

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5007648号
(P5007648)

(45) 発行日 平成24年8月22日 (2012. 8. 22)

(24) 登録日 平成24年6月8日 (2012. 6. 8)

(51) Int. Cl.

F I

G O 2 B 26/10 (2006. 01)

G O 2 B 26/10 1 O 4 Z

G O 2 B 26/08 (2006. 01)

G O 2 B 26/10 B

H O 2 N 1/00 (2006. 01)

G O 2 B 26/08 E

H O 2 K 33/18 (2006. 01)

H O 2 N 1/00

B 4 1 J 2/44 (2006. 01)

H O 2 K 33/18 C

請求項の数 12 (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2007-266209 (P2007-266209)
 (22) 出願日 平成19年10月12日 (2007. 10. 12)
 (65) 公開番号 特開2009-93107 (P2009-93107A)
 (43) 公開日 平成21年4月30日 (2009. 4. 30)
 審査請求日 平成22年9月13日 (2010. 9. 13)

(73) 特許権者 000002369
 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 100095728
 弁理士 上柳 雅誉
 (74) 代理人 100107261
 弁理士 須澤 修
 (74) 代理人 100127661
 弁理士 宮坂 一彦
 (72) 発明者 中村 友亮
 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

審査官 河原 正

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アクチュエータ、光スキャナおよび画像形成装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

可動板と、

前記可動板の平面視にて、前記可動板を介して互いに対向して設けられ、前記可動板を
 回動可能に支持する1対の支持部と、

前記各支持部と前記可動板とを連結する1対の連結部と、

前記可動板を回動させる駆動手段とを有し、

前記各連結部は、前記可動板の平面視にて、前記支持部から前記可動板と反対側へ向け
 て延出する軸部と、前記支持部と反対側に位置する該軸部の端部から前記可動板側へ向け
 て折り返して形成され、前記軸部の端部と前記可動板の回動中心軸から離間した離間部と
 を連結する折り返し部とを有し、

前記折り返し部は、前記可動板の平面視にて、前記軸部の端部から前記可動板の回轉中
 心軸に対して互いに反対方向に向けて2つに分岐し、該分岐した先端のそれぞれが、前記
 可動板へ向けて折り返されて形成され、前記軸部の先端と前記可動板の回動中心軸から互
 いに反対方向へ離間した1対の前記離間部のそれぞれとを連結することを特徴とするアク
 チュエータ。

【請求項 2】

前記1対の離間部は、前記可動板の平面視にて、前記回動中心軸に対して対称的に位置
 している請求項1に記載のアクチュエータ。

【請求項 3】

前記 1 対の離間部は、それぞれ、前記可動板の前記回動中心軸から遠位に位置している請求項 1 または 2 に記載のアクチュエータ。

【請求項 4】

前記折り返し部は、前記回動中心軸を介して対向するよう設けられた 1 対の長尺部を有し、該 1 対の長尺部は、それぞれ、前記回動中心軸と略平行な方向に沿って設けられている請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載のアクチュエータ。

【請求項 5】

前記折り返し部は、前記 1 対の長尺部の前記可動板と反対側の端部同士を連結する接続部を有し、該接続部は、前記可動板の平面視にて、前記回動中心軸と直交する方向に延在している請求項 4 に記載のアクチュエータ。

10

【請求項 6】

前記各連結部の前記軸部は、互いに同軸的に設けられている請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載のアクチュエータ。

【請求項 7】

前記駆動手段は、前記 1 対の折り返し部に沿って設けられたコイルと、前記可動板の平面視にて、前記回動中心軸に対して直交する向きの磁界を発生する磁界発生部とを備え、前記コイルに、周期的に変化する電圧を印加することにより、前記 1 対の軸部を捩り変形させつつ前記可動板を回動させるよう構成されている請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載のアクチュエータ。

【請求項 8】

20

前記磁界発生部は、前記可動板の平面視にて、前記回動中心軸に直交する方向に前記可動板を介して対向配置された 1 対の永久磁石を有し、前記 1 対の永久磁石は、対向する面側同士が互いに異なる極性となっている請求項 7 に記載のアクチュエータ。

【請求項 9】

前記駆動手段は、前記可動板および前記折り返し部に対して対向配置された電極を有し、該電極への通電により前記電極と前記可動板との間に発生する静電引力を利用して、前記可動板を回動させるよう構成されている請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載のアクチュエータ。

【請求項 10】

前記可動板の一方の板面には、光反射性を有する光反射部が設けられている請求項 1 ないし 10 のいずれかに記載のアクチュエータ。

30

【請求項 11】

光反射性を有する光反射部を備える可動板と、

前記可動板の平面視にて、前記可動板を介して互いに対向して設けられ、前記可動板を回動可能に支持する 1 対の支持部と、

前記各支持部と前記可動板とを連結する 1 対の連結部と、

前記可動板を回動させる駆動手段とを有し、

前記各連結部は、前記可動板の平面視にて、前記支持部から前記可動板と反対側へ向けて延出する軸部と、前記支持部と反対側に位置する該軸部の端部から前記可動板へ向けて折り返して形成され、前記軸部の端部と前記可動板の回動中心軸から離間した離間部とを連結する折り返し部とを有し、

40

前記折り返し部は、前記可動板の平面視にて、前記軸部の端部から前記可動板の回転中心軸に対して互いに反対方向に向けて 2 つに分岐し、該分岐した先端のそれぞれが、前記可動板へ向けて折り返されて形成され、前記軸部の先端と前記可動板の回動中心軸から互いに反対方向へ離間した 1 対の前記離間部のそれぞれとを連結することを特徴とする光スキャナ。

【請求項 12】

光反射性を有する光反射部を備える可動板と、

前記可動板の平面視にて、前記可動板を介して互いに対向して設けられ、前記可動板を回動可能に支持する 1 対の支持部と、

50

前記各支持部と前記可動板とを連結する１対の連結部と、

前記可動板を回動させる駆動手段とを有し、

前記各連結部は、前記可動板の平面視にて、前記支持部から前記可動板と反対側へ向けて延出する軸部と、前記支持部と反対側に位置する該軸部の端部から前記可動板へ向けて折り返して形成され、前記軸部の端部と前記可動板の回動中心軸から離間した離間部とを連結する折り返し部とを有し、

前記折り返し部は、前記可動板の平面視にて、前記軸部の端部から前記可動板の回転中心軸に対して互いに反対方向に向けて２つに分岐し、該分岐した先端のそれぞれが、前記可動板へ向けて折り返されて形成され、前記軸部の先端と前記可動板の回動中心軸から互いに反対方向へ離間した１対の前記離間部のそれぞれとを連結する光スキャナを備えることを特徴とする画像形成装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、アクチュエータ、光スキャナおよび画像形成装置に関するものである。

【背景技術】

【０００２】

例えば、レーザープリンタ等にて光走査により描画を行うための光スキャナとして、振り振動子で構成されたアクチュエータを用いたものが知られている（例えば、特許文献１参照）。

20

特許文献１には、反射ミラーと、反射ミラーを支持する固定枠部と、反射ミラーと固定枠部とを連結する１対のバネ部とを備えるアクチュエータが開示されている。このアクチュエータでは、各バネ部が、反射ミラーと間隔を隔てて設けられた連結体と、反射ミラーと連結体とを連結する第１のバネ部と、第１のバネ部と反対側で連結体と固定枠部とを連結する第２のバネ部を有している。

このようなアクチュエータは、例えば、雰囲気温度や、反射ミラーへ照出される光などによって昇温し、反射ミラーや、各バネ部が熱膨張してしまう。特許文献１のアクチュエータでは、バネ部が、固定枠部と反射ミラーとの間に設けられているため、第１のバネ部および第２のバネ部の、その長手方向への変位が阻害されてしまう。

【０００３】

30

そのため、各バネ部が、熱膨張による変形を緩和するように湾曲、座屈し、反射ミラーがその厚さ方向へ変位してしまう。その結果、反射ミラーの回動中心軸がずれてしまい、所望の回動特性を発揮することができない。

特に、特許文献１のアクチュエータを光スキャナとして用いた場合などには、反射ミラーの回動中心軸がずれることにより、光源から反射ミラーまでの光路長が変化してしまい、反射ミラーで反射した反射光を対象物の所望の位置に走査させることができない。

【０００４】

【特許文献１】特開２００４－１９１９５３号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

40

【０００５】

本発明の目的は、環境温度に対する影響を緩和または防止し、所望の振動特性を発揮することができるアクチュエータ、光スキャナ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は、可動板と、

前記可動板の平面視にて、前記可動板を介して互に対向するよう設けられ、前記可動板を回動可能に支持する１対の支持部と、

前記各支持部と前記可動板とを連結する１対の連結部と、

50

前記可動板を回動させる駆動手段とを有し、

前記各連結部は、前記可動板の平面視にて、前記支持部から前記可動板と反対側へ向けて延出する軸部と、該軸部の先端から前記可動板側へ向けて折り返すよう形成され、前記軸部の先端と前記可動板の回動中心軸から離間した離間部とを連結する折り返し部とを有することを特徴とする。

これにより、環境温度に対する影響を緩和または防止し、所望の振動特性を発揮することができるアクチュエータを提供することができる。

【0007】

本発明のアクチュエータでは、前記折り返し部は、前記可動板の平面視にて、前記軸部の先端から反対方向へ向けて分岐し、該分岐した先端のそれぞれが、前記可動板へ向けて折り返すよう形成され、前記軸部の先端と前記可動板の回動中心軸から互いに反対方向へ離間した1対の前記離間部のそれぞれとを連結することが好ましい。

10

これにより、可動板を回動中心軸に対して両側から支持することができ、よって、可動板の挙動（回動時の挙動）が安定する。

【0008】

本発明のアクチュエータでは、前記1対の離間部は、前記可動板の平面視にて、前記回動中心軸に対して対称的に位置していることが好ましい。

これにより、可動板を回動中心軸に対して対称的に回動させることができ、アクチュエータの回動特性が向上する。

本発明のアクチュエータでは、前記1対の離間部は、それぞれ、前記可動板の前記回動中心軸から遠位に位置していることが好ましい。

20

これにより、可動板をバランスよく支持するとともに、回動に伴う可動板の撓みや反りを抑制することができる。その結果、アクチュエータの回動特性が向上する。

【0009】

本発明のアクチュエータでは、前記折り返し部は、前記回動中心軸を介して対向するよう設けられた1対の長尺部を有し、該1対の長尺部は、それぞれ、前記回動中心軸と略平行な方向に沿って設けられていることが好ましい。

これにより、アクチュエータの熱膨張をより効果的に緩和または防止することができる。その結果、アクチュエータは、環境温度によらず、所望の回動特性を発揮・維持することができる。

30

【0010】

本発明のアクチュエータでは、前記折り返し部は、前記1対の長尺部の前記可動板と反対側の端部同士を連結する接続部を有し、該接続部は、前記可動板の平面視にて、前記回動中心軸と直交する方向に延在していることが好ましい。

これにより、比較的簡単な構成で、接続部を介して、軸部と1対の長尺部とを接続することができる。

【0011】

本発明のアクチュエータでは、前記各連結部の前記軸部は、互いに同軸的に設けられていることが好ましい。

これにより、1対の軸部を軸として、可動板を円滑に回動させることができ、優れた回動特性を発揮することができる。

40

本発明のアクチュエータでは、前記駆動手段は、前記1対の折り返し部に沿って設けられたコイルと、前記可動板の平面視にて、前記回動中心軸に対して直交する向きの磁界を発生する磁界発生部とを備え、前記コイルに、周期的に変化する電圧を印加することにより、前記1対の軸部を捩り変形させつつ前記可動板を回動させるよう構成されていることが好ましい。

これにより、1対の永久磁石により発生する磁界とコイル内を流れる電流とが作用する領域を比較的大きくすることができ、よって、省電力化を図りつつ、大きな駆動力で可動板を回動させることができる。

【0012】

50

本発明のアクチュエータでは、前記磁界発生部は、前記可動板の平面視にて、前記回動中心軸に直交する方向に前記可動板を介して対向配置された１対の永久磁石を有し、前記１対の永久磁石は、対向する面側同士が互いに異なる極性となっていることが好ましい。

これにより、極めて簡単に、コイルの周辺に磁界を発生させることができる。

本発明のアクチュエータでは、前記駆動手段は、前記可動板および前記折り返し部に対して対向配置された電極を有し、該電極への通電により前記電極と前記可動板との間に発生する静電引力を利用して、前記可動板を回動させるよう構成されていることが好ましい。

これにより、省電力化を図りつつ、可動板を大きい駆動力で回動させることができる。

本発明のアクチュエータでは、前記可動板の一方の板面には、光反射性を有する光反射部が設けられていることが好ましい。

これにより、アクチュエータを光スキャナとして用いることができる。

【００１３】

本発明の光スキャナは、光反射性を有する光反射部を備える可動板と、前記可動板の平面視にて、前記可動板を介して互いに対向するよう設けられ、前記可動板を回動可能に支持する１対の支持部と、

前記各支持部と前記可動板とを連結する１対の連結部と、

前記可動板を回動させる駆動手段とを有し、

前記各連結部は、前記可動板の平面視にて、前記支持部から前記可動板と反対側へ向けて延出する軸部と、該軸部の先端から前記可動板へ向けて折り返すよう形成され、前記軸部の先端と前記可動板の回動中心軸から離間した離間部とを連結する折り返し部とを有することを特徴とする。

これにより、環境温度に対する影響を緩和または防止し、所望の振動特性を発揮することができる光スキャナを提供することができる。

【００１４】

本発明の画像形成装置は、光反射性を有する光反射部を備える可動板と、前記可動板の平面視にて、前記可動板を介して互いに対向するよう設けられ、前記可動板を回動可能に支持する１対の支持部と、

前記各支持部と前記可動板とを連結する１対の連結部と、

前記可動板を回動させる駆動手段とを有し、

前記各連結部は、前記可動板の平面視にて、前記支持部から前記可動板と反対側へ向けて延出する軸部と、該軸部の先端から前記可動板へ向けて折り返すよう形成され、前記軸部の先端と前記可動板の回動中心軸から離間した離間部とを連結する折り返し部とを有する光スキャナを備えることを特徴とする。

これにより、優れた描画特性を発揮する画像形成装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１５】

以下、本発明のアクチュエータ、光スキャナ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。

< 第１実施形態 >

まず、本発明のアクチュエータの第１実施形態を説明する。

図１は、本発明のアクチュエータの第１実施形態を示す斜視図、図２は、図１中のＡ－Ａ線断面図、図３は、図１に示すアクチュエータが備えるコイルに印加する電圧の波形の一例を示す図、図４は、図１に示すアクチュエータの部分省略平面図、図５は、図１に示すアクチュエータの駆動を示す図である。なお、以下では、説明の便宜上、図１中の紙面手前側を「上」、紙面奥側を「下」、右側を「右」、左側を「左」と言い、図２、図３中の上側を「上」、下側を「下」、右側を「右」、左側を「左」と言う。また、図１に示すように、互いに直交する３軸をそれぞれ、 x 軸、 y 軸および z 軸とする。また、 x 軸に平行な方向を「 x 軸方向」、 y 軸に平行な方向を「 y 軸方向」、 z 軸に平行な方向を「 z 軸方向」とも言う（図２、図４、図７～図１０、図１２についても同様）。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 6 】

アクチュエータ 1 は、図 1 に示すような基体 2 と、基体 2 を支持する対向基板 3 と、図 2 に示すような駆動手段 4 とを有している。以下、これらについて順次説明する。

図 1 に示すように、基体 2 は、可動板 2 1 と、可動板 2 1 を回動可能に支持する 1 対の支持部 2 2、2 3 と、各支持部 2 2、2 3 と可動板 2 1 とを連結する 1 対の連結部 2 4、2 5 とを備えている。

【 0 0 1 7 】

可動板 2 1 は、 $x - y$ 平面にて、略長形状をなしている。また、この可動板 2 1 は、その長手方向が、 y 軸方向に沿って設けられている。このような可動板 2 1 の上面には、光反射性を有する光反射部 2 1 1 が設けられている。このような光反射部 2 1 1 を設けることにより、アクチュエータ 1 を光スキャナとして用いることができる。

10

なお、可動板 2 1 の形状としては、特に限定されず、例えば、 $x - y$ 平面にて、円状をなしていてもよい。

【 0 0 1 8 】

1 対の支持部 2 2、2 3 は、 x 軸方向にて、可動板 2 1 を介して互いに対向するよう設けられている。具体的には、可動板 2 1 の図 1 中左側に支持部 2 2、右側に支持部 2 3 が設けられている。

このような支持部 2 2、2 3 は、それぞれ、可動板 2 1 および連結部 2 4、2 5 の厚さ（すなわち、 Z 軸方向の長さ）よりも厚くなっており、その下面が可動板 2 1 の下面よりも図 2 中下側に位置している。このような支持部 2 2、2 3 の下面は、それぞれ、対向基板 3 の上面と接合している。

20

【 0 0 1 9 】

本実施形態では、支持部 2 2、2 3 は、 $x - y$ 平面にて、略正形状をなしている。なお、 $x - y$ 平面での支持部 2 2、2 3 の形状は、特に限定されず、例えば、円形状であってもよいし、五角形以上の多角形状であってもよい。

図 1 に示すように、連結部 2 4、2 5 は、それぞれ、 $x - y$ 平面にて、略「E」字状をなしている。このような連結部 2 4 は、可動板 2 1 よりも左側に位置し、可動板 2 1 と支持部 2 2 とを連結している。同様に、連結部 2 5 は、可動板 2 1 よりも右側に位置し、可動板 2 1 と支持部 2 3 とを連結している。

【 0 0 2 0 】

30

連結部 2 4 は、支持部 2 2 から可動板 2 1 と反対側（すなわち、図 1 中左側）に向けて延出する軸部 2 4 1 を有しており、これと同様に、連結部 2 5 は、支持部 2 3 から可動板 2 1 と反対側（すなわち、図 1 中右側）に向けて延出する軸部 2 5 1 を有している。

軸部 2 4 1、2 5 1 は、それぞれ、長手形状をなしていて x 軸方向に延在している。また、軸部 2 4 1、2 5 1 は、それぞれ、弾性変形可能である。このような軸部 2 4 1、2 5 1 は、互いに同軸的に設けられており、この軸（回動中心軸 X ）を中心として、可動板 2 1 が回動するよう構成されている。軸部 2 4 1、2 5 1 を同軸的に設けることにより、可動板 2 1 をその軸、すなわち、回動中心軸 X まわりに円滑に回動させることができ、優れた回動特性を発揮することができる。

【 0 0 2 1 】

40

本実施形態では、軸部 2 4 1、2 5 1 は、互いに同一形状かつ同一寸法をなしている。なお、軸部 2 4 1、2 5 1 の形状は、これに限定されず、例えば、軸部 2 4 1、2 5 1 の長手方向の長さが、互いに異なってもよいし、断面形状が異なってもよい。

また、図 1 に示すように、連結部 2 4 は、軸部 2 4 1 の先端（すなわち、図 1 中左側の端）から可動板 2 1 側へ折り返すように形成され、軸部 2 4 1 の先端と可動板 2 1 とを連結する折り返し部 2 4 2 を有している。

【 0 0 2 2 】

折り返し部 2 4 2 は、 $x - y$ 平面にて、回動中心軸 X に対して対称的に設けられている。また、折り返し部 2 4 2 は、軸部 2 4 1 の先端から y 軸方向へ、かつ、互いに反対方向へ分岐し、この分岐した端が、それぞれ、途中で x 軸方向へ、かつ、可動板 2 1 へ向けて

50

向きを変えるよう形成されている。すなわち、折り返し部 2 4 2 は、 $x - y$ 平面にて、略「コ」字状をなしている。これにより、可動板 2 1 を回動中心軸 X に対して両側から支持することができ、よって、可動板 2 1 の挙動（回動時の挙動）が安定する。

【0023】

具体的には、折り返し部 2 4 2 は、 $x - y$ 平面にて、軸部 2 4 1（すなわち回動中心軸 X）を介して対向するよう設けられた 1 対の長尺部 2 4 2 a、2 4 2 b と、この長尺部 2 4 2 a、2 4 2 b 同士を接続する接続部 2 4 2 c とで構成されている。

1 対の長尺部 2 4 2 a、2 4 2 b は、それぞれ、 x 軸方向に沿って設けられている。したがって、1 対の長尺部 2 4 2 a、2 4 2 b は、それぞれ、軸部 2 4 1 の延在方向と同じ方向に延在している。

10

【0024】

長尺部 2 4 2 a は、その右側の端にて、可動板 2 1 の回動中心軸 X から y 軸方向へ離間した離間部 2 1 a と接続している。これと同様に、長尺部 2 4 2 b は、その右側の端にて、可動板 2 1 の回動中心軸 X から y 軸方向へ離間した離間部 2 1 b と接続している。

このような 1 対の離間部 2 1 a、2 2 b は、 $x - y$ 平面にて、回動中心軸 X に対して対称的に位置している。これにより、可動板 2 1 を回動中心軸 X に対して対称的に回動させることができ、可動板 2 1 の挙動が安定する。その結果、アクチュエータ 1 の回動特性が向上する。

【0025】

また、1 対の離間部 2 1 a、2 2 b は、それぞれ、 $x - y$ 平面にて、可動板 2 1 の回動中心軸 X から最も遠位に位置している。これにより、可動板 2 1 をバランスよく支持するとともに、回動に伴う可動板 2 1 の撓みや反りを抑制することができる。その結果、アクチュエータ 1 の回動特性が向上する。

20

このような長尺部 2 4 2 a、2 4 2 b は、それぞれ、弾性変形可能であってもよいし、実質的に弾性変形しないものであってもよい。特に、長尺部 2 4 2 a、2 4 2 b が実質的に弾性変形しないものである場合には、長尺部 2 4 2 a、2 4 2 b が、可動板 2 1 の回動時に撓むことがないため、可動板 2 1 の挙動が極めて安定する。

本実施形態では、長尺部 2 4 2 a、2 4 2 b は、互いに同一形状かつ同一寸法をなしている。なお、長尺部 2 4 2 a、2 4 2 b は、互いにことなる形状（平面視形状や断面形状を含む）であってもよい。

30

【0026】

接続部 2 4 2 c は、長手形状をなしていて、 y 軸方向に沿って延在している。このような接続部 2 4 2 c は、長尺部 2 4 2 a、2 4 2 b の図 1 中左側の端同士を接続している。

また、接続部 2 4 2 c は、長手方向の略中央にて、軸部 2 4 1 の先端と接続している。これにより、軸部 2 4 1 と 1 対の長尺部 2 4 2 a、2 4 2 b とが、接続部 2 4 2 c を介して接続することとなる。特に、本実施形態では、接続部 2 4 2 c が Y 軸方向に延在するよう形成されているため、比較的簡単な構成で、接続部 2 4 2 c を介して、軸部 2 4 1 と 1 対の長尺部 2 4 2 a、2 4 2 b とを接続することができる。

【0027】

一方、連結部 2 5 も、連結部 2 4 が備える折り返し部 2 4 2 と同様の構成の折り返し部 2 5 2 を有している。すなわち、折り返し部 2 5 2 は、 $x - y$ 平面にて、軸部 2 5 1 を介して互いに対向するよう設けられた 1 対の長尺部 2 5 2 a、2 5 2 b と、この長尺部 2 5 2 a、2 5 2 b 同士を接続する接続部 2 5 2 c とで構成されている。このような折り返し部 2 5 2 は、前述した折り返し部 2 4 2 と同様の構成であるため、その説明を省略する。

40

【0028】

なお、本実施形態では、連結部 2 4、2 5 は、 $x - y$ 平面にて、可動板 2 1 の重心と交わり y 軸方向に伸びる線分に対して、対称的に設けられている。

以上のような基体 2 は、例えば、シリコンを主材料として構成されていて、可動板 2 1 と、支持部 2 2、2 3 と、連結部 2 4、2 5 とが一体的に形成されている。このように、シリコンを主材料とすることにより、優れた回動特性を実現できるとともに、優れた耐久

50

性を発揮することができる。また、微細な処理が可能であり、アクチュエータ 1 の小型化を図ることができる。

【 0 0 2 9 】

また、基体 2 は、後述するように、S O I 基板等の積層構造を有する基板から、可動板 2 1 と、支持部 2 2、2 3 と、連結部 2 4、2 5 とを形成したものであってもよい。

以上のような基体 2 の下面側には、対向基板 3 が設けられていて、支持部 2 2、2 3 の下面と対向基板 3 の上面とが接合している。対向基板 3 と支持部 2 2、2 3 との接合方法としては、特に限定されず、例えば、接着剤などを介して接合してもよいし、陽極接合などの各種接合方法を用いてもよい。

【 0 0 3 0 】

対向基板 3 は、板状をなしている。また、対向基板 3 の Y 軸方向の長さが、基体 2 の Y 軸方向の長さよりも長くなっていて、アクチュエータ 1 を上側から見たときに、対向基板 3 の Y 軸方向の両端部が基体 2 から露出している。そして、この露出している部分に永久磁石 4 1、4 2 が設けられている。

このような対向基板 3 は、例えば、ガラス、各種セラミックス、シリコン、または S i O₂ を主材料として構成されている。

【 0 0 3 1 】

次いで、駆動手段 4 について説明する。

図 2 に示すように、駆動手段 4 は、前述した 1 対の永久磁石 4 1、4 2 と、基体 2 に設けられたコイル 4 3 と、コイル 4 3 に電圧を印加する電源回路 4 4 とを有している。

コイル 4 3 は、基体 2 の下面に設けられている。すなわち、コイル 4 3 は、光反射部 2 1 1 が設けられた面と反対側の面に設けられている。そのため、光反射部 2 1 1 での光走査がコイル 4 3 によって阻害されてしまうことを確実に防止することができる。

【 0 0 3 2 】

また、コイル 4 3 は、折り返し部 2 4 2、2 5 2 に沿って設けられている。言い換えれば、コイル 4 3 は、基体 2 の外周部（外周近傍）に沿って設けられている。したがって、コイル 4 3 は、x 軸方向に沿って延在する 1 対の x 軸方向延在部 4 3 1、4 3 2 と、y 軸方向に沿って延在する 1 対の y 軸方向延在部とを有している。

以上のようなコイル 4 3 には、電源回路 4 4 が電氣的に接続されていて、電源回路 4 4 によって、コイル 4 3 に所望の電圧を印加できるようになっている。

【 0 0 3 3 】

永久磁石 4 1、4 2 は、y 軸方向にて基体 2 を介して対向して設けられている。具体的には、図 2 にて、基体 2 の左側に永久磁石 4 1、右側に永久磁石 4 2 が設けられている。

このような永久磁石 4 1、4 2 は、それぞれ、x 軸方向に沿って延在するように設けられており、永久磁石 4 1 と永久磁石 4 2 とで形成される空間内に、基体 2 の全域が含まれている。また、永久磁石 4 1、4 2 は、対向する面側同士が、互いに反対の極性となっていて、1 対の永久磁石 4 1、4 2 間に y 軸方向の磁界 H が発生している。このように、1 対の永久磁石 4 1、4 2 を用いることにより、極めて簡単に、コイル 4 3 に作用させる磁界 H を発生させることができる。

【 0 0 3 4 】

本実施形態では、図 2 に示すように、永久磁石 4 1 の左の面側が N 極、右の面側が S 極となっており、永久磁石 4 2 の左の面側が N 極、右の面側が S 極となっている。

永久磁石 4 1、4 2 の x 軸方向の長さは、それぞれ、基体 2 の x 軸方向の長さよりも若干長くなっている。これにより、コイル 4 3 の x 軸方向延在部 4 3 1、4 3 2 の全域に磁界 H を作用させ、可動板 2 1 を効率的に回転させることができる。

【 0 0 3 5 】

また、図 2 に示すように、永久磁石 4 1、4 2 の上面は、それぞれ、コイル 4 3 よりも上側に位置し、永久磁石 4 1、4 2 の下面は、それぞれ、コイル 4 3 よりも下側に位置している。これにより、可動板 2 1 の回転に伴って、X 軸方向延在部 4 3 1、4 3 2 が z 軸方向に変位しても、x 軸方向延在部 4 3 1、4 3 2 に磁界 H を確実に作用させることがで

10

20

30

40

50

きる。その結果、可動板 2 1 を円滑に回動させることができる。

【 0 0 3 6 】

このような永久磁石 4 1、4 2 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、アルニコ磁石などを用いることができる。

以上のような構成のアクチュエータ 1 は、次のようにして駆動する。なお、図 4 は、アクチュエータ 1 の平面図であるが、説明の便宜上、基体 2 の図示を省略している。

例えば、電源回路 4 4 により、図 3 に示すような交番電圧をコイル 4 3 に印加する。すると、図 4 に示すように、コイル 4 3 に時計回りの電流 I_1 が流れる第 1 の状態と、反時計回りの電流 I_2 が流れる第 2 の状態とが交互に切り換わる。

【 0 0 3 7 】

第 1 の状態では、電流 I_1 と磁界 H との作用により、x 軸方向延在部 4 3 1 に上向きの力（電磁力）が加わるとともに、x 軸方向延在部 4 3 2 に下向きの力が加わる。この力により、軸部 2 4 1、2 5 1 が捩り変形しながら、長尺部 2 4 2 a、2 5 2 a が上側に、長尺部 2 4 2 b、2 5 2 b が下側に変位する。その結果、可動板 2 1 が図 5（a）に示すように、回動中心軸 X を中心として時計回りに傾斜する。

【 0 0 3 8 】

一方、第 2 の状態では、電流 I_2 と磁界 H との作用により、x 軸方向延在部 4 3 1 に下向きの力が加わるとともに、x 軸方向延在部 4 3 2 に上向きの力が加わる。この力により、軸部 2 4 1、2 5 1 が捩り変形しながら、長尺部 2 4 2 a、2 5 2 a が下側に、長尺部 2 4 2 b、2 5 2 b が上側に変位する。その結果、可動板 2 1 が図 5（b）に示すように、回動中心軸 X を中心として反時計回りに傾斜する。

【 0 0 3 9 】

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ることにより、可動板 2 1 が回動中心軸まわりに回動することとなる。

特に、本実施形態では、x 軸方向延在部 4 3 1、4 3 2 を流れる電流 I_1 、 I_2 の向きと、磁界 H の向きとを直交させることができ、より効率的に前述の電磁力を発生させることができる。これにより、可動板 2 1 を円滑かつ効率的に回動させることができる。

【 0 0 4 0 】

また、基体 2 の外周部に沿ってコイル 4 3 を設けたため、x 軸方向延在部 4 3 1、4 3 2 の x 軸方向の長さを比較的長くすることができる。これにより、磁界 H と x 軸方向延在部 4 3 1、4 3 2 を流れる電流 I_1 、 I_2 とが作用する領域を比較的大きくすることができる。その結果、省電力化を図りつつ、大きな駆動力で可動板 2 1 を回動させることができる。

【 0 0 4 1 】

なお、駆動手段 4 の構成としては、前述したものに限定されず、例えば、1 対の永久磁石 4 1、4 2 に変えて電磁石を用いてもよい。電磁石としては、例えば、x - y 平面視にて、基体 2 を介して両端が対向するように設けられた磁心と、磁心に巻きつけられたコイルを有して、コイルに通電することにより、磁心の両端部の間に磁界を発生させるものが挙げられる。

【 0 0 4 2 】

また、1 対の永久磁石 4 1、4 2 に変えて、1 つの永久磁石と、この永久磁石を磁化方向（すなわち、両極を結ぶ線分と平行な方向）にて挟持するよう設けられた 1 対のヨークとを用い、各ヨークの永久磁石と反対側の端部が、x - y 平面にて、基体 2 を介して互に対向するよう設けてもよい。

また、電源回路 4 4 によりコイル 4 3 に印加する電圧としては、交番電圧に限定されず、例えば、直流電圧を間欠的に印加するものであってもよい。

【 0 0 4 3 】

以上、アクチュエータ 1 の構成について詳述した。

このようなアクチュエータ 1 では、基体 2 の下側に設けられたコイル 4 3 に通電することにより駆動するよう構成されているが、このコイル 4 3 への通電により、コイル 4 3 が

10

20

30

40

50

発熱し、この熱により、アクチュエータ 1 が昇温する。また、例えば、アクチュエータ 1 を光スキャナとして用いた場合には、光反射部 2 1 1 で反射しきれなかった光が熱に変換され、この熱により、アクチュエータ 1 が昇温する。また、雰囲気温度の変化などによっても、アクチュエータ 1 が昇温する。

これらのような熱の影響でアクチュエータ 1 が昇温すると、基体 2 が熱膨張を起こしてしまう場合があるが、本発明のアクチュエータにあっては、このような基体の熱膨張を許容することができ、熱膨張が起こったとしても、所望の振動特性を発揮、維持することができる。

【 0 0 4 4 】

以下、これについて詳述する。

基体 2 が熱膨張を起こすと、x 軸方向に延在している軸部 2 4 1、2 4 2、長尺部 2 4 2 a、2 4 2 b、2 5 2 a、2 5 2 b が、それぞれ、x 軸方向（すなわち長手方向）に伸張する。

軸部 2 4 1 は、その基端部が支持部 2 2 に支持されているため、前記伸張により、軸部 2 4 1 の先端部（接続部 2 4 2 c 側の端部）が、可動板 2 1 と反対側（すなわち図 1 中左側）に向けて変位する。

【 0 0 4 5 】

同様に、軸部 2 5 1 は、基端部が支持部 2 3 に支持（固定）されているため、前記伸張により、軸部 2 5 1 の先端部（接続部 2 5 2 c 側の端部）が、可動板 2 1 と反対側（すなわち、図 1 中右側）に向けて変位する。

長尺部 2 4 2 a、2 5 2 a について言えば、長尺部 2 4 2 a が可動板 2 1 側へ伸張しようとする力と、長尺部 2 5 2 a が可動板 2 1 側へ伸張しようとする力とが反発し、その結果、前記伸張により、長尺部 2 4 2 a の接続部 2 4 2 c 側の端が図 1 中左側に向けて変位するとともに、長尺部 2 5 2 a の接続部 2 5 2 c 側の端が図 1 中右側に向けて変位する。

【 0 0 4 6 】

長尺部 2 4 2 b、2 5 2 b についても同様に、前記伸張により、長尺部 2 4 2 b の接続部 2 4 2 c 側の端が図 1 中左側に向けて変位するとともに、長尺部 2 5 2 b の接続部 2 5 2 c 側の端が図 1 中右側に向けて変位する。

以上より、連結部 2 4 について言えば、軸部 2 4 1、長尺部 2 4 2 a および長尺部 2 4 2 b のそれぞれの図 1 中左側の端が、接続部 2 4 2 c とともに、図 1 中左側へ向けて変位する。アクチュエータ 1 は、接続部 2 4 2 c の図 1 中左側に、前記変位を阻害する部材等を一切設けられておらず、熱膨張による前記変位を確実に許容する。

【 0 0 4 7 】

同様に、連結部 2 5 について言えば、軸部 2 5 1、長尺部 2 5 2 a および長尺部 2 5 2 b のそれぞれの図 1 中右側の端が、接続部 2 5 2 c とともに、図 1 中右側へ向けて変位する。

以上のように、連結部 2 4、2 5 の熱膨張が許容されることにより、軸部 2 4 1、2 4 2、長尺部 2 4 2 a、2 4 2 b、2 5 2 a、2 5 2 b が、z 軸方向に撓んだり、座屈したりすることを緩和または防止することができる。その結果、可動板 2 1 の z 軸方向への不本意な変位を緩和または防止することができ、環境温度によらず回動中心軸 X をほぼ一定に保つことができる。その結果、アクチュエータ 1 は、環境温度によらず、所望の回動特性を発揮・維持することができる。

【 0 0 4 8 】

特に、本実施形態では、長尺部 2 4 2 a、2 4 2 b が x 軸方向へ延在し、軸部 2 4 1、1 対の長尺部 2 4 2 a、2 4 2 b が互いに平行となるよう設けられている。そのため、これら 3 つの部分の熱膨張による伸張方向を x 軸方向に揃えることができ、これにより、基体 2 の熱膨張をより効果的に許容することができる。その結果、アクチュエータ 1 は、環境温度によらず、所望の回動特性を発揮・維持することができる。

【 0 0 4 9 】

また、前述したように、可動板 2 1 の z 軸方向への不本意な変位を緩和または防止する

10

20

30

40

50

ことができるため、アクチュエータ 1 を光スキャナに用いた場合には、光源から光反射部 2 1 1 までの光路長（離間距離）および光反射部 2 1 1 から走査対象物までの光路長を所望の距離に保つことができる。その結果、アクチュエータ 1 は、環境温度によらず、所望の走査特性を維持することができる。

【 0 0 5 0 】

なお、本実施形態では、基体 2 の下面にコイル 4 3 を設け、このコイル 4 3 への通電により、可動板 2 1 を回動させるよう構成されている。前述したように、コイル 4 3 は、通電により発熱するため、基体 2 の熱膨張の一因となるものである。したがって、このような構成のコイル 4 3（駆動手段 4）と基体 2 とを組み合わせることで、アクチュエータ 1 は、省電力化を図りつつ、大きい駆動力を得ることができ、かつ、環境温度によらず、所望の回動特性を発揮・維持することができる。

10

【 0 0 5 1 】

以上のようなアクチュエータ 1 は、例えば、次のようにして製造することができる。

図 6 は、アクチュエータ 1 の製造方法を示す図（図 1 中 A - A 線断面図に対応する図）である。なお、以下では、説明の便宜上、図 6 中の上側を「上」、下側を「下」と言う。

[A 1] まず、図 6（a）に示すように、基体 2 を形成するための S O I 基板 7 を用意する。このような S O I 基板 7 は、S i 層 7 1 と、S i O₂ 層 7 2 と、S i 層 7 3 とが積層した積層構造をなしている。

【 0 0 5 2 】

次いで、図 6（b）に示すように、S i 層 7 1 の上面に、可動板 2 1 と、支持部 2 2、2 3 と、連結部 2 4、2 5 との平面視形状に対応する形状をなすレジストマスク M 1 を形成するとともに、S i 層 7 3 の下面に、支持部 2 2、2 3 の平面視形状に対応する形状をなすレジストマスク M 2 を形成する。

20

次いで、レジストマスク M 1 を介して、S i 層 7 1 をエッチングする。その後、レジストマスク M 1 を除去する。これにより、図 6（c）に示すように、可動板 2 1 と、支持部 2 2、2 3 の一部と、連結部 2 4、2 5 とが一体的に形成された S i 層 7 1 が得られる。なお、このとき、S i O₂ 層 7 2 は、エッチングのストップ層として機能する。このようなエッチング方法としては、例えば、プラズマエッチング、リアクティブイオンエッチング、ビームエッチング、光アシストエッチング等の物理的エッチング法、ウェットエッチング等の化学的エッチング法等のうちの 1 種または 2 種以上を組み合わせる用いることができる。なお、以下の各工程におけるエッチングにおいても、同様の方法を用いることができる。

30

【 0 0 5 3 】

次いで、レジストマスク M 2 を介して S i 層 7 3 をエッチングする。その後、レジストマスク M 2 を除去する。これにより、図 6（d）に示すように、支持部 2 2、2 3 の下部分が形成された S i 層 7 3 が得られる。このとき、S i O₂ 層 7 2 は、エッチングのストップ層として機能する。

次いで、支持部 2 2、2 3 の平面視形状に対応する部分を除いて、S i O₂ 層 7 2 を除去することで、図 6（e）に示すように、支持部 2 2、2 3 の中央部分が形成された S i O₂ 層 7 2 を得ることができる。

40

【 0 0 5 4 】

次いで、図 6（f）に示すように、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。金属膜の形成方法としては、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。以上より、可動板 2 1 と、支持部 2 2、2 3 と、連結部 2 4、2 5 とが一体的に形成された基体 2 が得られる。

また、基体 2 の下面に、折り返し部 2 4 2、2 5 2 に沿ってコイル 4 3 を設ける。コイル 4 3 は、例えば、導電性を有する線材を巻回して形成する。コイル 4 3 と基体 2 との接合方法としては、特に限定されず、例えば、接着剤を介して接合してもよい。

【 0 0 5 5 】

50

〔 A 2 〕 次いで、シリコン基板をエッチングし、所定の形状に形成された対向基板 3 を用意し、その上面に、例えば接着剤を介して、1 対の永久磁石 4 1、4 2 を接合する。その後、工程〔 A 1 〕で得られた基体 2 が 1 対の永久磁石 4 1、4 2 の間に位置するように、支持部 2 2、2 3 の下面と、対向基板 3 の上面とを接合する。支持部 2 2、2 3 と対向基板 3 との接合方法については特に限定されないが、例えば、接着剤を介して接合してもよいし、直接接合してもよい。以上より、図 6 (g) に示すようなアクチュエータ 1 が得られる。

【 0 0 5 6 】

< 第 2 実施形態 >

次に、本発明のアクチュエータの第 2 実施形態について説明する。

10

図 7 は、本発明のアクチュエータの第 2 実施形態を示す平面図である。なお、説明の便宜上、図 7 中の左側を「左」、右側を「右」と言う。

以下、第 2 実施形態のアクチュエータについて、前述した実施形態のアクチュエータ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 5 7 】

本発明の第 2 実施形態にかかるアクチュエータ 1 A は、連結部 2 4、2 5 の構成（形状）が異なる以外は、第 1 実施形態のアクチュエータ 1 とほぼ同様である。また、前述した第 1 実施形態と同様の構成には、同一符号を付してある。

なお、連結部 2 4、2 5 は、互いに同様の構成であるため、連結部 2 4 について代表して説明し、連結部 2 5 については、その説明を省略する。

20

【 0 0 5 8 】

図 7 に示すように、1 対の長尺部 2 4 2 a、2 4 2 b は、互いの離間距離（図 7 中 L_1 ）が可動板 2 1 から接続部 2 4 2 c、すなわち、図 7 中右側から左側に向けて漸増するように設けられている。言い換えれば、1 対の長尺部 2 4 2 a、2 4 2 b は、互いの離間距離 L_1 が、可動板 2 1 から離間するに連れて増加するように設けられている。

このような第 2 実施形態によっても、第 1 実施形態と同様の効果を発揮することができる。

【 0 0 5 9 】

< 第 3 実施形態 >

次に、本発明のアクチュエータの第 3 実施形態について説明する。

30

図 8 は、本発明のアクチュエータの第 3 実施形態を示す平面図である。なお、説明の便宜上、図 8 中の左側を「左」、右側を「右」と言う。

以下、第 3 実施形態のアクチュエータについて、前述した実施形態のアクチュエータ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 6 0 】

本発明の第 3 実施形態にかかるアクチュエータ 1 B は、連結部 2 4、2 5 の構成（形状）が異なる以外は、第 1 実施形態のアクチュエータ 1 とほぼ同様である。また、前述した第 1 実施形態と同様の構成には、同一符号を付してある。

なお、連結部 2 4、2 5 は、互いに同様の構成であるため、連結部 2 4 について代表して説明し、連結部 2 5 については、その説明を省略する。

40

【 0 0 6 1 】

図 8 に示すように、1 対の長尺部 2 4 2 a、2 4 2 b は、互いの離間距離（図 8 中 L_2 ）が可動板 2 1 から接続部 2 4 2 c、すなわち、図 7 中右側から左側に向けて漸減するように設けられている。言い換えれば、1 対の長尺部 2 4 2 a、2 4 2 b は、互いの離間距離 L_2 が、可動板 2 1 から離間するに連れて減少するように設けられている。

このような第 3 実施形態によっても、第 1 実施形態と同様の効果を発揮することができる。

【 0 0 6 2 】

< 第 4 実施形態 >

次に、本発明のアクチュエータの第 4 実施形態について説明する。

50

図 9 は、本発明のアクチュエータの第 4 実施形態を示す平面図である。

以下、第 4 実施形態のアクチュエータについて、前述した実施形態のアクチュエータ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 6 3 】

本発明の第 4 実施形態にかかるアクチュエータ 1 C は、連結部 2 4、2 5 の構成（形状）が異なる以外は、第 1 実施形態のアクチュエータ 1 とほぼ同様である。また、前述した第 1 実施形態と同様の構成には、同一符号を付してある。

なお、連結部 2 4、2 5 は、互いに同様の構成であるため、連結部 2 4 について代表して説明し、連結部 2 5 については、その説明を省略する。

【 0 0 6 4 】

図 9 に示すように、接続部 2 4 2 c は、 $x - y$ 平面にて、円弧状をなしている。なお、このような接続部 2 4 2 c は、曲率半径が全域にわたってほぼ等しくなっているもよいし、異なる部分を有しているもよい。

このような第 3 実施形態によっても、第 1 実施形態と同様の効果を発揮することができる。

【 0 0 6 5 】

< 第 5 実施形態 >

次に、本発明のアクチュエータの第 5 実施形態について説明する。

図 1 0 は、本発明のアクチュエータの第 5 実施形態を示す平面図、図 1 1 は、図 1 0 に示すアクチュエータの駆動を示す図である。

以下、第 5 実施形態のアクチュエータについて、前述した実施形態のアクチュエータ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 6 6 】

本発明の第 5 実施形態にかかるアクチュエータ 1 D は、駆動手段の構成が異なる以外は、第 1 実施形態のアクチュエータ 1 とほぼ同様である。また、前述した第 1 実施形態と同様の構成には、同一符号を付してある。

駆動手段 4 D は、可動板 2 1 の下面に設けられた永久磁石 4 1 D と、永久磁石 4 1 D と対向するように対向基板 3 の上面に設けられたコイル 4 3 D と、コイル 4 3 D に電圧を印加する電源回路 4 4 とを有している。

【 0 0 6 7 】

永久磁石 4 1 D は、板状をなしている。また、永久磁石 4 1 D は、S 極と N 極とを結ぶ線分が y 軸と平行となるように設けられている。本実施形態では、永久磁石 4 1 D の長尺部 2 4 2 a、2 5 2 a 側が N 極、長尺部 2 4 2 b、2 5 2 b 側が S 極となっている。永久磁石 4 1 D と可動板 2 1 との接合方法としては、特に限定されず、例えば、接着剤を介して接合することができる。

【 0 0 6 8 】

コイル 4 3 D は、 $x - y$ 平面にて、永久磁石 4 1 D の外周を覆うように設けられている。コイル 4 3 D には、電源回路 4 4 が接続されていて、この電源回路 4 4 により、コイル 4 3 D に所定の電圧を印加することができる。

例えば、電源回路 4 4 によりコイル 4 3 D に図 3 に示すような交番電圧を印加すると、 z 軸方向の磁界が発生し、かつ、その磁界の向きが周期的に切り換わる。すなわち、コイル 4 3 D の上側付近が N 極、下側付近が S 極となる第 1 の状態と、コイル 4 3 D の上側付近が S 極、下側付近が N 極となる第 2 の状態とが交互に切り換わる。

【 0 0 6 9 】

以下、アクチュエータ 1 D の駆動について、図 1 1 に基づいて説明するが、図 1 1 は、図 1 0 中 B - B 線断面図に相当するものである。

前記第 1 の状態では、図 1 1 (a) に示すように、永久磁石 4 1 D の左側が、コイル 4 3 D への通電により発生する磁界との反発力により上側へ変位するとともに、永久磁石 4 1 D の右側が、前記磁界との吸引力により下側へ変位する。これにより、可動板 2 1 が時計回りに傾斜する。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 0 】

反対に、前記第 2 の状態では、図 1 1 (b) に示すように、永久磁石 4 1 D の左側が下側へ変位するとともに、永久磁石 4 1 D の右側が上側へ変位する。これにより、可動板 2 1 が反時計回りに傾斜する。

このような第 1 の状態と第 2 の状態とを交互に繰り返すことにより、可動板 2 1 が回動中心軸 X まわりに回動する。

このような第 5 実施形態によっても、第 1 実施形態と同様の効果を発揮することができる。

【 0 0 7 1 】

< 第 6 実施形態 >

次に、本発明のアクチュエータの第 6 実施形態について説明する。

図 1 2 は、本発明のアクチュエータの第 6 実施形態を示す斜視図、図 1 3 は、図 1 2 に示すアクチュエータが備える固定電極に印加する電圧の波形の一例を示す図である。

以下、第 6 実施形態のアクチュエータについて、前述した実施形態のアクチュエータ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 7 2 】

本発明の第 6 実施形態にかかるアクチュエータは、駆動手段の構成が異なる以外は、第 1 実施形態のアクチュエータ 1 とほぼ同様である。また、前述した第 1 実施形態と同様の構成には、同一符号を付してある。

アクチュエータ 1 E の駆動手段 4 E は、対向基板 3 の上面に設けられた 1 対の固定電極 4 5 1 E、4 5 2 E と、固定電極 4 5 1 E、4 5 2 E に電圧を印加する電源回路 4 4 とを有している。

【 0 0 7 3 】

固定電極 4 5 1 E、4 5 2 E は、それぞれ、薄膜状をなしている。このような固定電極 4 5 1 E、4 5 2 E は、x - y 平面視にて、回動中心軸 X を介して対向するように設けられている。具体的には、x - y 平面視にて、回動中心軸 X よりも長尺部 2 4 2 a、2 5 2 a 側に固定電極 4 5 1 E が位置し、長尺部 2 4 2 b、2 5 2 b 側に固定電極 4 5 2 E が位置している。

【 0 0 7 4 】

固定電極 4 5 1 E は、基体 2 よりも x 軸方向の長さが長く、長尺部 2 4 2 a、2 5 2 a と、可動板 2 1 の回動中心軸 X より長尺部 2 4 2 a、2 5 2 a 側の部位とに対向するよう形成されている。

同様に、固定電極 4 5 2 E は、基体 2 よりも x 軸方向の長さが長く、長尺部 2 4 2 b、2 5 2 b と、可動板 2 1 の回動中心軸 X より長尺部 2 4 2 b、2 5 2 b 側の部位とに対向するよう形成されている。

【 0 0 7 5 】

このような固定電極 4 5 1 E、4 5 2 E は、電源回路 4 4 に接続されていて、この電源回路 4 4 から所定の電圧が印加されるようになっている。

このような構成のアクチュエータ 1 E は、例えば、次のようにして駆動する。

例えば、基体 2 をアースしておき、固定電極 4 5 1 E に、図 1 3 (a) に示すような波形の電圧を印加し、固定電極 4 5 2 E に、図 1 3 (b) に示すような波形の電圧を印加する。

【 0 0 7 6 】

固定電極 4 5 1 E に電圧が印加されている状態では、基体 2 と固定電極 4 5 1 E との間に静電引力が生じ、基体 2 が固定電極 4 5 1 E の方へ引きつけられる。これにより、軸部 2 4 1、2 5 1 すなわち、回動中心軸 X を中心として、可動板 2 1 が対向基板 3 に対して傾斜する（この状態を「第 1 の状態」という）。

特に、本実施形態では、前述したように、可動板 2 1 のみならず長尺部 2 4 2 a、2 5 2 a も固定電極 4 5 1 E と対向しているため、固定電極 4 5 1 E と基体 2 とが対向する領域を比較的大きくすることができる。これにより、基体 2 と固定電極 4 5 1 E との間に生

10

20

30

40

50

じる静電引力を大きくすることができ、省電力化を図りつつ、可動板 2 1 を大きい駆動力で回動させることができる。このことは、固定電極 4 5 2 E についても同様である。

【 0 0 7 7 】

反対に、固定電極 4 5 2 E に電圧が印加されている状態では、基体 2 と固定電極 4 5 2 E との間に静電引力が生じ、基体 2 が固定電極 4 5 2 E の方へ引きつけられる。これにより、回動中心軸 X を中心として、可動板 2 1 が対向基板 3 に対して第 1 の状態とは反対側へ傾斜する（この状態を「第 2 の状態」という）。

このような第 1 の状態と第 2 の状態とを交互に繰り返すことにより、可動板 2 1 が回動中心軸 X まわりに回動する。

【 0 0 7 8 】

なお、基体 2 は、各固定電極 4 5 1 E、4 5 2 E と対向する面に、絶縁膜（図示せず）が設けられている。これにより、基体 2 と各固定電極 4 5 1 E、4 5 2 E との間での短絡が発生するのが好適に防止される。

このような第 6 実施形態によっても、第 1 実施形態と同様の効果を発揮することができる。

【 0 0 7 9 】

以上、各実施形態に示したアクチュエータは、光反射部を備えているため、例えば、レーザープリンタ、バーコードリーダー、走査型共焦点レーザー顕微鏡、イメージング用ディスプレイ等の画像形成装置に備える光スキャナに好適に適用することができる。なお、本発明の光スキャナは、前述したアクチュエータと同様の構成であるため、その説明を省略する。

【 0 0 8 0 】

ここで、図 1 4 に基づき、画像形成装置の一例として、第 1 実施形態で示したアクチュエータ 1 をイメージング用ディスプレイの光スキャナとして用いた場合を説明する。なお、スクリーン S 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。また、回動中心軸 X がスクリーン S の横方向と平行であり、回動中心軸 Y がスクリーン S の縦方向と平行である。

【 0 0 8 1 】

画像形成装置（プロジェクタ）9 は、レーザーなどの光を照出する光源装置 9 1 と、複数のダイクロイックミラー 9 2、9 2、9 2 と、1 対のアクチュエータ 1、1 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。

【 0 0 8 2 】

各ダイクロイックミラー 9 2 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 のそれぞれから照出された光を合成する光学素子である。

このようなプロジェクタ 9 は、図示しないホストコンピュータからの画像情報に基づいて、光源装置 9 1（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）から照出された光をダイクロイックミラー 9 2 で合成し、この合成された光がアクチュエータ 1、1 によって 2 次元的に走査され、スクリーン S 上でカラー画像を形成するように構成されている。

【 0 0 8 3 】

具体的には、1 対のアクチュエータ 1、1 は、回動中心軸が互いに直交するように配置されている。そして、ダイクロイックミラー 9 2 で合成された光が、1 つ目のアクチュエータ 1 によってスクリーン S の横方向に走査（主走査）され、この主走査された光が、2 つ目のアクチュエータ 1 によってさらにスクリーン S の縦方向に走査（副走査）される。これにより、2 次元カラー画像をスクリーン S 上に形成することができる。

【 0 0 8 4 】

以上、本発明のアクチュエータ、光スキャナ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

10

20

30

40

50

アクチュエータ、光スキャナ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。また、各実施形態を好適に組み合わせることもできる。

【 0 0 8 5 】

また、前述した実施形態では、駆動手段として電磁駆動、静電駆動を用いたものを説明したが、可動板を回動させることができれば、これに限定されない。

また、前述した実施形態では、折り返し部が分岐し、可動板と2箇所で接続しているものについて説明したが、これに限定されず、例えば、折り返し部が分岐しておらず、可動板と1箇所で接続しているもの、すなわち、折り返し部が1つの長尺部を有するものであってもよい。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 0 8 6 】

【図1】本発明のアクチュエータの第1実施形態を示す斜視図である。

【図2】図2は、図1中のA-A線断面図である。

【図3】図1に示すアクチュエータが備えるコイルに印加する電圧の波形の一例を示す図である。

【図4】図1に示すアクチュエータの部分省略平面図である。

【図5】図1に示すアクチュエータの駆動を示す図である。

【図6】アクチュエータの製造方法を示す図である。

【図7】本発明のアクチュエータの第2実施形態を示す平面図である。

20

【図8】本発明のアクチュエータの第3実施形態を示す平面図である。

【図9】本発明のアクチュエータの第4実施形態を示す平面図である。

【図10】本発明のアクチュエータの第5実施形態を示す平面図である。

【図11】図10に示すアクチュエータの駆動を示す図である。

【図12】本発明のアクチュエータの第6実施形態を示す斜視図である。

【図13】図12に示すアクチュエータが備える固定電極に印加する電圧の波形の一例を示す図である。

【図14】本願発明の画像形成装置の一例を示す図である。

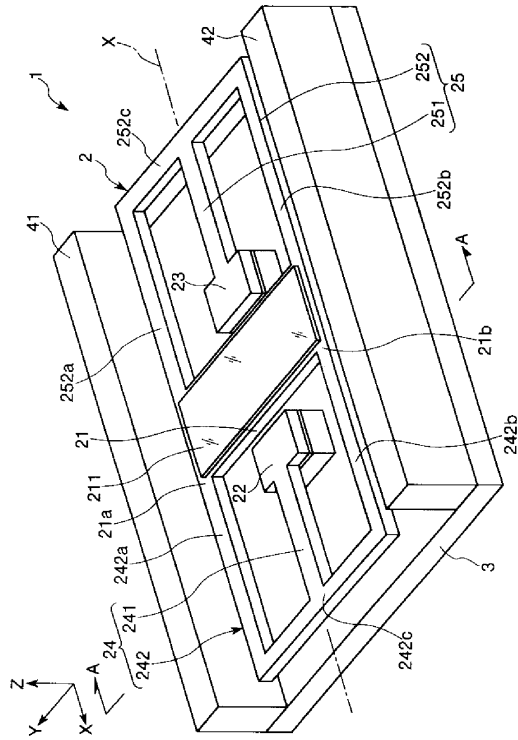
【符号の説明】

【 0 0 8 7 】

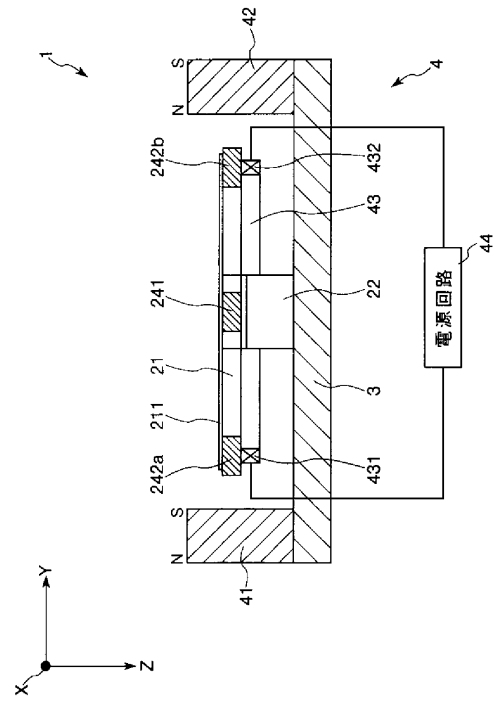
30

1 ~ 1 E アクチュエータ 2 基体 2 1 可動板 2 1 a、2 1 b 離間部 2 1 1 光反射部 2 2、2 3 支持部 2 4、2 5 連結部 2 4 1、2 5 1 軸部 2 4 2、2 5 2 折り返し部 2 4 2 a、2 4 2 b、2 5 2 a、2 5 2 b 長尺部 2 4 2 c、2 5 2 c 接続部 3 対向基板 4、4 D、4 E 駆動手段 4 1、4 2、4 1 D 永久磁石 4 3、4 3 D コイル 4 3 1、4 3 2 X軸方向延在部 4 4 電源回路 4 5 1 E、4 5 2 E 固定電極 7 S O I 基板 7 1、7 3 S i 層 7 2 S i O₂ 層 9 プロジェクタ 9 1 光源装置 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 9 2 ダイクロイックミラー S スクリーン H 磁界

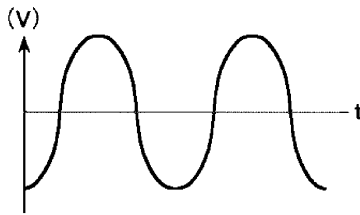
【図 1】



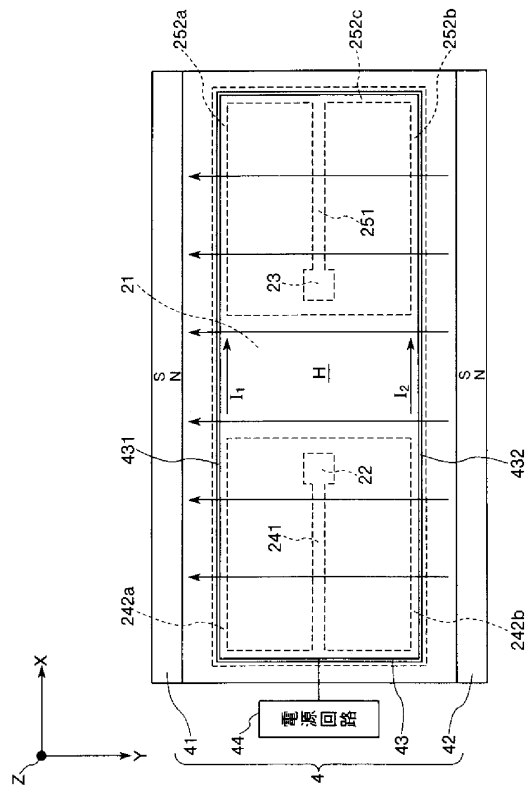
【図 2】



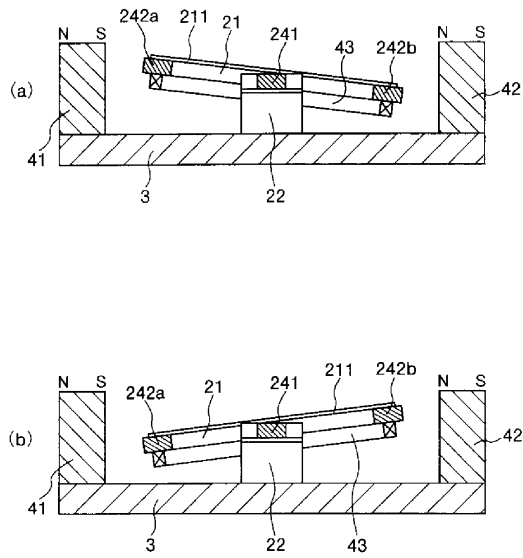
【図 3】



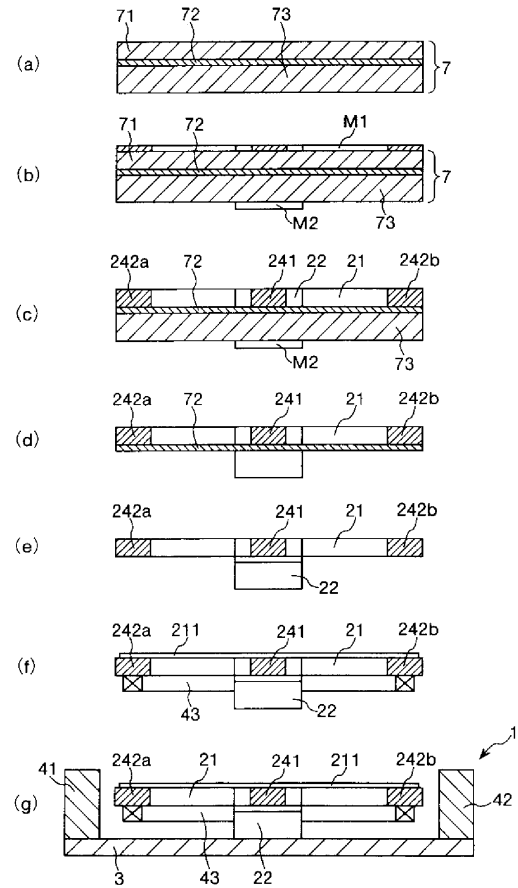
【図 4】



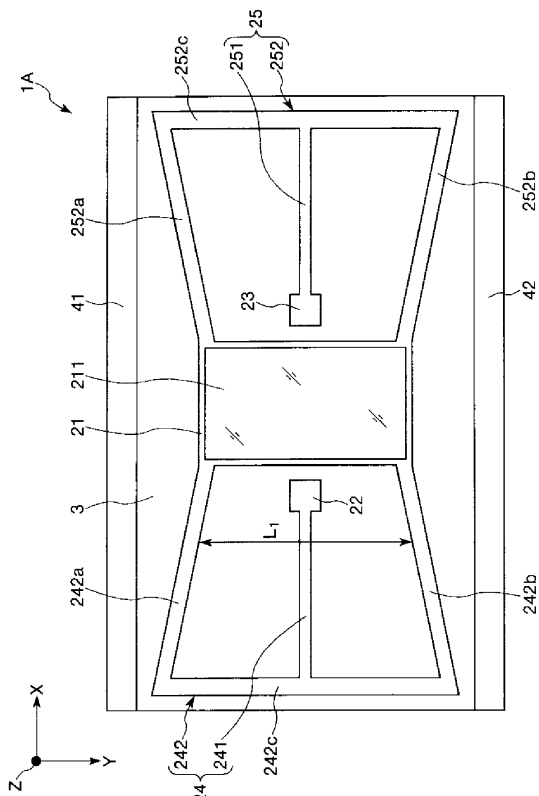
【図 5】



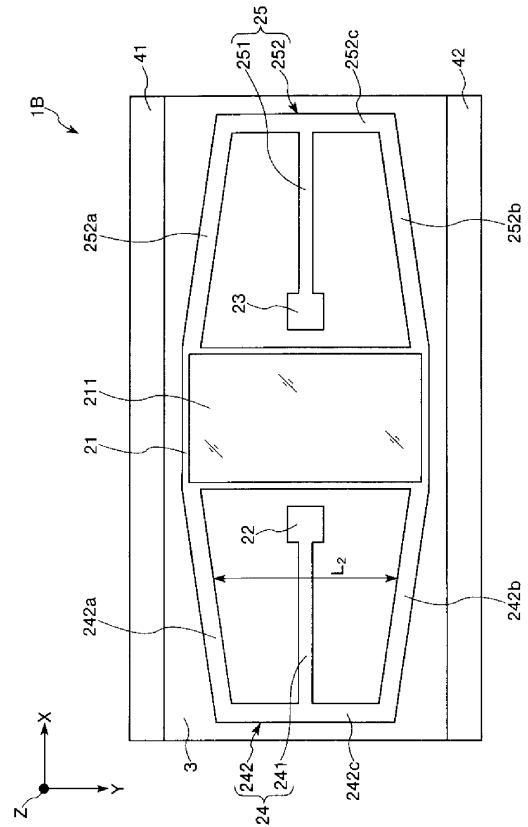
【図 6】



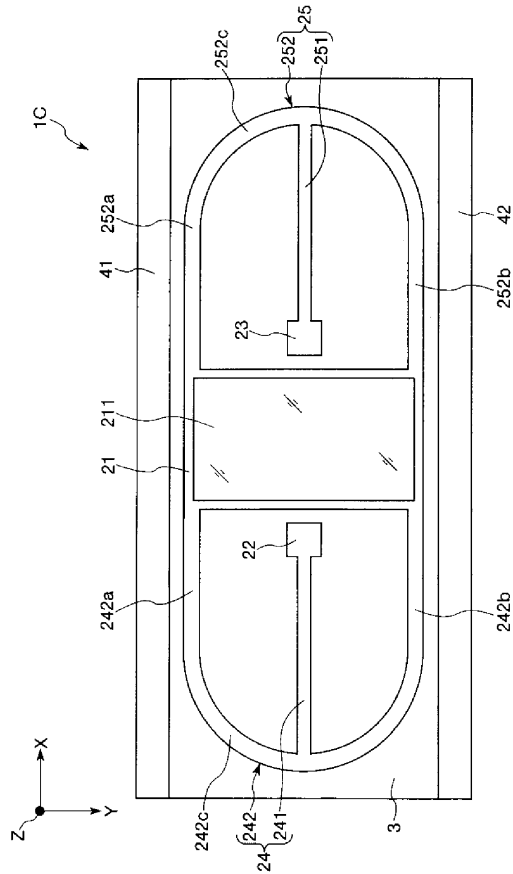
【図 7】



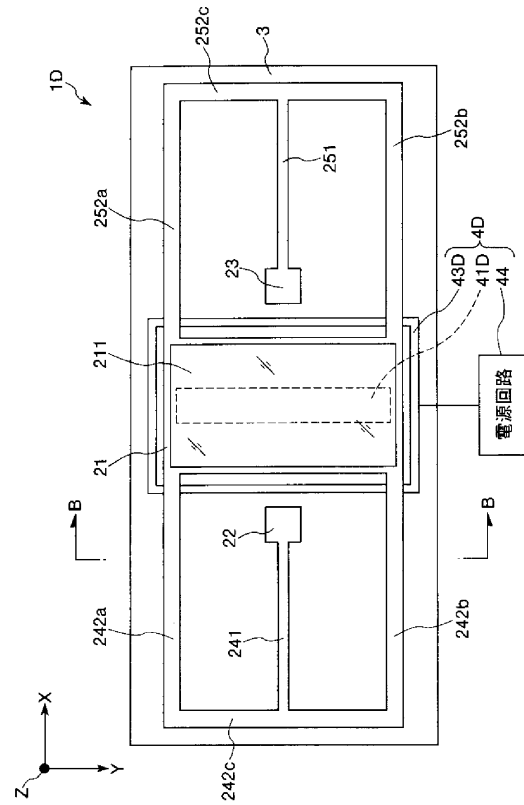
【図 8】



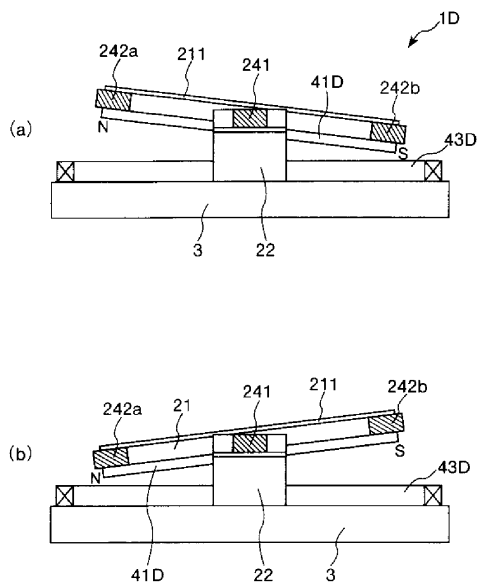
【図 9】



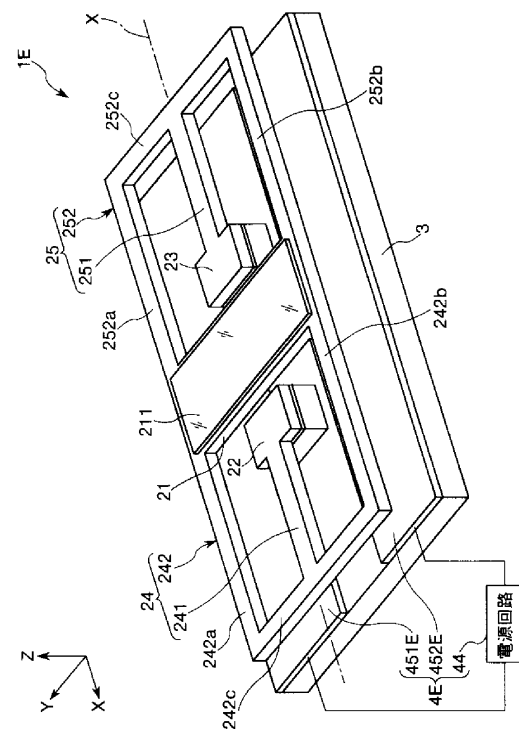
【図 10】



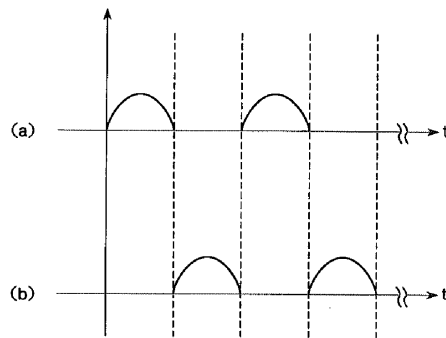
【図 11】



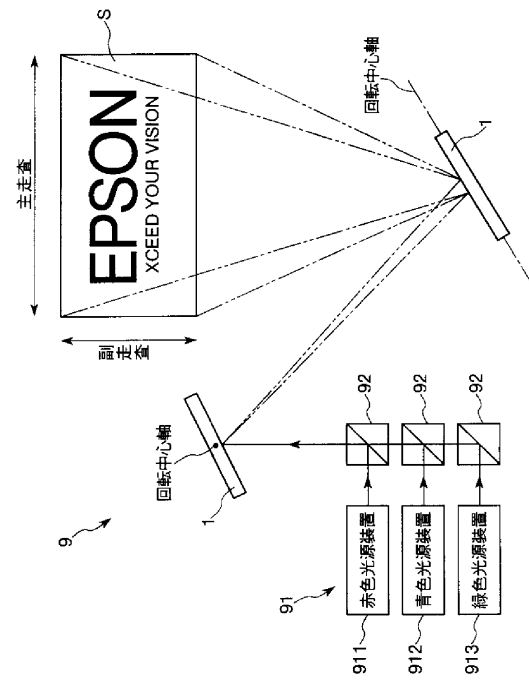
【図 12】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 4 N 1/113 (2006.01) B 4 1 J 3/00 P
H 0 4 N 1/04 1 0 4 Z

(56)参考文献 特開 2 0 0 4 - 1 9 1 9 5 3 (J P , A)
特表 2 0 0 7 - 5 2 7 5 5 1 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 1 8 1 8 0 0 (J P , A)
特開平 0 4 - 0 4 9 8 7 6 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G 0 2 B 2 6 / 1 0
B 4 1 J 2 / 4 4
G 0 2 B 2 6 / 0 8
H 0 2 K 3 3 / 1 8
H 0 2 N 1 / 0 0
H 0 4 N 1 / 1 1 3