

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-56020

(P2014-56020A)

(43) 公開日 平成26年3月27日(2014.3.27)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
G 0 2 B 2 6 / 1 0 (2 0 0 6 . 0 1) G 0 2 B 2 6 / 1 0 1 0 4 Z 2 H 0 4 5

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 22 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2012-199385 (P2012-199385) (22) 出願日 平成24年9月11日 (2012.9.11)</p>	<p>(71) 出願人 000002303 スタンレー電気株式会社 東京都目黒区中目黒2丁目9番13号 (74) 代理人 110000800 特許業務法人創成国際特許事務所 (72) 発明者 池上 景一 東京都目黒区中目黒2丁目9番13号 ス タンレー電気株式会社内 Fターム(参考) 2H045 AB02 AB13 AB81 BA02 BA12 CB65 DA41</p>
--	--

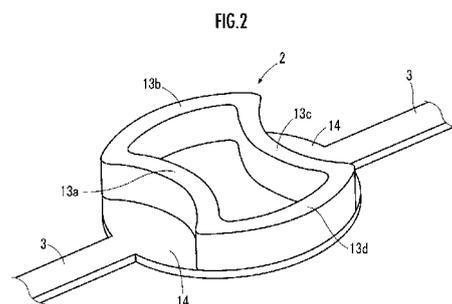
(54) 【発明の名称】 光偏向器

(57) 【要約】

【課題】 リブによりミラー面の歪み抑制を図りつつ、ミラー部及びトーションバーの破損を抑制する光偏向器を提供する。

【解決手段】 光偏向器 1 は、入射光 9 1 を反射するミラー一面を表側に有し裏側にリブ 1 2 を有するミラー部 2 と、先端部においてミラー部 2 に結合するトーションバー 3 と、トーションバー 3 の基端部をトーションバー 3 の軸線回りに往復回転させる圧電アクチュエータ 8 とを備え、トーションバー 3 とのミラー部 2 の結合周縁とリブ 1 2 との間に、応力分布がミラー部 2 の表側と裏側とでほぼ同一になるリブ無し領域が形成されるように、トーションバー 3 側のリブ 1 2 の壁体部分 1 3 a がミラー部 2 の周縁から離される。

【選択図】 図 2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一定の方向から入射する光を反射するミラー面を表側に有しリブを裏側に有するミラー部と、

先端部において前記ミラー部に結合するトーシヨンバーと、
支持体と、

前記トーシヨンバーの基端部と前記支持体との間に介在し前記トーシヨンバーの基端部を前記トーシヨンバーの軸線回りに往復回転させるアクチュエータとを備える光偏向器であって、

前記トーシヨンバーとの前記ミラー部の結合周縁と前記リブとの間のリブ無し領域が、前記ミラー部の表側と裏側とで同一の応力分布となるように、前記リブが前記ミラー部の周縁から離されていることを特徴とする光偏向器。 10

【請求項 2】

請求項 1 記載の光偏向器において、

前記リブは、前記ミラー部の裏側において起立する湾曲環状壁体として形成されており、

前記リブ無し領域を外周側に画成する壁体部分は、その隣接壁体部分より前記ミラー部の周縁からの距離を増大されていることを特徴とする光偏向器。

【請求項 3】

請求項 1 記載の光偏向器において、

前記リブは、前記ミラー部の裏側において起立する矩形棒状壁体として形成され、

前記矩形棒状壁体のトーシヨンバー側の辺部分は、その隣接辺部分よりも前記ミラー部の周縁からの距離を増大されていることを特徴とする光偏向器。 20

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の光偏向器において、

前記トーシヨンバーは基端部において前記支持体に結合し、

前記支持体は、裏側にリブを有し、

前記支持体の前記リブは、前記トーシヨンバーとの前記支持体の結合周縁と、前記支持体の前記リブとの間のリブ無し領域が表側と裏側とでほぼ同一の応力分布となるように、前記支持体の内周縁から離されていることを特徴とする光偏向器。 30

【請求項 5】

請求項 4 記載の光偏向器において、

前記支持体をその外周側から囲う別の支持体としての外側支持棒体を備え、

前記支持体は、軸線が前記トーシヨンバーとしての内側トーシヨンバーの軸線に対して前記ミラー部の中心において直交する別のトーシヨンバーとしての外側トーシヨンバーを介して前記外側支持棒体に支持され、

前記支持体の前記リブは、前記外側トーシヨンバーとの前記支持体の結合周縁と、前記支持体の前記リブとの間のリブ無し領域が表側と裏側とでほぼ同一の応力分布となるように、前記支持体の外周縁から離されていることを特徴とする光偏向器。

【発明の詳細な説明】 40

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧電駆動方式の光偏向器に関する。

【背景技術】

【0002】

MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術を利用して製作する圧電駆動方式の光偏向器が知られている。このような光偏向器は、光を反射するミラー面を表側にもつミラー部と、先端部においてミラー部に結合するトーシヨンバーと、トーシヨンバーの基端部に結合して該基端部をトーシヨンバーの軸線回りに往復回転させる圧電アクチュエータとを備えるとともに、ミラー部の裏側に表側のミラー面の歪み抑制のためのリブを備え 50

ている（特許文献 1～3）。

【0003】

特許文献 1 の光偏向器におけるミラー部のリブは、ミラー部の裏側において、トーションバーとの結合周縁に沿って立設する壁体として形成されている（特許文献 1 / 図 2～図 4）。

【0004】

特許文献 2 の光偏向器におけるミラー部のリブは、ミラー部の裏側に格子形状の補強部材を接合させることにより形成されている（特許文献 2 / 段落 0026 及び図 7 等）。該補強部材は、後方へ開口する凹所をマトリクス状に裏側に有している。

【0005】

特許文献 3 の光偏向器におけるミラー部のリブは、単にミラー部の厚さをトーションバーの厚さより厚くしただけで形成されている（特許文献 3 / 図 7（f））。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特開 2010-128116 号公報

【特許文献 2】特開 2001-249300 号公報

【特許文献 3】特開平 7-92409 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

特許文献 1～3 の光偏向器におけるミラー部のリブは、ミラー面の歪みを抑制するものの、特許文献 1～3 では、ミラー部におけるトーションバーとの結合周縁におけるリブの存在が、逆に該結合周縁及びトーションバーを破損させ易くしていることは認識されていない。したがって、その対策についても、特許文献 1～3 ではなんら考慮されていない。

【0008】

本発明の目的は、リブによりミラー面の歪み抑制を図りつつ、ミラー部及びトーションバーの破損を抑制する光偏向器を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

第 1 発明の光偏向器は、一定の方向から入射する光を反射するミラー面を表側に有しリブを裏側に有するミラー部と、先端部において前記ミラー部に結合するトーションバーと、支持体と、前記トーションバーの基端部と前記支持体との間に介在し前記トーションバーの基端部を前記トーションバーの軸線回りに往復回転させるアクチュエータとを備える光偏向器であって、前記トーションバーとの前記ミラー部の結合周縁と、前記リブとの間のリブ無し領域が、前記ミラー部の表側と裏側とで同一の応力分布となるように、前記リブが前記ミラー部の周縁から離されていることを特徴とする。

【0010】

なお、ミラー部の表側と裏側とで同一の応力分布とは、完全同一の応力分布に限定されず、実質的な同一又はほぼ同一の応力分布を含むものとする。

【0011】

第 1 発明によれば、トーションバーとのミラー部の結合周縁と、リブとの間のリブ無し領域が、ミラー部の表側と裏側とで同一の応力分布となるので、リブがトーションバーとのミラー部の結合周縁に接近し過ぎることに因るトーションバー及びミラー部の破損を抑制しつつ、リブによりミラー面の歪みを抑制することができる。

【0012】

第 2 発明の光偏向器は、第 1 発明において、前記リブは、前記ミラー部の裏側において起立する湾曲環状壁体として形成されており、前記リブ無し領域を外周側に画成する壁体部分は、その隣接壁体部分より前記ミラー部の周縁からの距離を増大されていることを特徴とする。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 3 】

第 2 発明によれば、ミラー部におけるトーションバーとの結合部近傍におけるミラー部又はトーションバーの破損を抑制しつつ、リブをミラー部の周縁の方へ最大限広げて、ミラー部を適切に補強することができる。

【 0 0 1 4 】

第 3 発明の光偏向器は、第 1 発明において、前記リブは、前記ミラー部の裏側において起立する矩形枠状壁体として形成され、前記矩形枠状壁体のトーションバー側の辺部分は、その隣接辺部分よりも前記ミラー部の周縁からの距離を増大されていることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

第 3 発明によれば、リブの形状を単純化して、ミラー部におけるトーションバーとの結合部近傍におけるミラー部又はトーションバーの破損を抑制することができる。

【 0 0 1 6 】

第 4 発明の光偏向器は、第 1 ~ 第 3 発明のいずれか 1 つの発明において、前記トーションバーは基端部において前記支持体に結合し、前記支持体は、裏側にリブを有し、前記支持体の前記リブは、前記トーションバーとの前記支持体の結合周縁と、前記支持体の前記リブとの間のリブ無し領域が表側と裏側とでほぼ同一の応力分布となるように、前記支持体の内周縁から離されていることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

第 4 発明によれば、支持体のリブにより支持体を補強しつつ、トーションバーと支持体との結合部近辺の破損を抑制することができる。

【 0 0 1 8 】

第 5 発明の光偏向器は、第 4 発明において、前記支持体をその外周側から囲う別の支持体としての外側支持枠体を備え、前記支持体は、軸線が前記トーションバーとしての内側トーションバーの軸線に対して前記ミラー部の中心において直交する別のトーションバーとしての外側トーションバーを介して前記外側支持枠体に支持され、前記支持体の前記リブは、前記外側トーションバーとの前記支持体の結合周縁と、前記支持体の前記リブとの間のリブ無し領域が表側と裏側とでほぼ同一の応力分布となるように、前記支持体の外周縁から離されていることを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

第 5 発明によれば、支持体のリブにより支持体を補強しつつ、外側トーションバーと支持体との結合部近辺の破損を抑制することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 0 】

【 図 1 】 光偏向器及びその関連要素の構成図。

【 図 2 】 ミラー部の裏側の構造図。

【 図 3 】 リブ無しのミラー部の問題点についての説明図。

【 図 4 】 リブ付きのミラー部における凹みの有無についての説明図。

【 図 5 】 図 4 の光偏向器についての厚さ方向に平行な断面における応力分布図。

【 図 6 】 凹み付きのミラー部を装備する光偏向器と、凹み無しミラー部を装備する光偏向器についての強度試験結果を示す図。

【 図 7 】 狭小なリブ無し領域付きのリブを装備する光偏向器についての説明図。

【 図 8 】 別の光偏向器の構造図。

【 図 9 】 2 次元走査型の光偏向器の問題点について説明図。

【 図 1 0 】 図 9 の光偏向器の問題点に対処した光偏向器の構造図。

【 図 1 1 】 図 6 の強度試験結果における凹み無しミラー部の例を示す図。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 1 】

図 1 を参照して、光偏向器 1 の構成について説明する。光偏向器 1 は、MEMS 技術を利用して製作される。光偏向器 1 は、一定の方向から入射する光としてレーザ光源 9 0 か

10

20

30

40

50

らの入射光 9 1 に対して、反射角度を一定の周波数で増減させることにより走査光としての反射光 9 2 を出射する。

【 0 0 2 2 】

制御部 9 5 は、光偏向器 1 からセンサ類領域 7 の検出信号を含む各種入力信号を受けて、入力信号に基づいて圧電アクチュエータ 5 , 8 を制御する。制御部 9 5 は、さらに、レーザ光源 9 0 のオンとオフ、及び場合によってはレーザ光源 9 0 の光量も制御し、これにより、走査光の配向パターンを調整することもできる。光偏向器 1、レーザ光源 9 0 及び制御部 9 5 を含む部分は、光スキャナとして、例えば、プロジェクタ、バーコードリーダー、レーザプリンタ、レーザヘッドアンプ、又はヘッドアップディスプレイ等に装備される。

10

【 0 0 2 3 】

説明の便宜上、光偏向器 1 の上下左右を、図 1 の光偏向器 1 の正面視における上下左右と定義する。なお、光偏向器 1 について説明の便宜上定義した上下左右は、光偏向器 1 の現実の使用における上下左右を規定するものではない。光偏向器 1 は、また、現実の使用において、垂直（鉛直）に立てて使用されることに制限されない。光偏向器 1 は、現実の使用において、水平面や垂直面に対して傾斜して使用されてもよい。

【 0 0 2 4 】

光偏向器 1 は、ミラー部 2、2 つのトーシヨンバー 3、支持枠 4、1 つの圧電アクチュエータ 5、及び 3 つの圧電アクチュエータ 8 を備え、円形のミラー部 2 は、光偏向器 1 の中心に配置され、レーザ光源 9 0 からの入射光 9 1 を表側のミラー面に受け、トーシヨンバー 3 の軸線の回りの回転角に応じた向きに反射光 9 2 を出射する。なお、トーシヨンバー 3 の軸線は、ミラー部 2 の回転軸線でもある。2 つのトーシヨンバー 3 は、それらの軸線がミラー部 2 の同一の直径上となるように、ミラー部 2 の左右両側に配設され、先端部をミラー部 2 の周縁に結合している。

20

【 0 0 2 5 】

ミラー部 2 の右側において、圧電アクチュエータ 5 , 8 は、右側のトーシヨンバー 3 の基端部の上下にそれぞれ配設され、先端側及び基端側をそれぞれ右側のトーシヨンバー 3 の基端部及び支持枠 4 に結合することにより、トーシヨンバー 3 の基端部と支持枠 4 との間に介在する。ミラー部 2 の左側において、2 つの圧電アクチュエータ 8 は、左側のトーシヨンバー 3 の基端部の上下にそれぞれ配設され、先端側及び基端側をそれぞれ左側のトーシヨンバー 3 の基端部及び支持枠 4 に結合することにより、トーシヨンバー 3 の基端部と支持枠 4 との間に介在する。

30

【 0 0 2 6 】

圧電アクチュエータ 5 と圧電アクチュエータ 8 との構造上の相違点は、圧電アクチュエータ 5 は非アクチュエータ部 6 を有するのに対し、圧電アクチュエータ 8 は非アクチュエータ部 6 を有しないことである。圧電アクチュエータ 8 は、表側（ミラー部 2 のミラー面の有る側）全面が圧電アクチュエータとして機能するのに対し、圧電アクチュエータ 5 は、非アクチュエータ部 6 では圧電アクチュエータとしての機能が喪失され、代わりに、非アクチュエータ部 6 の圧電層構造がセンサ類領域 7 の圧電センサ（図示せず）等として使用されることである。

40

【 0 0 2 7 】

センサ類領域 7 の圧電センサは、トーシヨンバー 3 の回転角の検出を介してミラー部 2 の回転角を検出する。該圧電センサの出力は、圧電アクチュエータ 5 の本体（圧電アクチュエータ 5 において非アクチュエータ部 6 以外の部分）の表面上に延在する導線（図示せず）を経由して制御部 9 5 へ送られる。

【 0 0 2 8 】

支持体としての支持枠 4 は、ミラー部 2、トーシヨンバー 3、圧電アクチュエータ 5 , 8 を外側から包囲する。圧電アクチュエータ 5 , 8 の基端部は、支持枠 4 の上辺部分又は下辺部分に結合する。

【 0 0 2 9 】

50

図 2 を参照して、ミラー部 2 の裏側の構造を説明する。リブ 1 2 は、左右対称かつ上下対称にミラー部 2 の裏側に形成され、ミラー部 2 の裏側から裏方向へ起立する湾曲環状壁体となっている。リブ 1 2 は、図 2 において左側のトーシヨンバー 3 の側から時計回りに壁体部分 1 3 a ~ 1 3 d から成る。

【 0 0 3 0 】

左右の壁体部分 1 3 a , 1 3 c は、左右のトーシヨンバー 3 に対峙する側の部分であり、ミラー部 2 の円周縁からミラー部 2 の中心の方へ内側に凹んでいる。上下の壁体部分 1 3 b , 1 3 d は、ミラー部 2 の円周縁に沿って起立し、外側に凸に形成されている。外側へ凸状の壁体部分 1 3 b , 1 3 d は、本発明の隣接壁体部分に相当し、外側へ凹状の壁体部分 1 3 a , c の隣接壁体部分となっている。

10

【 0 0 3 1 】

壁体部分 1 3 a , 1 3 c の外周面とミラー部 2 の円周縁との間のミラー部 2 の裏面領域は、リブ無し領域 1 4 として、後述のリブ無し領域 1 0 5 と同一の機能を果たす。これにより、ミラー部 2 及びトーシヨンバー 3 の破損を抑制しつつ、ミラー部 2 の回転軸線回りの最大回転角（最大振れ角）を増大させることができる。

【 0 0 3 2 】

図 3 を参照して、リブ無しのミラー部の問題点について説明する。図 3 は光偏向器 2 0 1 を裏側から見た斜視図である。

【 0 0 3 3 】

図 3 には、ミラー部 2 及びトーシヨンバー 3 における応力分布をグレースケールで示している。図 3 以降の応力分布はすべて所定のシミュレーションソフトを使って、算出、出力したものである。なお、図面における応力分布は、シミュレーションソフトによるカラーの出力結果をモノクロのグレースケールで表示したものであり、色の薄いところほど、大きい応力となっている。

20

【 0 0 3 4 】

ミラー部 2 がリブ無しであるときは、ミラー部 2 における応力分布は、等方的になるが、強度が不十分であり、ミラー部 2 が広範囲にわたり変形してしまう問題がある。

【 0 0 3 5 】

図 4 を参照して、リブ付きのミラー部について説明する。(a) と (b) とは、リブ付きのミラー部においてトーシヨンバーとのミラー部の結合周縁部に、該結合周縁部に臨む凹部を形成しないもの及び形成したものを示している。(a) 及び (b) 共に光偏向器 2 1 1 を裏側から見ている。(a) 及び (b) 共に一方のトーシヨンバー側のみしか図示していないが、光偏向器 2 1 1 は左右対称の構造であり、他方のトーシヨンバーの側の構造も一方のトーシヨンバーの側の構造と同一である。

30

【 0 0 3 6 】

図 4 (a) の光偏向器 2 1 1 では、ミラー部 2 1 2 は正方形とされる。リブ 2 1 4 は、ミラー部 2 1 2 の裏側においてミラー部 2 1 2 の正方形の周縁に沿って均一幅で形成され、内周側に本体 2 1 6 を画成する。表から見て左右のトーシヨンバー 2 1 3 は、先端をミラー部 2 1 2 の左右の辺部に結合している。トーシヨンバー 2 1 3 と本体 2 1 6 との厚さは等しく、リブ 2 1 4 は、トーシヨンバー 2 1 3 及び本体 2 1 6 の面から所定量、裏方向へ隆起したものになっている。

40

【 0 0 3 7 】

光偏向器 2 1 1 のように、リブ 2 1 4 が、トーシヨンバー 2 1 3 とのミラー部 2 1 2 の結合周縁に一致又は接近しているときには (特許文献 1 ~ 3) 、強度試験において、結合周縁に近いミラー部 2 1 2 又はトーシヨンバー 2 1 3 の箇所破損又は切損が生じることが分かった。

【 0 0 3 8 】

図 4 (b) の光偏向器 1 0 1 では、ミラー部 1 0 2 は正方形とされる。ミラー部 1 0 2 のリブ 1 0 4 は、ミラー部 1 0 2 の厚さを本体の厚さ (= 本体 2 1 6 の厚さ) より増大した隆起部として形成される。リブ無し領域 1 0 5 は、本体の厚さで形成され、トーシヨン

50

バー 103 とのミラー部 102 の結合周縁に連設する領域としてミラー部 102 に形成されている。なお、リブ無し領域 105 は、ミラー部 102 の裏側の面部分としてではなく、表側及び裏側の両方を含むミラー部 102 の部分として定義している。

【0039】

光偏向器 101 のように、リブ無し領域 105 が形成されることにより、強度試験では、振れ角が十分に大きくなるまで、ミラー部 102 及びトーシヨンバー 103 の破損が生じないことが分かった。理由について、図 5 を参照して説明する。

【0040】

図 5 は、図 4 の光偏向器についての厚さ方向に平行な断面における応力分布を示している。図 5 (a) 及び (b) は、それぞれ図 4 (a) 及び (b) の構造についての応力分布となっている。

10

【0041】

図 5 (a) では、リブ 214 の外周がトーシヨンバー 213 とのミラー部 212 の結合周縁に一致しており、該結合周縁近傍のミラー部 212 の領域では、光偏向器 211 の裏側 (図 5 では上側) の応力分布は、表側 (図 5 では下側) の応力分布と大きく相違している。これに対し、図 5 (b) では、該結合周縁近傍のミラー部 212 の領域としてのリブ無し領域 105 では、光偏向器 101 の裏側の応力分布は、表側の応力分布とほぼ同一になっている。

【0042】

ここで、実施形態を含む本発明の構成によりリブ付きミラー部の破損を有効に防止することができる理由を、簡単に説明する。物体は一方向へ偏った力を受けると破断するので、トーシヨンバーからミラー部に対するねじり応力を等方的にすると、ミラー部を、破損することなく、大きく振ることが可能となる。このため、トーシヨンバーとのリブ付きミラー部の結合周縁付近 (以下、「結合周縁領域」という。) にかかる応力分布の勾配を緩やかにすることが必要となる。

20

【0043】

本発明では、結合周縁領域の上下の応力分布を同一にすることにより、ミラー部の結合周縁領域にかかる応力分布の勾配を緩やかにする。すなわち、リブの周縁をトーシヨンバーとのミラー部の結合周縁付近において凹ませて、リブ無し領域 14, 105 等を形成し、結合周縁領域の上下の応力分布が同一となる領域を確保した。

30

【0044】

端的に言うと、応力、すなわち「ある面に働く力」は、「ある方向へ偏って働く力」のことである。例えばサイコロに対して水圧のような、 x , y , z 方向から同じ大きさの力が働く場合、物体は破断しないのに対し、引っ張る、押しつぶすなど、 x 方向又は y 方向のみの力を与えた場合、物体は破断を起こす。本発明の光偏向器の設計では、このサイコロの場合と同様に、ミラー部の結合周縁領域のねじれ応力を等方的に与えることで、ミラー部の持つ破断限界までミラー部を捻じることが可能になった。

【0045】

このような理由に基づいて、光偏向器 101 では、ミラー部 102 の結合周縁領域における応力分布が光偏向器 101 の表側と裏側とで同一になるリブ無し領域 105 が形成されるように、リブ 104 は、ミラー部 102 の周縁から必要最小限の距離、離して (凹ませて)、形成される。なお、ミラー部 102 の結合周縁領域における応力分布が光偏向器 101 の表側と裏側とで同一になるリブ無し領域 105 が形成されるように、リブ 104 は、ミラー部 102 の周縁から必要最小限の距離、離す (凹ませる) ことを、以降、リブ 104 及びリブ無し領域 105 の第 1 形成条件と呼ぶ。

40

【0046】

所定領域について、裏側の応力分布と表側の応力分布とが同一であるか否かの判断基準について説明する。例えば、所定領域を格子状配置の複数のセルに分割し、裏側と表側とで同一位置にあるセル同士の応力の差分が閾値未満であれば、応力が同一のセルとし、該所定領域全体において、応力が同一となったセルの個数が全数に対して所定比率以上であ

50

れば、該所定領域は、裏側の応力分布と表側の応力分布とが同一であると判断することができる。

【0047】

図5(b)では、リブ104の外周部の応力分布は、ミラー部102の表側の対応部の応力分布と相違しているが、リブ104の外周部の応力は大き過ぎると好ましくない。リブ104の外周部の応力は所定の閾値未満となるまで、リブ104をミラー部102の周縁から内側の方へ離すこととする条件を、前述の第1形成条件に付加して、リブ104及びリブ無し領域105を形成することができる。

【0048】

さらに、第1形成条件に置き換え可能な形成条件として次の第2形成条件を考えることができる。

【0049】

すなわち、トーシヨンバー103とのミラー部102の結合周縁から、リブ104をミラー部212の内側の方へ離れたことは、裏側において、該結合周縁からリブ12の内側の方へ遠ざかる方向の応力勾配(正負を問題にせず、絶対値を考える。)を低下させることを意味する。したがって、リブ無し領域105では、その全域において該結合周縁からリブ12の内側の方へ遠ざかる方向の応力勾配が所定値未満であり、リブ104では最大応力が所定の閾値未満となることをリブ無し領域105及びリブ104の第2形成条件として設定する。そして、前述の第1形成条件を置き換えた第2形成条件が満たされるように、リブ無し領域105及びリブ104を形成する。

【0050】

図6を参照して、凹み(図2のリブ無し領域14及び図4(b)のリブ無し領域105に相当)付きのミラー部を装備する光偏向器と、凹み無しミラー部を装備する光偏向器とについての強度試験結果について説明する。比較対象の凹み無しミラー部2bは、図11に示すようなものである。図11において、図2と対応する部分は同符号で示されている。このミラー部2bのリブ15は、ミラー部2bの円周縁に沿って裏方向へ起立する円周壁状に形成されており、このミラー部2bには、図2のリブ無し領域14に相当する領域は形成されない。

【0051】

図6において横軸は圧電アクチュエータ8への印加電圧を示し、縦軸はミラー部2の振れ角を示している。振れ角は、ミラー部2の回転軸線(=トーシヨンバー3の軸線)回りのミラー部2の回転角 0° を規準とする \pm の回転角である。例えば、振れ角 $=4^\circ$ であるならば、ミラー部2は、 $\pm 4^\circ$ の回転角範囲(= 8° の回転角範囲)で回転軸線回りを往復回転することを意味する。

【0052】

ミラー部2の振れ角は、圧電アクチュエータ8への印加電圧の増大に連れて、増大する。図11のミラー部2bでは、位置P2、すなわち振れ角 $=8^\circ$ 近辺で、トーシヨンバー3の切損又はミラー部2の破損が生じた。これに対し、図2のミラー部2では、位置P1、すなわち振れ角がほぼ2倍の 16.8° となったときに、トーシヨンバー3の切損又はミラー部2の破損が生じた。このことから、リブ無し領域105の形成により振れ角を増大できること、すなわち耐久性が増大したことが分かる。

【0053】

図7を参照して、狭小なリブ無し領域225付きのミラー部222を装備する光偏向器221について説明する。光偏向器221において、ミラー部222、トーシヨンバー223、リブ224及び本体226は、前述の光偏向器211(図4(a))のミラー部212、トーシヨンバー213、リブ214及び本体216に対応しており、説明は省略する。

【0054】

光偏向器221では、トーシヨンバー223とのミラー部222の結合周縁につながる範囲にリブ無し領域225が形成される。リブ無し領域225は、幅及び厚さがトーシヨ

10

20

30

40

50

ンバー 2 2 3 に等しくなっている。なお、トーシヨンバー 2 2 3 の厚さは本体 2 2 6 の厚さに等しい。リブ無し領域 2 2 5 の奥行き（トーシヨンバー 2 2 3 の軸線方向のリブ無し領域 2 2 5 の寸法）も、光偏向器 1 0 1（図 4（b））のリブ無し領域 1 0 5 に比して縮小されており、この例では、正方形のミラー部 2 2 2 の一辺の長さの $1/20$ としている。なお、リブ無し領域 2 2 5 の奥行きは、ミラー部 2 2 2 を円としたときは、該円の直径の $1/20$ とする。

【0055】

リブ無し領域 2 2 5 は、それが形成されても、狭小し過ぎて、裏側では応力が等方的に分布しないので、リブ無し領域 2 2 5 の表側及び裏側の応力分布は大きく相違したり、裏側の応力勾配が十分に緩和されないことになる。したがって、光偏向器 2 2 1 の振れ角は十分に増大することができず、ミラー部 2 2 2 の往復回転角を大きくすることができない。

10

【0056】

図 8 を参照して、別の光偏向器 1 1 1 を説明する。図 8 の光偏向器 1 1 1 において、ミラー部 1 1 2 及びトーシヨンバー 1 1 3 は、図 4（b）のミラー部 1 0 2 及びトーシヨンバー 1 0 3 に対応しており、説明は省略する。光偏向器 1 0 1 との相違点について述べる。

【0057】

光偏向器 1 1 1 では、リブ 1 1 4 が、ミラー部 1 1 2 の裏側から裏方向へ起立する矩形枠状壁体から構成される。ミラー部 1 1 2 において、リブ無し周辺領域 1 1 5 及びリブ無し中央領域 1 1 6 は、それぞれリブ 1 1 4 の外周側及び内周側に存在して、厚さがトーシヨンバー 1 1 3 の厚さと同一になっている領域である。トーシヨンバー 1 1 3 と結合するミラー部 1 1 2 の辺側のリブ無し周辺領域 1 1 5 の部分の幅は、リブ無し領域 1 0 5 の奥行きに等しくされる。換言すると、リブ 1 1 4 の左右の辺部分は、その隣接辺部分としての上下の辺部分よりミラー部 1 1 2 の対応辺からの距離を増大されている。

20

【0058】

この結果、トーシヨンバー 1 1 3 と結合するミラー部 1 1 2 の辺側のリブ無し周辺領域 1 1 5 の部分では、図 4（b）のミラー部 1 0 2 のリブ無し領域 1 0 5 のときと同様に、ミラー部 1 1 2 の表側と裏側の応力分布はほぼ同一になり、ミラー部 1 1 2 の振れ角を増大させることができる。

30

【0059】

前述の図 4（b）の光偏向器 1 0 1 では、トーシヨンバー 1 0 3 とのミラー部 1 0 2 の結合周縁の近傍のみにおいてリブ 1 0 4 の周部をミラー部 1 0 2 の周縁から離れたのに対し、図 8 では、トーシヨンバー 1 1 3 との結合する辺側のリブ 1 1 4 の辺部は、直線で形成される。この結果、リブ 1 1 4 を簡単な形状にしつつ、ミラー部 1 1 2 の振れ角増大を図ることができる。

【0060】

図 9 を参照して、2次元走査型の光偏向器 2 4 1 の問題点について説明する。

【0061】

光偏向器 2 4 1 においても、説明の便宜上、前述の光偏向器 1 の説明のときと同一に、上下左右を定義する。すなわち、図 9 は光偏向器 2 4 1 を裏側から見た斜視図であるが、光偏向器 2 4 1 の表側を光偏向器 2 4 1 の正面とし、正面視の上下左右を光偏向器 2 4 1 の上下左右とする。トーシヨンバー 2 4 3 の軸線方向は光偏向器 2 4 1 の左右方向となる。

40

【0062】

光偏向器 2 4 1 において、ミラー部 2 6 2、リブ 2 6 4、リブ無し周辺領域 2 6 5 及びリブ無し中央領域 2 6 6 は、図 8 のミラー部 1 1 2、リブ 1 1 4、リブ無し周辺領域 1 1 5 及びリブ無し中央領域 1 1 6 にそれぞれ対応していて、それらと同一の構造であるので、説明は省略する。

【0063】

50

2つのトーシヨンパー243は、軸線（該軸線は、前述の第1回転軸線に相当するので、以下、「第1回転軸線」という。）を左右方向に揃えて、ミラー部262の左右方向両側に配設され、先端においてミラー部262に結合し、基端において内側支持棒244に結合している。なお、図1の光偏向器1のトーシヨンパー3の基端は、支持棒4に結合しておらず、支持棒4との間に間隙を残している。

【0064】

圧電アクチュエータ245, 248は、光偏向器1（図1）の圧電アクチュエータ5, 8に対応しており、先端及び基端をそれぞれトーシヨンパー243の基端部及び内側支持棒244に結合し、トーシヨンパー243の基端部を第1回転軸線の回りに往復回転させる。ミラー部262は、内側支持棒244に6点で支持される。6点とは、2のトーシヨ

10

【0065】

外側支持棒274は、内側支持棒244を内側支持体又は内側支持棒体とすると、内側支持棒244に対する外側支持体又は外側支持棒体となる。外側支持棒274は、トーシヨンパー253の基端部と結合する上辺及び下辺の中心部のみしか図示していないが、内側支持棒244を1回り大きい寸法として、内側支持棒244を外周側から包囲するように、配設される。2つのトーシヨンパー253は、内側支持棒244の上下にそれぞれ配置され、先端を内側支持棒244の上下の辺部の中心に結合し、基端を外側支持棒274の上下の辺部の中心に結合する。

20

【0066】

1対の外側圧電アクチュエータ254は、各トーシヨンパー253の左右両側に配設され、先端をトーシヨンパー253の基端部に結合し、基端を外側支持棒274に結合し、トーシヨンパー253の基端部を、ミラー部262の中心において第1回転軸線に直交する第2回転軸線の回りに往復回転させる。

【0067】

光偏向器241では、トーシヨンパー243の先端部とミラー部262との結合近傍の耐久性については、図8のリブ無し周辺領域115について説明したのと同様に、リブ無し周辺領域265の幅寸法の設定により対処済みとなっている。しかしながら、内側支持棒244にはリブが設けられておらず、応力分布図から分かるように、内側支持棒244

30

とトーシヨンパー243, 253との結合部近傍の応力が等方的に分布していない。したがって、内側支持棒244の歪みやトーシヨンパー243, 253の切損が生じる可能性が高まる。

【0068】

そこで、内側支持棒244にリブを設ける対策が必要となるが、ただ、リブを形成しただけでは、図5(a)で指摘した問題点が生じる。これを克服する構造について、図10を参照して説明する。

【0069】

図10の光偏向器141において、トーシヨンパー143（内側トーシヨンパー）、153（外側トーシヨンパー）、外側圧電アクチュエータ154、ミラー部162及び外側支持棒174は、それぞれ図9の光偏向器241のトーシヨンパー243, 253、外側圧電アクチュエータ254、ミラー部262及び外側支持棒274と対応し、それらと同一構造となっており、説明は省略する。なお、ミラー部162のリブ164、リブ無し周辺領域165及びリブ無し中央領域166は、ミラー部162のサブ構造として、ミラー部262のサブ構造のリブ264、リブ無し周辺領域265及びリブ無し中央領域266に対応し、同一構造となっている。

40

【0070】

光偏向器141（図10）と光偏向器241（図9）との構造上の相違点は、内側支持棒144と内側支持棒244との構造の相違である。内側支持棒244は、単純な平板として形成されているのに対し、内側支持棒244は、裏側にリブ158を有している。

50

【0071】

内側リブ無し領域157は、リブ158の左右の各辺の内周縁と内側支持枠144の左右の内周縁との間に所定幅で形成される。この所定幅は、図8の光偏向器111で説明したリブ無し周辺領域115の左右の幅と同一の観点で設定される。すなわち、内側リブ無し領域157の表と裏の応力分布がほぼ同一になる必要最小限の幅に設定される。

【0072】

外側リブ無し領域159は、リブ158の上下の各辺の外周縁と内側支持枠144の上下の外周縁との間に所定幅で形成される。この所定幅も、図8の光偏向器111で説明したリブ無し周辺領域115の左右の幅と同一の観点で設定される。すなわち、外側リブ無し領域159の幅は、外側リブ無し領域159の表と裏の応力分布がほぼ同一になる必要最小限の幅に設定される。

10

【0073】

この結果、光偏向器141では、内側支持枠144とトーシヨンバー143及びトーシヨンバー153との結合部近辺の耐久性が向上し、内側支持枠144とトーシヨンバー143及びトーシヨンバー153との破損を抑制しつつ、ミラー部162の振れ角の増大及び共振周波数の増大を図ることができる。

【0074】

以上、図面を参照して、種々の光偏向器について説明しているが、光偏向器1(図1)、101(図4(b))、111(図8)、141(図10)は、本発明の実施形態になっていることは言うまでもない。図11のミラー部2bを装備する光偏向器と、光偏向器211(図4(a))、221(図7)、241(図9)とは、単に本発明の実施形態と対比したり、本発明の実施形態を説明する前に問題点を指摘するために、便宜上、図示しただけであり、本発明の実施形態には含まれない。

20

【0075】

以上、実施形態について本発明を説明したが、本発明は、実施形態に限定されることなく、要旨の範囲内の種々の形態で実施することができる。

【0076】

例えば、光偏向器1等では、ミラー部2を2つのトーシヨンバー3により回転駆動することになっているが、ミラー部2の支持構造を片持ち式、すなわちミラー部2を1つのトーシヨンバー3により回転駆動する光偏向器にも本発明を適用することができる。

30

【0077】

実施形態では、圧電アクチュエータ5, 8等は直線状になっているが、これらに代えて、半円弧状の圧電アクチュエータを使用することもできる。

【0078】

実施形態では、圧電アクチュエータ5, 8, 148, 154が使用されているが、本発明が適用される光偏向器のアクチュエータは、圧電駆動方式のものに限定されず、静電駆動方式、電磁駆動方式やその他の駆動方式のアクチュエータを採用することができる。

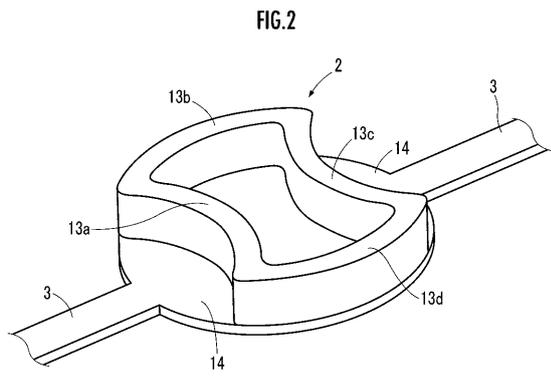
【符号の説明】

【0079】

1, 101, 111, 141・・・光偏向器、2, 102, 112, 162・・・ミラー部、3, 103, 113, 143・・・トーシヨンバー(内側トーシヨンバー)、4, 144, 174・・・支持枠(支持体)、5, 8・・・圧電アクチュエータ(アクチュエータ)、12・・・環状突条(リブ)、13a・・・壁体部分、104, 114, 164・・・リブ、105・・・リブ無し領域、115・・・リブ無し周辺領域、144・・・内側支持枠、145, 148・・・内側圧電アクチュエータ(アクチュエータ)、153・・・外側トーシヨンバー、154・・・外側圧電アクチュエータ(アクチュエータ)、157・・・内側リブ無し領域、159・・・外側リブ無し領域、165・・・リブ無し周辺領域、174・・・外側支持枠。

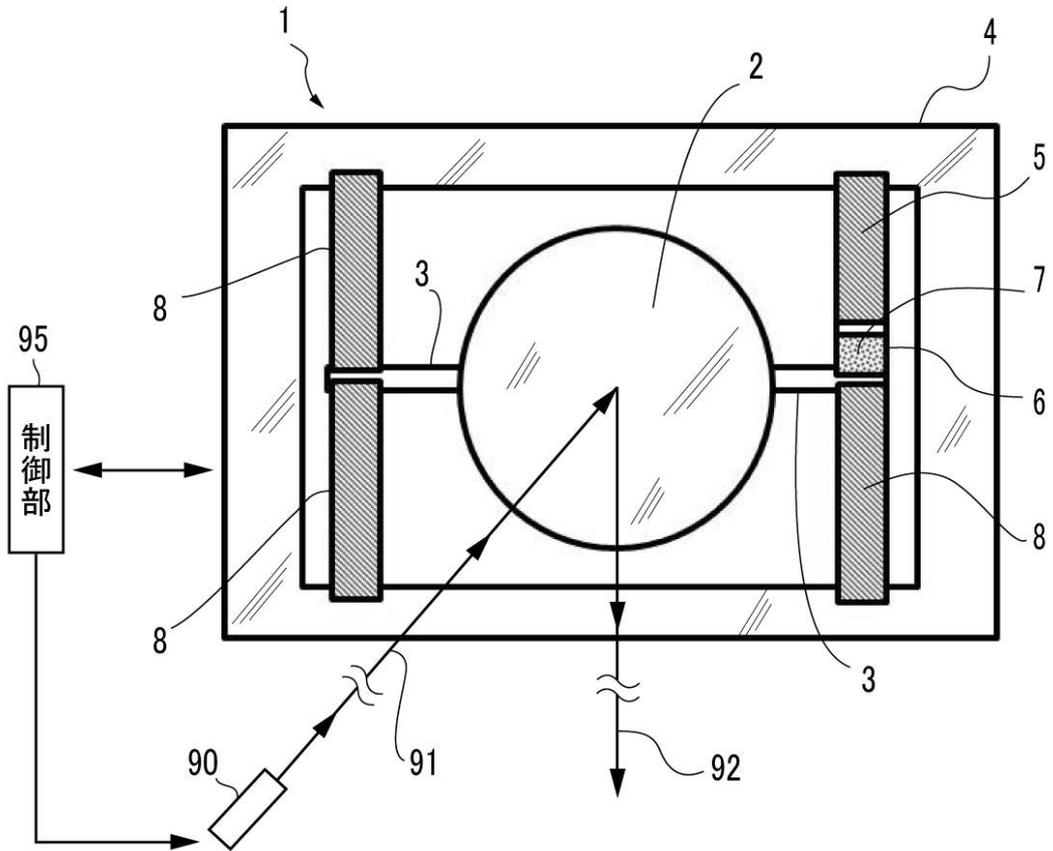
40

【 図 2 】



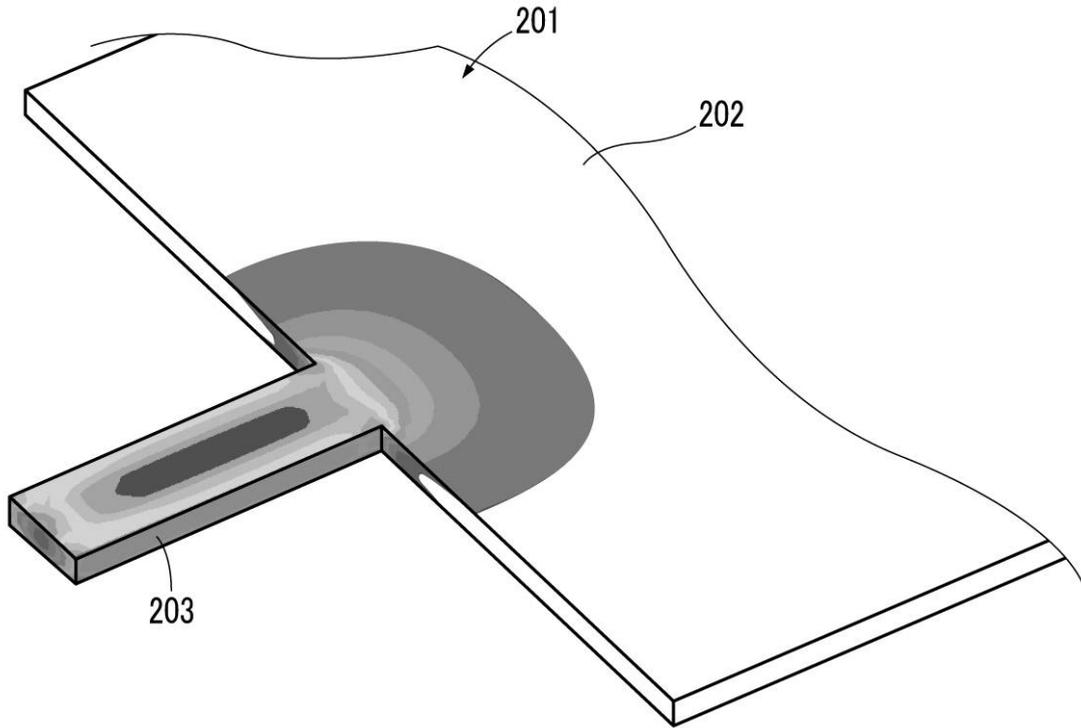
【図 1】

FIG.1



【 図 3 】

FIG.3



【 図 4 】

FIG.4 (a)

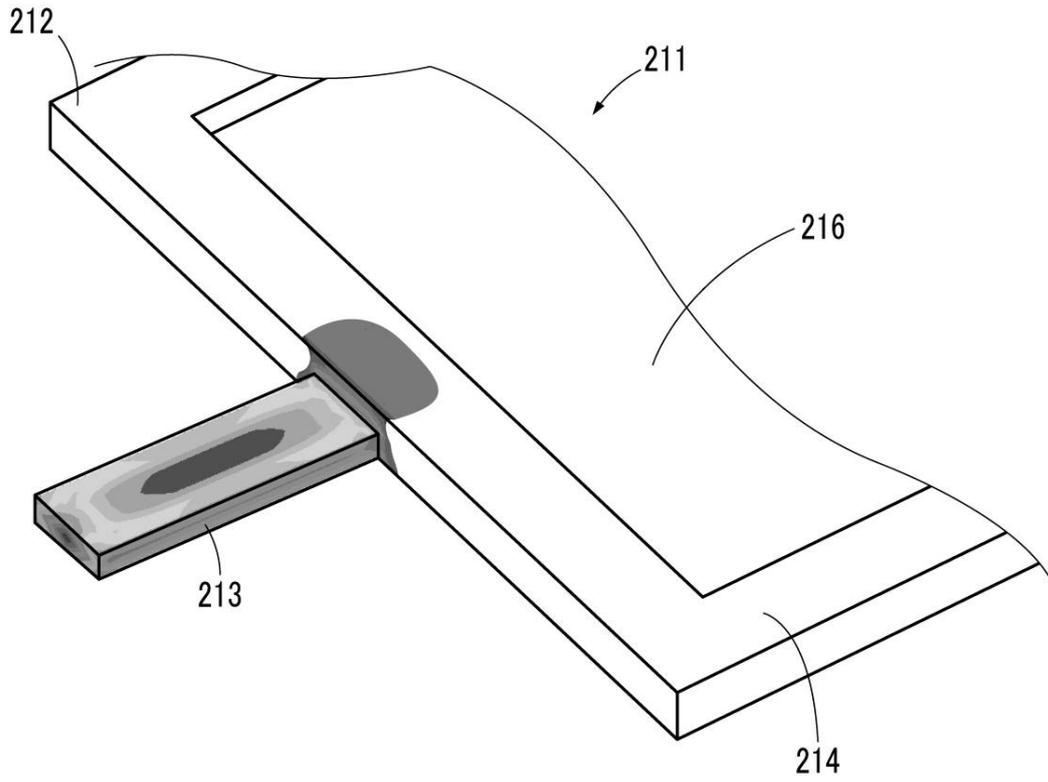
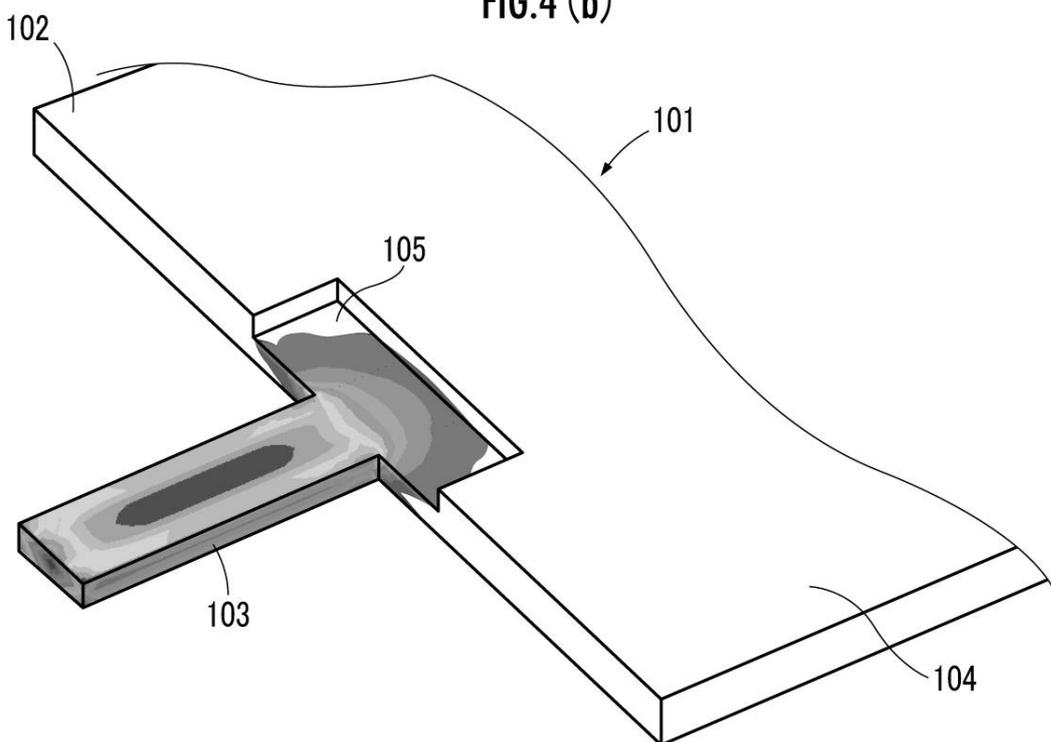


FIG.4 (b)



【 図 5 】

FIG.5 (a)

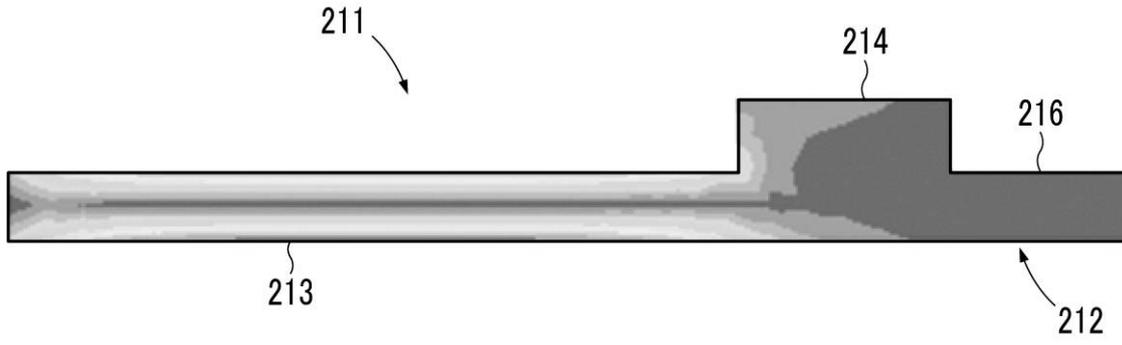
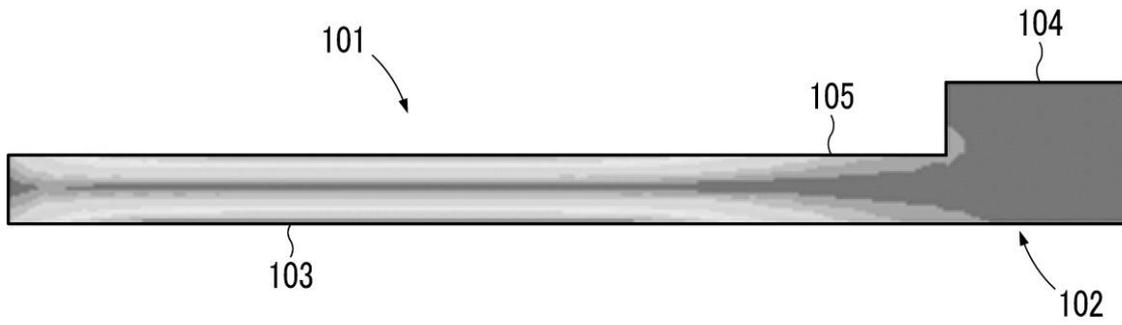
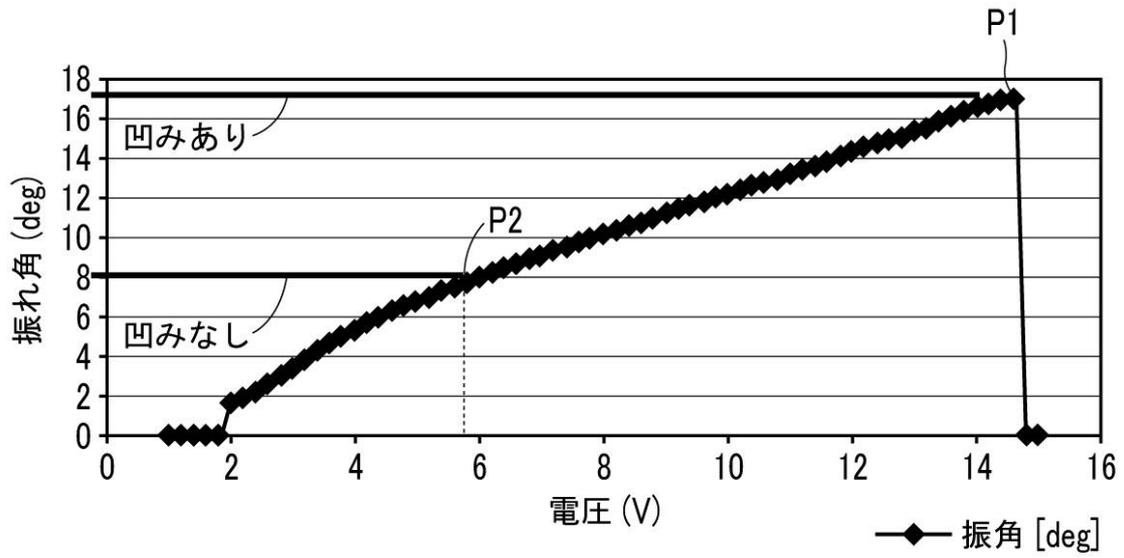


FIG.5 (b)

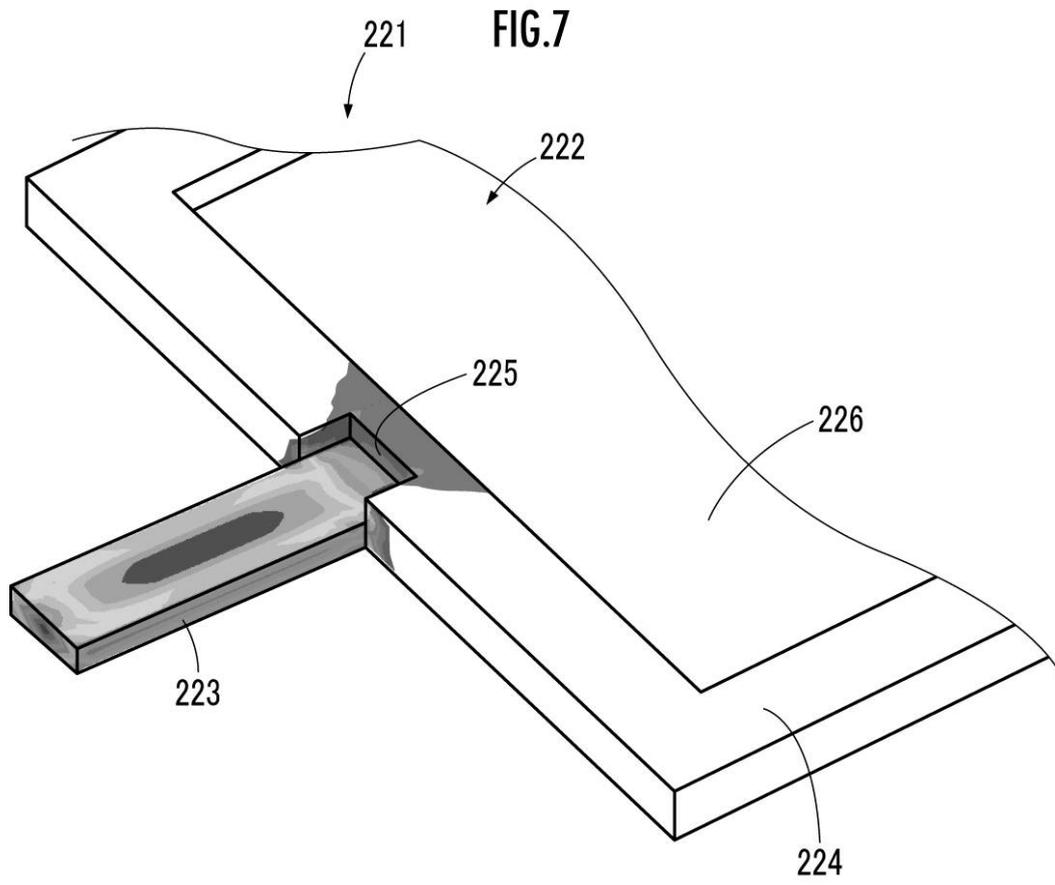


【 図 6 】

FIG.6

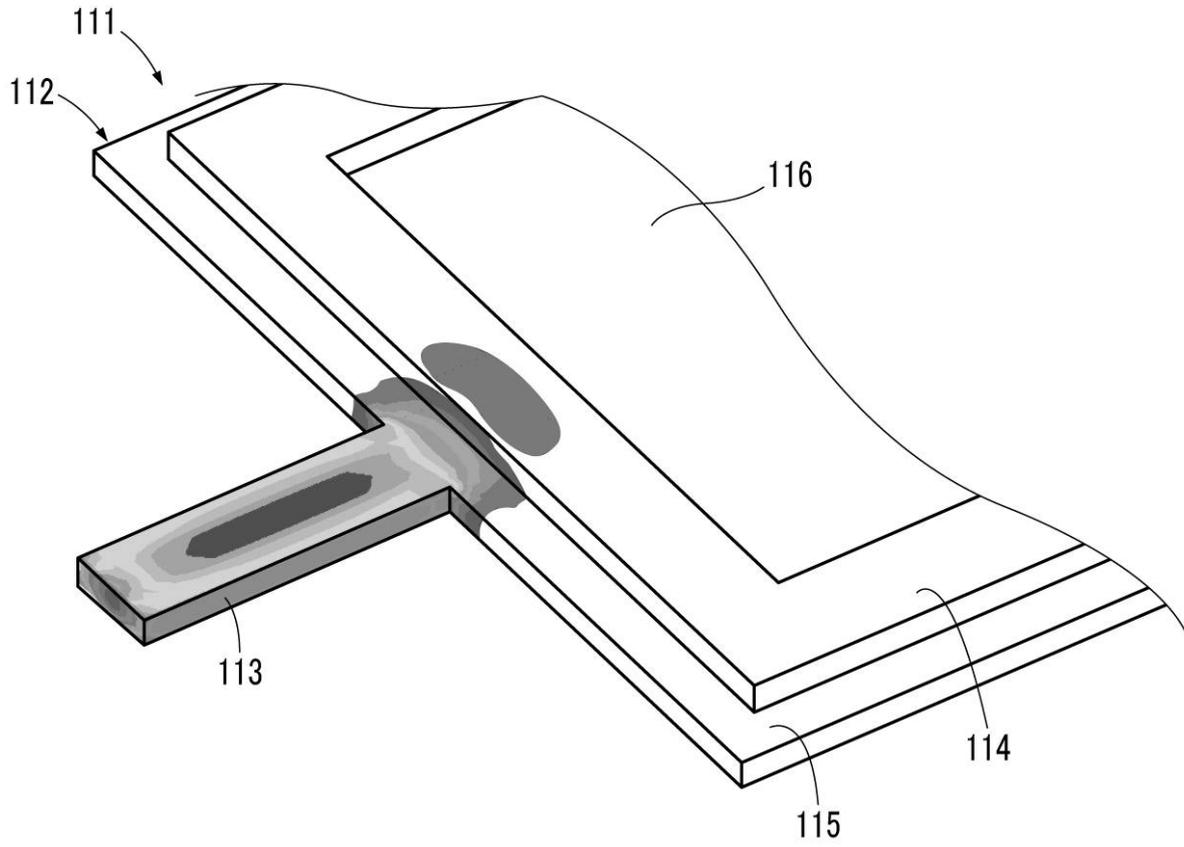


【 図 7 】



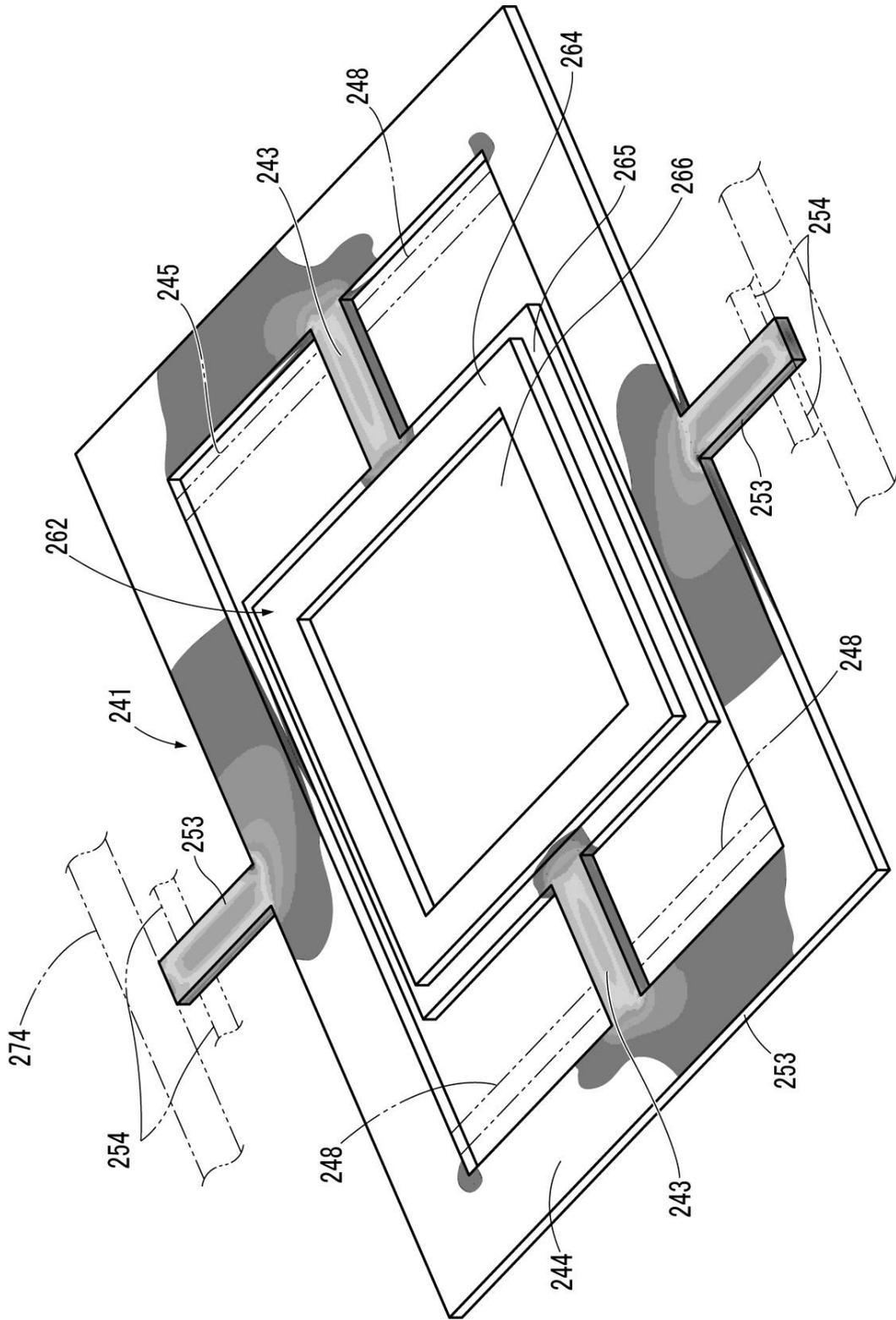
【 図 8 】

FIG.8



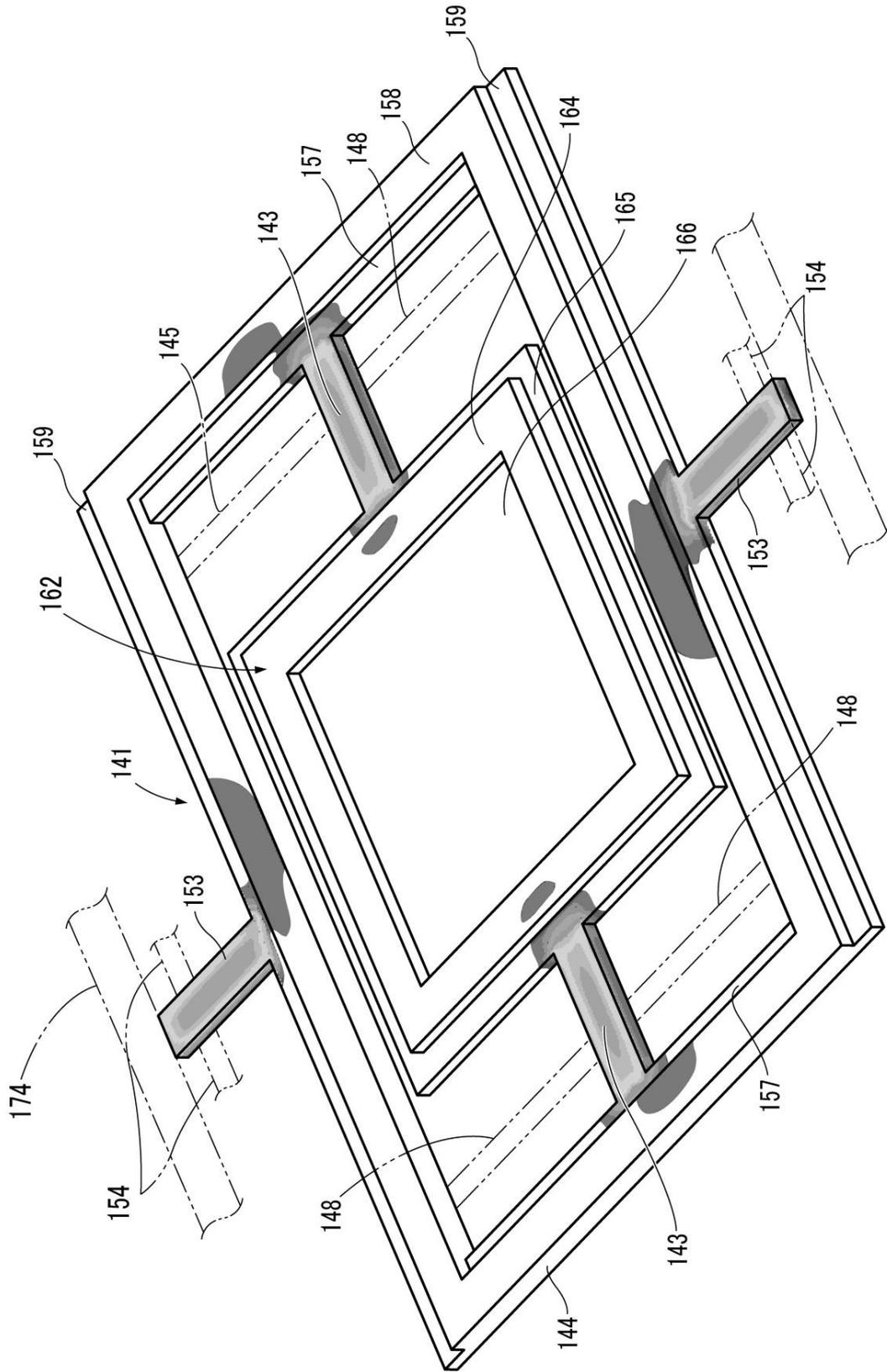
【 図 9 】

FIG.9



【 図 1 0 】

FIG.10



【 図 1 1 】

FIG.11

