

(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
2014 年 1 月 16 日(16.01.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/010243 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 26/08 (2006.01) *B81B 3/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/004275
- (22) 国際出願日: 2013 年 7 月 10 日(10.07.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-157958 2012 年 7 月 13 日(13.07.2012) 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 1 0 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 1 0 号 住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP). 内納 亮平(UCHINO, Ryohei); 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町 1 番 1 0 号 住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP). 三崎 登紀子(MISAKI, Tokiko); 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑

町 1 番 1 0 号 住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP). 寅屋敷 治(TORAYASHIKI, Osamu); 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町 1 番 1 0 号 住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP).

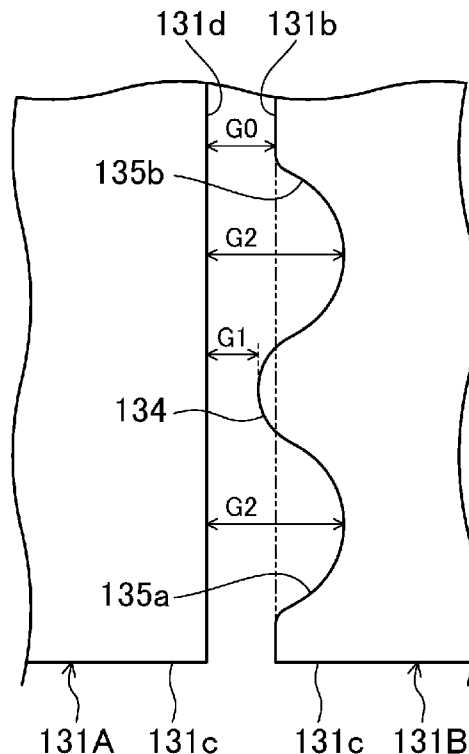
- (74) 代理人: 特許業務法人前田特許事務所(MAEDA & PARTNERS); 〒5410053 大阪府大阪市中央区本町 2 丁目 5 番 7 号 大阪丸紅ビル 5 階 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,

[続葉有]

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 半導体装置

[図4]



(57) Abstract: A mirror array (100) provided with a first mirror (131A), and a second mirror (131B) that is disposed so that a gap (G0) is open between the first mirror (131A) and the second mirror (131B). The first mirror (131A) and the second mirror (131B) are formed so as to be movable. At the gap (G0), the second mirror (131B) is provided with a protrusion (134) that protrudes towards the first mirror (131A). The areas of the second mirror (131B) that are adjacent to the protrusion (134) are provided with recesses (135a, 135b).

(57) 要約: ミラーアレイ 100 は、第 1 ミラー 131A と、第 1 ミラー 131A との間に隙間 G0 を空けて配置された第 2 ミラー 131B とを備えている。第 1 ミラー 131A 及び第 2 ミラー 131B は、移動可能に構成されている。第 2 ミラー 131B には、隙間 G0 において、第 1 ミラー 131A の方へ突出する突起部 134 が設けられている。第 2 ミラー 131B のうち突起部 134 に隣接する部分には、凹部 135a、135b が設けられている。



MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラ
シア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロツ
パ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK,
MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

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

明 細 書

発明の名称：半導体装置

技術分野

[0001] 本発明は、半導体装置に関するものである。

背景技術

[0002] 従来より、様々な半導体装置が知られている。特許文献1には、半導体装置の一例として、発振器が開示されている。この発振器では、振動片と電極部とが隙間を空けて配置されている。電極部には、隙間において、振動片の方へ突出する突起部が設けられている。この突起部を設けることによって、振動片と電極部との固着（スティッキング）を防止している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2009-60173号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、上述のような構成では、突起部において2つの部分の隙間が非常に狭くなってしまう。そのため、そのような構成の半導体装置を製造することは非常に難しい。

[0005] ここに開示された技術は、かかる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、隙間を有して設けられた2つの部分の固着を防止でき且つ製造の容易な半導体装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] ここに開示された半導体装置は、第1部分と、前記第1部分との間に隙間を空けて配置された第2部分とを備え、前記第1部分及び第2部分の少なくとも一方は、移動可能に構成されており、前記第2部分には、前記隙間において、前記第1部分の方へ突出する突起部が設けられており、前記第1部分のうち前記突起部と対向する部分に隣接する部分及び前記第2部分のうち前

記突起部に隣接する部分の少なくとも一方には、凹部が設けられているものとする。

[0007] 前記の構成によれば、使用時や運搬時等に第1部分が第2部分に接触することがあっても、第1部分は突起部を介して第2部分と接触するので、接触面積を小さくすることができる。その結果、固着を防止することができる。

[0008] ここで、第1部分のうち突起部と対向する部分に隣接する部分及び第2部分のうち突起部に隣接する部分の少なくとも一方には、凹部が設けられている。突起部が設けられた部分は、第1部分と第2部分との間の隙間が微小であるが、凹部が設けられた部分は、第1部分と第2部分との間の隙間が比較的大きくなっている。そして、凹部は、第1部分のうち突起部と対向する部分に隣接する部分及び第2部分のうち突起部に隣接する部分の少なくとも一方に位置するので、突起部により隙間が微小になった部分と凹部により隙間が大きくなった部分とは互いに隣接する。その結果、突起部の周辺にエッチング種が入り込み易くなり、突起部を有する第2部分及びそれに対向する第1部分を容易に形成することができる。

発明の効果

[0009] 前記半導体装置によれば、隙間を有して設けられた2つの部分の固着を防止でき且つ製造の容易な半導体装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、ミラーアレイの平面図である。

[図2]図2は、ミラーアレイの、図1のII-II線における断面図である。

[図3]図3は、波長選択スイッチの概略図である。

[図4]図4は、第1ミラー及び第2ミラーの部分拡大図である。

[図5]図5は、変形例1に係る第1ミラー及び第2ミラーの部分拡大図である。

[図6]図6は、変形例2に係る第1ミラー及び第2ミラーの部分拡大図である。

[図7]図7は、変形例3に係る第1ミラー及び第2ミラーの部分拡大図である。

。

[図8]図8は、変形例4に係る第1ミラー及び第2ミラーの部分拡大図である

。

[図9]図9は、変形例5に係る第1ミラー及び第2ミラーの部分拡大図である

。

[図10]図10は、変形例6に係るミラーアレイの平面図である。

[図11]図11は、変形例7に係るミラーアレイの平面図である。

[図12]図12は、変形例8に係るミラーアレイの平面図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、例示的な実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。

[0012] 図1は、ミラーアレイ100の平面図を、図2は、ミラーアレイ100の、図1のII-II線における断面図を示す。

[0013] ミラーアレイ100は、複数のミラーデバイス103、103、…を備えている。複数のミラーデバイス103、103、…は、所定の方角に一列に配列されている。ミラーアレイ100は、半導体装置の一例である。

[0014] ミラーアレイ100は、SOI (Silicon on Insulator) 基板109を用いて製造されている。SOI基板109は、単結晶シリコンで形成された第1シリコン層191と、 SiO_2 で形成された酸化膜層192と、単結晶シリコンで形成された第2シリコン層193とがこの順で積層されて構成されている。

[0015] ミラーデバイス103は、ベース部102と、ミラー131と、ミラー131を駆動する2つのアクチュエータ104、104と、ミラー131を支持する梁部材105と、ミラー131をアクチュエータ104又は梁部材105と連結するヒンジ106、106、…とを有している。

[0016] ベース部102は、全体の図示は省略するが、概略長方形の枠状に形成されている。ベース部102は、第1シリコン層191、酸化膜層192及び第2シリコン層193で形成されている。

[0017] ミラー131は、平面視長方形の板状に形成されている。詳しくは、ミラ

ー 1 3 1 は、第 1 ～ 第 4 辺 1 3 1 a ～ 1 3 1 d を有している。第 1 辺 1 3 1 a 及び第 3 辺 1 3 1 c は、長方形の短辺であり、第 2 辺 1 3 1 b 及び第 4 辺 1 3 1 d は、長方形の長辺である。ミラー 1 3 1 は、ミラー本体 1 3 2 と、ミラー本体 1 3 2 の表面に積層された鏡面層 1 3 3 とを有している。ミラー本体 1 3 2 は、第 1 シリコン層 1 9 1 で形成され、鏡面層 1 3 3 は、Au/Ti 膜で形成されている。

[0018] ここで、ミラー 1 3 1 の中心を通り、複数のミラーデバイス 1 0 3, 1 0 3, …の配列方向に延びる軸を主軸 X とする。ミラー 1 3 1 の中心を通り、主軸 X に直交し、ミラー 1 3 1 の表面と平行に延びる軸を副軸 Y とする。主軸 X 及び副軸 Y の両方に直交する軸を Z 軸とする。尚、Z 軸方向を上下方向ということがある。その場合、鏡面層 1 3 3 の側を上とし、ミラー本体 1 3 2 の側を下とする。

[0019] 各アクチュエータ 1 0 4 は、ベース部 1 0 2 から片持ち状に延び、その先端がミラー 1 3 1 に連結されている。アクチュエータ 1 0 4 は、湾曲することによって、ミラー 1 3 1 を傾動させる。詳しくは、アクチュエータ 1 0 4 は、基端部がベース部 1 0 2 に連結され、ベース部 1 0 2 から片持ち状に張り出しているアクチュエータ本体 1 4 1 と、アクチュエータ本体 1 4 1 の表面に積層された圧電素子 1 4 2 とを有している。

[0020] アクチュエータ本体 1 4 1 は、平面視長方形の板状に形成されている。アクチュエータ本体 1 4 1 は、第 1 シリコン層 1 9 1 で形成されている。2 つのアクチュエータ本体 1 4 1, 1 4 1 は、互いに平行に副軸 Y 方向に延びている。アクチュエータ本体 1 4 1 の先端部は、ヒンジ 1 0 6 を介して、ミラー 1 3 1 の第 3 辺 1 3 1 c に連結されている。ヒンジ 1 0 6 は、全体としてつづら折り状に屈曲している。ヒンジ 1 0 6 は、第 1 シリコン層 1 9 1 で形成されている。

[0021] 圧電素子 1 4 2 は、アクチュエータ本体 1 4 1 と同様に、平面視長方形の板状に形成されている。圧電素子 1 4 2 は、下部電極 1 4 3 と、上部電極 1 4 5 と、これらに挟持された圧電体層 1 4 4 とを有する。下部電極 1 4 3、

圧電体層 144、上部電極 145 は、アクチュエータ本体 141 の表面にこの順で積層されている。圧電素子 142 は、SOI 基板 109 とは別の部材で形成されている。詳しくは、下部電極 143 は、Pt/Ti 膜で形成されている。圧電体層 144 は、チタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) で形成されている。上部電極 145 は、Au/Ti 膜で形成されている。

[0022] アクチュエータ 104 は、圧電素子 142 に電圧が印加されると、アクチュエータ本体 141 のうち圧電素子 142 が積層された表面が伸縮し、アクチュエータ本体 141 が上下方向に湾曲する。

[0023] 梁部材 105 は、ベース部 102 から片持ち状に延び、その先端がミラー 131 に連結されている。梁部材 105 は、主軸 X を挟んでアクチュエータ 104、104 の反対側に設けられている。詳しくは、梁部材 105 は、基端部がベース部 102 に連結され、ベース部 102 から片持ち状に張り出している梁本体 151 と、梁本体 151 の表面に積層された圧電素子 152 とを有している。尚、梁部材 105 は、圧電素子 152 を有しているが、ミラー 131 の駆動を行わず、ミラー 131 を単に支持するだけである。

[0024] 梁本体 151 は、平面視長方形の板状に形成されている。梁本体 151 は、第 1 シリコン層 191 で形成されている。梁本体 151 は、副軸 Y 方向に延びている。梁本体 151 の先端部は、ヒンジ 106 を介して、ミラー 131 のうち第 1 辺 131a に連結されている。このヒンジ 106 は、アクチュエータ本体 141 とミラー 131 とを連結するヒンジ 106 と同様の構成をしている。ヒンジ 106 は、一端が梁本体 151 の先端部における主軸 X 方向中央に連結される一方、他端が第 1 辺 131a の主軸 X 方向中央に連結されている。

[0025] 圧電素子 152 は、梁本体 151 と同様に、平面視長方形の板状に形成されている。圧電素子 152 は、圧電素子 142 と同様の構成をしている。すなわち、圧電素子 152 は、下部電極 153 と、上部電極 155 と、これらに挟持された圧電体層 154 とを有する。下部電極 153、圧電体層 154、上部電極 155 は、梁本体 151 の表面にこの順で積層されている。圧電

素子 152 は、SOI 基板 109 とは別の部材で形成されている。詳しくは、下部電極 153 は、Pt/Ti 膜で形成されている。圧電体層 154 は、チタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) で形成されている。上部電極 155 は、Au/Ti 膜で形成されている。

[0026] 梁本体 151 の長さ及び厚さは、アクチュエータ本体 141 と略同じである。梁本体 151 の幅は、アクチュエータ本体 141 の幅の略 2 倍である。同様に、圧電素子 152 の長さ及び厚さは、圧電素子 142 と略同じである。圧電素子 152 の幅は、圧電素子 142 の幅の略 2 倍である。

[0027] 次に、このように構成されたミラーアレイ 100 の動作について説明する。ミラーアレイ 100 の制御部 (図示省略) は、上部電極 145 と下部電極 143 とに電圧を印加する。この電圧に応じて、圧電体層 144 が収縮又は伸張し、アクチュエータ本体 141 が上方又は下方に湾曲する。

[0028] さらに詳しくは、制御部は、各アクチュエータ 104 の下部電極 143 及び上部電極 145 にオフセット電圧を印加すると共に、梁部材 105 の下部電極 153 及び上部電極 145 にもオフセット電圧を印加する。これにより、アクチュエータ 104 は圧電素子 142 を内側にして湾曲し、梁部材 105 も圧電素子 152 を内側にして湾曲する。アクチュエータ 104 のオフセット電圧と梁部材 105 のオフセット電圧とは、アクチュエータ 104 の先端と梁部材 105 の先端との高さ (Z 軸方向の位置) が同じになるように設定されている。つまり、アクチュエータ 104 及び梁部材 105 にオフセット電圧を印加した状態 (以下、「基準状態」という) においては、ミラー 131 は、XY 平面に平行な状態となっている。

[0029] この状態から、各アクチュエータ 104 の下部電極 143 及び上部電極 145 に印加している電圧を増減することによって、各アクチュエータ 104 を湾曲させてミラー 131 を回動させる。具体的には、2 つのアクチュエータ 104, 104 の印加電圧を両方とも増加させるか又は減少させることによって、2 つのアクチュエータ 104, 104 を両方とも同じ方向に湾曲させて、ミラー 131 を主軸 X 周りに回動させることができる。このとき、2

つのアクチュエータ１０４，１０４の印加電圧を両方とも増加させるか、減少させるかによって、ミラー１３１の主軸Ｘ周りの回転方向を切り替えることができる。また、一方のアクチュエータ１０４の印加電圧を増加させ、他方のアクチュエータ１０４の印加電圧を減少させることによって、２つのアクチュエータ１０４，１０４を互いに逆向きに湾曲させて、ミラー１３１を副軸Ｙ周りに回転させることができる。このとき、印加電圧を増加させるアクチュエータ１０４と印加電圧を減少させるアクチュエータ１０４とを入れ替えることによって、ミラー１３１の副軸Ｙ周りの回転方向を切り替えることができる。

[0030] 尚、ミラー１３１を駆動する際には、アクチュエータ１０４の圧電素子１４２への印加電圧を増減させるが、梁部材１０５の圧電素子１５２への印加電圧は増減させない。つまり、梁部材１０５の圧電素子１５２は、梁部材１０５をオフセットさせて基準状態とするために電圧が印加されるが、ミラー１３１の駆動のためには用いられない。

[0031] 制御部は、ＣＰＵのような演算装置で構成され得る。制御部は、ミラー１３１を所望の回転角に回転させるための駆動電圧の電圧値を、演算装置からアクセス可能な記憶装置に記憶されているパラメータを参照して決定する。パラメータは、各駆動電圧ごとのミラー１３１の回転角を表しており、テーブル形式のデータであったり、近似曲線の係数の形式で記憶装置に記憶されている。

[0032] このミラーアレイ１００は、例えば、波長選択スイッチ１０８に組み込まれて使用される。図３に、波長選択スイッチ１０８の概略図を示す。

[0033] 波長選択スイッチ１０８は、１つの入力用光ファイバ１８１と、３つの出力用光ファイバ１８２～１８４と、光ファイバ１８１～１８４に設けられたコリメータ１８５と、回折格子で構成された分光器１８６と、レンズ１８７と、ミラーアレイ１００とを備えている。尚、この例では、出力用ファイバは、３本だけであるが、これに限られるものではない。

[0034] この波長選択スイッチ１０８においては、入力用光ファイバ１８１を介し

て、複数の異なる波長の光信号が入力される。この光信号は、コリメータ 185 により平行光にされる。平行光となった光信号は、分光器 186 によって、所定の数の特定波長の光信号に分波される。分波された光信号は、レンズ 187 によって集光され、ミラーアレイ 100 に入射する。分波される特定波長の個数と、ミラーアレイ 100 のミラー 131 の個数は対応している。つまり、分波された特定波長の光信号は、それぞれ対応するミラー 131 に入射する。そして、該光信号は、各ミラー 131 により反射し、再びレンズ 187 を通って、分光器 186 へ入射する。分光器 186 は、複数の異なる波長の光信号を合波し、出力用光ファイバ 182～184 へ出力する。ここで、ミラーアレイ 100 は、各ミラー 131 を主軸周りに回転させることによって光信号の反射角度を調整して、対応する光信号がどの出力用光ファイバ 182～184 へ入力されるのかを切り替える。さらに詳しくは、光信号を入力する出力用光ファイバ 182～184 を切り替えるために各ミラー 131 の主軸周りの回転角を変更するときには、ミラー 131 を一旦、副軸周りに回転させた状態で主軸周りの回転角を変更し、その後、副軸周りの回転を元に戻す。こうすることによって、主軸周りの回転角を変更する際に、ミラー 131 からの反射光が所望していない出力用光ファイバへ入力されてしまうことを防止している。

[0035] ー突起部ー

このように構成されたミラーアレイ 100 においては、複数のミラー 131, 131, …が主軸 X 方向に配列されている。そして、隣り合うミラー 131, 131 の間には微小な隙間 G0 が設けられている。隙間 G0 において、一方のミラー 131 には、他方のミラー 131 の方へ突出する突起部 134 が設けられている。

[0036] 突起部 134 について、図 4 を参照しながら詳細に説明する。図 4 は、第 1 ミラー 131 A 及び第 2 ミラー 131 B の部分拡大図である。ここで、図 1 において、左側から順に第 1 ミラー 131 A、第 2 ミラー 131 B、第 3 ミラー 131 C、…と呼ぶこととする。尚、特に区別しない場合は、単にミ

ラー 131 と称する。

[0037] 第2ミラー131Bの第2辺131bのうち、副軸Y方向の両端部（図4では、アクチュエータ104側の端部のみ図示）には、第1ミラー131Aの方へ突出し且つ第1ミラー131Aに接触しない突起部134が設けられている。ここでいう「接触しない」とは、通常時において接触しないことを意味し、使用時又は搬送時等に接触してしまうことを排除する意味ではない。さらに、第2ミラー131Bには、突起部134に隣接する両側の部分に凹部135a、135bが設けられている。突起部134の先端は、凸状に湾曲している。第1ミラー131Aが第1部分の一例であり、第2ミラー131Bが第2部分の一例である。

[0038] 突起部134を設けることによって、突起部134における第1ミラー131Aと第2ミラー131Bとの隙間G1は、隙間G0よりも狭くなっている。一方、凹部135a、135bを設けることによって、凹部135a、135bにおける第1ミラー131Aと第2ミラー131Bとの隙間G2は、隙間G0よりも広がっている。一例として、第1ミラー131Aの第4辺131dと第2ミラー131Bの第2辺131bとの隙間G0は、 $2\mu\text{m}$ である。突起部134は、第2辺131bよりも $0.5\mu\text{m}$ だけ突出し、凹部135a、135bは、第2辺131bよりも $2\mu\text{m}$ だけ凹んでいる。すなわち、突起部134における隙間G1は、 $1.5\mu\text{m}$ であり、凹部135a、135bにおける隙間G2は、 $4\mu\text{m}$ である。

[0039] この突起部134を設けることによって、第1ミラー131Aと第2ミラー131Bとが固着すること（スティッキング）を防止することができる。つまり、第1ミラー131Aと第2ミラー131Bとの間に静電引力が生じると、第1ミラー131Aと第2ミラー131Bとが接触し、固着する虞がある。また、空気中の水蒸気に起因して第1ミラー131Aと第2ミラー131Bとの間に水分が付着すると、表面張力により第1ミラー131Aと第2ミラー131Bとが接触し、固着する虞がある。

[0040] それに対し、突起部134を設けることによって、第1ミラー131Aと

第2ミラー131Bとの接触面積が小さくなる。静電引力も表面張力も面積に依存する力であるため、第1ミラー131Aと第2ミラー131Bとの接触面積を小さくすることによって、固着の可能性を低減することができる。

[0041] 以上では、第1ミラー131Aと第2ミラー131Bとの隙間において第2ミラー131Bに設けられた突起部134について説明したが、突起部134が設けられているのは、第2ミラー131Bに限られない。第2ミラー131Bと第3ミラー131Cとの隙間においては第3ミラー131Cに突起部134が設けられており、図示は省略するが、第3ミラー131Cと第4ミラーとの隙間においては第4ミラーに突起部134が設けられている。尚、第2ミラー131Bと第3ミラー131Cとの関係においては、第2ミラー131Bが第1部分を構成し、第3ミラー131Cが第2部分を構成する。すなわち、2つのミラー131、131との関係において、突起部134が設けられている方が第2部分を構成し、他方が第1部分を構成する。このことは、第2部分となる方に必ず突起部134が設けられていることを意味し、第1部分となる方には必ず突起部134が存在しないことを意味するわけではない。つまり、第2部分となる方に突起部134が設けられていれば、第1部分となる方には突起部134が設けられていなくても、設けられていてもよい。

[0042] ー製造方法ー

このように構成されたミラーアレイ100は、SOI基板109をエッチングしたり、その表面に成膜することにより製造される。例えば、第1シリコン層191をICP-RIE等の異方性エッチングを行うことによりミラー本体132、アクチュエータ本体141及び梁本体151等を形成する。その後、ミラー本体132の表面にAu/Ti膜を成膜して、鏡面層133を形成する。また、アクチュエータ本体141の表面及び梁本体151の表面に、Pt/Ti膜（下部電極143、153）、チタン酸ジルコン酸鉛（圧電体層144、154）及びAu/Ti膜（上部電極145、155）を順に成膜して、圧電素子142、152を形成する。その後、圧電素子14

2, 1 5 2 に所定の電圧を印加して分極処理を施す。

[0043] ここで、突起部 1 3 4 においては、隣り合うミラー 1 3 1, 1 3 1 の隙間 G 1 が小さいため、アスペクト比（深さ／幅）が高くエッチング種が入り込み難い。ところが、突起部 1 3 4 の周辺、詳しくは、突起部 1 3 4 の隣りに凹部 1 3 5 a, 1 3 5 b を設けることによって、エッチング種が深く入り込み易くすることができ、突起部 1 3 4 周辺の加工を容易にすることができる。

[0044] ーまとめー

したがって、本実施形態によれば、ミラーアレイ 1 0 0 は、隙間 G 0 を空けて配置されたミラー 1 3 1, 1 3 1 を備え、少なくとも一方のミラー 1 3 1 は、移動可能に構成されており、一方のミラー 1 3 1 には、隙間 G 0 において、他方のミラー 1 3 1 の方へ突出する突起部 1 3 4 が設けられており、一方のミラー 1 3 1 のうち突起部 1 3 4 に隣接する部分には、凹部 1 3 5 a, 1 3 5 b が設けられている。

[0045] この構成によれば、突起部 1 3 4 を設けることによって、2つのミラー 1 3 1, 1 3 1 が接触することがあっても、両者は突起部 1 3 4 を介して接触するので、両者の固着の可能性を低減することができる。それに加えて、突起部 1 3 4 に隣接する部分に凹部 1 3 5 a, 1 3 5 b を設けることによって、エッチング種を深くまで入り込み易くし、突起部 1 3 4 を容易に形成することができる。

[0046] また、凹部 1 3 5 a, 1 3 5 b は、ミラー 1 3 1 のうち突起部 1 3 4 に隣接する両側の部分に設けられている。こうすることによって、突起部 1 3 4 の両側においてエッチング種が入り込み易くなるので、突起部 1 3 4 をさらに容易に形成することができる。

[0047] さらに、突起部 1 3 4 の先端は、凸状に湾曲している。こうすることによって、ミラー 1 3 1, 1 3 1 が突起部 1 3 4 を介して接触する場合であっても、突起部 1 3 4 の破損を防止しつつ、接触面積を小さくすることができる。つまり、突起部 1 3 4 が尖鋭な形状をしていると、突起部 1 3 4 がミラー

131に接触する際に突起部134が破損する虞がある。それに対して、突起部134の先端を湾曲させることによって、突起部134の破損を防止することができる。それに加えて、突起部134の先端を平面ではなく湾曲させることによって、突起部134とミラー131の接触面積を可及的に小さくすることができる。特に、突起部134と対向する部分が平面又は凸状に湾曲している場合には、突起部134と該対向する部分との接触を略線接触とすることができ、接触面積を非常に小さくすることができる。

[0048] ー突起部及び凹部の変形例ー

突起部134及び凹部135a, 135bの配置は、前記実施形態に限られるものではない。以下に、その変形例を示す。

[0049] 〈変形例1〉

図5は、変形例1に係る第1ミラー131A及び第2ミラー131Bの部分拡大図である。変形例1においては、一方のミラー131に突起部134が設けられ、他方のミラー131に凹部135a, 135bが設けられている。

[0050] 詳しくは、突起部134は、第2ミラー131Bの第2辺131bに設けられている。一方、凹部135a, 135bは、第1ミラー131Aの第4辺131dに設けられている。詳しくは、該第4辺131dのうち、突起部134と対向する部分（以下、「対向部分」という）136の両隣に凹部135a, 135bが設けられている。該対向部分136は、平面状に形成されている。

[0051] このような構成であっても、2つのミラー131, 131の固着の可能性を低減することができ且つ、突起部134を容易に形成することができる。つまり、第2ミラー131Bに突起部134が形成される一方、第1ミラー131Aのうち対向部分136には凹部が形成されていないので、第1ミラー131Aと第2ミラー131Bとが接触する場合には、突起部134と対向部分136とが接触する。これにより、両者の接触面積を小さくことができ、固着の可能性を低減することができる。さらには、対向部分136

を平面状に形成することによって、突起部134と対向部分136との接触を略線接触とすることができ、接触面積を非常に小さくすることができる。それに加えて、突起部134が設けられた第2ミラー131Bとは反対側の第1ミラー131Aに凹部135a, 135bを設ける構成であっても、突起部134の両隣には比較的大きな隙間G2, G2を形成することができる。そのため、突起部134の両隣においてエッチング種を深くまで入り込み易くし、突起部134を容易に形成することができる。

[0052] 〈変形例2〉

図6は、変形例2に係る第1ミラー131A及び第2ミラー131Bの部分拡大図である。変形例2においては、一方のミラー131に突起部134及び凹部135aが設けられ、他方のミラー131に凹部135bが設けられている。

[0053] 詳しくは、突起部134は、第2ミラー131Bの第2辺131bに設けられている。また、第2辺131bのうち突起部134に隣接する部分の片側には、凹部135aが設けられている。一方、第1ミラー131Aの第4辺131dに、凹部135bが設けられている。詳しくは、該第4辺131dのうち対向部分136に隣接する部分の片側であって、第2ミラー131Bの凹部135aとは反対側に凹部135bが設けられている。該対向部分136は、平面状に形成されている。

[0054] このような構成であっても、2つのミラー131, 131の固着の可能性を低減することができ且つ、突起部134を容易に形成することができる。つまり、第2ミラー131Bに突起部134が形成される一方、第1ミラー131Aのうち対向部分136には凹部が形成されていないので、第1ミラー131Aと第2ミラー131Bとが接触する場合には、突起部134と対向部分136とが接触する。これにより、両者の接触面積を小さくすることができ、固着の可能性を低減することができる。さらには、対向部分136を平面状に形成することによって、突起部134と対向部分136との接触を略線接触とすることができ、接触面積を非常に小さくすることができる。

それに加えて、2つの凹部135 a, 135 bのうち一方を、突起部134が設けられた第2ミラー131 Bとは反対側の第1ミラー131 Aに設ける構成であっても、突起部134の両隣には比較的大きな隙間G2, G2を形成することができる。そのため、突起部134の両隣においてエッチング種を深くまで入り込み易くし、突起部134を容易に形成することができる。

[0055] 〈変形例3〉

図7は、変形例3に係る第1ミラー131 A及び第2ミラー131 Bの部分拡大図である。変形例3においては、一方のミラー131に突起部134 a及び凹部135 a, 135 bが設けられ、他方のミラー131にも同様の突起部134 b及び凹部135 c, 135 dが設けられている。

[0056] 詳しくは、第2ミラー131 Bの第2辺131 bには、突起部134 aが設けられ、突起部134 aに隣接する両側の部分には、凹部135 a, 135 bが設けられている。一方、第1ミラー131 Aの第4辺131 dには、突起部134 bが設けられ、突起部134 bに隣接する両側の部分には、凹部135 c, 135 dが設けられている。突起部134 aと突起部134 bとは相対向し、凹部135 aと凹部135 cとは相対向し、凹部135 bと凹部135 dとは相対向している。

[0057] このような構成であっても、2つのミラー131, 131の固着の可能性を低減することができ且つ、突起部134を容易に形成することができる。つまり、第2ミラー131 Bに突起部134 aが形成される一方、第1ミラー131 Aのうち突起部134 aと対向する部分に突起部134 bが形成されているので、第1ミラー131 Aと第2ミラー131 Bとが接触する場合には、突起部134 aと突起部134 bとが接触する。これにより、両者の接触を略線接触とすることができ、接触面積を非常に小さくすることができる。その結果、固着の可能性を低減することができる。それに加えて、突起部134 aの両隣及び突起部134 bの両隣には比較的大きな隙間G2, G2を形成することができる。そのため、突起部134 a, 134 bの両隣においてエッチング種を深くまで入り込み易くし、突起部134 a, 134 b

を容易に形成することができる。

[0058] 〈変形例4〉

図8は、変形例4に係る第1ミラー131A及び第2ミラー131Bの部分拡大図である。変形例4においては、一方のミラー131に突起部134a及び凹部135a、135bが設けられ、他方のミラー131にも同様の突起部134bが設けられている。つまり、変形例1における第1ミラー131Aのうち、第2ミラー131Bの突起部134と対向する部分にも突起部が設けられている。

[0059] 詳しくは、第2ミラー131Bの第2辺131bには、突起部134aが設けられ、突起部134aに隣接する両側の部分には、凹部135a、135bが設けられている。一方、第1ミラー131Aの第4辺131dには、前記突起部134aと対向する位置に突起部134bが設けられている。尚、第1ミラー131Aのうち突起部134bと隣接する部分には、凹部が設けられていない。

[0060] このような構成であっても、2つのミラー131、131の固着の可能性を低減することができ且つ、突起部134a、134bを容易に形成することができる。つまり、第2ミラー131Bに突起部134aが形成される一方、第1ミラー131Aのうち突起部134aと対向する部分に突起部134bが形成されているので、第1ミラー131Aと第2ミラー131Bとが接触する場合には、突起部134aと突起部134bとが接触する。これにより、両者の接触を略線接触とすることができ、接触面積を非常に小さくすることができる。その結果、固着の可能性を低減することができる。それに加えて、突起部134aの両隣及び突起部134bの両隣には比較的大きな隙間G2、G2を形成することができる。そのため、突起部134a、134bの両隣においてエッチング種を深くまで入り込み易くし、突起部134a、134bを容易に形成することができる。

[0061] 〈変形例5〉

図9は、変形例5に係る第1ミラー131A及び第2ミラー131Bの部

分拡大図である。変形例5においては、一方のミラー131に突起部134a及び凹部135aが設けられ、他方のミラー131にも同様の突起部134b及び凹部135bが設けられている。つまり、変形例2における第1ミラー131Aの対向部分136にも突起部が設けられている。

[0062] 詳しくは、第2ミラー131Bの第2辺131bには、突起部134aが設けられ、突起部134aに隣接する部分の片側には、凹部135aが設けられている。一方、第1ミラー131Aの第4辺131dには、前記突起部134aと対向する位置に突起部134bが設けられ、突起部134bに隣接する部分の片側であって、第2ミラー131Bの凹部135aとは反対側に凹部135bが設けられている。

[0063] このような構成であっても、2つのミラー131、131の固着の可能性を低減することができ且つ、突起部134a、134bを容易に形成することができる。つまり、第2ミラー131Bに突起部134aが形成される一方、第1ミラー131Aのうち突起部134aと対向する部分に突起部134bが形成されているので、第1ミラー131Aと第2ミラー131Bとが接触する場合には、突起部134aと突起部134bとが接触する。これにより、両者の接触を略線接触とすることができ、接触面積を非常に小さくすることができる。その結果、固着の可能性を低減することができる。それに加えて、突起部134aの両隣及び突起部134bの両隣には比較的大きな隙間G2、G2を形成することができる。そのため、突起部134a、134bの両隣においてエッチング種を深くまで入り込み易くし、突起部134a、134bを容易に形成することができる。

[0064] ーミラーデバイスの変形例ー

ミラーデバイス103の構成は、前記実施形態に限られるものではない。以下に、その変形例を示す。

[0065] 〈変形例6〉

図10は、変形例6に係るミラーアレイ200の平面図である。変形例6に係るミラーアレイ200は、各ミラーデバイス203の構成が前記ミラー

デバイス 103 の構成と異なる。以下、ミラーアレイ 200 の構成のうち、ミラーデバイス 103 と異なる部分を中心に説明する。変形例 6 に特有の構成については、200 番台の符号を付して説明する場合がある。その場合、十の位以下の数字及び記号については、ミラーデバイス 103 と同様の機能を有する構成には同じ数字及び記号を用いる。

[0066] ミラーアレイ 200 は、複数のミラーデバイス 203, 203, …を備えている。各ミラーデバイス 203 は、ベース部 102 と、ミラー 131 と、ミラー 131 を駆動する 1 つのアクチュエータ 204 と、ミラー 131 を支持する 1 つの梁部材 105 と、ミラー 131 をアクチュエータ 204 又は梁部材 105 と連結するヒンジ 106, 106, …とを有している。つまり、ミラーデバイス 203 は、1 つのアクチュエータ 204 によりミラー 131 を駆動する。

[0067] アクチュエータ 204 の基本的な構成は、ミラーデバイス 103 のアクチュエータ 104 と同じである。ただし、アクチュエータ本体 241 及び圧電素子 242 の幅はそれぞれ、梁本体 151 及び圧電素子 152 の幅と略同じである。つまり、アクチュエータ 204 と梁部材 105 とは、構成及び材料が同じであり且つ、主軸 X を挟んで対称な形状をしている。

[0068] アクチュエータ本体 241 の先端部は、2 つのヒンジ 106, 106 を介して、ミラー 131 のうち第 3 辺 131 d に連結されている。ヒンジ 106, 106 はそれぞれ、一端がアクチュエータ本体 241 の先端部における主軸 X 方向の各端部（即ち、角部）に連結される一方、他端が第 3 辺 131 d の各端部（即ち、角部）に連結されている。

[0069] また、梁本体 151 の先端部は、2 つのヒンジ 106, 106 を介して、ミラー 131 のうち第 1 辺 131 a に連結されている。ヒンジ 106, 106 はそれぞれ、一端が梁本体 151 の先端部における主軸 X 方向の各端部（即ち、角部）に連結される一方、他端が第 1 辺 131 a の各端部（即ち、角部）に連結されている。

[0070] ミラーデバイス 203 は、ミラーデバイス 103 と同様に、アクチュエー

タ 204 の圧電素子 242 と梁部材 105 の圧電素子 152 にオフセット電圧を印加する。そして、この基準状態から、圧電素子 242 への印加電圧を増減することによって、アクチュエータ 204 を上方又は下方に湾曲させる。これにより、ミラー 131 を主軸 X 周りに回動させることができる。このとき、アクチュエータ 204 を上方に湾曲させるか、下方に湾曲させるかによって、ミラー 131 の主軸 X 周りの回動方向を切り替えることができる。ただし、ミラーデバイス 203 は、1 つのアクチュエータ 204 だけでミラー 131 を駆動するため、ミラー 131 を傾動させることができるのは主軸 X 周りだけであり、副軸 X 周りにはミラー 131 を傾動させることができない。

[0071] このように構成されたミラーアレイ 200 においても、図 4 に示すように、隣り合うミラー 131, 131 の一方には、突起部 134 及び凹部 135 a, 135 b が設けられている。これにより、2 つのミラー 131, 131 が接触することがあっても、両者は突起部 134 を介して接触するので、両者の固着の可能性を低減することができる。それに加えて、突起部 134 に隣接する部分に凹部 135 a, 135 b を設けることによって、エッチング種を深くまで入り込み易くし、突起部 134 を容易に形成することができる。

[0072] 〈変形例 7〉

図 11 は、ミラーアレイ 300 の平面図である。変形例 7 に係るミラーアレイ 300 は、各ミラーデバイス 303 の構成がミラーデバイス 103 の構成と異なる。以下、ミラーアレイ 300 の構成のうち、ミラーデバイス 103 と異なる部分を中心に説明する。変形例 7 に特有の構成については、300 番台の符号を付して説明する場合がある。その場合、十の位以下の数字及び記号については、ミラーデバイス 103 と同様の機能を有する構成には同じ数字及び記号を用いる。

[0073] ミラーアレイ 300 は、複数のミラーデバイス 303, 303, …を備えている。各ミラーデバイス 303 は、ベース部 102 と、ミラー 131 と、

ミラー 131 を駆動する 4 つのアクチュエータ 304, 304, …と、ミラー 131 をアクチュエータ 304 と連結するヒンジ 106, 106, …とを有している。つまり、ミラーデバイス 303 は、4 つのアクチュエータ 304 によりミラー 131 を駆動する。

[0074] 4 つのアクチュエータ 304, 304, …は、主軸 X を挟んで一方側に設けられた 2 つの第 1 アクチュエータ 304 A, 304 A と、主軸 X を挟んで他方側に設けられた 2 つの第 2 アクチュエータ 304 B, 304 B とで構成されている。第 1 アクチュエータ 304 A 及び第 2 アクチュエータ 304 B のそれぞれの基本的な構成は、ミラーデバイス 103 のアクチュエータ 104 と同じである。

[0075] つまり、第 1 アクチュエータ 304 A は、基端部がベース部 102 に連結され、ベース部 102 から片持ち状に張り出しているアクチュエータ本体 341 a と、アクチュエータ本体 341 a の表面に設けられた圧電素子 342 a とを有している。2 つのアクチュエータ本体 341 a, 341 a は、互いに平行に副軸 Y 方向に延びている。

[0076] 第 2 アクチュエータ 304 B も同様に、基端部がベース部 102 に連結され、ベース部 102 から片持ち状に張り出しているアクチュエータ本体 341 b と、アクチュエータ本体 341 b の表面に設けられた圧電素子 342 b とを有している。2 つのアクチュエータ本体 341 b, 341 b は、互いに平行に副軸 Y 方向に延びている。アクチュエータ本体 341 b の長さ、幅及び厚さは、アクチュエータ本体 341 a の長さ、幅及び厚さと略同じである。また、圧電素子 342 b の長さ、幅及び厚さは、圧電素子 342 a の長さ、幅及び厚さと略同じである。

[0077] ただし、第 1 アクチュエータ 304 A のアクチュエータ本体 341 a が、ヒンジ 106 を介してミラー 131 の第 3 辺 131 c に連結されているのに対し、第 2 アクチュエータ 304 B のアクチュエータ本体 341 b は、ヒンジ 106 を介してミラー 131 の第 1 辺 131 a に連結されている。

[0078] このように、第 1 アクチュエータ 304 A, 304 A と第 2 アクチュエー

タ 304 B, 304 B とは、構成及び材料が同じであり且つ、主軸 X を挟んで対称な形状をしている。

[0079] ミラーデバイス 303 は、ミラーデバイス 103 と同様に、各第 1 アクチュエータ 304 A の圧電素子 342 a と各第 2 アクチュエータ 304 B の圧電素子 342 b にオフセット電圧を印加する。そして、この基準状態から、圧電素子 342 a, 342 b への印加電圧を増減することによって、第 1 及び第 2 アクチュエータ 304 A, 304 B を上方又は下方に湾曲させて、ミラー 131 を回動させる。これにより、ミラー 131 を主軸 X 周りに回動させることができる。例えば、2 つの第 1 アクチュエータ 304 A, 304 A を両方とも同じ方向に湾曲させると共に、2 つの第 2 アクチュエータ 304 B, 304 B を両方とも同じ方向であって第 1 アクチュエータ 304 A, 304 A とは逆向きに湾曲させることによって、ミラー 131 を主軸 X 周りに回動させることができる。このとき、2 つの第 1 アクチュエータ 304 A, 304 A を湾曲させる向きと 2 つの第 2 アクチュエータ 304 B, 304 B を湾曲させる向きを入れ替えることによって、ミラー 131 の主軸 X 周りの回動方向を切り替えることができる。また、2 つの第 1 アクチュエータ 304 A, 304 A を互いに逆向きに湾曲させると共に、2 つの第 2 アクチュエータ 304 B, 304 B を互いに逆向きであって、各第 2 アクチュエータ 304 B が副軸 Y 方向に並ぶ第 1 アクチュエータ 304 A と同じ向きとなるように湾曲させることによって、ミラー 131 を副軸 Y 周りに回動させることができる。このとき、2 つの第 1 アクチュエータ 304 A, 304 A の間で湾曲させる向きを入れ替えると共に、2 つの第 2 アクチュエータ 304 B, 304 B の間で湾曲させる向きを入れ替えることによって、ミラー 131 の副軸 Y 周りの回動方向を切り替えることができる。

[0080] このように構成されたミラーアレイ 300 においても、図 4 に示すように、隣り合うミラー 131, 131 の一方には、突起部 134 及び凹部 135 a, 135 b が設けられている。これにより、2 つのミラー 131, 131 が接触することがあっても、両者は突起部 134 を介して接触するので、両

者の固着の可能性を低減することができる。それに加えて、突起部 1 3 4 に隣接する部分に凹部 1 3 5 a, 1 3 5 b を設けることによって、エッチング種を深くまで入り込み易くし、突起部 1 3 4 を容易に形成することができる。

[0081] 〈変形例 8〉

図 1 2 は、ミラーアレイ 4 0 0 の平面図である。変形例 8 に係るミラーアレイ 4 0 0 は、各ミラーデバイス 4 0 3 の構成がミラーデバイス 1 0 3 の構成と異なる。以下、ミラーアレイ 4 0 0 の構成のうち、ミラーデバイス 1 0 3 と異なる部分を中心に説明する。変形例 8 に特有の構成については、4 0 0 番台の符号を付して説明する場合がある。その場合、十の位以下の数字及び記号については、ミラーデバイス 1 0 3 と同様の機能を有する構成には同じ数字及び記号を用いる。

[0082] ミラーアレイ 4 0 0 は、複数のミラーデバイス 4 0 3, 4 0 3, …を備えている。各ミラーデバイス 4 0 3 は、ベース部 1 0 2 と、ミラー 1 3 1 と、ミラー 1 3 1 を駆動する 2 つのアクチュエータ 4 0 4, 4 0 4 と、ミラー 1 3 1 をアクチュエータ 4 0 4 と連結するヒンジ 1 0 6, 1 0 6, …とを有している。つまり、ミラーデバイス 4 0 3 は、2 つのアクチュエータ 4 0 4 によりミラー 1 3 1 を駆動する。

[0083] 2 つのアクチュエータ 4 0 4, 4 0 4 は、主軸 X を挟んで一方側に設けられた第 1 アクチュエータ 4 0 4 A と、主軸 X を挟んで他方側に設けられた第 2 アクチュエータ 4 0 4 B とで構成されている。第 1 アクチュエータ 4 0 4 A 及び第 2 アクチュエータ 4 0 4 B のそれぞれの基本的な構成は、変形例 6 のアクチュエータ 2 0 4 と同じである。

[0084] つまり、第 1 アクチュエータ 4 0 4 A は、基端部がベース部 1 0 2 に連結され、ベース部 1 0 2 から片持ち状に張り出しているアクチュエータ本体 4 4 1 a と、アクチュエータ本体 4 4 1 a の表面に設けられた圧電素子 4 4 2 a とを有している。

[0085] 第 2 アクチュエータ 4 0 4 b も同様に、基端部がベース部 1 0 2 に連結さ

れ、ベース部 102 から片持ち状に張り出しているアクチュエータ本体 441 b と、アクチュエータ本体 441 b の表面に設けられた圧電素子 442 b とを有している。アクチュエータ本体 441 b の長さ、幅及び厚さは、アクチュエータ本体 441 a の長さ、幅及び厚さと略同じである。また、圧電素子 442 b の長さ、幅及び厚さは、圧電素子 442 a の長さ、幅及び厚さと略同じである。

[0086] ただし、第 1 アクチュエータ 404 A のアクチュエータ本体 441 a が、ヒンジ 106、106 を介してミラー 131 の第 3 辺 131 c に連結されているのに対し、第 2 アクチュエータ 404 B のアクチュエータ本体 441 b は、ヒンジ 106、106 を介してミラー 131 の第 1 辺 131 a に連結されている。

[0087] このように、第 1 アクチュエータ 404 A と第 2 アクチュエータ 404 B とは、構成及び材料が同じであり且つ、主軸 X を挟んで対称な形状をしている。

[0088] ミラーデバイス 403 は、ミラーデバイス 103 と同様に、第 1 アクチュエータ 404 A の圧電素子 442 a と第 2 アクチュエータ 404 B の圧電素子 442 b にオフセット電圧を印加する。そして、この基準状態から、圧電素子 442 a、442 b への印加電圧を増減することによって、第 1 及び第 2 アクチュエータ 404 A、404 B を上方又は下方に湾曲させて、ミラー 131 を回動させる。これにより、ミラー 131 を主軸 X 周りに回動させることができる。例えば、第 1 アクチュエータ 404 A と第 2 アクチュエータ 404 B とを互いに逆向きに湾曲させることによって、ミラー 131 を主軸 X 周りに回動させることができる。このとき、第 1 アクチュエータ 404 A を湾曲させる向きと第 2 アクチュエータ 404 B を湾曲させる向きとを入れ替えることによって、ミラー 131 の主軸 X 周りの回動方向を切り替えることができる。ただし、ミラーデバイス 403 は、ミラーデバイス 103、303 と異なり、主軸 X 方向に並ぶ複数のアクチュエータを備えていないので、ミラー 131 を傾動させることができるのは主軸 X 周りだけであり、副軸

Y周りにはミラー１３１を傾動させることができない。

[0089] このように構成されたミラーアレイ４００においても、図４に示すように、隣り合うミラー１３１，１３１の一方には、突起部１３４及び凹部１３５a，１３５bが設けられている。これにより、２つのミラー１３１，１３１が接触することがあっても、両者は突起部１３４を介して接触するので、両者の固着の可能性を低減することができる。それに加えて、突起部１３４に隣接する部分に凹部１３５a，１３５bを設けることによって、エッチング種を深くまで入り込み易くし、突起部１３４を容易に形成することができる。

[0090] 《その他の実施形態》

前記実施形態について、以下のような構成としてもよい。

[0091] 前記実施形態では、ミラーアレイを波長選択スイッチ１０８に適用した例を説明したが、これに限られるものではない。ミラーアレイ１００は様々なアプリケーションに組み込むことができる。

[0092] また、前記実施形態では、半導体装置の例としてミラーアレイについて説明したが、これに限られるものではない。隙間を空けて配置された第１部分及び第２部分を備える半導体装置であれば、任意の半導体装置に前記突起部及び凹部等を採用することができる。例えば、振動子を備えた発振器やガスセンサに前記突起部及び凹部の構成を採用してもよい。振動子を備えた発振器やガスセンサにおいては、振動子とその周辺の部材に接触する虞がある。そのため、振動子及びその周辺の部材の少なくとも一方に前記突起部及び凹部を設けることによって、両者の固着の可能性を低減することができる。

[0093] また、移動可能に構成された第１部分又は第２部分の駆動方式は、圧電駆動に限られるものではない。第１部分又は第２部分を移動させることができる限りにおいては、特定の駆動方式に限定されるものではない。例えば、前記実施形態でいえば、ミラー１３１又はアクチュエータ１０４に対向する位置に対向電極を設け、対向電極とミラー１３１又はアクチュエータ１０４との間の静電力によりミラー１３１を移動させる構成であってもよい。また、

ミラー 131 又はアクチュエータ 104 に設けたコイルによる磁力と外部磁場との関係でミラー 131 を移動させる構成であってもよい。

[0094] また、前記実施形態における形状、寸法、材質は、例示に過ぎず、これらに限られるものではない。例えば、PZTの代わりに、非鉛圧電材料であるKNN ($(\text{K}, \text{Na})\text{NbO}_3$) 等を用いてもよい。また、ミラー 131 は、平面視長形状でなくてもよい。ミラー 131 は、円形や長円形であってもよい。ヒンジ 106 の構成は、前記の構成に限られるものではない。また、一又は複数のヒンジ 106 を省略してもよい。

[0095] また、前記実施形態では、ミラー 131 が梁部材 105 によって支持されているが、ミラー 131 は、ヒンジ等を介してベース部 102 に支持される構成であってもよい。

[0096] また、前記突起部 134, 134a, 134b の形状及び凹部 135a ~ 135d の形状は、前記実施形態に限られるものではない。例えば、突起部 134, 134a, 134b の先端は、尖鋭な形状でも、平坦な形状であってもよい。ただし、湾曲させることによって、接触面積をより小さくしつつ、突起部の破損を防止することができる。

[0097] また、突起部 134, 134a, 134b 及び凹部 135a ~ 135d の位置や個数は、前記実施形態に限定されるものではない。例えば、突起部 134 及び凹部 135a, 135b は、ミラー 131 の副軸 Y 方向の両端部に設けられているが、これに限られるものではない。例えば、ミラー 131 の副軸 Y 方向の中央に突起部 134 及び凹部 135a, 135b が 1 組だけ設けられていてもよい。また、第 1 ミラー 131 A と第 2 ミラー 131 B との隙間においては、第 2 ミラー 131 B に突起部 134 及び凹部 135a, 135b が設けられているが、突起部 134 及び凹部 135a, 135b を第 1 ミラー 131 A に設けてもよい。さらには、1 組の突起部 134 及び凹部 135a, 135b を、第 1 ミラー 131 A に設け、もう 1 組の突起部 134 及び凹部 135a, 135b を、第 2 ミラー 131 B に設けてもよい。

[0098] また、ミラー 131 のうち、突起部 134, 134a, 134b 及び凹部

1 3 5 a ~ 1 3 5 d が設けられている部分の表面には鏡面層 1 3 3 が設けられているが、ミラー 1 3 1 の副軸 Y 方向の端部に、鏡面層 1 3 3 を積層させない部分を設け、その部分の端面に突起部及び凹部を設けてもよい。

[0099] 尚、以上の実施形態は、本質的に好ましい例示であって、本発明、その適用物、あるいはその用途の範囲を制限することを意図するものではない。

産業上の利用可能性

[0100] 以上説明したように、ここに開示された技術は、半導体装置について有用である。

符号の説明

[0101] 1 0 0, 2 0 0, 3 0 0, 4 0 0 ミラーアレイ
1 3 1 ミラー
1 3 4, 1 3 4 a, 1 3 4 b 突起部
1 3 5 a, 1 3 5 b, 1 3 5 c, 1 3 5 d 凹部
1 3 6 対向部分
G 0 隙間
X 主軸
Y 副軸

請求の範囲

- [請求項1] 第1部分と、
前記第1部分との間に隙間を空けて配置された第2部分とを備え、
前記第1部分及び第2部分の少なくとも一方は、移動可能に構成されており、
前記第2部分には、前記隙間において、前記第1部分の方へ突出する突起部が設けられており、
前記第1部分のうち前記突起部と対向する部分に隣接する部分及び前記第2部分のうち前記突起部に隣接する部分の少なくとも一方には、凹部が設けられている半導体装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の半導体装置において、
前記凹部は、前記第1部分のうち前記突起部と対向する部分に隣接する両側の部分、又は、前記第2部分のうち前記突起部に隣接する両側の部分に設けられている半導体装置。
- [請求項3] 請求項1又は2に記載の半導体装置において、
前記突起部の先端は、凸状に湾曲している半導体装置。
- [請求項4] 請求項1乃至3の何れか1つに記載の半導体装置において、
隙間を空けて配列され、移動可能に構成された複数のミラーを備え、
前記第1部分及び第2部分は、隣り合う前記ミラーである半導体素子。

補正された請求の範囲
[2013年11月12日(12.11.2013)国際事務局受理]

- [請求項1] (補正後) 第1部分と、
 前記第1部分との間に所定の第1間隔を有する隙間を空けて配置された第2部分とを備え、
 前記第1部分及び第2部分の少なくとも一方は、移動可能に構成されており、
 前記第2部分には、前記隙間において、前記第1部分の方へ突出する突起部が設けられており、
 前記第1部分のうち前記突起部と対向する部分に隣接する部分及び前記第2部分のうち前記突起部に隣接する部分の少なくとも一方には、凹部が設けられており、
 前記突起部が設けられた部分における前記第1部分と前記第2部分との隙間は、前記第1間隔よりも小さな第2間隔となっており、
 前記凹部が設けられた部分における前記第1部分と前記第2部分との隙間は、前記第1間隔よりも大きな第3間隔となっている半導体装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の半導体装置において、
 前記凹部は、前記第1部分のうち前記突起部と対向する部分に隣接する両側の部分、又は、前記第2部分のうち前記突起部に隣接する両側の部分に設けられている半導体装置。
- [請求項3] 請求項1又は2に記載の半導体装置において、
 前記突起部の先端は、凸状に湾曲している半導体装置。
- [請求項4] 請求項1乃至3の何れか1つに記載の半導体装置において、
 隙間を空けて配列され、移動可能に構成された複数のミラーを備え、
 、
 前記第1部分及び第2部分は、隣り合う前記ミラーである半導体素子。
- [請求項5] (追加) 請求項1に記載の半導体装置において、

前記第 1 部分は、該第 1 部分の周縁を構成する複数の辺を有し、
前記第 2 部分は、該第 2 部分の周縁を構成する複数の辺を有し、
前記第 1 部分の一の辺と前記第 2 部分の一の辺とは、前記第 1 間隔
を有して、互いに対向するように配置され、

前記突起部は、前記第 2 部分の一の辺から前記第 1 部分の方へ突出
しており、

前記凹部は、前記第 1 部分の一の辺又は前記第 2 部分の一の辺より
も凹んでいる半導体素子。

[請求項6]

(追加) 周縁を構成する複数の辺を有する第 1 部分と、

周縁を構成する複数の辺を有し、前記第 1 部分との間に隙間を空け
て配置された第 2 部分とを備え、

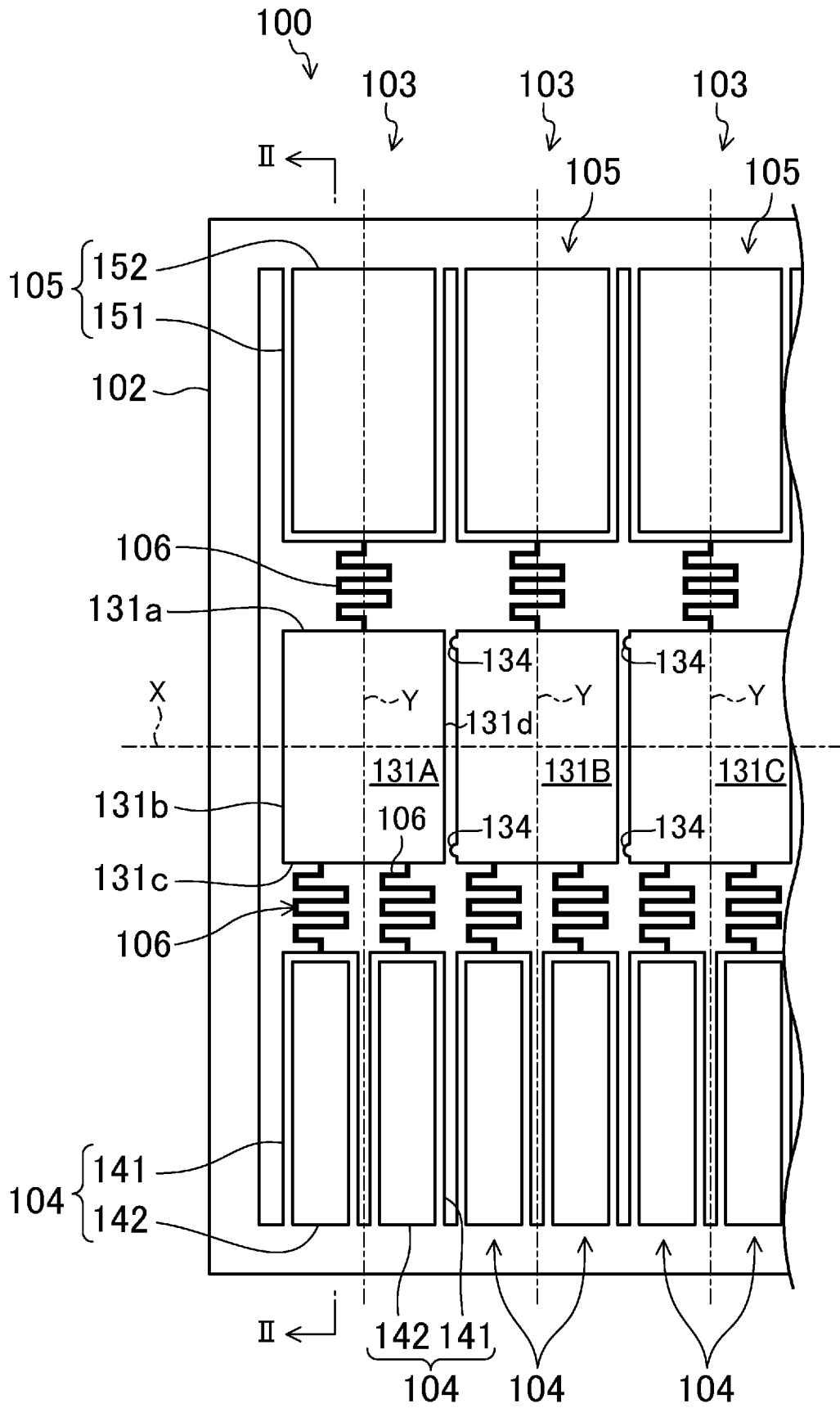
前記第 1 部分及び第 2 部分の少なくとも一方は、移動可能に構成さ
れており、

前記隙間は、前記第 1 部分の一の辺と前記第 2 部分の一の辺との間
に形成され、

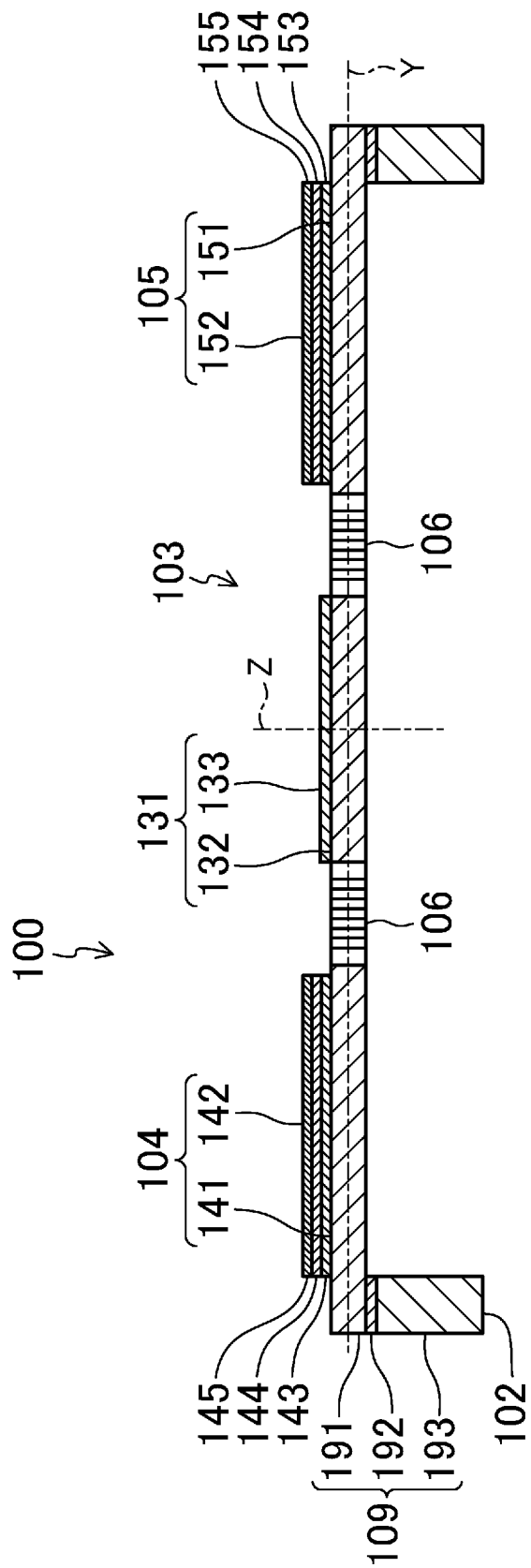
前記第 2 部分の一の辺には、前記隙間において、前記第 1 部分の方
へ突出する突起部が設けられており、

前記第 1 部分の一の辺のうち前記突起部と対向する部分に隣接する
部分及び前記第 2 部分の一の辺のうち前記突起部に隣接する部分の少
なくとも一方には、該一の辺よりも凹んだ凹部が設けられている半導
体素子。

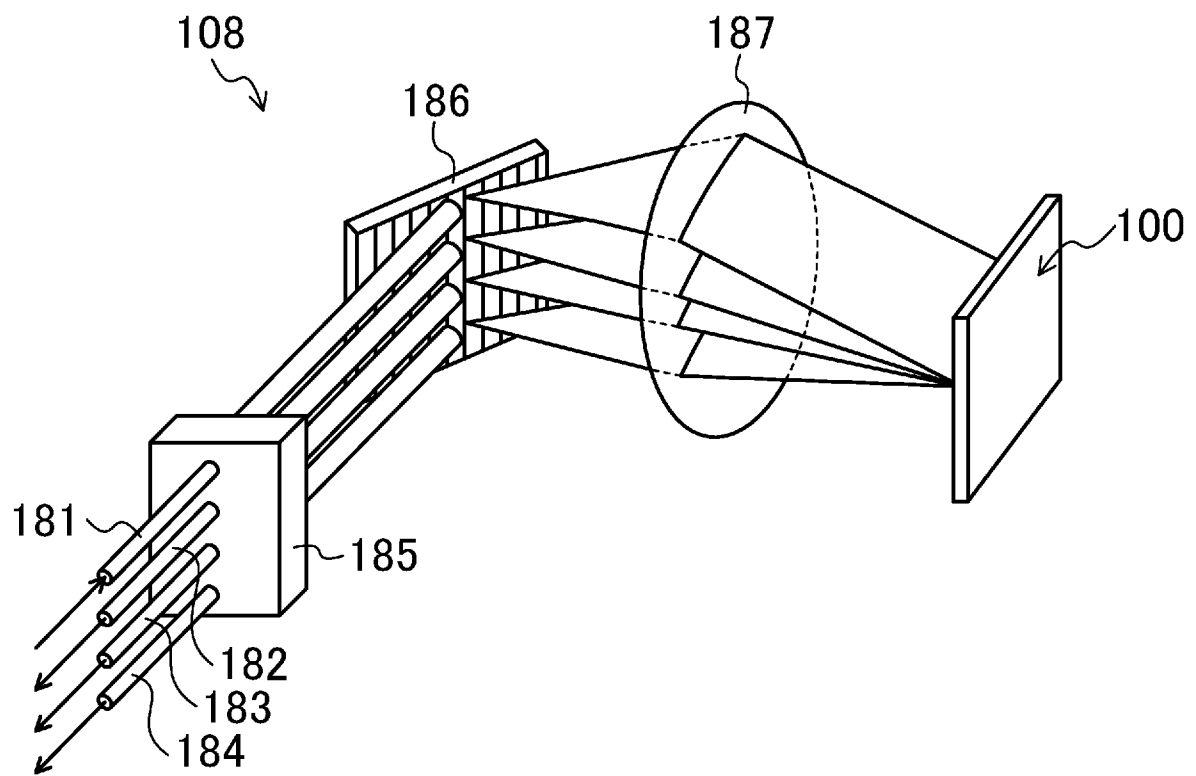
[図1]



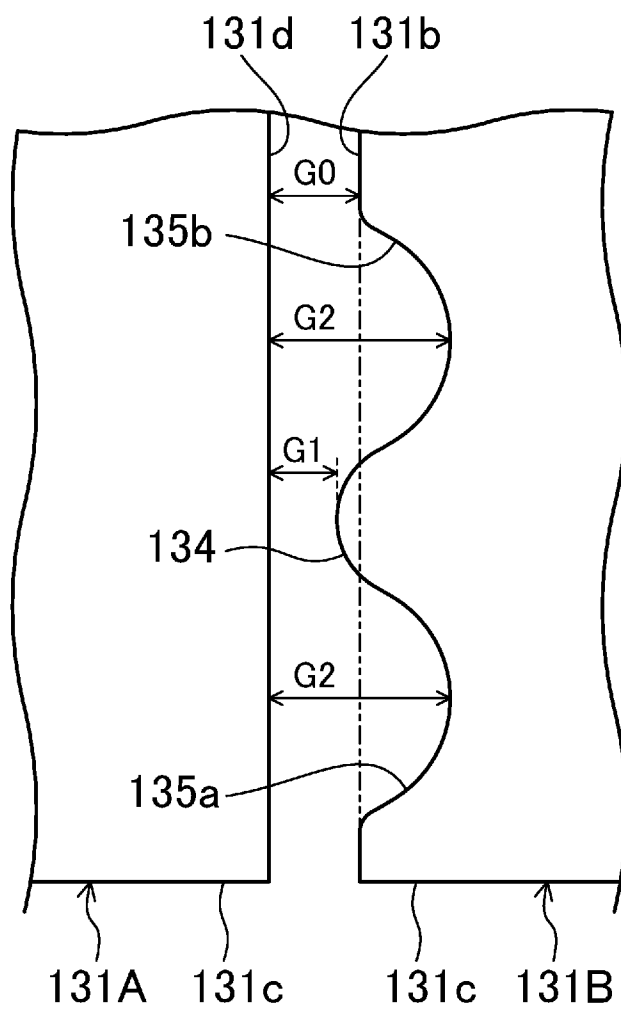
[図2]



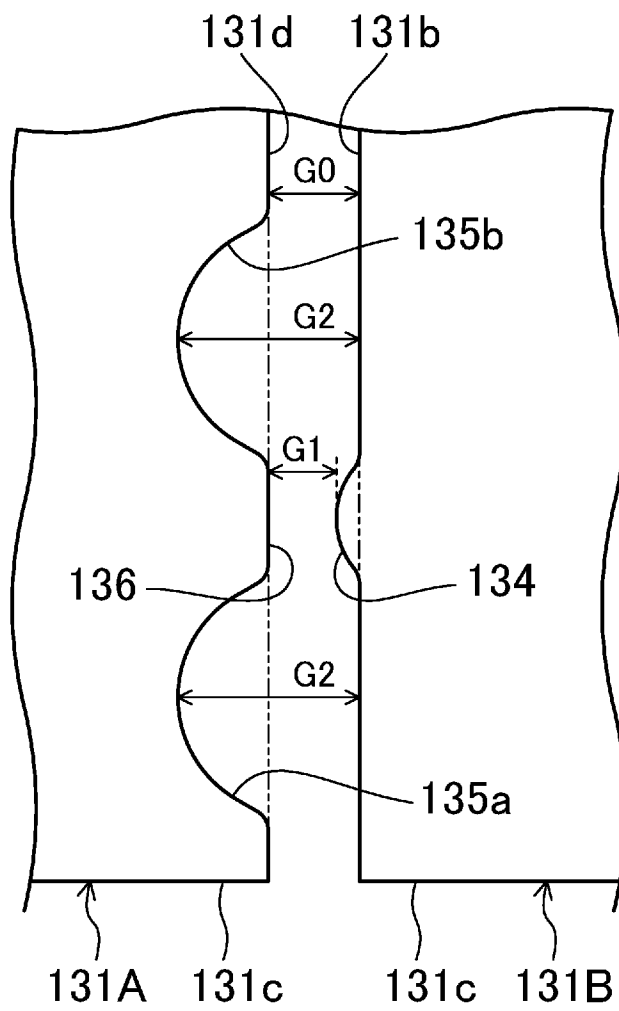
[図3]



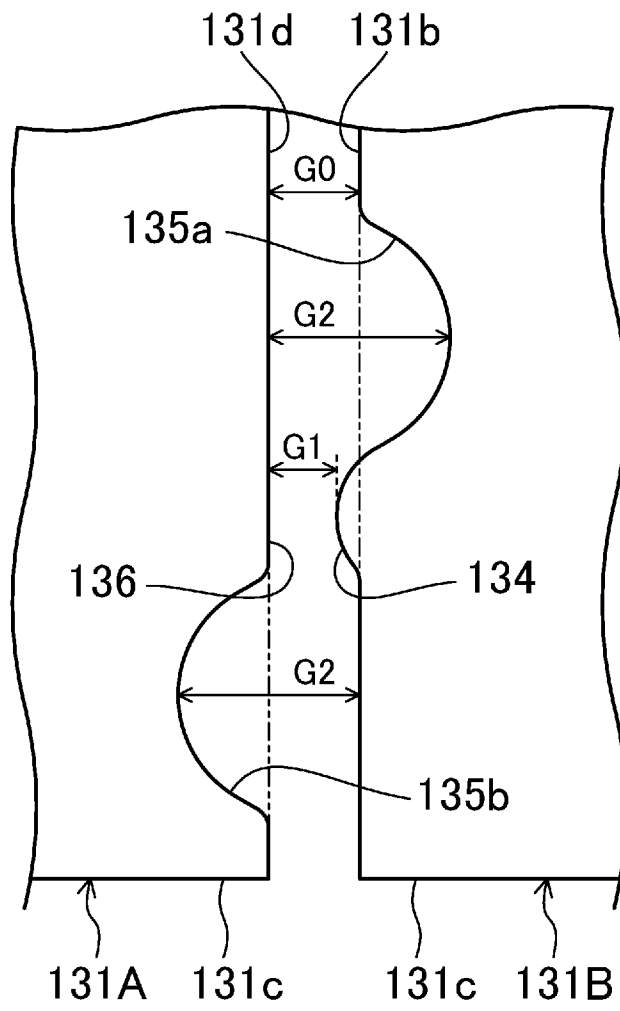
[図4]



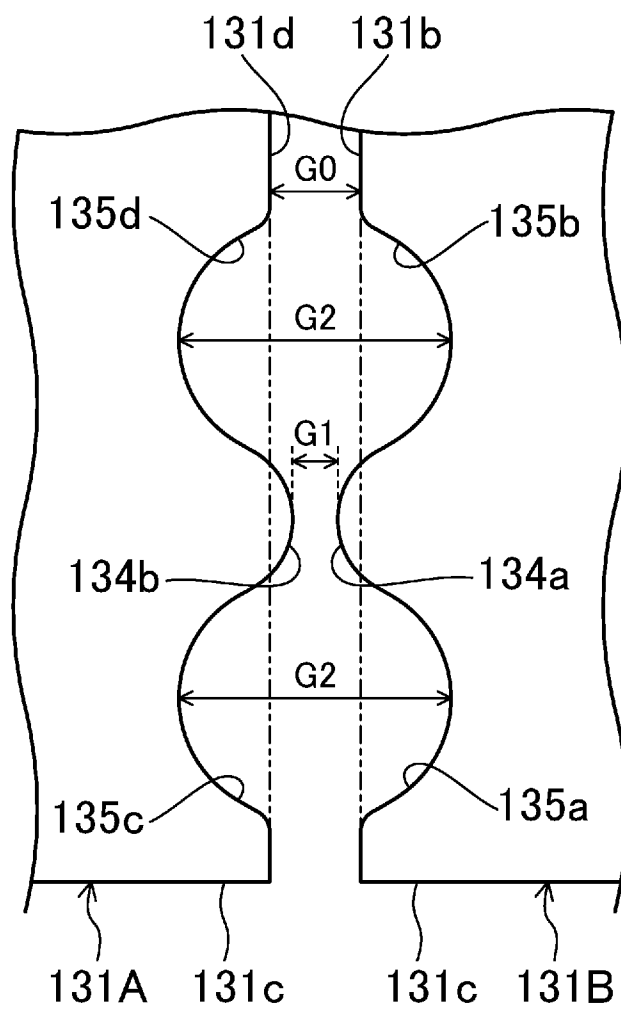
[図5]



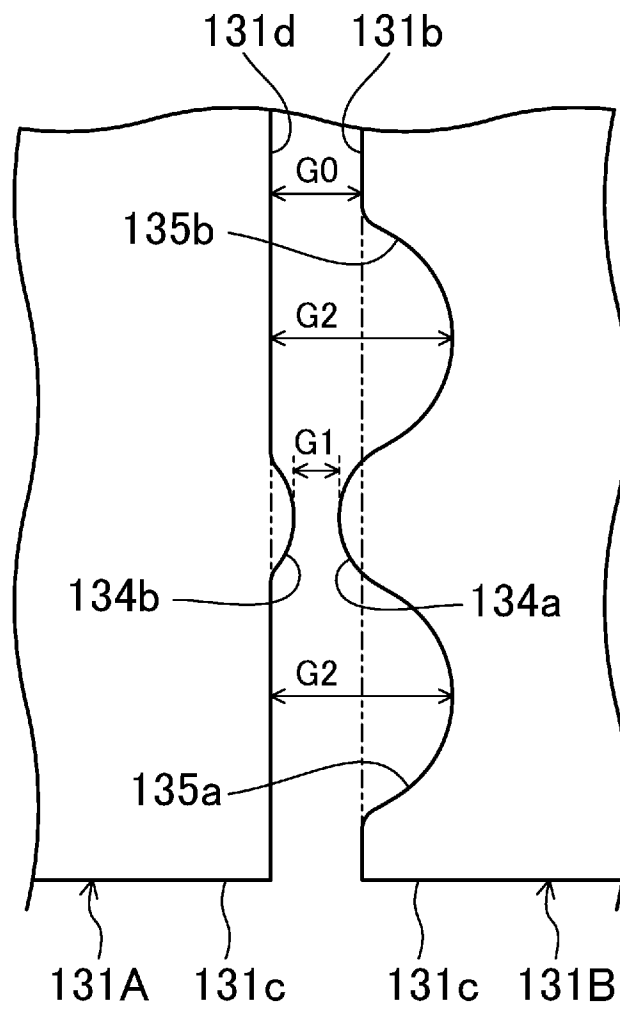
[図6]



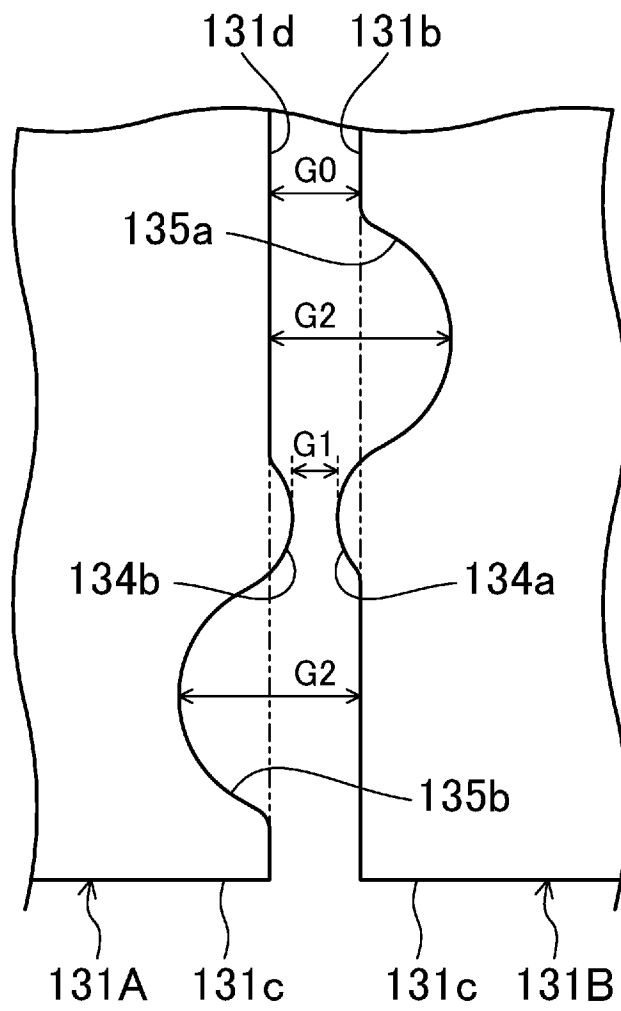
[図7]



[図8]



[図9]



[illegible]

300

303

303

303

303

304B

304B

304B

304B

341b 342b 342b 341b

102

106

131a

X

131b

131c

106

131d

134

Y

134

Y

134

Y

131

106

131

131

131

341a 342a 342a 341a

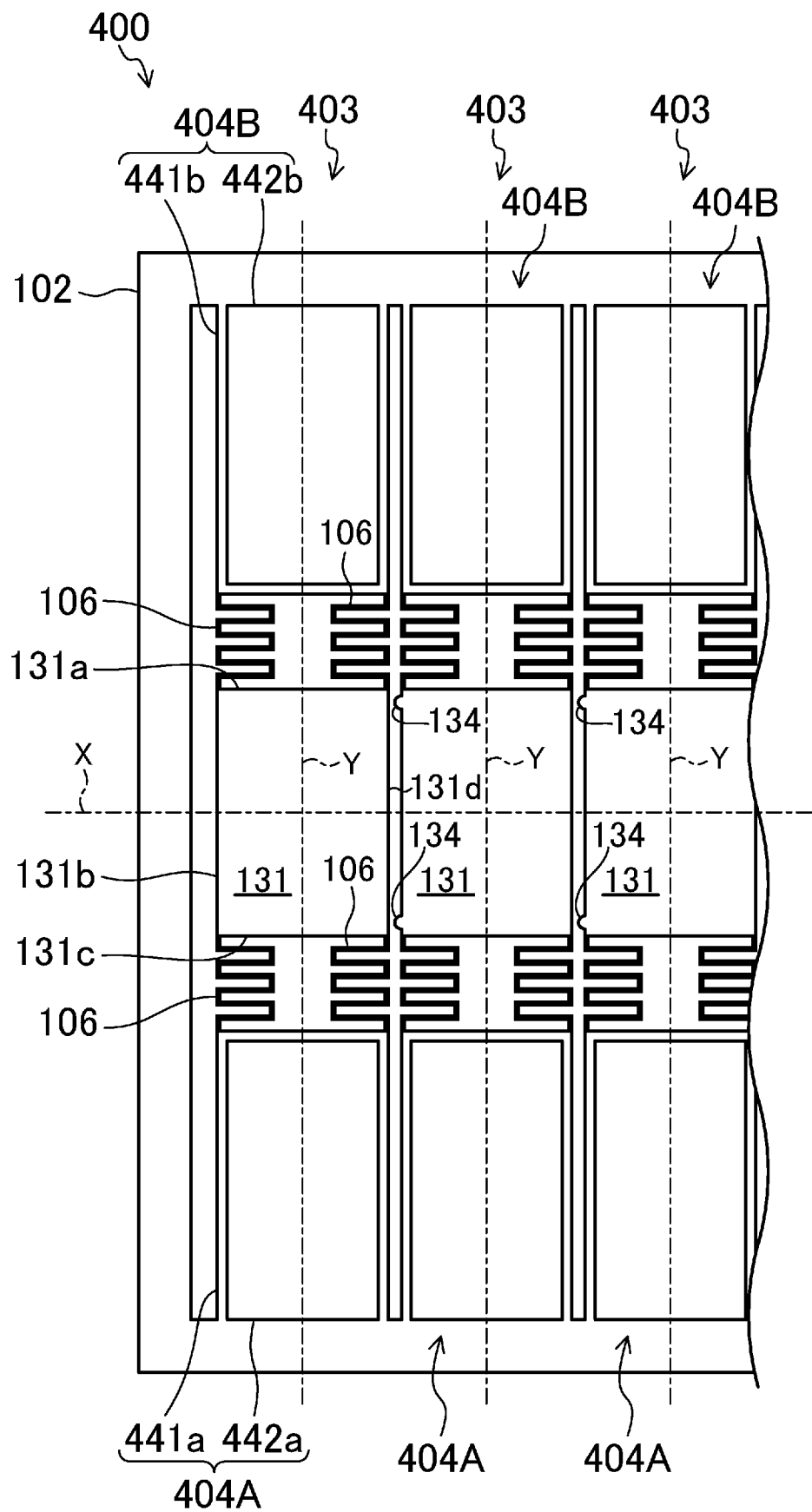
304A

304A

304A

304A

[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/004275

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B26/08(2006.01) i, B81B3/00(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

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2006-337858 A (Fujifilm Holdings Corp.), 14 December 2006 (14.12.2006), paragraphs [0026] to [0031], [0038]; fig. 1 & US 2006/0285193 A1	1-2, 4 3
Y A	JP 2007-248731 A (Hitachi Metals, Ltd.), 27 September 2007 (27.09.2007), paragraph [0034]; fig. 3 (Family: none)	3 1-2, 4
A	JP 2010-26162 A (Panasonic Electric Works Co., Ltd.), 04 February 2010 (04.02.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-4

☒ 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
25 July, 2013 (25.07.13)

Date of mailing of the international search report
06 August, 2013 (06.08.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/004275

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2008/129988 A1 (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 30 October 2008 (30.10.2008), entire text; all drawings & JP 4995899 B & US 2010/0118372 A1	1-4
A	JP 2006-106737 A (Lucent Technologies Inc.), 20 April 2006 (20.04.2006), entire text; all drawings & US 2006/0072184 A1 & EP 1643289 A1 & CN 1755419 A	1-4
A	JP 2009-229916 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 08 October 2009 (08.10.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B26/08(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B26/00-26/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 2006-337858 A（富士フイルムホールディングス株式会社） 2006.12.14, 【0026】ないし【0031】、【0038】、【図1】 & US 2006/0285193 A1	1-2, 4 3
Y A	JP 2007-248731 A（日立金属株式会社）2007.09.27, 【0034】、【図 3】（ファミリーなし）	3 1-2, 4
A	JP 2010-26162 A（パナソニック電工株式会社）2010.02.04, 全文、 全図（ファミリーなし）	1-4

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 5 . 0 7 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

0 6 . 0 8 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

植田 高盛

2 L

2 9 1 2

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

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	WO 2008/129988 A1 (日本電信電話株式会社) 2008.10.30, 全文、全図 & JP 4995899 B & US 2010/0118372 A1	1-4
A	JP 2006-106737 A (ルーセント テクノロジーズ インコーポレーテッド) 2006.04.20, 全文、全図 & US 2006/0072184 A1 & EP 1643289 A1 & CN 1755419 A	1-4
A	JP 2009-229916 A (日本電信電話株式会社) 2009.10.08, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-4