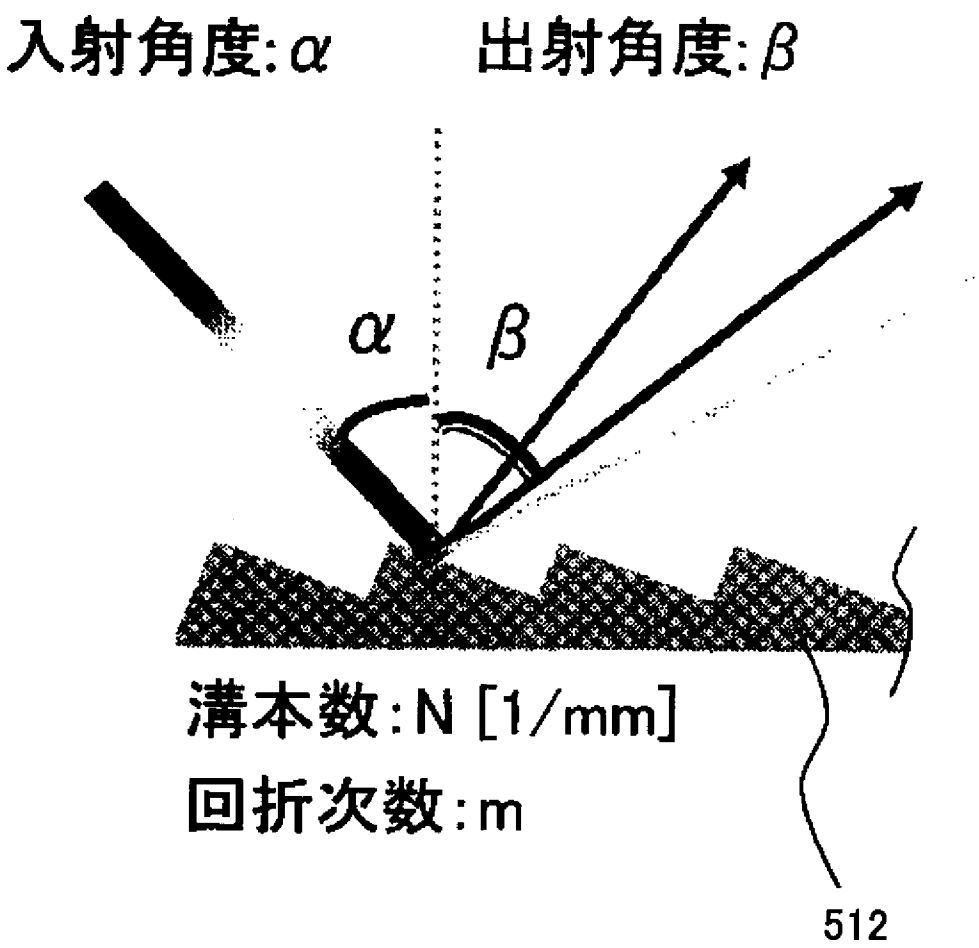
[図22A]


512
511-4
513
511-1
IN
OUT
514a
511-3
511-2
510

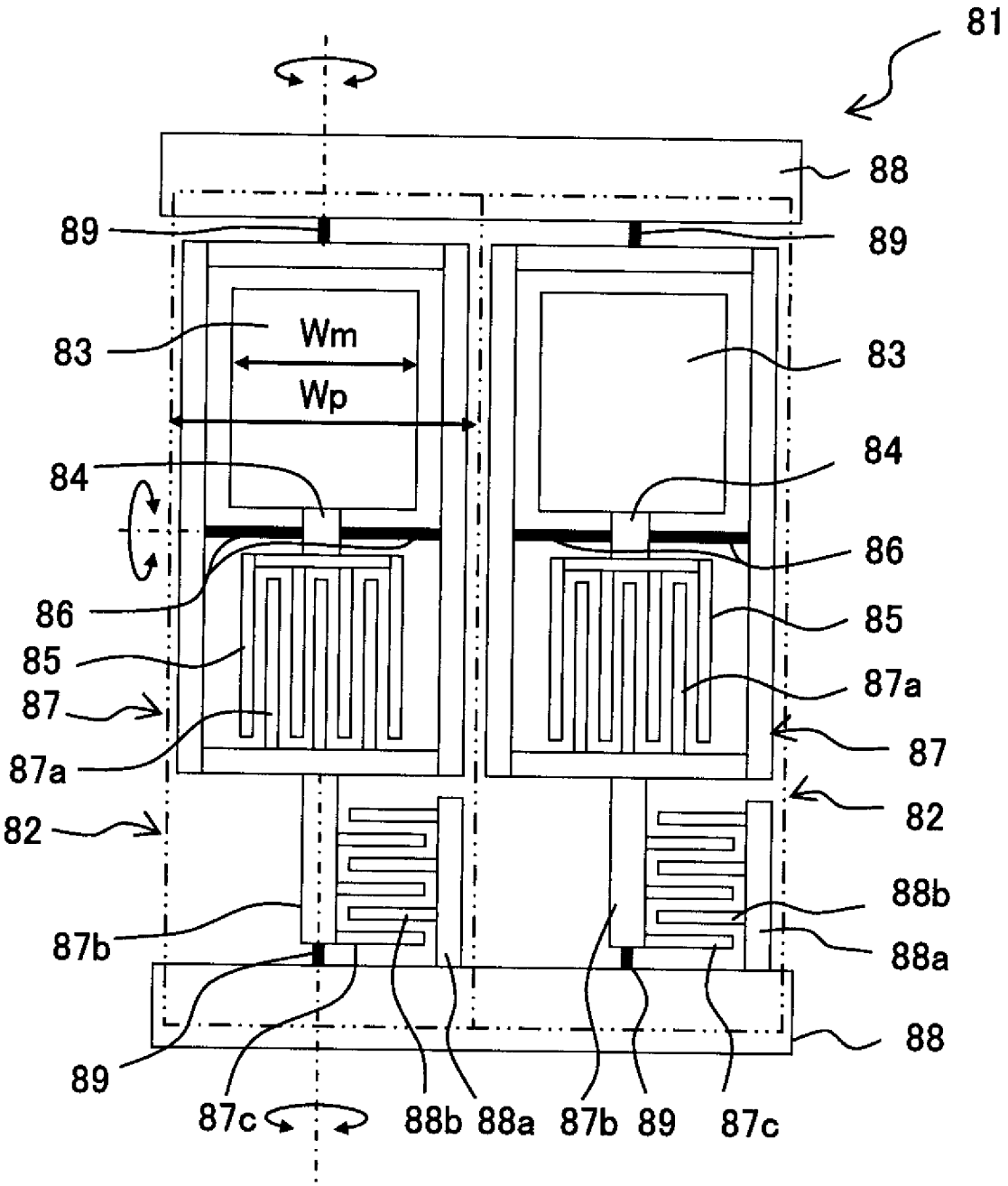
[図22B]


512
511-4
513
511-1
IN
OUT
514a
511-3
511-2
520

[図23]


入射角度:α
出射角度:β
α
β
溝本数:N [1/mm]
回折次数:m
512

[図24]


81
88
89
89
83
Wm
Wp
83
84
84
86
86
85
85
87a
87
87
87a
82
82
88b
87b
88a
88
89
87c
88b
88a
87b
89
87c

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/003084

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G02B26/08(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i, G02B7/18(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)
G02B26/00-26/08, G02B26/10, B81B1/00-7/04, B81C1/00-5/00, G02B7/18

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 1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2009 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2009

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 A	JP 2006-162699 A (Fujitsu Ltd.), 22 June, 2006 (22.06.06), Par. Nos. [0003], [0047] to [0056], [0061], [0062], [0119]; Figs. 7, 8, 10, 30, 33, 37 & US 2006/0120425 A1	1-3,11-14,17 4-10,15,16
A	JP 2008-55516 A (Fujitsu Ltd.), 13 March, 2008 (13.03.08), Claim 1; Par. Nos. [0016], [0062] to [0065]; Fig. 8 & US 2008/0054758 A1	4-6
A	JP 2004-294332 A (Denso Corp.), 21 October, 2004 (21.10.04), Par. Nos. [0005] to [0007]; Fig. 5 & US 2004/0187573 A1	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
31 August, 2009 (31.08.09)	08 September, 2009 (08.09.09)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/003084

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2006/0227409 A1 (F. Pardo, M. E. Simon), 12 October, 2006 (12.10.06), Par. No. [0045]; Fig. 4 (Family: none)	1-17
A	US 2004/0212864 A1 (D. S. Greywall, D. M. Marom), 28 October, 2004 (28.10.04), Par. No. [0060]; Fig. 5 & US 2006/0028094 A1	1-17

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００９／００３０８４

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, G02B7/18(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.　G02B26/00-26/08, G02B26/10, B81B1/00-7/04, B81C1/00-5/00, G02B7/18

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	１９７１－２００９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００９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 2006-162699 A (富士通株式会社) 2006.06.22, 段落【0003】, 【0047】-【0056】, 【0061】, 【0062】, 【0119】, 図 7, 8, 10, 30, 33, 37 & US 2006/0120425 A1	1-3, 11-14, 17
A		4-10, 15, 16
A	JP 2008-55516 A (富士通株式会社) 2008.03.13, 請求項 1, 段落【0016】, 【0062】-【0065】, 図 8 & US 2008/0054758 A1	4-6

☑　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 ３１．０８．２００９	国際調査報告の発送日 ０８．０９．２００９
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）　２Ｘ　４０８５ 林　祥恵 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２９４

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
A	JP 2004-294332 A (株式会社デンソー) 2004.10.21, 段落【0005】-【0007】, 図5 & US 2004/0187573 A1	15
A	US 2006/0227409 A1 (F. Pardo, M. E. Simon) 2006.10.12, 段落[0045], Fig.4 (ファミリーなし)	1-17
A	US 2004/0212864 A1 (D. S. Greywall, D. M. Marom) 2004.10.28, 段落 [0060] , Fig.5 & US 2006/0028094 A1	1-17