

(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2012-220641

(P2012-220641A)

(43) 公開日 平成24年11月12日(2012.11.12)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G 0 2 B 26/10 (2006.01)	G 0 2 B 26/10 1 0 4 Z	2 H 0 4 5
B 8 1 B 3/00 (2006.01)	B 8 1 B 3/00	3 C 0 8 1

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2011-84841 (P2011-84841)	(71) 出願人	000002369
(22) 出願日	平成23年4月6日 (2011.4.6)		セイコーエプソン株式会社
			東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
		(74) 代理人	100091292
			弁理士 増田 達哉
		(74) 代理人	100091627
			弁理士 朝比 一夫
		(72) 発明者	日野 真希子
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		(72) 発明者	溝口 安志
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		Fターム(参考)	2H045 AB02 AB03 AB16 AB26 AB72 AB81 BA12 BA24 DA11
			最終頁に続く

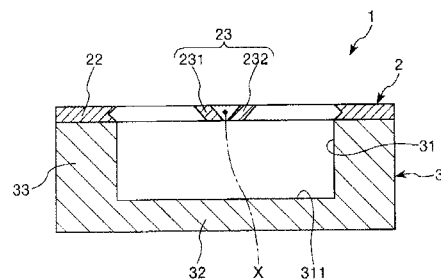
(54) 【発明の名称】 アクチュエーター、光スキャナーおよび画像形成装置

(57) 【要約】

【課題】 光反射領域を確保しながら可動板の回転時の慣性モーメントを低減するとともに、可動板の寸法精度を簡単に優れたものとすることができるアクチュエーター、光スキャナーおよび画像形成装置を提供すること。

【解決手段】 光スキャナー 1 は、光反射性を有する光反射部 2 1 1 を備える可動板 2 1 と、支持部 2 2 と、可動板 2 1 を支持部 2 2 に対して回転可能に連結する 1 対の連結部 2 3、2 4 とを有し、可動板 2 1 は、可動板 2 1 の回転中心軸（軸線 X）に対して垂直な方向で両側へ突出する 1 対の突出部 2 1 5、2 1 6 と、軸線 X に対して平行な方向で両側に突出する 1 対の突出部 2 1 3、2 1 4 とを有する十字状をなし、突出部 2 1 3 ~ 2 1 6 の突出長さが最適化されている。

【選択図】 図 4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所定の回動中心軸まわりに回動可能な板状の可動部と、
前記可動部に連結し、かつ前記可動部の回動に伴って捩り変形する連結部と、
前記連結部を支持する支持部と、を有し、

前記可動部は、前記可動部の板厚方向からの平面視にて、前記回動中心軸に対して垂直な方向で両側へ突出する 1 対の第 1 突出部と、前記回動中心軸に対して平行な方向で両側に突出する 1 対の第 2 突出部とを有する十字状をなし、

前記板厚方向からの平面視における前記回動中心軸に対して垂直な方向の前記可動部の長さを A とし、前記板厚方向からの平面視における前記回動中心軸に対して平行な方向の前記可動部の長さを B とし、前記板厚方向からの平面視における前記回動中心軸に対して垂直な方向の前記第 1 突出部の長さを a とし、前記板厚方向からの平面視における前記回動中心軸に対して平行な方向の前記第 2 突出部の長さを b としたときに、下記式 (A) および (B) をそれぞれ満たすことを特徴とするアクチュエーター。

10

【数 1】

$$0.8 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \leq a \leq 2.0 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \quad \dots (A)$$

20

$$0.8 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \leq b \leq 2.0 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \quad \dots (B)$$

【請求項 2】

前記可動部は、a b の関係を満たす請求項 1 に記載のアクチュエーター。

【請求項 3】

下記式 (C) および (D) を満たす請求項 1 または 2 に記載のアクチュエーター。

30

【数 2】

$$0.9 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \leq a \leq 1.6 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \quad \dots (C)$$

$$0.9 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \leq b \leq 1.6 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \quad \dots (D)$$

40

【請求項 4】

前記板厚方向からの平面視における前記可動部の外形は、主として、前記可動部の回動中心軸に平行な線分と、前記可動部の回動中心軸に対して垂直な線分とで構成されている請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載のアクチュエーター。

【請求項 5】

前記可動部、前記支持部および前記連結部は、シリコン基板を異方性エッチングするこ

50

とにより形成されたものである請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載のアクチュエーター。

【請求項 6】

前記可動部の板面は、シリコンの (1 0 0) 面で構成されている請求項 5 に記載のアクチュエーター。

【請求項 7】

前記可動部の側面は、主として、シリコンの (1 1 1) 面で構成されている請求項 5 または 6 に記載のアクチュエーター。

【請求項 8】

前記可動部の側面には、前記可動部の板面に直交する断面において V 字状をなす溝が形成されている請求項 7 に記載のアクチュエーター。

【請求項 9】

前記連結部の表面は、シリコンの (1 0 0) 面および (1 1 1) 面で構成されている請求項 5 ないし 8 のいずれかに記載のアクチュエーター。

【請求項 10】

所定の回動中心軸まわりに回動可能な板状の可動部と、

前記可動部に連結し、かつ前記可動部の回動に伴って捩り変形する連結部と、

前記連結部を支持する支持部と、を有し、

前記可動部は、前記可動部の板厚方向からの平面視にて、前記回動中心軸に沿った 1 対の辺と前記回動中心軸に対して垂直な方向に沿った 1 対の辺とで構成された四角形の四隅の部分をそれぞれ四角形に欠いた形状をなし、

前記板厚方向からの平面視における前記回動中心軸に対して垂直な方向の前記可動部の長さを A とし、前記板厚方向からの平面視における前記回動中心軸に対して平行な方向での前記可動部の長さを B とし、前記板厚方向からの平面視における前記四隅の部分の前記回動中心軸に対して垂直な方向の長さを a とし、前記可動部の平面視における前記四隅の部分の前記回動中心軸に対して平行な方向の長さを b としたときに、下記式 (A) および (B) をそれぞれ満たすことを特徴とするアクチュエーター。

【数 3】

$$0.8 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \leq a \leq 2.0 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \quad \dots (A)$$

$$0.8 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \leq b \leq 2.0 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \quad \dots (B)$$

【請求項 11】

光反射性を有する光反射部と、

前記光反射部を備え、かつ所定の回動中心軸まわりに回動可能な板状の可動部と、

前記可動部に連結し、かつ前記可動部の回動に伴って捩り変形する連結部と、

前記連結部を支持する支持部と、を有し、

前記可動部は、前記可動部の板厚方向からの平面視にて、前記回動中心軸に対して垂直な方向で両側へ突出する 1 対の第 1 突出部と、前記回動中心軸に対して平行な方向で両側に突出する 1 対の第 2 突出部とを有する十字状をなし、

前記板厚方向からの平面視における前記回動中心軸に対して垂直な方向の前記可動部の長さを A とし、前記板厚方向からの平面視における前記回動中心軸に対して平行な方向の前記可動部の長さを B とし、前記板厚方向からの平面視における前記回動中心軸に対して

垂直な方向の前記第 1 突出部の長さを a とし、前記板厚方向からの平面視における前記回動中心軸に対して平行な方向の前記第 2 突出部の長さを b としたときに、下記式 (A) および (B) をそれぞれ満たすことを特徴とする光スキャナー。

【数 4】

$$0.8 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \leq a \leq 2.0 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \quad \dots (A)$$

10

$$0.8 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \leq b \leq 2.0 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \quad \dots (B)$$

【請求項 12】

光を出射する光源と、

前記光源からの光を走査する光スキャナーと、を備え、

前記光スキャナーは、

20

光反射性を有する光反射部と、

前記光反射部を備え、かつ所定の回動中心軸まわりに回動可能な板状の可動部と、

前記可動部に連結し、かつ前記可動部の回動に伴って捩り変形する連結部と、

前記連結部を支持する支持部と、を有し、

前記可動部は、前記可動部の板厚方向からの平面視にて、前記回動中心軸に対して垂直な方向で両側へ突出する 1 対の第 1 突出部と、前記回動中心軸に対して平行な方向で両側に突出する 1 対の第 2 突出部とを有する十字状をなし、

前記板厚方向からの平面視における前記回動中心軸に対して垂直な方向の前記可動部の長さを A とし、前記板厚方向からの平面視における前記回動中心軸に対して平行な方向の前記可動部の長さを B とし、前記板厚方向からの平面視における前記回動中心軸に対して垂直な方向の前記第 1 突出部の長さを a とし、前記板厚方向からの平面視における前記回動中心軸に対して平行な方向の前記第 2 突出部の長さを b としたときに、下記式 (A) および (B) をそれぞれ満たすことを特徴とする画像形成装置。

30

【数 5】

$$0.8 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \leq a \leq 2.0 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \quad \dots (A)$$

40

$$0.8 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \leq b \leq 2.0 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \quad \dots (B)$$

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、アクチュエーター、光スキャナーおよび画像形成装置に関する。

50

【背景技術】

【0002】

アクチュエーターとしては、振り振動子を用いたものが知られている（例えば、特許文献1参照）。

例えば、特許文献1には、可動板（可動部）と、支持棒（支持部）と、可動板を支持棒に対して振り回転可能に支持する1対の弾性支持部（連結部）とを有し、各弾性支持部が2本の棒（梁部材）で構成された光偏向器が開示されている。

【0003】

このような可動板、支持棒および1対の弾性支持部は、主面がシリコンの（100）面で構成されたシリコン基板を異方性エッチングすることにより一体形成される。

また、特許文献1に係る光偏向器では、可動板が平面視にて八角形をなしている。このような平面視形状をなす可動板は、回転軸から離れた位置での可動板の重量を小さくし、慣性モーメントを低減できるという利点がある。

しかし、平面視形状が八角形をなす可動板は、前述したような異方性エッチングを用いて製造した場合、結晶面との関係から、形状のばらつきが大きくなる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2010-79243号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明の目的は、製造における可動部の形状ばらつきを従来よりも小さくして、可動部の回転時の慣性モーメントを低減することができるアクチュエーター、光スキャナーおよび画像形成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】

このような目的は、下記の本発明により達成される。

本発明のアクチュエーターは、所定の回転中心軸まわりに回転可能な板状の可動部と、前記可動部に連結し、かつ前記可動部の回転に伴って振り変形する連結部と、前記連結部を支持する支持部と、を有し、

前記可動部は、前記可動部の板厚方向からの平面視にて、前記回転中心軸に対して垂直な方向で両側へ突出する1対の第1突出部と、前記回転中心軸に対して平行な方向で両側に突出する1対の第2突出部とを有する十字状をなし、

前記板厚方向からの平面視における前記回転中心軸に対して垂直な方向の前記可動部の長さをAとし、前記板厚方向からの平面視における前記回転中心軸に対して平行な方向の前記可動部の長さをBとし、前記板厚方向からの平面視における前記回転中心軸に対して垂直な方向の前記第1突出部の長さをaとし、前記板厚方向からの平面視における前記回転中心軸に対して平行な方向の前記第2突出部の長さをbとしたときに、下記式（A）および（B）をそれぞれ満たすことを特徴とする。

10

20

30

40

【数 1】

$$0.8 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \leq a \leq 2.0 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \quad \dots (A)$$

$$0.8 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \leq b \leq 2.0 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \quad \dots (B)$$

10

このような本発明のアクチュエーターによれば、製造における可動部の形状ばらつきを小さくして、可動部の回転時の慣性モーメントを低減することができる。

【0007】

本発明のアクチュエーターでは、前記可動部は、 a b の関係を満たすことが好ましい。

これにより、可動板の回転時の慣性モーメントを効果的に低減することができる。

本発明のアクチュエーターでは、下記式 (C) および (D) を満たすことが好ましい。

20

【数 2】

$$0.9 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \leq a \leq 1.6 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \quad \dots (C)$$

$$0.9 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \leq b \leq 1.6 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \quad \dots (D)$$

30

これにより、可動板の光反射領域を確保しながら、可動板の回転時の慣性モーメントを効果的に低減することができる。

【0008】

本発明のアクチュエーターでは、前記板厚方向からの平面視における前記可動部の外形は、主として、前記可動部の回転中心軸に平行な線分と、前記可動部の回転中心軸に対して垂直な線分とで構成されていることが好ましい。

これにより、製造における可動部の形状ばらつきを小さくすることができる。

40

本発明のアクチュエーターでは、前記可動部、前記支持部および前記連結部は、シリコン基板を異方性エッチングすることにより形成されたものであることが好ましい。

これにより、形状ばらつきを小さくして、可動部、支持部および連結部を容易に形成することができる。

【0009】

本発明のアクチュエーターでは、前記可動部の板面は、シリコンの (100) 面で構成されていることが好ましい。

これにより、板面が (100) 面で構成されたシリコン基板を異方性エッチングすることにより、形状ばらつきを小さくして、可動部、支持部および連結部を容易に形成することができる。

50

【 0 0 1 0 】

本発明のアクチュエーターでは、前記可動部の側面は、主として、シリコンの（１１１）面で構成されていることが好ましい。

これにより、板面が（１００）面で構成されたシリコン基板を異方性エッチングすることにより、シリコンの（１１１）面をエッチングの停止層として利用し、形状ばらつきを小さくして、可動部、支持部および連結部を容易に形成することができる。

【 0 0 1 1 】

本発明のアクチュエーターでは、前記可動部の側面には、前記可動部の板面に直交する断面においてＶ字状をなす溝が形成されていることが好ましい。

これにより、可動部の慣性モーメントを低減することができる。また、このような溝は、板面が（１００）面で構成されたシリコン基板を異方性エッチングすることにより、シリコンの（１１１）面をエッチングの停止層として利用し、形状ばらつきを小さくして、可動部を容易に形成することができる。

本発明のアクチュエーターでは、前記連結部の表面は、シリコンの（１００）面および（１１１）面で構成されていることが好ましい。

これにより、シリコンの（１１１）面をエッチングの停止層として利用し、形状ばらつきを小さくして、連結部を容易に形成することができる。

【 0 0 1 2 】

本発明のアクチュエーターは、所定の回動中心軸まわりに回動可能な板状の可動部と、前記可動部に連結し、かつ前記可動部の回動に伴って捩り変形する連結部と、前記連結部を支持する支持部と、を有し、

前記可動部は、前記可動部の板厚方向からの平面視にて、前記回動中心軸に沿った１対の辺と前記回動中心軸に対して垂直な方向に沿った１対の辺とで構成された四角形の四隅の部分をそれぞれ四角形に欠いた形状をなし、

前記板厚方向からの平面視における前記回動中心軸に対して垂直な方向の前記可動部の長さをＡとし、前記板厚方向からの平面視における前記回動中心軸に対して平行な方向での前記可動部の長さをＢとし、前記板厚方向からの平面視における前記四隅の部分の前記回動中心軸に対して垂直な方向の長さをａとし、前記可動部の平面視における前記四隅の部分の前記回動中心軸に対して平行な方向の長さをｂとしたときに、下記式（Ａ）および（Ｂ）をそれぞれ満たすことを特徴とする。

【数３】

$$0.8 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \leq a \leq 2.0 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \quad \dots (A)$$

$$0.8 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \leq b \leq 2.0 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \quad \dots (B)$$

このような本発明のアクチュエーターによれば、製造における可動部の形状ばらつきを小さくして、可動部の回動時の慣性モーメントを低減することができる。

【 0 0 1 3 】

本発明の光スキャナーは、光反射性を有する光反射部と、前記光反射部を備え、かつ所定の回動中心軸まわりに回動可能な板状の可動部と、前記可動部に連結し、かつ前記可動部の回動に伴って捩り変形する連結部と、前記連結部を支持する支持部と、を有し、

前記可動部は、前記可動部の板厚方向からの平面視にて、前記回動中心軸に対して垂直な方向で両側へ突出する１対の第１突出部と、前記回動中心軸に対して平行な方向で両側に突出する１対の第２突出部とを有する十字状をなし、

前記板厚方向からの平面視における前記回動中心軸に対して垂直な方向の前記可動部の長さをＡとし、前記板厚方向からの平面視における前記回動中心軸に対して平行な方向の前記可動部の長さをＢとし、前記板厚方向からの平面視における前記回動中心軸に対して垂直な方向の前記第１突出部の長さをａとし、前記板厚方向からの平面視における前記回動中心軸に対して平行な方向の前記第２突出部の長さをｂとしたときに、下記式（Ａ）および（Ｂ）をそれぞれ満たすことを特徴とする。

【数４】

10

$$0.8 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \leq a \leq 2.0 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \quad \dots (A)$$

$$0.8 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \leq b \leq 2.0 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \quad \dots (B)$$

20

このように構成された光スキャナーによれば、製造における可動部の形状ばらつきを小さくして、可動部の回動時の慣性モーメントを低減することができる。

【００１４】

本発明の画像形成装置は、光を出射する光源と、
前記光源からの光を走査する光スキャナーと、を備え、
前記光スキャナーは、
光反射性を有する光反射部と、

前記光反射部を備え、かつ所定の回動中心軸まわりに回動可能な板状の可動部と、
前記可動部に連結し、かつ前記可動部の回動に伴って捩り変形する連結部と、
前記連結部を支持する支持部と、を有し、

30

前記可動部は、前記可動部の板厚方向からの平面視にて、前記回動中心軸に対して垂直な方向で両側へ突出する１対の第１突出部と、前記回動中心軸に対して平行な方向で両側に突出する１対の第２突出部とを有する十字状をなし、

前記板厚方向からの平面視における前記回動中心軸に対して垂直な方向の前記可動部の長さをＡとし、前記板厚方向からの平面視における前記回動中心軸に対して平行な方向の前記可動部の長さをＢとし、前記板厚方向からの平面視における前記回動中心軸に対して垂直な方向の前記第１突出部の長さをａとし、前記板厚方向からの平面視における前記回動中心軸に対して平行な方向の前記第２突出部の長さをｂとしたときに、下記式（Ａ）および（Ｂ）をそれぞれ満たすことを特徴とする。

40

【数 5】

$$0.8 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \leq a \leq 2.0 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \quad \dots (A)$$

$$0.8 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \leq b \leq 2.0 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \quad \dots (B)$$

10

このように構成された画像形成装置によれば、製造における可動部の形状ばらつきを小さくして、可動部の回転時の慣性モーメントを低減することができる。そのため、安価に、高品位な画像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の第1実施形態に係る光スキャナー（アクチュエーター）を示す平面図である。

20

【図2】図1中のA-A線断面図である。

【図3】図1に示す光スキャナーに備えられた可動板を説明するための平面図である。

【図4】図1中のB-B線断面図である。

【図5】図4の部分拡大断面図である。

【図6】図1に示す光スキャナーの製造方法を説明する断面図である。

【図7】図1に示す光スキャナーの製造方法を説明する断面図である。

【図8】図1に示す光スキャナーの製造方法を説明する断面図である。

【図9】図8(e)に示すエッチング工程における連結部の形成（マスクずれのない場合）を説明するための図である。

【図10】図8(e)に示すエッチング工程における連結部の形成（マスクずれのある場合）を説明するための図である。

30

【図11】本発明の第2実施形態に係る光スキャナーを示す平面図である。

【図12】図11中のB-B線部分拡大断面図である。

【図13】本発明の第3実施形態に係る光スキャナーに備えられた可動板を説明するための平面図である。

【図14】本発明の第4実施形態に係る光スキャナーに備えられた可動板を説明するための平面図である。

【図15】本発明の画像形成装置の構成の一例を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

40

以下、本発明のアクチュエーター、光スキャナーおよび画像形成装置の好適な実施形態について、添付図面を参照しつつ説明する。なお、本実施形態では、本発明のアクチュエーターを光スキャナーに適用した場合を例に説明する。

< 第1実施形態 >

まず、本発明の光スキャナーの第1実施形態について説明する。

図1は、本発明の第1実施形態に係る光スキャナー（アクチュエーター）を示す平面図、図2は、図1中のA-A線断面図、図3は、図1に示す光スキャナーに備えられた可動板を説明するための平面図、図4は、図1中のB-B線断面図、図5は、図4の部分拡大断面図である。図6は、図1に示す光スキャナーの製造方法を説明する断面図、図7は、図1に示す光スキャナーの製造方法を説明する断面図である。図8は、図1に示す光ス

50

ャナーの製造方法を説明する断面図、図 9 は、図 8 (e) に示すエッチング工程における連結部の形成 (マスクずれのない場合) を説明するための図、図 10 は、図 8 (e) に示すエッチング工程における連結部の形成 (マスクずれのある場合) を説明するための図である。なお、以下では、説明の便宜上、図 2、4 ~ 10 中の上側を「上」、下側を「下」と言う。

【 0 0 1 7 】

図 1 に示すように、光スキャナー 1 は、振動系を有する基体 2 と、基体 2 を支持する支持体 3 と、基体 2 の振動系を振動させる駆動部 4 とを有する。

また、基体 2 は、光反射部 2 1 1 が設けられた可動板 (可動部) 2 1 と、可動板 2 1 に連結する 1 対の連結部 2 3、2 4 と、1 対の連結部 2 3、2 4 とを支持する支持部 2 2 とを有している。支持部 2 2 は連結部 2 3、2 4 を介して可動板 2 1 を支持しているとも言え、1 対の連結部 2 3、2 4 は可動板 2 1 と支持部 2 2 とを連結しているとも言える。

このような光スキャナー 1 では、駆動部 4 の駆動力により、各連結部 2 3、2 4 を捩り変形させながら、可動板 2 1 を連結部 2 3、2 4 に沿った所定の軸まわりに回転させる。これにより、光反射部 2 1 1 で反射した光を所定の一方向に走査することができる。

【 0 0 1 8 】

以下、光スキャナー 1 を構成する各部を順次詳細に説明する。

[基体]

基体 2 は、前述したように、光反射部 2 1 1 が設けられた可動板 2 1 と、可動板 2 1 を支持する支持部 2 2 と、可動板 2 1 と支持部 2 2 とを連結する 1 対の連結部 2 3、2 4 とを有する。

【 0 0 1 9 】

このような基体 2 は、シリコンを主材料として構成されており、可動板 2 1、支持部 2 2 および連結部 2 3、2 4 が一体的に形成されている。より具体的には、基体 2 は、後に詳述するように、板面がシリコンの (1 0 0) 面で構成されたシリコン基板を異方性エッチングすることにより形成されたものである。このような異方性エッチングにより、シリコンの (1 1 1) 面をエッチング停止層として利用して簡単かつ高精度に、可動板 2 1、支持部 2 2 および 1 対の連結部 2 3、2 4 を形成することができる。なお、シリコン基板としては、一般的に単結晶シリコン基板が用いられる。

また、このような基体 2 の上面および下面は、それぞれ、シリコンの (1 0 0) 面で構成されている。また、支持部 2 2 の内周面、可動板 2 1 の側面、および、各連結部 2 3、2 4 の側面の軸線 X に平行な部分は、それぞれ、シリコンの (1 1 1) 面で構成されている。

【 0 0 2 0 】

また、シリコンは軽量かつ S U S なみの剛性を有するため、基体 2 がシリコンを主材料として構成されていることにより、優れた振動特性を有する基体 2 が得られる。また、シリコンは後述するようにエッチングにより高精度な寸法精度で加工が可能であるので、シリコン基板を用いて基体 2 を形成することにより、所望の形状 (所望の振動特性) を有する基体 2 を得ることができる。

【 0 0 2 1 】

以下、基体 2 についてさらに詳述する。

支持部 2 2 は、図 1 に示すように、枠状をなしている。より具体的には、支持部 2 2 は、四角環状をなしている。このような支持部 2 2 は、1 対の連結部 2 3、2 4 を介して可動板 2 1 を支持する。なお、支持部 2 2 の形状としては、1 対の連結部 2 3、2 4 を介して可動板 2 1 を支持することができれば、特に限定されず、例えば、各連結部 2 3、2 4 に対応して分割された形状をなしていてもよい。

【 0 0 2 2 】

このような支持部 2 2 の内側には、可動板 2 1 が設けられている。

可動板 2 1 は、板状をなしている。また、本実施形態では、可動板 2 1 は、可動板 2 1 の板厚方向からの平面視にて、可動板 2 1 の回転中心軸 (軸線 X) に沿った 1 対の辺と軸

10

20

30

40

50

線 X に対して垂直な方向（線分 Y に沿った方向）に沿った 1 対の辺とで構成された四角形の四隅の部分をそれぞれ四角形に欠いた形状（十字状）をなしている。これにより、可動板 2 1 の上面の光反射部 2 1 1 の面積（光反射領域）を十分に確保しつつ、可動板 2 1 の回転時の慣性モーメントを低減することができる。また、このような可動板 2 1 は後に詳述するようにシリコン基板を異方性エッチングすることにより、簡単かつ高精度に形成することができる。

【0023】

より具体的に説明すると、図 3 に示すように、可動板 2 1 は、本体部 2 1 2 と、この本体部 2 1 2 から軸線 X に平行な方向に両側へ突出する 1 対の突出部（第 2 突出部）2 1 3、2 1 4 と、本体部 2 1 2 から軸線 X に垂直な方向（線分 Y に平行な方向）に両側に突出する 1 対の突出部（第 1 突出部）2 1 5、2 1 6 とで構成されている。このような 1 対の突出部 2 1 3、2 1 4 および 1 対の突出部 2 1 5、2 1 6 を有する可動板 2 1 は、板厚方向からの平面視にて十字状をなす。

10

【0024】

そして、可動板 2 1 の外周に沿った方向における突出部 2 1 3 と突出部 2 1 5 との間には、欠損部 2 5 1 が形成されている。また、可動板 2 1 の外周に沿った方向における突出部 2 1 3 と突出部 2 1 6 との間には、欠損部 2 5 2 が形成されている。また、可動板 2 1 の外周に沿った方向における突出部 2 1 4 と突出部 2 1 6 との間には、欠損部 2 5 4 が形成されている。また、可動板 2 1 の外周に沿った方向における突出部 2 1 4 と突出部 2 1 5 との間には、欠損部 2 5 3 が形成されている。

20

言い換えると、可動板 2 1 の板厚方向からの平面視において、可動板 2 1（本体部 2 1 2）の外周に沿って、欠損部 2 5 1、突出部 2 1 3、欠損部 2 5 2、突出部 2 1 6、欠損部 2 5 4、突出部 2 1 4、欠損部 2 5 2、突出部 2 1 5 がこの順で並んで設けられている。

【0025】

また、欠損部 2 5 1 と欠損部 2 5 2 とは突出部 2 1 3 を介して対向している。また、欠損部 2 5 2 と欠損部 2 5 4 とは突出部 2 1 6 を介して対向している。また、欠損部 2 5 3 と欠損部 2 5 4 とは突出部 2 1 4 を介して対向している。また、欠損部 2 5 1 と欠損部 2 5 3 とは突出部 2 1 5 を介して対向している。

30

このような突出部 2 1 3 ~ 2 1 6 および欠損部 2 5 1 ~ 2 5 4 は、それぞれ、可動板 2 1 の板厚方向からの平面視にて四角形をなしている。なお、図 1、3 では、各欠損部 2 5 1 ~ 2 5 4 の平面視形状が正方形をなす状態を一例として図示している。また、突出部 2 1 3 ~ 2 1 6 および欠損部 2 5 1 ~ 2 5 4 の平面視形状の角部が丸み付けされていてもよい。可動板 2 1 の十字状の外形における角部には、所定の結晶面だけではなく複数の結晶面が現れるため角部は厳密には直角とならず、各欠損部 2 5 1 ~ 2 5 4 は厳密には四角形ではない。しかし、本実施形態においては、上記の状態を含めて各欠損部 2 5 1 ~ 2 5 4 は四角形であるとみなす。

【0026】

このような可動板 2 1 の板厚方向からの平面視における外形は、主として、可動板 2 1 の回転中心軸（軸線 X）に平行な線分と、可動板 2 1 の回転中心軸（軸線 X）に対して垂直な線分（線分 Y）とで構成されている。これにより、後述するようにシリコン基板を異方性エッチングすることにより、可動板 2 1 を簡単かつ高精度に形成することができる。なお、可動板 2 1 の十字状の外形における角部には、所定の結晶面だけではなく複数の結晶面が現れる。従って、可動板 2 1 の板厚方向からの平面視における角部の外形は軸線 X または線分 Y に必ずしも平行な線分とならない。すなわち、可動板 2 1 の板厚方向からの平面視における外形は、少なくとも上記の可動板 2 1 の角部を除いて、軸線 X に平行な線分と線分 Y に平行な線分とで構成されている。

40

【0027】

また、可動板 2 1 は、平面視にて可動板 2 1 の回転中心軸（軸線 X）に対して対称な形状をなしている。これにより、簡単に、可動板 2 1 の重心を可動板 2 1 の回転中心軸上に

50

位置させ、可動板 2 1 の回動を円滑なものとすることができる。

また、可動板 2 1 は、平面視にて可動板 2 1 の中心 P を通るかつ可動板 2 1 の回動中心軸（軸線 X）に対して垂直な線分 Y に対して対称な形状をなしている。これにより、可動板の設計が容易となる。

【 0 0 2 8 】

また、可動板 2 1 の板面（上面および下面）は、シリコンの（ 1 0 0 ）面で構成されている。これにより、後述するように板面が（ 1 0 0 ）面で構成されたシリコン基板を異方性エッチングすることにより、可動板 2 1、支持部 2 2 および 1 対の連結部 2 3、2 4 を簡単かつ高精度に形成することができる。

また、可動板 2 1 の側面（特に軸線 X に平行な面）は、主として、シリコンの（ 1 1 1 ）面で構成されている。これにより、後述するように板面が（ 1 0 0 ）面で構成されたシリコン基板を異方性エッチングすることにより、シリコンの（ 1 1 1 ）面をエッチングの停止層として利用し、可動板 2 1、支持部 2 2 および 1 対の連結部 2 3、2 4 を簡単かつ高精度に形成することができる。なお、可動板 2 1 の板厚方向からの平面視における外形の角部においては、可動板 2 1 の側面は（ 1 1 1 ）面以外の結晶面を含んでいる。従って、可動板 2 1 の側面は、少なくとも当該角部における側面を除いて、シリコンの（ 1 1 1 ）面で構成されている。

【 0 0 2 9 】

また、可動板 2 1 の側面には、可動板 2 1 の板面に直交する横断面において V 字状をなす溝 2 1 7 が形成されている。これにより、可動板 2 1 の慣性モーメントを低減することができる。また、このような溝は、板面が（ 1 0 0 ）面で構成されたシリコン基板を異方性エッチングすることにより、シリコンの（ 1 1 1 ）面をエッチングの停止層として利用し、簡単かつ高精度に形成することができる。

【 0 0 3 0 】

また、可動板 2 1 の板厚方向からの平面視における回動中心軸（軸線 X）に対して垂直な方向（以下、「線分 Y 方向」とも言う）での長さを A とし、可動板 2 1 の回動中心軸（軸線 X）に平行な方向（以下、「軸線 X 方向」とも言う）での長さを B とし、各欠損部 2 5 1 ~ 2 5 4 の線分 Y 方向に沿った長さを a とし、各欠損部 2 5 1 ~ 2 5 4 の軸線 X 方向に沿った長さを b としたとき、下記式（ A ）、（ B ）をそれぞれ満たす。なお、ここで、上記 a は、可動板 2 1 の平面視における各突出部（第 1 突出部）2 1 5、2 1 6 の突出長さに等しく、また、上記 b は、可動板 2 1 の平面視における各突出部（第 2 突出部）2 1 3、2 1 4 の突出長さに等しい。

【 0 0 3 1 】

【 数 6 】

$$0.8 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \leq a \leq 2.0 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \quad \dots (A)$$

$$0.8 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \leq b \leq 2.0 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \quad \dots (B)$$

【 0 0 3 2 】

上記式（ A ）、（ B ）をそれぞれ満たすことにより、可動板 2 1 の光反射部 2 1 1 の光反射に必要な面積を確保しつつ、可動板 2 1 の回動時における慣性モーメントを効率的に低減することができる。

これに対し、長さ a 、 b がそれぞれ前記下限値未満であると、可動板 21 の回転時における慣性モーメントを低減する効果が小さい傾向となる。そのため、可動板 21 の厚さによっては、可動板 21 の動撓みが大きくなり、光スキャナー 1 の光学特性を低下させる場合がある。

【0033】

一方、長さ a 、 b が前記上限値を超えると、可動板 21 の光反射部 211 の面積を効率的に用いることができず、光反射部 211 での反射光の強度が小さくなる傾向を示す。

なお、図 3 では、上記式 (A)、(B) を満たし、 a 、 b をそれぞれ最大とした場合の可動板 21 A、 a 、 b をそれぞれ最小とした場合の可動板 21 B をそれぞれ鎖線で示している。

10

【0034】

以下、上記式 (A)、(B) について簡単に説明する。

図 3 に示すように平面視にて可動板 21 に光 L の円形または楕円形のスポットが内接する場合、各欠損部 251 ~ 254 が光 L のスポットの外側で面積が最大となるのは、 $a = (1 - 1/\sqrt{2})A$ 、 $b = (1 - 1/\sqrt{2})B$ である。また、このとき、各欠損部 251 ~ 254 の角 P3 が光 L のスポットの外周縁状に位置し、 $a/b = A/B$ である。

【0035】

また、かかる場合、欠損部 251 ~ 254 を形成することによる効果（特に可動板 21 の慣性モーメントを低減する効果）が発揮される範囲において、 a が最大となり b が最小となるのは、軸線 X に対して 30° 傾斜した線分と光 L のスポットの外周縁との交点 P2 に各欠損部 251 ~ 254 の角 P3 が位置するときである。このとき、 a 、 b は、下記式のようになる。

20

【0036】

【数 7】

$$a = \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\}$$

$$b = \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\}$$

30

【0037】

また、かかる場合、欠損部 251 ~ 254 を形成することによる効果（特に可動板 21 の慣性モーメントを低減する効果）が発揮される範囲において、 a が最小となり b が最大となるのは、軸線 X に対して 60° 傾斜した線分と光 L のスポットの外周縁との交点 P1 に各欠損部 251 ~ 254 の角 P3 が位置するときである。このとき、 a 、 b は、下記式のようになる。

40

【0038】

【数 8】

$$a = \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\}$$

$$b = \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\}$$

10

【0039】

さらに、光 L として通常用いられるレーザーのスポット径の有効範囲は、一般的にピーク輝度の $1/e^2$ 以上となる輝度の範囲とされる。したがって、その有効範囲が光反射部 211 内に収まっていれば、理想的な光反射を行うことができる。

20

ただし、実際のレーザーは、上記有効範囲の外側であっても、若干の光が存在する。また、可動板 21 の回転時の慣性モーメントは、可動板 21 の動撓みが波長 $\lambda/4$ 以下となるように抑えられていればよい。よって、a、b が上記値に対して若干小さかったり大きかったりしても、実使用上問題なく許容できる。

【0040】

具体的には、上述したように求めた a、b の許容範囲を -20% 以上 +200% 以下とすることができる。

ここで、 $A = B = 2.0 \text{ mm}$ 、 $a = (1 - 1/\sqrt{2})A [\text{mm}]$ 、 $b = (1 - 1/\sqrt{2})B [\text{mm}]$ とした場合を基準として、a、b をそれぞれ -20% とした場合、-200% とした場合、+205% とした場合の可動板 21 での反射光の輝度を目視により評価した結果を表 1 に示す。

30

【0041】

【表 1】

a、b	-20%	基準 $2(1-1/\sqrt{2}) [\text{mm}]$	+200%	+205%
輝度判定 (目視)	◎	○	○	△

【0042】

表 1 において、「◎」は、反射光の輝度が十分であることを示し、「○」は、反射光の輝度が実使用上問題ないことを示し、「△」、反射光の輝度が不十分であることを示している。

40

また、上述したように、動撓みの許容範囲は、波長 $\lambda/4$ 以下とされている。したがって、例えば $\lambda = 530 \text{ nm}$ の場合、動撓みの許容範囲は、 133 nm 以下である。上記基準において、FEM 解析により、機械角 10° 、駆動周波数 18 kHz で駆動したときの動撓みを求めると、動撓み量が 122 nm であり、上記許容範囲内となる。また、上記基準の -20% において、FEM 解析により、機械角 10° 、駆動周波数 18 kHz で駆動したときの動撓みを求めると、動撓み量が 130 nm であり、上記許容範囲内となる。これに対し、上記基準の -25% において、FEM 解析により、機械角 10° 、駆動周波数 18 kHz で駆動したときの動撓みを求めると、動撓み量が 140 nm であり、上記許容

50

範囲外となる。

以上のようなことから、上記式 (A)、(B) が得られる。

【0043】

また、可動板 21 は、上記長さ A および B は、互いに等しくても異なってもよい。

なお、図 1 では、A = B の場合を図示している。

本実施形態では、可動板 21 の平面視における四隅の部分 (欠損部 251 ~ 254) のそれぞれについて、a、b の関係を満たす。これにより、可動板 21 の回転時の慣性モーメントを最も効果的に低減することができる。

また、下記式 (C) および (D) を満たすのがより好ましい。

【0044】

10

【数 9】

$$0.9 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \leq a \leq 1.6 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(A - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \quad \dots (C)$$

$$0.9 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{3A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \leq b \leq 1.6 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(B - \sqrt{\frac{1}{\frac{3}{A^2} + \frac{1}{B^2}}} \right) \right\} \quad \dots (D)$$

20

【0045】

これにより、可動板 21 の光反射領域をより最適に確保しながら、可動板 21 の回転時の慣性モーメントを効果的に低減することができる。

このような可動板 21 の上面には、光反射性を有する光反射部 211 が設けられている。一方、可動板 21 の下面には、後述する駆動部 4 の永久磁石 41 が設けられている。なお、永久磁石 41 については、後述する駆動部 4 の説明において詳述する。

【0046】

30

各連結部 23、24 は、長手形状をなしており、弾性変形可能に構成されている。また、連結部 23 および連結部 24 は可動板 21 を介して対向している。このような連結部 23、24 は、それぞれ、可動板 21 を支持部 22 に対して回転可能とするように、可動板 21 と支持部 22 とを連結している。1 対の連結部 23、24 は、軸線 X に沿って同軸的に設けられており、この軸線 X を回転中心軸として、可動板 21 が支持部 22 に対して回転する。

【0047】

本実施形態では、図 1 に示すように、連結部 23 は、1 対の梁部材 231、232 で構成されている。同様に、連結部 24 は、1 対の梁部材 241、242 で構成されている。

このように構成された連結部 23、24 は、連結部が 1 本で構成された場合よりも長さを短くすることが可能となり、光スキャナ 1 の板厚方向の平面視における面積を小さくすることができる。以下、連結部 23 について代表的に説明し、連結部 24 については、連結部 23 と同様であるので、その説明を省略する。

40

【0048】

各梁部材 231、232 は、軸線 X に沿って設けられているとともに、軸線 X を介して対向している。また、各梁部材 231、232 は、その横断面形状が平行四辺形をなしている。

より具体的には、各梁部材 231、232 の横断面の外形は、それぞれ、シリコンの (100) に沿った 1 対の辺と、シリコンの (111) 面に沿った 1 対の辺とで構成された平行四辺形をなしている。すなわち、梁部材 231 は、上面 2311 および下面 2312

50

がそれぞれシリコンの(100)面で構成され、1対の側面2313、2314がそれぞれシリコンの(111)面で構成されている。同様に、梁部材232は、上面2321および下面2322がそれぞれシリコンの(100)面で構成され、1対の側面2323、2324がそれぞれシリコンの(111)面で構成されている。ここで、側面2313、2314、2323、2324は、それぞれ、シリコンの(111)面で構成されているので、基体2の上面または下面(すなわちシリコンの(100)面)に対する傾斜角 θ が 54.73° となっている。このような横断面形状をなす各梁部材231、232は、板面がシリコンの(100)面で構成されたシリコン基板を異方性エッチングすることにより簡単かつ確実に形成することができる。

このように連結部23の外表面がシリコンの(100)面および(111)面で構成されていると、後述するようにシリコンの(111)面をエッチングの停止層として利用し、簡単かつ高精度に連結部23を形成することができる。

【0049】

また、梁部材231、232は、軸線Xに平行な方向からみたときに(言い換えると、図5に示す断面でみたとき)、上下に延び軸線Xを通る線分に対して対称な形状をなしている。

また、図5に示す断面において、連結部23全体の幅(梁部材231の側面2313と梁部材232の側面2323との面間距離)は、下側から上側に向けて広がっている。

【0050】

また、図5に示す断面において、梁部材231と梁部材232との間の距離(隙間の幅)は、下側から上側に向けて広がっている。

すなわち、1対の梁部材231、232間の距離は、可動板21の回動中心軸に平行な方向からみたときに、可動板21の一方の面側から他方の面側に向けて(本実施形態では下側から上側に向けて)漸増している。

【0051】

このような連結部23は、後述するようにシリコン基板を異方性エッチングすることにより、前述したような平面視形状をなす可動板21と一括して簡単かつ高精度に形成することができる。

また、1対の梁部材231、232の下側の端同士の間を距離を w_1 とし、1対の梁部材231、232の可動板21の厚さ方向での厚さを t としたとき、下記式(1)を満たす。

【0052】

【数10】

$$w_1 < \frac{t}{\tan 54.73^\circ} \quad \dots (1)$$

【0053】

後述に詳述するように、板面がシリコンの(100)面で構成されたシリコン基板をその両面側から異方性エッチングするため、可動板21、支持部22および1対の連結部23、24を形成する際に、シリコン基板の両面に形成したマスクの形成位置がずれることがある。このように、シリコン基板の両面のマスクの形成位置がずれると、各梁部材231、232のシリコンの(111)面で構成されるべき1対の側面2313、2314、2323、2324に段差が生じてしまう。上記式(1)を満たすことにより、シリコン基板の両面に形成したマスクの形成位置がずれた場合に、一方の側面に形成された段差と、他方の側面に形成された段差とをシリコン基板の厚さ方向にずらすことができる(図10参照)。そのため、可動板21の回動時における各梁部材231、232に生じる応力集中を緩和することができる。

このようにして、光スキャナー1は、駆動時の応力集中による破損を比較的簡単に防止することができる。

10

20

30

40

50

また、１対の梁部材２３１、２３２の上側の端同士の間を距離を W_2 としたとき、下記式（２）を満たす。

【００５４】

【数１１】

$$l < \frac{\tan 54.73^\circ}{2} (w_1 + w_2) \quad \cdots (2)$$

【００５５】

これにより、板面がシリコンの（１００）面で構成されたシリコン基板をその両面側から異方性エッチングすることにより、１対の梁部材２３１、２３２で構成された連結部２３を簡単かつ確実に形成することができる。

10

【００５６】

〔支持体〕

支持体３は、前述した基体２を支持する機能を有する。また、支持体３は、後述する駆動部４のコイル４２を支持する機能をも有する。

この支持体３は、上方に開放する凹部３１を有する箱状をなしている。言い換えると、支持体３は、板状をなす板状部３２と、その板状部３２の上面の外周部に沿って設けられた枠状をなす枠状部３３とで構成されている。

このような支持体３の上面のうち凹部３１の外側の部分、すなわち、枠状部３３の上面には、前述した基体２の支持部２２の下面が接合されている。これにより、基体２の可動板２１および１対の連結部２３、２４と支持体３との間には、可動板２１の回動を許容する空間が形成されている。

20

【００５７】

このような支持体３の構成材料としては、特に限定されないが、例えば、石英ガラス、パイレックスガラス（「パイレックス」は登録商標）、テンパックスガラス等のガラス材料や、単結晶シリコン、ポリシリコン等のシリコン材料、ＬＴＣＣ（低温焼結セラミックス）等が挙げられる。

また、基体２と支持体３との接合方法としては、支持体３の構成材料、形状等に応じて適宜決められるものであり、特に限定されないが、接着剤を用いた方法、陽極接合法、直接接合法等が挙げられる。

30

【００５８】

〔駆動部〕

駆動部４は、永久磁石４１およびコイル４２を有し、前述した基体２の可動板２１を電磁駆動方式（より具体的にはムービングマグネット型の電磁駆動方式）により回動駆動させるものである。電磁駆動方式は、大きな駆動力を発生させることができる。そのため、電磁駆動方式を採用する駆動部４によれば、低駆動電圧化を図りつつ、可動板２１の振れ角を大きくすることができる。

【００５９】

永久磁石４１は、可動板２１の下面に例えば接着剤を介して固定されている。また、永久磁石４１は、長手形状をなしており、平面視にて軸線Ｘに対して直交する方向に延在するように設けられている。このような永久磁石４１は、長手方向に磁化しており、長手方向の一方側がＳ極、他方側がＮ極となっている。永久磁石４１を軸線Ｘに対して直交する方向に延在するように設けることにより、永久磁石４１の両端部を軸線Ｘから離れたところに位置させることができる。そのため、コイル４２が発生する磁界の作用により、可動板２１により大きなトルクを与えることができる。

40

このような永久磁石４１としては、特に限定されず、例えば、ネオジウム磁石、フェライト磁石、サマリウムコバルト磁石、アルニコ磁石、ボンド磁石などの、硬磁性体を着磁したものを好適に用いることができる。

【００６０】

50

コイル 4 2 は、支持体 3 の凹部 3 1 の底面 3 1 1 上に、可動板 2 1 と対向するように設けられている。これにより、コイル 4 2 が発生する磁界を永久磁石 4 1 に効果的に作用させることができる。このコイル 4 2 は、図示しない電源に電氣的に接続されており、電源から周期的に変化する電圧（交番電圧、間欠的な直流等）が印加されるようになっている。

【 0 0 6 1 】

このような駆動部 4 によって、次のように可動板 2 1 が回転する。

まず、図示しない電源によりコイル 4 2 に例えば交番電圧を印加する。これにより、コイル 4 2 の上側（可動板 2 1 側）が N 極、下側が S 極となる第 1 の磁界と、コイル 4 2 の上側が S 極、下側が N 極となる第 2 の磁界とが、交互にかつ周期的に発生する。

10

第 1 の電界では、永久磁石 4 1 の N 極側がコイル 4 2 に引きつけられ、反対に S 極側がコイル 4 2 から遠ざかるように、可動板 2 1 が軸線 X を中心に図 2 にて反時計回りに回転する（第 1 の状態）。反対に、第 2 の電界では、永久磁石 4 1 の S 極側がコイル 4 2 に引きつけられ、反対に N 極側がコイル 4 2 から遠ざかるように、可動板 2 1 が軸線 X を中心に図 2 にて時計回りに回転する（第 2 の状態）。このような第 1 の状態と第 2 の状態とが交互に繰り返され、可動板 2 1 が軸線 X を中心に回転する。

【 0 0 6 2 】

（アクチュエーターの製造方法）

以上のような光スキャナー 1 は、例えば、次のようにして製造することができる。以下、本発明のアクチュエーターの製造方法の一例として、図 6 ないし図 1 0 に基づいて、光スキャナー 1 の製造方法を説明する。また、図 6 ないし図 8 は、それぞれ、図 2 に対応する断面で示されており、図 9 および図 1 0 は、それぞれ、図 5 に対応する断面で示されている。

20

光スキャナー 1 の製造方法は、基体 2 を形成する工程を有する。

基体 2 を形成する工程は、[A] 凹部 2 1 8 を形成する工程と、[B] 可動板 2 1 、支持部 2 2 および 1 対の連結部 2 3 、2 4 を形成する工程とを有する。

【 0 0 6 3 】

以下、各工程を順次詳細に説明する。

[A] 凹部 2 1 8 を形成する工程

- A 1 -

30

まず、図 6 (a) に示すように、シリコン基板 1 0 2 を用意する。

このシリコン基板 1 0 2 は、後述するエッチングを経ることにより基体 2 となるものである。

具体的には、シリコン基板 1 0 2 は、その主面がシリコンの (1 0 0) 面で構成されたものである。

【 0 0 6 4 】

- A 2 -

次に、図 6 (b) に示すように、シリコン基板 1 0 2 の上面上に窒化膜 5 1 を形成するとともに、シリコン基板 1 0 2 の下面上に窒化膜 5 2 を形成する。

この窒化膜 5 1 、5 2 は、それぞれ、例えば、S i N で構成されている。

40

また、窒化膜 5 1 、5 2 の形成方法は、それぞれ、特に限定されないが、例えば、プラズマ C V D 等の気相成膜法を用いることができる。

また、窒化膜 5 1 、5 2 の厚さは、特に限定されないが、0 . 0 1 μ m 以上 0 . 2 μ m 以下程度である。

なお、窒化膜 5 1 、5 2 に代えて、S i O で構成された酸化膜を例えば熱酸化法により形成してもよい。

【 0 0 6 5 】

- A 3 -

次に、図 6 (c) に示すように、窒化膜 5 1 上にレジスト膜 6 1 を形成し、図 6 (d) に示すように、窒化膜 5 2 上にレジスト膜 6 2 を形成する。

50

このレジスト膜 6 1、6 2 は、それぞれ、ポジ型またはネガ型のレジスト材料で構成されている。

- A 4 -

次に、レジスト膜 6 2 を露光および現像することにより、レジスト膜 6 2 の凹部 2 1 8 の形成領域に対応した部分を除去する。これにより、図 6 (e) に示すように、開口 6 2 1 を有するレジスト膜 6 2 A を得る。

【 0 0 6 6 】

- A 5 -

次に、レジスト膜 6 2 A をマスクとして用いて、窒化膜 5 2 の一部をエッチングにより除去する。これにより、図 6 (f) に示すように、開口 5 2 1 を有する窒化膜 5 2 A を得る。

10

上記エッチング（開口 5 2 1 の形成方法）としては、特に限定されないが、例えば、リアクティブイオンエッチング（R I E）、 CF_4 を用いたドライエッチング等が挙げられる。

【 0 0 6 7 】

- A 6 -

次に、レジスト膜 6 1、6 2 A を除去する。これにより、図 6 (g) に示すように、シリコン基板 1 0 2 は、その上面が窒化膜 5 1 で覆われ、下面が窒化膜 5 2 A で覆われた状態となる。

レジスト膜 6 1、6 2 の除去方法としては、特に限定されないが、例えば、硫酸による洗浄、 O_2 アッシング等が挙げられる。

20

【 0 0 6 8 】

- A 7 -

次に、窒化膜 5 2 A をマスクとして用いて、シリコン基板 1 0 2 をエッチングする。これにより、図 7 (a) に示すように、凹部 2 1 8 を有するシリコン基板 1 0 2 A を得る。

上記エッチング（凹部 2 1 8 の形成方法）としては、特に限定されないが、後述する可動板 2 1、支持部 2 2 等の形成のためのエッチングと同様、異方性エッチングが好適に用いられる。

かかる異方性エッチングは、特に限定されないが、例えば、 KOH 水溶液等を用いたウェットエッチングにより行うことができる。

30

【 0 0 6 9 】

- A 8 -

次に、窒化膜 5 1、5 2 A を除去する。これにより、図 7 (b) に示すように、シリコン基板 1 0 2 A の上面および下面が露出した状態となる。

窒化膜 5 1、5 2 A の除去方法としては、特に限定されないが、上記工程 A 5 と同様、例えば、リアクティブイオンエッチング（R I E）、 CF_4 を用いたドライエッチング等が挙げられる。

【 0 0 7 0 】

[B] 可動板 2 1、支持部 2 2 等を形成する工程

- B 1 -

40

次に、図 7 (c) に示すように、シリコン基板 1 0 2 A の上面上に窒化膜 7 1 を形成するとともに、シリコン基板 1 0 2 A の下面上に窒化膜 7 2 を形成する。

この窒化膜 7 1、7 2 は、それぞれ、例えば、 SiN で構成されている。

【 0 0 7 1 】

また、窒化膜 7 1、7 2 の形成方法は、それぞれ、特に限定されないが、上記工程 A 2 と同様、例えば、プラズマ C V D 等の気相成膜法を用いることができる。

また、窒化膜 7 1、7 2 の厚さは、特に限定されないが、 $0.01\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $0.3\text{ }\mu\text{m}$ 以下程度である。

なお、窒化膜 7 1、7 2 に代えて、 SiO で構成された酸化膜を例えば熱酸化法により形成してもよい。

50

【 0 0 7 2 】

- B 2 -

次に、図 7 (d) に示すように、窒化膜 7 1 上にレジスト膜 8 1 を形成する。

このレジスト膜 8 1 は、ポジ型またはネガ型のレジスト材料で構成されている。

- B 3 -

次に、レジスト膜 8 1 を露光および現像することにより、レジスト膜 8 1 の可動板 2 1、支持部 2 2 および 1 対の連結部 2 3、2 4 の形成領域に対応した部分が残存するように、レジスト膜 8 1 の一部を除去する。これにより、図 7 (e) に示すように、開口 8 1 1 を有するレジスト膜 8 1 A を得る。なお、図 7 (e) では図示しないが、レジスト膜 8 1 A には、1 対の梁部材 2 3 1、2 3 2 の上端同士の間隙間に対応して形成された開口も形成されている。

10

【 0 0 7 3 】

- B 4 -

次に、レジスト膜 8 1 A をマスクとして用いて、窒化膜 7 1 の一部をエッチングにより除去する。これにより、図 7 (f) に示すように、開口 7 1 1 を有する窒化膜 7 1 A を得る。なお、図 7 (f) では図示しないが、窒化膜 7 1 A には、1 対の梁部材 2 3 1、2 3 2 の上端同士の間隙間に対応して形成された開口も形成されている。

上記エッチング（開口 7 1 1 の形成方法）としては、特に限定されないが、上記工程 A 5 と同様、例えば、リアクティブイオンエッチング（R I E）、 CF_4 を用いたドライエッチング等が挙げられる。

20

【 0 0 7 4 】

- B 5 -

次に、レジスト膜 8 1 A を除去する。これにより、図 7 (g) に示すように、シリコン基板 1 0 2 A は、その上面が窒化膜 7 1 A で覆われ、下面が窒化膜 7 2 で覆われた状態となる。

レジスト膜 8 1 A の除去方法としては、特に限定されないが、例えば、硫酸による洗浄、 O_2 アッシング等が挙げられる。

【 0 0 7 5 】

- B 6 -

次に、図 8 (a) に示すように、窒化膜 7 2 上にレジスト膜 8 2 を形成する。

30

このレジスト膜 8 2 は、ポジ型またはネガ型のレジスト材料で構成されている。

- B 7 -

次に、レジスト膜 8 2 を露光および現像することにより、レジスト膜 8 2 の可動板 2 1、支持部 2 2 および 1 対の連結部 2 3、2 4 の形成領域に対応した部分が残存するように、レジスト膜 8 2 の一部を除去する。これにより、図 8 (b) に示すように、開口 8 2 1 を有するレジスト膜 8 2 A を得る。なお、図 8 (b) では図示しないが、レジスト膜 8 2 A には、1 対の梁部材 2 3 1、2 3 2 の下端同士の間隙間に対応して形成された開口も形成されている。

【 0 0 7 6 】

- B 8 -

次に、レジスト膜 8 2 A をマスクとして用いて、窒化膜 7 2 の一部をエッチングにより除去する。これにより、図 8 (c) に示すように、開口 7 2 1 を有する窒化膜 7 2 A を得る。なお、図 8 (c) では図示しないが、窒化膜 7 2 A には、1 対の梁部材 2 3 1、2 3 2 の下端同士の間隙間に対応して形成された開口も形成されている。

40

上記エッチング（開口 7 2 1 の形成方法）としては、特に限定されないが、上記工程 A 5 と同様、例えば、リアクティブイオンエッチング（R I E）、 CF_4 を用いたドライエッチング等が挙げられる。

【 0 0 7 7 】

- B 9 -

次に、レジスト膜 8 2 A を除去する。これにより、図 8 (d) に示すように、シリコン

50

基板 102A は、その上面が窒化膜 71A で覆われ、下面が窒化膜 72A で覆われた状態となる。

レジスト膜 82A の除去方法としては、特に限定されないが、例えば、硫酸による洗浄、 O_2 アッシング等が挙げられる。

【0078】

- B10 -

次に、窒化膜 71A、72A をマスクとして用いて、シリコン基板 102A を異方性エッチングする。これにより、図 8(e) に示すように、基体 2 を得る。すなわち、本工程の異方性エッチングでは、第 1 のマスクである窒化膜 72A と第 2 のマスクである窒化膜 71A とを介してシリコン基板 102A をその両面側から異方性エッチングすることにより、可動板 21、支持部 22 および 1 対の連結部 23、24 を形成する。

上記異方性エッチング（基体 2 の形成方法）は、特に限定されないが、例えば、KOH 水溶液等を用いたウェットエッチングにより行うことができる。

ここで、かかる異方性エッチングによる連結部 23 の形成について詳述する。なお、連結部 24 の形成については、連結部 23 の形成と同様であるので、その説明を省略する。

【0079】

図 9 に示すように、マスク（第 2 のマスク）として用いる窒化膜 71A は、連結部 23 の梁部材 231 の上面の形成領域に対応して形成された部分 712 と、連結部 23 の梁部材 232 の上面の形成領域に対応して形成された部分 713 とを有し、部分 712 と部分 713 との間には、開口（第 2 の開口）714 が形成されている。この開口 714 は、1 対の梁部材 231、232 の上端同士の間隙に対応して形成されている。

【0080】

また、マスク（第 1 のマスク）として用いる窒化膜 72A は、連結部 23 の梁部材 231 の下面の形成領域に対応して形成された部分 722 と、連結部 23 の梁部材 232 の下面の形成領域に対応して形成された部分 723 とを有し、部分 722 と部分 723 との間には、開口 724（第 1 の開口）が形成されている。この開口 724 は、1 対の梁部材 231、232 の下端同士の間隙に対応して形成されている。

ここで、開口 724 の幅を w_{m1} とし、シリコン基板 102A の厚さを T としたときに、下記式（3）の関係を満たす。

【0081】

【数 12】

$$w_{m1} < \frac{T}{\tan 54.73^\circ} \quad \dots (3)$$

【0082】

このような関係式を満たすことにより、第 1 のマスクである窒化膜 72A と第 2 のマスクである窒化膜 71A との位置関係がずれ、それにより、各梁部材 231、232 のシリコンの（111）面で構成されるべき 1 対の側面に段差が生じても、一方の側面に形成された段差と、他方の側面に形成された段差とをシリコン基板の厚さ方向にずらすことができる。そのため、得られたアクチュエーターにおいて、可動板 21 の回動時における各梁部材 231、232 に生じる応力集中を緩和することができる。

開口 714 の幅を w_{m2} としたとき、下記式（4）を満たす。

【0083】

【数 13】

$$T < \frac{\tan 54.73^\circ}{2} (w_{m1} + w_{m2}) \quad \dots (4)$$

【0084】

これにより、板面がシリコンの(100)面で構成されたシリコン基板102Aをその両面側から異方性エッチングすることにより、1対の梁部材231、232で構成された連結部23を簡単かつ確実に形成することができる。

以下、本工程の異方性エッチングにおける段差の発生について詳述する。

本工程における異方性エッチングに際し、マスクとして用いる窒化膜71A、72Aの形成位置がずれていない場合、図9(a)～図9(d)に示すように、開口711、714を介してシリコン基板102Aの上面がエッチングされるとともに、開口721、724を介してシリコン基板102Aの下面がエッチングされていき、1対の梁部材231、232が形成される。

この場合、開口714および開口724の幅方向での中心位置が互いに幅方向で一致しているため、図9(d)に示すように、各梁部材231、232の各側面は、段差のない、シリコンの(111)面で構成された一定の傾斜面となる。

【0085】

一方、本工程における異方性エッチングに際し、マスクとして用いる窒化膜71A、72Aの形成位置がずれている場合、図10(a)～図10(d)に示すように、開口711、714を介してシリコン基板102Aの上面がエッチングされるとともに、開口721、724を介してシリコン基板102Aの下面がエッチングされていき、1対の梁部材231A、232Aが形成される。

【0086】

この場合、開口714および開口724の幅方向での中心位置が互いに幅方向で異なるため、図10(d)に示すように、梁部材231Aの一方の側面には段差2315が形成され、梁部材231Aの他方の側面には段差2316が形成される。また、これと同様に、梁部材232の一方の側面には段差2325が形成され、梁部材232の他方の側面には段差2326が形成される。

【0087】

段差2316は、前述したようにマスクとして用いる窒化膜72Aの開口724の幅が前記式(3)を満たすように形成されているため、シリコン基板102Aの厚さ方向での中央よりも窒化膜72A側(下側)に形成される。

これに対し、段差2315は、窒化膜71Aの開口711および窒化膜72Aの開口721の幅はシリコン基板102Aの厚さに対して大きすぎるため、シリコン基板102Aの厚さ方向での中央に形成される。

そのため、段差2315と段差2316とはシリコン基板102Aの厚さ方向での位置が異なっている。同様に、段差2325と段差2326とはシリコン基板102Aの厚さ方向での位置が異なっている。

【0088】

このように、段差2315と段差2316とがシリコン基板102Aの厚さ方向での位置が異なるため、可動板21の回転時に梁部材231Aの厚さ方向での中央部に応力が集中するのを防止または抑制することができる。同様に、可動板21の回転時に梁部材232の厚さ方向での中央部に応力が集中するのを防止または抑制することができる。その結果、駆動時の応力集中による連結部23の破損を防止することができる。同様に、駆動時の応力集中による連結部24の破損を防止することができる。

【0089】

仮に、開口724の幅が前記式(3)を満たしていないと、段差2315、2316、2325、2326はいずれもシリコン基板102Aの厚さ方向での中央の位置に形成されることとなる。すなわち、段差2315、2316、2325、2326は互いにシリコン基板102Aの厚さ方向での位置が同じになる。そのため、駆動時における応力集中による破損のおそれがある。

【0090】

- B11 -

次に、窒化膜71A、72Aを除去する。これにより、図8(f)に示すように、基体

10

20

30

40

50

2 の上面および下面が露出した状態となる。

窒化膜 7 1 A、7 2 A の除去方法としては、特に限定されないが、上記工程 A 5 と同様、例えば、リアクティブイオンエッチング (R I E)、 $C F_4$ を用いたドライエッチング、熱りん酸によるウェットプロセス等が挙げられる。

また、必要に応じて、基体 2 の角部を丸める処理を行う。

かかる処理 (丸め処理) は、特に限定されないが、例えば、フッ酸と硝酸と酢酸 (または水) とによる等方性エッチング、熱処理 (減圧下、1 0 0 0 ~ 1 2 0 0 程度、 H_2 を導入した A r 雰囲気下) 等が挙げられる。

【 0 0 9 1 】

次に、図 8 (g) に示すように、可動板 2 1 の下面に、接着剤を介して永久磁石 4 1 を固定する。なお、可動板 2 1 の下面に、接着剤を介して硬磁性体を固定し、その後、この硬磁性体を着磁することにより、永久磁石 4 1 としてもよい。

また、可動板 2 1 の上面に、金属膜を形成し、光反射部 2 1 1 を形成する。この金属膜の形成方法としては、特に限定されず、真空蒸着、スパッタリング (低温スパッタリング)、イオンプレーティング等の乾式メッキ法、電解メッキ、無電解メッキ等の湿式メッキ法、溶射法、金属箔の接合等が挙げられる。

また、図示しないが、支持体 3 上にコイル 4 2 を設け、支持体 3 と基体 2 とを接合する。

以上の工程により、光スキャナー 1 が得られる。

【 0 0 9 2 】

以上説明したような光スキャナー 1 の製造方法によれば、前記式 (3) を満たすので、得られた光スキャナー 1 (アクチュエーター) において、可動板 2 1 の回転時における各梁部材 2 3 1、2 3 2、2 4 1、2 4 2 に生じる応力集中を緩和することができる。

以上説明したような第 1 実施形態に係る光スキャナー 1 (アクチュエーター) によれば、可動板 2 1 が平面視にて十字状をなし、かつ、前記式 (A) および (B) を満たすので、可動板 2 1 の光反射領域を確保しながら、可動板 2 1 の回転時の慣性モーメントを低減することができる。

また、シリコン基板を異方性エッチングすることにより、可動板 2 1 を簡単かつ高精度に形成することができる。

【 0 0 9 3 】

< 第 2 実施形態 >

次に、本発明の第 2 実施形態について説明する。

図 1 1 は、本発明の第 2 実施形態に係る光スキャナーを示す平面図、図 1 2 は、図 1 1 中の B - B 線部分拡大断面図である。

以下、第 2 実施形態の光スキャナーについて、前述した実施形態の光スキャナーとの相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

【 0 0 9 4 】

第 2 実施形態の光スキャナーは、連結部の横断面形状が異なる以外は、第 1 実施形態の光スキャナー 1 とほぼ同様である。なお、前述した実施形態と同様の構成には、同一符号を付してある。

本実施形態の光スキャナー 1 A は、図 1 1 に示すように、振動系を有する基体 2 A を有している。基体 2 A は、可動板 2 1 と、支持部 2 2 と、可動板 2 1 を支持部 2 2 に対して回転可能に連結する 1 対の連結部 2 3 A、2 4 A とを有する。

【 0 0 9 5 】

以下、連結部 2 3 について代表的に説明し、連結部 2 4 については、連結部 2 3 と同様であるので、その説明を省略する。

連結部 2 3 A は、軸線 X に沿って設けられている。また、連結部 2 3 A は、その横断面形状が台形をなしている。

より具体的には、連結部 2 3 A は、軸線 X に平行な方向から見たときに (言い換えると、図 1 2 に示す断面で見たとき)、上下に延び軸線 X を通る線分に対して対称 (図 1 2 に

10

20

30

40

50

て左右対称)な形状をなしている。

また、図12に示す断面において、連結部23A全体の幅は、下側から上側に向けて広がっている。

【0096】

また、連結部23Aの横断面の外形は、シリコンの(100)に沿った1対の辺と、シリコンの(111)面に沿った1対の辺とで構成されている。すなわち、連結部23Aは、上面233および下面234がそれぞれシリコンの(100)面で構成され、1対の側面235、236がそれぞれシリコンの(111)面で構成されている。ここで、側面235、236は、それぞれ、上面233または下面234に対する傾斜角 θ が 54.73° となっている。このような横断面形状をなす連結部23Aは、前述した第1実施形態の連結部23と同様、板面がシリコンの(100)面で構成されたシリコン基板を異方性エッチングすることにより簡単かつ高精度に形成することができる。

以上説明したような第2実施形態の光スキャナー1Aによっても、光反射領域を確保しながら可動板の回転時の慣性モーメントを低減するとともに、可動板の寸法精度を簡単に優れたものとすることができる。

【0097】

<第3実施形態>

次に、本発明の第3実施形態について説明する。

図13は、本発明の第3実施形態に係る光スキャナーに備えられた可動板を説明するための平面図である。

以下、第3実施形態の光スキャナーについて、前述した実施形態の光スキャナーとの相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

第3実施形態の光スキャナーは、可動板の平面視形状が異なる以外は、第1実施形態の光スキャナー1とほぼ同様である。なお、前述した実施形態と同様の構成には、同一符号を付してある。

【0098】

本実施形態の光スキャナーに備えられた可動板21Cは、図13に示すように、本体部212Cと、この本体部212Cから軸線X方向に両側へ突出する1対の突出部213C、214Cと、本体部212Cから線分Y方向に両側に突出する1対の突出部215C、216Cとで構成されている。これにより、可動板21Cは、平面視にて十字状をなす。

そして、可動板21Cの外周に沿った方向における突出部213Cと突出部215Cとの間には、欠損部251Cが形成されている。また、可動板21Cの外周に沿った方向における突出部213Cと突出部216Cとの間には、欠損部252Cが形成されている。また、可動板21Cの外周に沿った方向における突出部214Cと突出部216Cとの間には、欠損部254Cが形成されている。また、可動板21Cの外周に沿った方向における突出部214Cと突出部215Cとの間には、欠損部253Cが形成されている。

【0099】

本実施形態では、可動板21Cは、板厚方向からの平面視にて軸線Xに対して対称となるように形成されているが、当該平面視にて線分Yに対して非対称となるように形成されている。なお、以下では、欠損部251C、253Cについて代表的に説明するが、欠損部252C、254Cについても同様である。

より具体的に説明すると、欠損部251の線分Y方向に沿った長さを a_1 とし、欠損部251Cの軸線X方向に沿った長さを b_1 としたとき、 $a_1 < b_1$ の関係を満たす。すなわち、欠損部251Cは、軸線X方向に沿った長さが線分Y方向に沿った長さよりも長い長方形をなしている。これにより、可動板21Cの軸線Xから遠位の端部の質量を効率的に低減することができる。そのため、可動板21Cの回転時の慣性モーメントを効果的に抑えることができる。

【0100】

同様に、欠損部253Cの線分Y方向での長さを a_3 とし、欠損部253Cの軸線X方向での長さを b_3 としたとき、 $a_3 < b_3$ の関係を満たす。すなわち、欠損部253Cは

、軸線 X 方向の長さが線分 Y 方向での長さよりも長い長方形をなしている。これにより、可動板 2 1 C の軸線 X から遠位の端部の質量を効率的に低減することができる。そのため、可動板 2 1 C の回転時の慣性モーメントを効果的に抑えることができる。

【 0 1 0 1 】

また、 $a_1 > a_3$ 、かつ、 $b_1 > b_3$ の関係を満たす。これにより、軸線 X 軸に対して傾斜させて光を光反射部 2 1 1 に入射させる場合に、光反射領域を効率的に確保することができる。

また、この可動板 2 1 C においても、可動板 2 1 C の平面視における線分 Y 方向での長さを A とし、可動板 2 1 C の軸線 X 方向での長さを B とし、各欠損部 2 5 1 C ~ 2 5 4 C の線分 Y 方向での長さを a とし、各欠損部 2 5 1 C ~ 2 5 4 C の軸線 X 方向での長さを b 10

としたとき、前記式 (A)、(B) をそれぞれ満たす。

以上説明したような第 3 実施形態の光スキャナーによっても、光反射領域を確保しながら可動板の回転時の慣性モーメントを低減するとともに、可動板の寸法精度を簡単に優れたものとして行うことができる。

【 0 1 0 2 】

< 第 4 実施形態 >

次に、本発明の第 4 実施形態について説明する。

図 1 4 は、本発明の第 4 実施形態に係る光スキャナーに備えられた可動板を説明するための平面図である。

以下、第 4 実施形態の光スキャナーについて、前述した実施形態の光スキャナーとの相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。 20

第 4 実施形態の光スキャナーは、可動板の平面視形状が異なる以外は、第 1 実施形態の光スキャナー 1 とほぼ同様である。なお、前述した実施形態と同様の構成には、同一符号を付してある。

【 0 1 0 3 】

本実施形態の光スキャナーに備えられた可動板 2 1 D は、図 1 4 に示すように、本体部 2 1 2 D と、この本体部 2 1 2 D から軸線 X 方向に両側へ突出する 1 対の突出部 2 1 3 D 、 2 1 4 D と、本体部 2 1 2 から線分 Y 方向に両側に突出する 1 対の突出部 2 1 5 D 、 2 1 6 D とで構成されている。これにより、可動板 2 1 D は、平面視にて十字状をなす。

そして、可動板 2 1 D の外周に沿った方向における突出部 2 1 3 D と突出部 2 1 5 D と 30 の間には、欠損部 2 5 1 D が形成されている。また、可動板 2 1 D の外周に沿った方向における突出部 2 1 3 D と突出部 2 1 6 D との間には、欠損部 2 5 2 D が形成されている。また、可動板 2 1 D の外周に沿った方向における突出部 2 1 4 D と突出部 2 1 6 D との間には、欠損部 2 5 4 D が形成されている。また、可動板 2 1 D の外周に沿った方向における突出部 2 1 4 D と突出部 2 1 5 D との間には、欠損部 2 5 3 D が形成されている。

【 0 1 0 4 】

本実施形態では、可動板 2 1 D は、平面視にて軸線 X に対して非対称となるように形成され、平面視にて線分 Y に対して対称となるように形成されている。なお、以下では、欠損部 2 5 1 D 、 2 5 2 D について代表的に説明するが、欠損部 2 5 3 D 、 2 5 4 D についても同様である。 40

また、可動板 2 1 D の平面視における四隅の部分 (欠損部 2 5 1 D ~ 2 5 4 D) のうち、可動板 2 1 D の回転中心軸 (軸線 X) に対して一方側 (図 1 4 中の左側) に位置する 2 つの部分 (欠損部 2 5 1 D 、 2 5 3 D) について、 $a < b$ の関係を満たし、可動板 2 1 D の回転中心軸 (軸線 X) に対して他方側 (図 1 4 中の右側) に位置する他の 2 つの部分 (欠損部 2 5 2 D 、 2 5 4 D) について、 $b < a$ の関係を満たす。これにより、可動板 2 1 D が平面視にて回転中心軸に対して非対称な形状であっても、可動板 2 1 D の重心と可動板 2 1 D の回転中心軸とのズレを抑えることができる。

【 0 1 0 5 】

より具体的に説明すると、欠損部 2 5 1 D の線分 Y 方向での長さを a_1 とし、欠損部 2 5 1 D の軸線 X 方向での長さを b_1 としたとき、 $a_1 < b_1$ の関係を満たす。すなわち、 50

欠損部 2 5 1 D は、軸線 X 方向の長さが線分 Y 方向での長さよりも長い長方形をなしている。これにより、可動板 2 1 D の軸線 X から遠位の端部の質量を効率的に低減することができる。そのため、可動板 2 1 D の回転時の慣性モーメントを効果的に抑えることができる。

【0106】

一方、欠損部 2 5 2 D の線分 Y 方向での長さを a_2 とし、欠損部 2 5 2 D の軸線 X 方向での長さを b_2 としたとき、 $a_2 > b_2$ の関係を満たす。これにより、欠損部 2 5 2 D の平面視での面積が欠損部 2 5 1 D の平面視での面積より大きくても、可動板 2 1 D の重心が軸線 X からずれるのを防止または抑制することができる。そのため、可動板 2 1 D の回転を円滑なものとすることができる。なお、本実施形態では、 $a_1 \times b_1 < a_2 \times b_2$ の関係を満たす。

10

また、この可動板 2 1 D においても、可動板 2 1 D の平面視における線分 Y 方向での長さを A とし、可動板 2 1 D の軸線 X 方向での長さを B とし、各欠損部 2 5 1 D ~ 2 5 4 D の線分 Y 方向での長さを a とし、各欠損部 2 5 1 D ~ 2 5 4 D の軸線 X 方向での長さを b としたとき、前記式 (A)、(B) をそれぞれ満たす。

【0107】

以上説明したような第 4 実施形態の光スキャナーによっても、光反射領域を確保しながら可動板の回転時の慣性モーメントを低減するとともに、可動板の寸法精度を簡単に優れたものとすることができる。

以上説明したような光スキャナーは、例えば、プロジェクター、レーザープリンター、イメージング用ディスプレイ、バーコードリーダー、走査型共焦点顕微鏡などの画像形成装置に好適に適用することができる。その結果、優れた描画特性を有する画像形成装置を提供することができる。

20

【0108】

(画像形成装置)

ここで、図 15 に基づいて、本発明の画像形成装置の一例を説明する。

図 15 は、本発明の画像形成装置の構成の一例を示す概略図である。なお、以下では、説明の便宜上、スクリーン S C の長手方向を「横方向」といい、長手方向に直角な方向を「縦方向」という。

【0109】

30

プロジェクター 9 は、レーザーなどの光を照出する光源装置 9 1 と、クロスダイクロイックプリズム 9 2 と、1 対の本発明の光スキャナー 9 3、9 4 (例えば、光スキャナー 1 と同様の構成の光スキャナー) と、固定ミラー 9 5 とを有している。

光源装置 9 1 は、赤色光を照出する赤色光源装置 9 1 1 と、青色光を照出する青色光源装置 9 1 2 と、緑色光を照出する緑色光源装置 9 1 3 とを備えている。

クロスダイクロイックプリズム 9 2 は、4 つの直角プリズムを貼り合わせて構成され、赤色光源装置 9 1 1、青色光源装置 9 1 2、緑色光源装置 9 1 3 のそれぞれから照出された光を合成する光学素子である。

【0110】

このようなプロジェクター 9 は、赤色光源装置 9 1 1、青色光源装置 9 1 2、緑色光源装置 9 1 3 のそれぞれから、図示しないホストコンピューターからの画像情報に基づいて照出された光をクロスダイクロイックプリズム 9 2 で合成し、この合成された光が、光スキャナー 9 3、9 4 によって走査され、さらに固定ミラー 9 5 によって反射され、スクリーン S C 上でカラー画像を形成するように構成されている。

40

【0111】

ここで、光スキャナー 9 3、9 4 の光走査について具体的に説明する。

まず、クロスダイクロイックプリズム 9 2 で合成された光は、光スキャナー 9 3 によって横方向に走査される (主走査)。そして、この横方向に走査された光は、光スキャナー 9 4 によってさらに縦方向に走査される (副走査)。これにより、2 次元カラー画像をスクリーン S C 上に形成することができる。このような光スキャナー 9 3、9 4 として本発

50

明の光スキャナーを用いることで、極めて優れた描画特性を発揮することができる。

【 0 1 1 2 】

ただし、プロジェクター 9 としては、光スキャナーにより光を走査し、対象物に画像を形成するように構成されていれば、これに限定されず、例えば、固定ミラー 9 5 を省略してもよい。

このように構成されたプロジェクター 9 によれば、前述した光スキャナー 1 と同様の構成の光スキャナー 9 3、9 4 を備えるので、安価に、高品位な画像を得ることができる。

【 0 1 1 3 】

以上、本発明のアクチュエーター、光スキャナーおよび画像形成装置について、図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、本発明のアクチュエーター、光スキャナーおよび画像形成装置では、各部の構成は、同様の機能を発揮する任意の構成のものに置換することができ、また、任意の構成を付加することもできる。

10

【 0 1 1 4 】

また、前述した実施形態では、可動板が平面視において回動中心軸およびそれに垂直な線分の少なくとも一方に対して対称な形状をなす場合を説明したが、これに限定されず、可動板が平面視において回動中心軸およびそれに垂直な線分のいずれに対しても非対称な形状をなしていてもよい。

また、前述した実施形態では、本発明のアクチュエーターを光スキャナーに適用した場合を例に説明したが、本発明のアクチュエーターは、これに限定されず、例えば、光スイッチ、光アッテネータ等の他の光学デバイスに適用することも可能である。

20

また、前述した実施形態では、可動板を回動させる駆動部がムービングマグネット型の電磁駆動方式を採用した構成を例に説明したが、かかる駆動部は、ムービングコイル型の電磁駆動方式であってもよいし、また、静電駆動方式、圧電駆動方式等の電磁駆動方式以外の駆動方式を採用するものであってもよい。

【 符号の説明 】

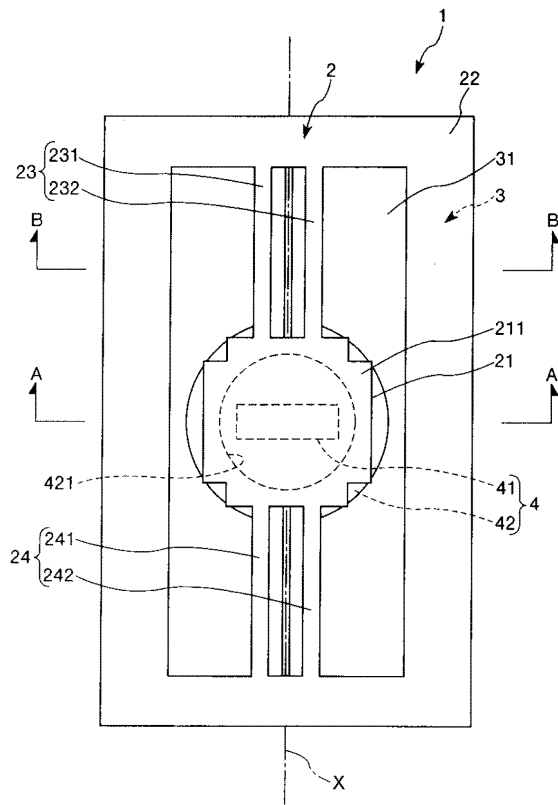
【 0 1 1 5 】

1、1 A 光スキャナー 2、2 A 基体 3 支持体 4 駆動部 9 プロ
ジェクター 2 1、2 1 A、2 1 B、2 1 C、2 1 D 可動板 2 2 支持部 2
3、2 3 A 連結部 2 4、2 4 A 連結部 3 1 凹部 3 2 板状部 3 3
棒状部 4 1 永久磁石 4 2 コイル 5 1 窒化膜 5 2 窒化膜 5
2 A 窒化膜 6 1 レジスト膜 6 2 レジスト膜 6 2 A レジスト膜 7
1 窒化膜 7 1 A 窒化膜 7 2 窒化膜 7 2 A 窒化膜 8 1 レジス
ト膜 8 1 A レジスト膜 8 2 レジスト膜 8 2 A レジスト膜 9 1 光
源装置 9 2 クロスダイクロイックプリズム 9 3 光スキャナー 9 4 光ス
キャナー 9 5 固定ミラー 1 0 2 シリコン基板 1 0 2 A シリコン基板
2 1 1 光反射部 2 1 3、2 1 3 C、2 1 3 D、2 1 4、2 1 4 C、2 1 4 D、2 1
5、2 1 5 C、2 1 5 D、2 1 6、2 1 6 C、2 1 6 D 突出部 2 1 2、2 1 2 C、
2 1 2 D 本体部 2 1 7 溝 2 1 8 凹部 2 3 1、2 3 1 A、2 3 2 A
梁部材 2 3 2 梁部材 2 3 3 上面 2 3 4 下面 2 3 5、2 3 6 側面
2 4 1 梁部材 2 4 2 梁部材 2 5 1、2 5 1 C、2 5 1 D、2 5 2、2 5 2
C、2 5 2 D、2 5 3、2 5 3 C、2 5 3 D、2 5 4、2 5 4 C、2 5 4 D 欠損部
3 1 1 底面 5 2 1 開口 6 2 1 開口 7 1 1 開口 7 1 2 部分
7 1 3 部分 7 1 4 開口 7 2 1 開口 7 2 2 部分 7 2 3 部分
7 2 4 開口 8 1 1 開口 8 2 1 開口 9 1 1 赤色光源装置 9 1 2
青色光源装置 9 1 3 緑色光源装置 2 3 1 1 上面 2 3 1 2 下面 2 3
1 3、2 3 1 4 側面 2 3 1 5 段差 2 3 1 6 段差 2 3 2 1 上面 2
3 2 2 下面 2 3 2 3、2 3 2 4 側面 2 3 2 5 段差 2 3 2 6 段差
S C スクリーン

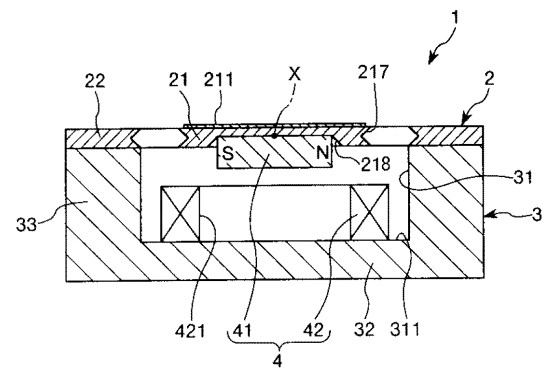
30

40

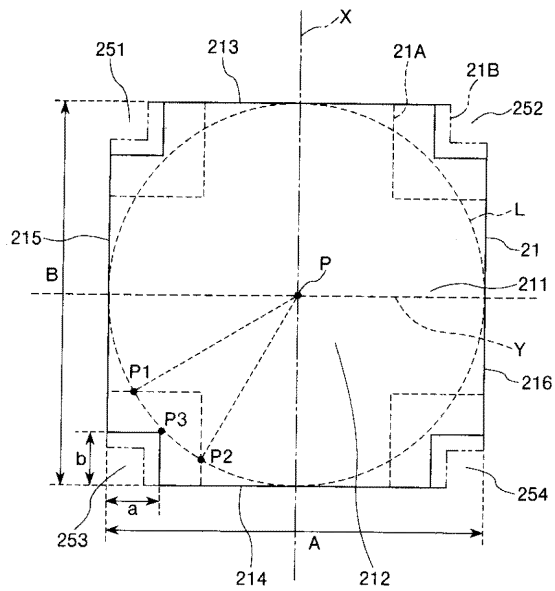
【図 1】



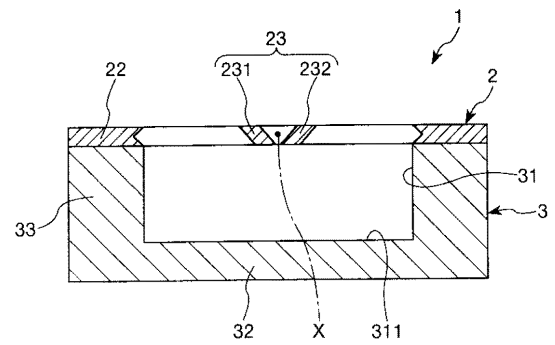
【図 2】



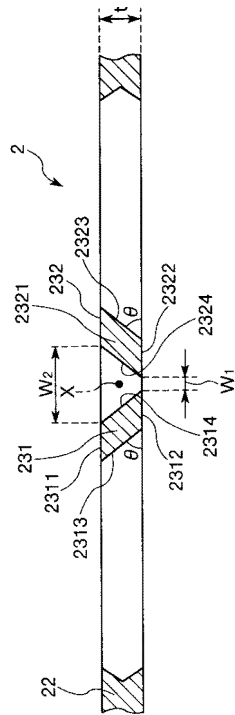
【図 3】



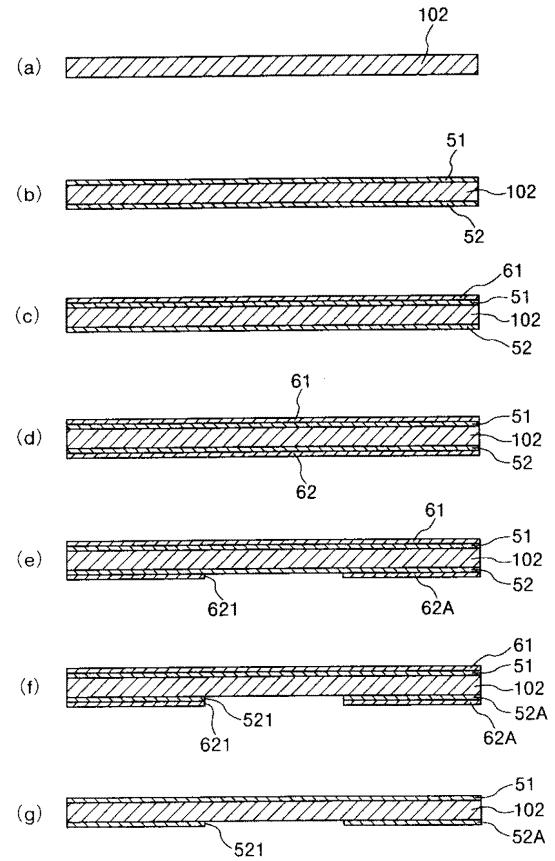
【図 4】



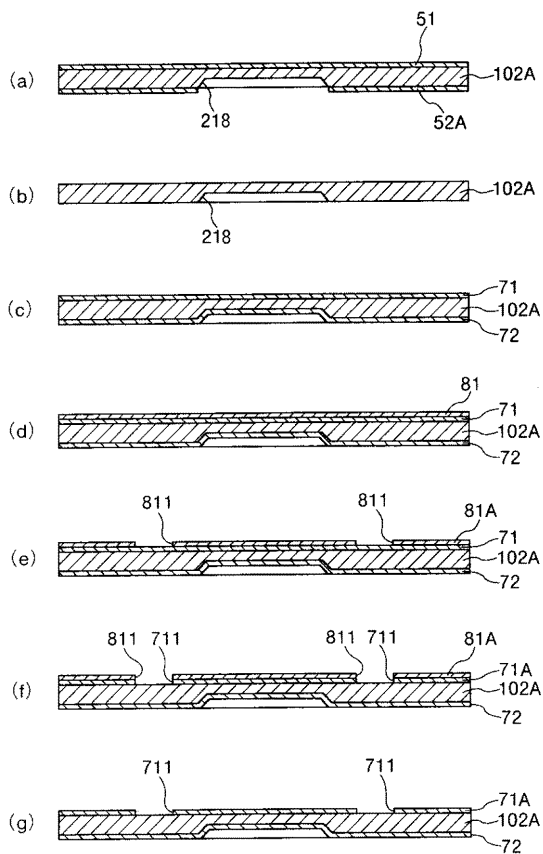
【図 5】



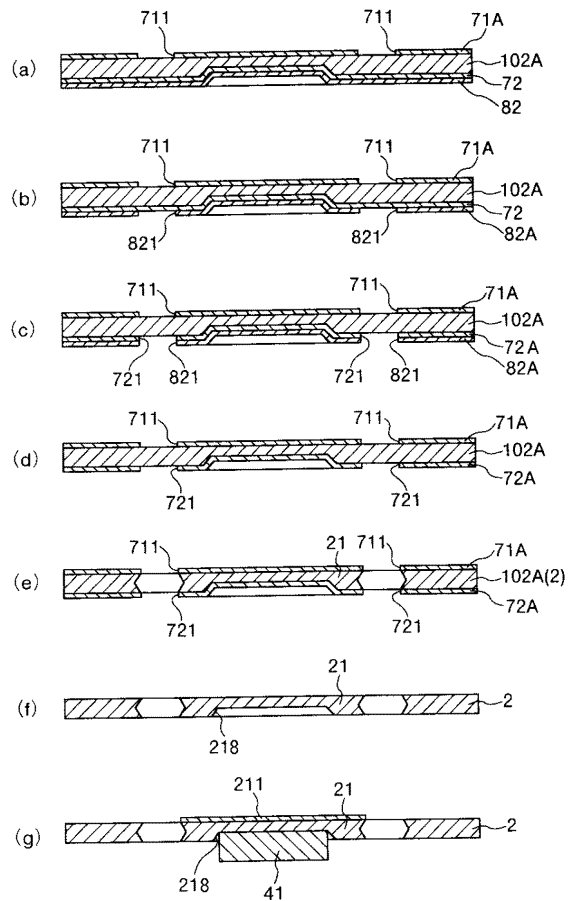
【図 6】



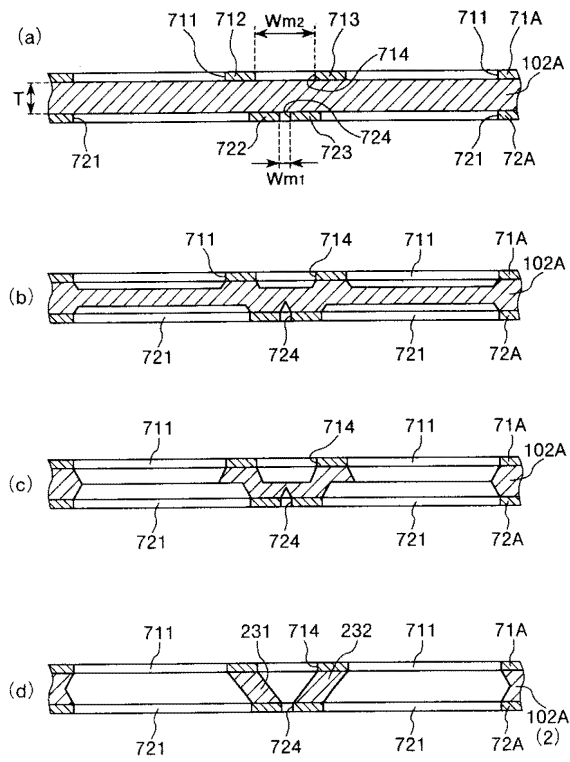
【図 7】



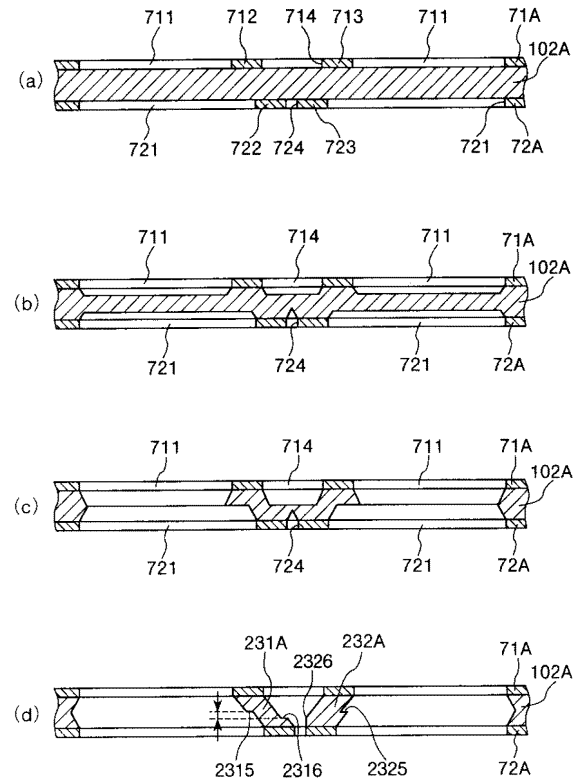
【図 8】



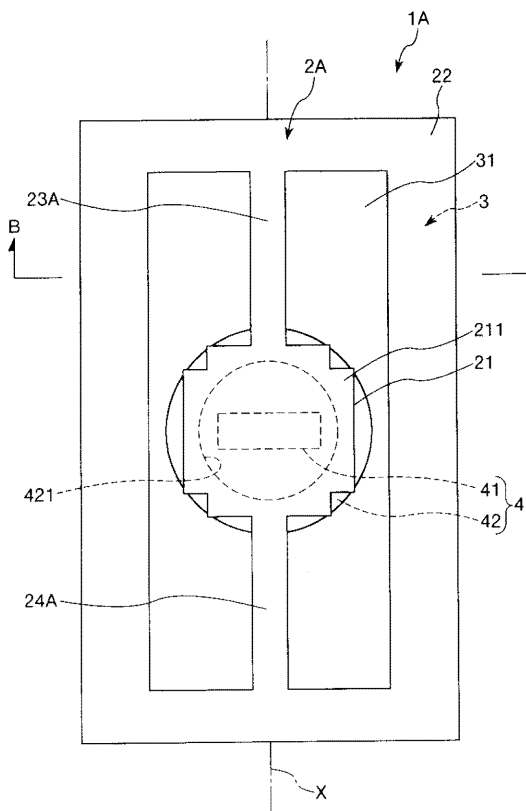
【図 9】



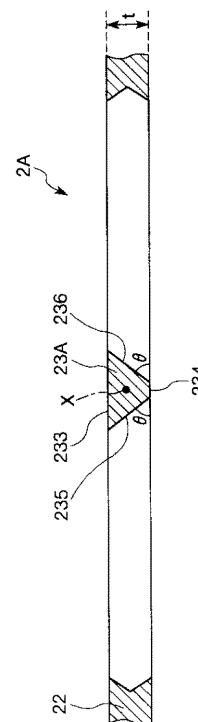
【図 10】



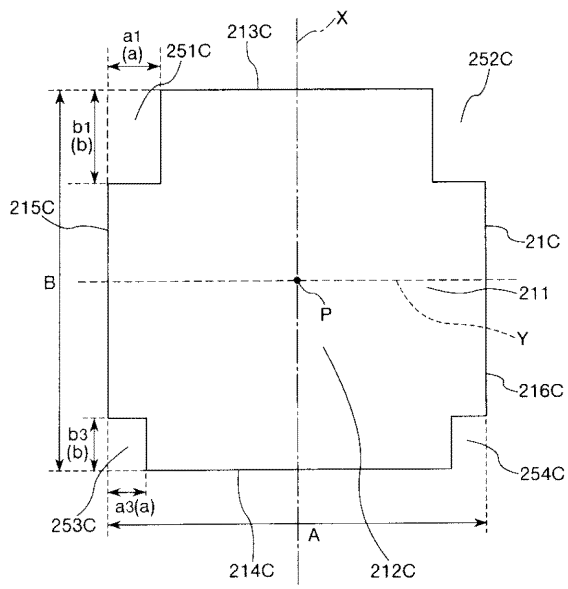
【図 11】



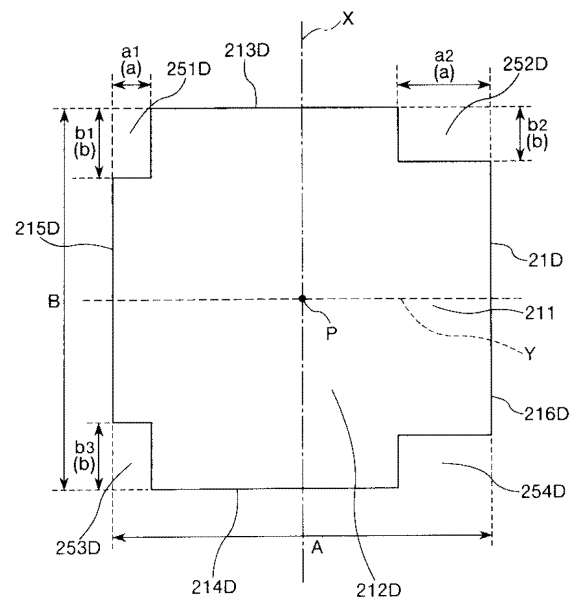
【図 12】



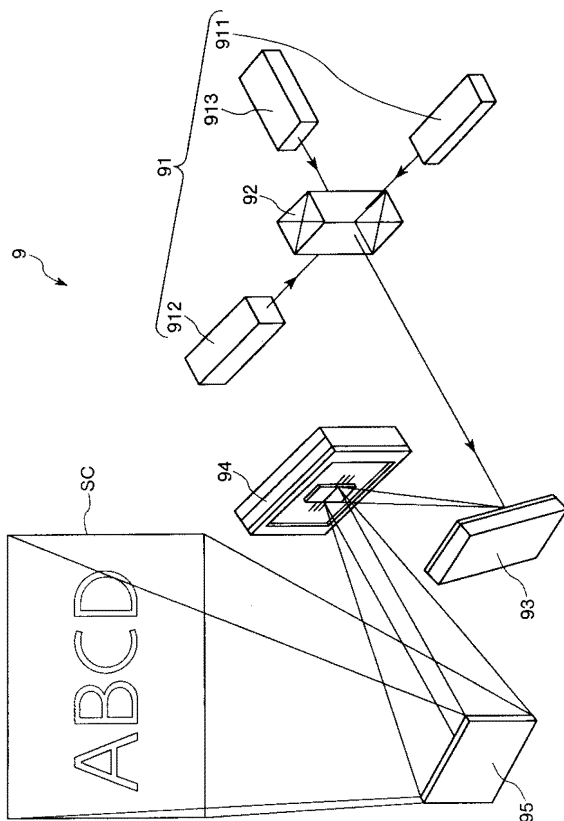
【図 13】



【図 14】



【図 15】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3C081 AA13 BA28 BA44 BA46 BA47 BA54 CA14 CA15 DA03 EA08