

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5077139号  
(P5077139)

(45) 発行日 平成24年11月21日 (2012.11.21)

(24) 登録日 平成24年9月7日 (2012.9.7)

(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 5/08 (2006.01)

G O 2 B 5/08 A

G O 3 B 21/00 (2006.01)

G O 3 B 21/00 Z

G O 3 B 21/28 (2006.01)

G O 3 B 21/28

請求項の数 7 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2008-209633 (P2008-209633)  
 (22) 出願日 平成20年8月18日 (2008.8.18)  
 (65) 公開番号 特開2010-44307 (P2010-44307A)  
 (43) 公開日 平成22年2月25日 (2010.2.25)  
 審査請求日 平成23年8月1日 (2011.8.1)

(73) 特許権者 000005821  
 パナソニック株式会社  
 大阪府門真市大字門真1006番地  
 (74) 代理人 100109667  
 弁理士 内藤 浩樹  
 (74) 代理人 100109151  
 弁理士 永野 大介  
 (74) 代理人 100120156  
 弁理士 藤井 兼太郎  
 (72) 発明者 古川 成男  
 大阪府門真市大字門真1006番地 パナ  
 ソニックエレクトロニクス株式会社  
 社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学反射素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ミラー部と、

音叉形圧電振動子と、

前記ミラー部を前記音叉形圧電振動子の振動中心と連結する第一の支持部と、

前記音叉形圧電振動子の振動中心と第二の支持部で連結された支持体とを備え、

前記音叉形圧電振動子は、

その振動中心を通る連結部と、

この連結部の両端からそれぞれ延伸するアームとを有し、

これらのアームの内側の辺と前記連結部の内側の辺との成す角は、鈍角である光学反射素子。 10

【請求項 2】

ミラー部と、

音叉形圧電振動子と、

前記ミラー部を前記音叉形圧電振動子の振動中心と連結する第一の支持部と、

前記音叉形圧電振動子の振動中心と第二の支持部で連結された支持体とを備え、

前記音叉形圧電振動子は、

その振動中心を通る連結部と、

この連結部の両端からそれぞれ延伸するアームとを有し、

前記連結部の内側の辺は、

前記振動中心側から前記アームに向って外方へ湾曲している光学反射素子。

【請求項 3】

前記連結部と前記第一の支持部との成す角は、  
約 90 度である請求項 1 または 2 に記載の光学反射素子。

【請求項 4】

前記アームの外側の辺と前記連結部の外側の辺との成す角は、鈍角である請求項 1 または 2 に記載の光学反射素子。

【請求項 5】

前記連結部の外側の辺は、  
前記振動中心側から前記アームに向って外方へ湾曲している請求項 1 または 2 に記載の光学反射素子。 10

【請求項 6】

一对の前記音叉形圧電振動子が、  
前記ミラー部を介して対向し、  
このミラー部とそれぞれ前記第一の支持部で連結されるとともに、  
それぞれ第二の支持部で前記支持体と連結されている請求項 1 または 2 に記載の光学反射素子。

【請求項 7】

前記支持体は、  
さらに振動子と連結されている請求項 1 または 2 に記載の光学反射素子。 20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ディスプレイ装置などに用いられる光学反射素子に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、ディスプレイ装置などに用いられる光学反射素子としては、ガルバノミラーなどが挙げられる。

【0003】

このガルバノミラーは、ミラー部とこのミラー部の外周に配置されたコイルと、このコイルの外側に配置された磁石とを備え、この磁石の内側に磁界を発生させ、磁界中のコイルに電流を流すことで電磁力を発生させる。そしてこの電磁力によってミラー部を駆動させ、回動するミラー部でレーザー光を反射することにより、スクリーン面上にレーザー光線を掃引させる（例えば、特許文献 1 参照）。 30

【0004】

そして近年、このようなディスプレイ装置の小型化に伴い、光学反射素子の小型化が命題となっている。

【特許文献 1】特開平 7 - 218857 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】 40

【0005】

従来の光学反射素子では、小型化が困難であった。

【0006】

それは、ミラー部を駆動するための磁石が、大きな配置面積を要するからである。

【0007】

そこで本発明は光学反射素子を小型化することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

そして、この目的を達成するために本発明は、ミラー部と、このミラー部と第一の支持部で連結された音叉形圧電振動子と、この音叉形圧電振動子の振動中心と第二の支持部で 50

連結された支持体とを備え、音叉形圧電振動子は、その振動中心を通る連結部と、この連結部の両端からそれぞれ延伸するアームとを有し、これらのアームの内側の辺と連結部の内側の辺との成す角は、鈍角であるものとした。

【発明の効果】

【0009】

これにより本発明は、光学反射素子を小型化することができる。

【0010】

その理由は、音叉形圧電振動子のアームを、圧電駆動で撓み振動させることにより、ミラー部を励振できるからである。そしてその結果、光学反射素子を小型化できる。

【発明を実施するための最良の形態】

10

【0011】

(実施の形態1)

以下、本発明の実施の形態1における光学反射素子の構成について説明する。

【0012】

図1において、光学反射素子は、ミラー部1と、このミラー部1とそれぞれ一端が連結された第一の支持部2と、これらの第一の支持部2の他端とそれぞれの振動中心3で連結されるとともに、ミラー部1を介して対向する一对の音叉形圧電振動子4と、これらの音叉形圧電振動子4の各振動中心3とそれぞれ一端が連結された第二の支持部5と、これらの第二の支持部5の他端と連結されるとともに、一对の音叉形圧電振動子4の外周を囲う枠体6(支持体)とを備えている。

20

【0013】

そして音叉形圧電振動子4は、その振動中心3を通り、左右に延伸している連結部7と、この連結部7の両端とそれぞれ連結された第一のアーム8、第二のアーム9とを有している。

【0014】

また本実施の形態では、一对の音叉形圧電振動子4は共通の回転軸10を有し、第一の支持部2、第二の支持部5の中心軸はこの回転軸10と一致する。

【0015】

さらに回転軸10はミラー部1の重心を通り、一对の音叉形圧電振動子4は、回転軸10に垂直であってミラー部1の重心を通る直線に対して、線対称に形成されている。

30

【0016】

そして各音叉形圧電振動子4の第一のアーム8、第二のアーム9は、それぞれ第一の支持部2を挟むように配置され、連結部7の端部11からミラー部1側に向かって、回転軸10とほぼ平行に延伸している。

【0017】

また本実施の形態では、音叉形圧電振動子4の共振周波数と、ミラー部1と第一の支持部2で構成された捩れ振動子の共振周波数とが略同一周波数となるように振動設計した。これにより効率良くミラー部1を回動させることができる。

【0018】

さらに本実施の形態では、第一の支持部2と第二の支持部5とをミアンダ形とした。これにより第一の支持部2および第二の支持部5は変形しやすくなり、これらを効率よく捩り振動させることができる。また第一の支持部2及び第二の支持部5の共振器長は、ほぼ同一とすることが好ましい。所定の入力信号でこれらを効率よく捩り振動させるためである。

40

【0019】

なお、本実施の形態では、第二の支持部5のミアンダの折り返し幅は、第一の支持部2のミアンダの折り返し幅よりも広く形成した。すなわち、第二の支持部5と第一の支持部2の共振器長を等しくするには両者を同形状にすればよいが、その場合には光学反射素子が大型化する。光学反射素子のサイズを小型に保つためには枠体6と音叉形圧電振動子4との間のスペースを狭くしてその中に共振器長を変化させずに第二の支持部を設置すれば

50

よいが、そのためには第二の支持部 5 の折り返し幅を広くし、折り返し数を減らした形状で第二の支持部 5 の共振器長を第一の支持部 2 と近似させればよい。これにより、音叉形圧電振動子 4 と枠体 6 との間のスペースを小さくし、光学反射素子の小型化を維持することができる。

【0020】

また本実施の形態では、連結部 7 の端部 11 において、この端部の内側の辺と第一のアーム 8 または第二のアーム 9 の内側の辺との成す角（内角） $\theta_1$  は  $135^\circ$  とした。すなわち、連結部 7 の端部 11 は、その内側の辺が、音叉形圧電振動子 4 の振動中心 3 側から第一のアーム 8、第二のアーム 9 に向けて斜め外方に広がる直線で構成されている。

【0021】

さらに本実施の形態では、連結部 7 の振動中心 3 側（付け根部分 12）は回転軸 10 に対して垂直（ $\theta_2 = 90^\circ$ ）である。そして連結部 7 は途中で一度内側に折り曲がっており、その折曲がり角度  $\theta_3$  は  $135^\circ$  である。折り曲げ回数は複数回でもよいが、この折り曲げ角を鈍角とすることにより、後述のように振動効率を向上させることができる。

【0022】

また本実施の形態では、連結部 7 の端部 11 は、その外側の辺も、音叉形圧電振動子 4 の振動中心 3 側から第一のアーム 8、第二のアーム 9 に向けてそれぞれ斜め外方に広がる直線で構成されている。なお、本実施の形態では、連結部 7 の外側の辺と第一のアーム 8、第二のアーム 9 の外側の辺との成す角（内角） $\theta_4$  は、それぞれ  $135^\circ$  とした。

【0023】

さらに本実施の形態では、連結部 7 の幅をほぼ均一にするため、連結部 7 の外側の辺も途中で内方に折れ曲がっており、その曲げ角  $\theta_5$  は  $135^\circ$  である。これにより本実施の形態では、連結部 7 の外側の辺と内側の辺とは、いずれの領域においてほぼ平行に形成されている。

【0024】

このような音叉形圧電振動子 4 の形状によって、ミラー部 1 を効率よく回動させることができる。その理由については、後述する。

【0025】

そして本実施の形態では、図 2 に示すようにこの光学反射素子の基材としてシリコン基板 13 を用いた。この基材としては、シリコン以外にも、弾性、機械的強度および高いヤング率を有する材料で構成することができる。具体的には、水晶、ガラス、石英またはセラミック材料や、チタン、ステンレス、エリンパー、黄銅合金などが挙げられる。

【0026】

そして本実施の形態では、シリコン基板 13 で構成された第一のアーム 8、第二のアーム 9 にはそれぞれ圧電素子 14 を有している。

【0027】

この圧電素子 14 は、下部電極層 15、圧電体層 16 および上部電極層 17 の積層体構造からなる。なお、本実施の形態では、下部電極層 15 および圧電体層 16 は第一のアーム 8、第二のアーム 9 に共通に形成し、上部電極層 17 はそれぞれ電氣的に独立するように形成した。

【0028】

また、これらの下部電極層 15、圧電体層 16 および上部電極層 17 はシリコン基板 13 上に順次スパッタリング技術などの薄膜プロセスにより形成することができる。

【0029】

そしてこのように形成された圧電素子 14 は薄型化できるため、第一のアーム 8 および第二のアーム 9 の厚みは、これらの幅寸法よりも小さくできる。これにより振幅が大きくなり、小型の光学反射素子を実現することができる。

【0030】

ここで圧電体層 16 に用いる圧電体材料としては、チタン酸ジルコン酸鉛（PZT）などの高い圧電定数を有する圧電体材料が好ましい。下部電極層 15 に用いる材料としては

10

20

30

40

50

、白金などが挙げられる。上部電極層 17 に用いる材料としては、チタン / 金などが挙げられる。上部電極層 17 の下層をチタンとすることで P Z T 薄膜などの圧電体層 16 との密着力を高めることができ、チタンの他にクロムなどの金属を用いることができる。これによって、圧電体層 16 との密着性に優れ、かつ、金電極とは強固な拡散層を形成していることから、密着強度の高い圧電素子 14 を形成することができる。

【 0 0 3 1 】

なお本実施の形態では第一のアーム 8、第二のアーム 9 に形成した圧電素子 14 のそれぞれの上部電極層 17 と、これらに共通の下部電極層 15 とは、それぞれ電氣的に独立した引き出し線 (図示せず) を備え、これらの引き出し線は個別に素子上に引きまわされ、図 1 の接続端子 18 ~ 20 へと接続される。

10

【 0 0 3 2 】

次に、このような構成からなる光学反射素子の動作原理について説明する。

【 0 0 3 3 】

図 2 に示す下部電極層 15 と上部電極層 17 との間に交流の駆動電圧を印加すると、圧電体層 16 が面方向に伸び・縮みし、第一のアーム 8 と第二のアーム 9 が基材に対して垂直方向に撓み振動する。

【 0 0 3 4 】

このとき、第一のアーム 8 と第二のアーム 9 上のそれぞれの上部電極層 17 に、正負反対の駆動信号を印加すれば、図 3 に示すように、第一のアーム 8 と第二のアーム 9 とを、位相が 180 度異なる方向 (矢印 21、22 方向) に、つまり逆方向に撓み振動させることができる。ここで本実施の形態では、第一のアーム 8、第二のアーム 9 は、その先端を自由端とする片持ち構造のため、大きく撓み振動させることができる。

20

【 0 0 3 5 】

そして、この第一のアーム 8 と第二のアーム 9 の振動エネルギーは、音叉形圧電振動子 4 の連結部 7 へと伝搬される。これによって、音叉形圧電振動子 4 は、その振動中心 3 を通る回転軸 10 を中心に、所定の周波数にて反復回転振動 (捩れ振動) をする。

【 0 0 3 6 】

次に、この反復回転振動の振動エネルギーが、連結部 7 に接合された第一の支持部 2 に伝達され、第一の支持部 2 とミラー部 1 とで構成される捩れ振動子が、その回転軸 10 を中心に矢印 23 方向に捩れ振動を起こすようになる。これによって、ミラー部 1 はその回転軸 10 を軸中心として反復回転振動を起こす。このとき、音叉形圧電振動子 4 の反復回転振動の方向と、第一の支持部 2 およびミラー部 1 で構成される捩れ振動子の反復回転振動の方向は位相が 180 度異なる反対方向に振動することとなる。

30

【 0 0 3 7 】

上述のように駆動可能な光学反射素子は、ミラー部 1 に例えばレーザー光源または LED 光源などから発生させた光線を入力し、振動するミラー部 1 で反射させることによって、光線を走査することができる。

【 0 0 3 8 】

次に、本実施の形態 1 における光学反射素子の製造方法について図 2 を用いて説明する。

40

【 0 0 3 9 】

まず始めに、図 2 に示すような基材となるシリコン基板 13 を準備し、その上にスパッタリング法または蒸着法などの薄膜プロセスを用いて下部電極層 15 を形成する。

【 0 0 4 0 】

その後、この下部電極層 15 の上にスパッタリング法などによって圧電体層 16 を形成する。このとき、圧電体層 16 と下部電極層 15 との間には、配向制御層として P b と T i を含む酸化物誘電体を用いることが好ましく、ランタンマグネシウム添加チタン ( P L M T ) からなる配向制御層を形成することがより好ましい。これによって、圧電体層 16 の結晶配向性がより高まり、圧電特性に優れた圧電素子 14 を実現することができる。

【 0 0 4 1 】

50

次に、この圧電体層 16 の上にチタン / 金よりなる上部電極層 17 を形成している。なお、本実施の形態では、白金の下部電極層 15 の厚みは  $0.2\ \mu\text{m}$ 、PZT からなる圧電体層 16 は  $3.5\ \mu\text{m}$ 、および上部電極層 17 のチタン部分は  $0.01\ \mu\text{m}$  とし、金電極部分は  $0.3\ \mu\text{m}$  で形成している。

【0042】

次に、下部電極層 15、圧電体層 16、上部電極層 17 とを、フォトリソ技術を用いてエッチングし、圧電素子 14 をパターン形成する。

【0043】

このとき、上部電極層 17 のエッチング液としてはヨウ素 / ヨウ化カリウム混合溶液と水酸化アンモニウム、過酸化水素混合溶液からなるエッチング液を用いて所定の電極パターンを形成した。

10

【0044】

また、下部電極層 15、圧電体層 16 に用いるエッチング方法としては、ドライエッチング法とウェットエッチング法のいずれかの方法、あるいはこれらを組み合わせた方法などを用いることができる。

【0045】

一例として、ドライエッチング法であればフルオロカーボン系のエッチングガス、あるいは  $\text{SF}_6$  ガスなどを用いることができる。

【0046】

その他、圧電体層 16 を、弗酸、硝酸、酢酸および過酸化水素の混合溶液を用いウェットエッチングしてパターンニングし、その後、さらに、ドライエッチングによって下部電極層 15 をエッチングしてパターンニングする方法がある。

20

【0047】

次に、 $\text{XeF}_2$  ガスを用いてシリコン基板 13 を等方的にドライエッチングすることによって不必要なシリコン部分を除去してパターンニングすれば、図 1 に示したような形状の光学反射素子を形成することができる。

【0048】

なお、シリコン基板 13 をより高精度にエッチングする場合は、シリコンの異方性を利用したドライエッチングが好ましい。この場合は、エッチングを促進する  $\text{SF}_6$  ガスとエッチングを抑制する  $\text{C}_4\text{F}_8$  ガスの混合ガスを用いるか、あるいはこれらのガスを交互に切り替えることにより、より直線的にエッチングできる。

30

【0049】

以上のような製造方法によって、小型で、高精度な光学反射素子を一括して効率よく作製することができる。

【0050】

以上のような製造プロセスによって、例えばミラー部 1 の大きさが  $1.0\text{mm} \times 1.0\text{mm}$ 、枠体 6 の大きさが  $7.2\text{mm} \times 3.8\text{mm}$ 、第一のアーム 8、第二のアーム 9 幅がそれぞれ  $7.00\text{mm}$  の光学反射素子を形成することができる。

【0051】

本実施の形態では、ミラー部 1、第一の支持部 2、音叉形圧電振動子 4、第二の支持部 5、枠体 6 の基材を、同一基材（図 2 のシリコン基板 13）から一体形成とすることによって、安定した振動特性と、生産性に優れた光学反射素子を実現することができる。

40

【0052】

また本実施の形態における光学反射素子は、シリコンウエハーなどの基材の上に薄膜プロセス、フォトリソ技術などの半導体プロセスを応用することによって高精度に、一括して作製することができ、光学反射素子の小型化、高精度化および生産効率に優れた光学反射素子を実現することができる。

【0053】

なお、ミラー部 1 は基材の表面を鏡面研磨することによっても形成できるが、光の反射特性に優れた金やアルミニウムの金属薄膜をミラー膜として形成することもできる。本実

50

施の形態では、上部電極層 17 として金を用いた為、この金の膜をそのままミラー膜として用いることができ、生産効率も高まる。

【0054】

本実施の形態の効果を以下に説明する。

【0055】

本実施の形態では、光学反射素子を小型化することができる。

【0056】

それは、図 1 に示すような音叉形圧電振動子 4 を用いることにより、それぞれの第一のアーム 8、第二のアーム 9 の撓み振動を利用して、ミラー部 1 を反復回転振動することができるからである。

10

【0057】

したがって、配置面積の大きい磁石等を用いることなく、ミラー部 1 を励振することができ、素子の小型化に寄与する。

【0058】

また駆動源を音叉形にすることにより、アームの先端が自由端となるため、小型であってもミラー部 1 の振れ角度を効率よく大きくできる。

【0059】

また振動源を、高 Q 値を有する音叉形とすることにより、小さなエネルギーで大きな振動エネルギーを得ることが出来、素子の小型化にも寄与する。

【0060】

20

さらに本実施の形態では、連結部 7 の端部 11 の内側の辺と、第一のアーム 8、第二のアームの内側の辺との成す角  $\theta_1$  を鈍角にしたことによって、ミラー部 1 の振幅角を大きくすることができる。

【0061】

すなわち、本実施の形態における光学反射素子のミラー部 1 の振幅角と振動周波数を図 4 の実施例 3 に示す。これにより分かるように、本実施の形態における光学反射素子は、連結部の端部 11 から第一のアーム 8、第二のアーム 9 が垂直に折り曲げられた ( $\theta_1 = 90$  度) 比較例 1 と比べて、高い周波数で駆動しているにもかかわらず、大きな振幅が得られる。なお、一般に共振駆動では入力エネルギーを機械的な変位に変換する効率が同じであれば周波数が高周波化するほど変位量は減少する。本実施の形態と比較例 1 の結果では前記の関係は成立しておらず、このことは本実施の形態での素子が高いエネルギー変換効率が有することを意味している。

30

【0062】

またさらに詳細に検討すると、図 4、図 5 に示すように、ミラーの外形が  $7.2 \text{ mm} \times 3.8 \text{ mm}$ 、第一のアーム 8、第二のアーム 9 のアーム幅が  $7.00 \text{ mm}$  の光学反射素子において、連結部 7 の端部 11 の内側を斜めに形成した実施例 1 ~ 3、実施例 5、7 は、第一のアーム 8、第二のアーム 9 が連結部 7 から直角に折れ曲がっている図 4 の比較例 1、2 と比べて、ミラー部 1 の振幅が非常に大きくなる。

【0063】

その理由は、本実施の形態では、振動エネルギーの伝播効率が低いからと考えられる。すなわち、連結部 7 の端部 11 と第一のアーム 8 および第二のアーム 9 との成す角  $\theta_1$  をそれぞれ鈍角とすることによって、アームは連結部 7 へと自然に繋がることになる。したがって、第一のアーム 8、第二のアーム 9 の振動エネルギーは、効率よく音叉形圧電振動子 4 の振動中心 3 へと伝搬され、第一の支持部 2 およびミラー部 1 とで構成される捻じれ振動子の回転角が大きくなり、結果としてミラー部 1 の振幅角を大きくすることができる。

40

【0064】

また本実施の形態では、連結部 7 の折り曲げ角  $\theta_3$  も鈍角にしているため、連結部 7 の端部 11 から振動中心 3 までのエネルギーの伝搬効率も向上し、結果としてミラー部 1 の振幅角を大きくすることができる。

50

## 【0065】

さらに本実施の形態では、この角度 $\theta_1$ や $\theta_3$ を調整することによって、音叉形圧電振動子4の共振器長を調整することができる。ここで、音叉形圧電振動子4の共振周波数は、第一のアーム8、第二のアーム9の伸長によっても調整することができるが、例えば第一のアーム8、第二のアーム9を短くすると、発生するエネルギーは大幅に減少する傾向にある。これに対し、前述のように角度 $\theta_1$ 、 $\theta_3$ を変えても、発生するエネルギーに与える影響は少ない。したがって本実施の形態では、高いエネルギー効率を保ちつつ、音叉形圧電振動子4の共振周波数を調整することができる。

## 【0066】

なお、第一のアーム8、第二のアーム9と連結部7との内側の成す角 $\theta_1$ や連結部7の折り曲げ角 $\theta_3$ の角度は、90度より大きく180度未満で適宜調整が可能であるが、角度が大きすぎても小さすぎても前記のエネルギーの伝播効率向上効果および音叉型圧電振動子の共振器長調整効果が低くなる。図4、図5の実施例1～3、実施例5、7で示した光学反射素子の解析の結果では $\theta_1$ の角度は135～150度程度、 $\theta_3$ の角度は120～135度程度が適当であった。

## 【0067】

また連結部7の端部11は、その外側も斜めに形成することによって、ミラー部1の振幅角をより大きくすることができる。

## 【0068】

すなわち連結部7の外側の辺と第一のアーム8、第二のアームの外側の辺との成す角もそれぞれ鈍角にすることによって、第一のアーム8、第二のアーム9と連結部7の幅を均一化できる。なお、エネルギー伝播経路の途中でアーム幅が広がるとエネルギーが拡散するため、伝播効率が劣化する。伝播経路でのアーム幅を均一化することで前記エネルギー拡散を低減することが可能となる。

## 【0069】

ここで、図4の実施例1と図5の実施例5とを比較しても分かるように、実施例5のように角部の外側も斜めに形成されている光学反射素子は、実施例1の連結部7から第一のアーム8、第二のアーム9が直角に折れ曲がっている光学反射素子と比べて、高い周波数で駆動しているにもかかわらず、同等以上の振幅を得ることが出来る。したがって、実施例5は、実施例1と比較して、更に効率よくミラー部1を駆動させることが出来る。

## 【0070】

なお、連結部7の付け根部分12の幅は、連結部7の端部11（第一のアーム8、第二のアーム9との結合部位）の幅と同じか、これよりやや太くすることが好ましい。ここで分析により、図4の実施例1と図5の実施例7との比較や、図4の実施例4と図5の実施例6との比較から、連結部7の付け根部分12を細くすると、周波数が低くなるにもかかわらず、振幅角が得られず、振動エネルギーの伝搬効率が低下する傾向が分かっている。

## 【0071】

さらに連結部7の付け根部分12は第一の支持部2に対して垂直とすることによって、ミラー部1の振幅角をより大きくすることができる。

## 【0072】

すなわち図1に示すように、連結部7の振動中心3近傍（付け根部分12）を一直線に形成すると、第一のアーム8からの振動エネルギーと、第二のアーム9からの振動エネルギーとを、効率よく振動中心3に集中させることができると考えられる。

## 【0073】

なお、音叉形圧電振動子4は図4の実施例4、図5の実施例6に示すように、U字形でもよい。この場合、連結部7は、内側の辺が振動中心3側から第一のアーム8、第二のアーム9に向って外方に湾曲して広がる曲線で形成される。これにより連結部7と第一のアーム8、第二のアーム9とはなだらかに繋がることから、振動エネルギーの伝搬効率を高め、ミラー部1の振幅角を大きくすることができる。また外側の辺も同様に、振動中心3側から第一、第二のアーム8、9に向って外方に湾曲して広がる曲線で形成することによ

10

20

30

40

50



って、連結部 7 の幅が均一化し、振動エネルギーの伝搬効率をより向上させることができる。

【 0 0 7 4 】

なお、図 4 の実施例 3 と図 5 の実施例 5 とを比較しても分かるように、連結部 7 の付け根部分 1 2 が第一の支持部 2 に対して垂直である実施例 3 の光学反射素子は、連結部 7 が第一の支持部 2 に対して斜めに結合されている実施例 5 の光学反射素子と比べて、ミラー部 1 の振幅角がより大きくなっている。この結果からも、連結部 7 は、第一の支持部 2 と連結する領域において、この第一の支持部 2 に直交するように形成することが好ましいことがわかる。

【 0 0 7 5 】

また実施の形態では、ミラー部 1 をその両側から一對の音叉形圧電振動子 4 で囲い、これらの音叉形圧電振動子 4 の外周を枠体 6 で囲う構成のため、各部材が小さな隙間を介して幾層が巻いたような構造となり、素子全体のデッドスペースを減らし、素子を小型化できる。

【 0 0 7 6 】

また本実施の形態では、ミラー部 1 の両側に、対称的に音叉形圧電振動子 4 を配置しているため、ミラー部 1 を安定して左右対称に励振させることができ、その中心が不動点となるため光を安定して走査することができる。

【 0 0 7 7 】

またミラー部 1 は、その両端が第一の支持部 2 で支持されている両持ち構造のため、ミラー部 1 の不要な共振を抑制し、さらに外乱振動による影響も低減できる。

【 0 0 7 8 】

なお、上記実施の形態では、第一のアーム 8 と第二のアーム 9 の双方に圧電素子（図 2 の 1 4）を形成したが、少なくともいずれか一方のみに圧電素子 1 4 を形成してもよい。これは音叉形振動子の特性を利用したものであり、どちらか一方のアームが振動すると、連結部 7 を介して他方のアームに運動エネルギーが伝播し、この他方のアームも励振させることができるからである。

【 0 0 7 9 】

また圧電素子 1 4 は、連結部 7 にまで延伸しなくてもよく、第一のアーム 8、第二のアーム 9 にのみ配置してもよい。

【 0 0 8 0 】

さらに本実施の形態では、圧電素子 1 4 は、第一のアーム 8、第二のアーム 9 のそれぞれ片面にのみ形成したが、両面に形成してもよい。

【 0 0 8 1 】

また、本実施の形態では、第一の支持部 2、第二の支持部 5 はいずれもミランダ形としたが、いずれか一方または両方直線状に形成してもよい。さらにそれぞれの断面形状を円状とすれば、捩れ振動の振動モードが安定し、不要共振も抑制することができ、外乱振動に影響されにくい光学反射素子を実現することができる。

【 0 0 8 2 】

さらに上記実施の形態では、音叉形圧電振動子 4 をミラー部 1 の両側にそれぞれ設けたが、図 6 に示すように、ミラー部 1 の片側にのみ設けてもよい。このような構成でも、ミラー部 1 を、回転軸 1 0 を中心に反復回転振動させることが出来る。また音叉形圧電振動子 4 を片側にのみ設けた場合は、光学反射素子をより小型化することができる。

【 0 0 8 3 】

（実施の形態 2）

本実施の形態と実施の形態 1 との主な違いは、実施の形態 1 に示すような光学反射素子の枠体 6（支持体）にさらに振動子を連結させ、二軸駆動の光学反射素子とした点である。

【 0 0 8 4 】

すなわち本実施の形態の光学反射素子は、図 7 に示すように、枠体 6 にそれぞれの一端

10

20

30

40

50

が連結された第三の支持部 2 4 と、この第三の支持部 2 4 の他端と連結されるとともに、枠体 6 を介して対向する一对の音叉形圧電振動子 4 A と、これらの音叉形圧電振動子 4 A の振動中心 3 A とそれぞれ一端が連結された第四の支持部 2 5 と、これらの第四の支持部 2 5 の他端と連結されるとともに、一对の音叉形圧電振動子 4 A の外周を囲う枠形状の支持部 2 6 とを備えている。

【 0 0 8 5 】

そして対となる音叉形圧電振動子 4 A は共通の回転軸 1 0 A を有し、この回転軸 1 0 A は、音叉形圧電振動子 4 の回転軸 1 0 とミラー部 1 の重心で直交する関係にある。また第三の支持部 2 4 と第四の支持部 2 5 の中心軸は、それぞれ同一線上にあり、回転軸 1 0 A と一致する。さらに一对の音叉形圧電振動子 4 A は、音叉形圧電振動子 4 の回転軸 1 0 に

10

【 0 0 8 6 】

さらに音叉形圧電振動子 4 A は、第三の支持部 2 4 の両側に、それぞれ回転軸 1 0 A と平行な第三のアーム 8 A と第四のアーム 9 A と、これらの第三のアーム 8 A と第四のアーム 9 A の端部と振動中心 3 A とをつなぐ連結部 7 A とを有している。

【 0 0 8 7 】

また本実施の形態では、第一の支持部 2、第二の支持部 5、第三の支持部 2 4、第四の支持部 2 5 はいずれも直線形であり、第一の支持部 2 と第二の支持部 5、第三の支持部 2 4 と第四の支持部 2 5 とはそれぞれ共振器長をほぼ同一にしている。

【 0 0 8 8 】

20

そして本実施の形態では、実施の形態 1 と同様に、音叉形圧電振動子 4 の連結部 7 の端部 1 1 における内側の辺と第一のアーム 8、第二のアーム 9 との成す角を鈍角にしている。

【 0 0 8 9 】

以下、本実施の形態における光学反射素子の動作について説明する。

【 0 0 9 0 】

音叉形圧電振動子 4 A は、第三のアーム 8 A と第四のアーム 9 A にそれぞれ圧電素子を配置し、これらの第三のアーム 8 A と第四のアーム 9 A とを逆位相駆動させることによって、その振動エネルギーが連結部 7 A へと伝搬し、音叉形圧電振動子 4 A は、その振動中心 3 A を通る回転軸 1 0 A を中心に、所定の周波数にて反復回転振動をする。

30

【 0 0 9 1 】

そしてこの反復回転振動の振動エネルギーが、連結部 7 A に接合された第三の支持部 2 4 に伝達され、第三の支持部 2 4 と枠体 6 とで構成される捩れ振動子が、その回転軸 1 0 A を中心に捩れ振動を起こし、枠体 6 の振幅に伴ってミラー部 1 も回転軸 1 0 A を中心に回転させることが出来る。このとき、音叉形圧電振動子 4 A の反復回転振動の方向と、第三の支持部 2 4 および枠体 6 で構成される捩れ振動子の反復回転振動の方向は位相が 1 8 0 度異なる反対方向に振動することとなる。

【 0 0 9 2 】

なお、音叉形圧電振動子 4 の動作については実施の形態 1 と同様であるため、説明を省略する。

40

【 0 0 9 3 】

このように本実施の形態では音叉形圧電振動子 4、4 A を組み合わせることにより、二つの直交する回転軸 1 0、1 0 A を中心にミラー部 1 を回転させることができる。したがって、このミラー部 1 に入射した光を二軸方向に走査することができ、例えば画像を投影するプロジェクタなどに用いることが出来る。

【 0 0 9 4 】

ここで、この時、一般的にミラー部 1 の水平方向の振動周波数を、垂直方向の振動周波数よりも高くし、周波数比を高めることによって、高精度な画像を投影することができる。

【 0 0 9 5 】

50

本実施の形態では、音叉形圧電振動子 4 の内側の角を斜めに構成したことにより、振動エネルギーの伝播効率が高まるため、この音叉形圧電振動子 4 を効率よく高周波数駆動させることができる。また内側の角を斜めにするることにより、音叉形圧電振動子 4 の共振器長を短く調整することができ、共振周波数を高くすることができる。したがって、水平方向の振動周波数を高くすることができ、二軸方向における周波数比が高まることから高精度な画像を投影することができる。

【0096】

なお、エネルギーの伝搬効率を高めるという観点においては、図 8 に示すように、音叉形圧電振動子 4 A も、連結部 7 A の内側の辺と第三のアーム 8 A、第四のアーム 9 A の内側との成す角をそれぞれ鈍角にし、角を斜めにすることも有用である。

10

【0097】

なおこの場合は、音叉形圧電振動子 4、4 A 及び枠体 6、支持体 2 6 それぞれの角の内側、外側を斜めにするることによって、角部材をはめ込むように配置することができるため、素子を小型化することができる。

【0098】

(実施の形態 3)

本実施の形態は、図 9 に示すように、実施の形態 1 に示すような光学反射素子の枠体 6 (支持体) にさらにミアンダ形圧電振動子 2 7 が連結された、二軸駆動の光学反射素子である。

【0099】

20

すなわち本実施の形態では、枠体 6 を介して対向する一対のミアンダ形圧電振動子 2 7 は、それぞれ一端が枠体 6 と連結され、他端がミアンダ形圧電振動子 2 7 および枠体 6 の外周を囲う枠形状の支持体 2 6 と連結されている。

【0100】

このミアンダ形圧電振動子 2 7 は、回転軸 1 0 にミラー部 1 の重心で直交する回転軸 1 0 B (中心軸) を有し、この回転軸 1 0 B に垂直な複数の振動板 2 8 が、同一平面上で折り返し連結されている。また一対のミアンダ形圧電振動子 2 7 は、音叉形圧電振動子 4 の回転軸 1 0 に対して線対称形である。

【0101】

本実施の形態におけるミアンダ形圧電振動子 2 7 は、たとえば各振動板 2 8 にそれぞれ圧電素子を配置し、隣接する振動板 2 8 上の圧電素子に逆位相の電気信号を印加することによって、それぞれの振動板 2 8 が交互に 180 度逆位相に撓み振動を起こす。このように振動板 2 8 が交互に逆位相に駆動すると、ミアンダ形圧電振動子 2 7 全体としては、回転軸 1 0 B を中心に振幅角が蓄積し、枠体 6 の変位を大きくすることができる。そしてこの枠体 6 の変位に伴って、ミラー部 1 も回転軸 1 0 B を中心に、大きく回動させることができる。

30

【0102】

本実施の形態では、実施の形態 1 と同様に、連結部 7 と第一のアーム 8、第二のアーム 9 とで構成される内側の角部を斜めに構成したことにより、音叉形圧電振動子 4 の振動効率を向上させることができる。

40

【0103】

また本実施の形態では、垂直方向に駆動させる振動子をミアンダ形とすることによって、共振器長を長くすることができ、その共振周波数を下げることができる。したがって、二軸駆動の光学反射素子における垂直方向と水平方向における振動周波数比を向上させることができ、この光学反射素子を用いて高精度な画像を投影することができる。

【産業上の利用可能性】

【0104】

本発明は、光学反射素子に関して小型化できるという効果を有し、特に電子写真方式の複写機、レーザープリンタ、光学スキャナ用途に有用である。

【図面の簡単な説明】

50

## 【 0 1 0 5 】

【図 1】本発明の実施の形態 1 における光学反射素子の平面図

【図 2】同光学反射素子の断面図（図 1 の X X 断面）

【図 3】同光学反射素子の動作状態を示す模式図

【図 4】本発明の一実施の形態における光学反射素子と比較例との振動効率を示す図

【図 5】本発明の一実施の形態における光学反射素子の振動効率を示す図

【図 6】本発明の実施の形態 1 における別の例の光学反射素子の平面図

【図 7】本発明の実施の形態 2 における光学反射素子の平面図

【図 8】本発明の実施の形態 2 における別の例の光学反射素子の平面図

【図 9】本発明の実施の形態 3 における光学反射素子の平面図

10

## 【符号の説明】

## 【 0 1 0 6 】

1 ミラー部

2 第一の支持部

3、3 A 振動中心

4、4 A 音叉形圧電振動子

5 第二の支持部

6 枠体（支持体）

7 連結部

7 A 連結部

20

8 第一のアーム

8 A 第三のアーム

9 第二のアーム

9 A 第四のアーム

10、10 A、10 B 回転軸

11 端部

12 付け根部分

13 シリコン基板

14 圧電素子

15 下部電極層

30

16 圧電体層

17 上部電極層

18 ~ 20 接続端子

21、22 矢印

23 矢印

24 第三の支持部

25 第四の支持部

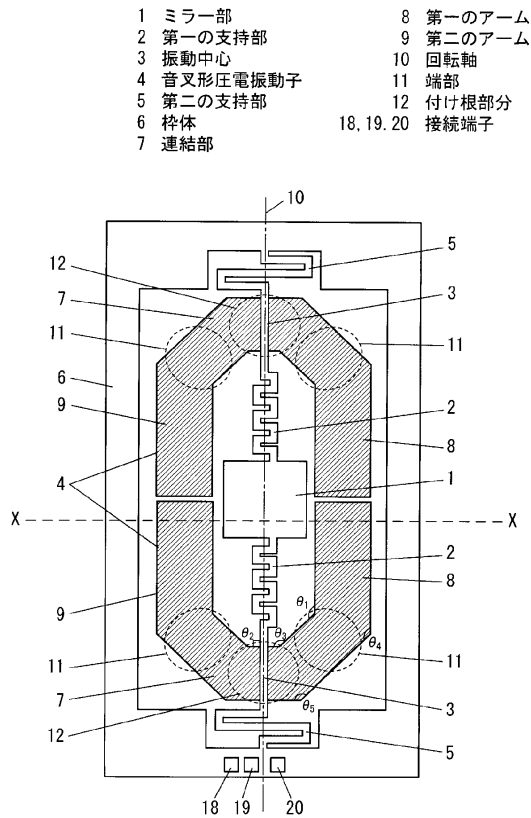
26 支持体

27 ミアンダ形圧電振動子

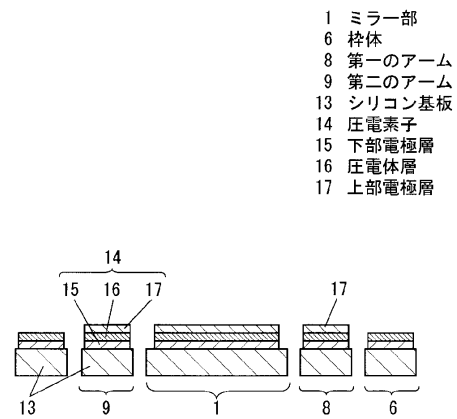
28 振動板

40

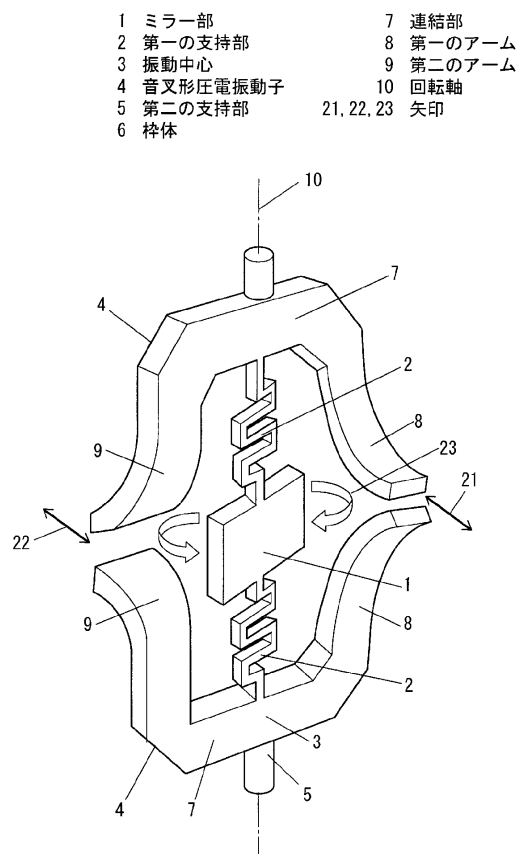
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

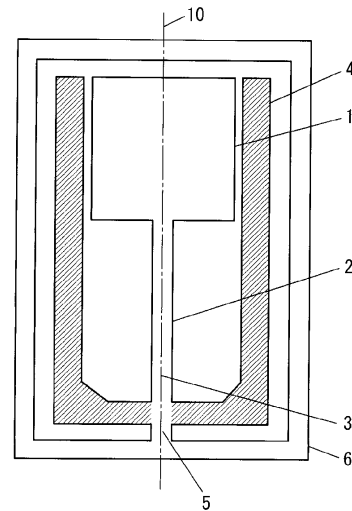
	比較例 1	比較例 2	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
外形寸法/mm×mm	7.2×3.8	7.2×3.8	7.2×3.8	7.2×3.8	7.2×3.8	7.2×3.8
アーム幅/mm	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
周波数/Hz	29221.2	30606.5	34670.1	35031.7	35516.2	34530.3
振動角/±°	1.18	1.07	1.58	2.16	2.07	2.16
θ <sub>1</sub> /θ <sub>3</sub>	90°/-	90°/-	135°/-	150°/120°	135°/135°	(円弧)
θ <sub>4</sub> /θ <sub>5</sub>	90°/-	135°/135°	90°/-	150°/120°	135°/135°	(円弧)
θ <sub>2</sub>	90°	90°	45°	90°	90°	90°

【図 5】

	実施例 5	実施例 6	実施例 7
素子			
外形寸法/mm×mm	7.2×3.8	7.2×3.8	7.2×3.8
アーム幅/mm	7.00	7.00	7.00
周波数/Hz	36257.2	25664.5	24645.4
振幅角/±°	1.67	2.34	1.51
$\theta_1/\theta_3$	135°/-	(円弧)	135°>/-
$\theta_4/\theta_5$	135°/135°	(円弧)	90°>/-
$\theta_2$	45°	90°	45°<

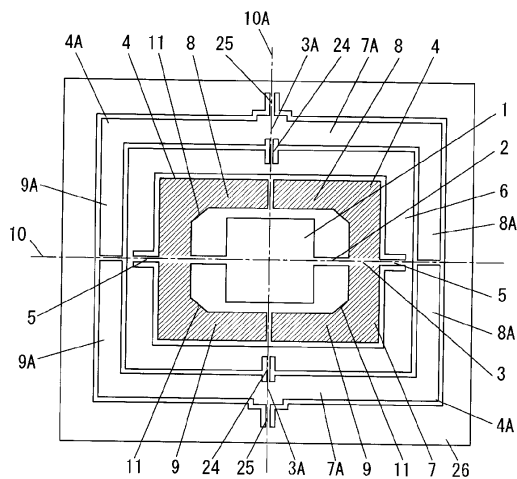
【図 6】

- 1 ミラー部
- 2 第一の支持部
- 3 振動中心
- 4 音叉形圧電振動子
- 5 第二の支持部
- 6 枠体
- 10 回転軸



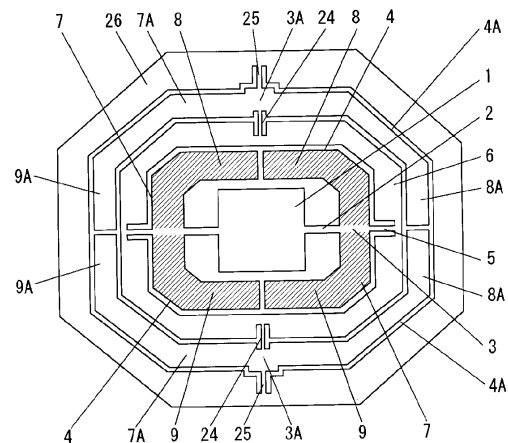
【図 7】

- 1 ミラー部
- 2 第一の支持部
- 3, 3A 振動中心
- 4, 4A 音叉形圧電振動子
- 5 第二の支持部
- 6 枠体
- 7, 7A 連結部
- 8 第一のアーム
- 8A 第三のアーム
- 9 第二のアーム
- 9A 第四のアーム
- 10, 10A 回転軸
- 11 端部
- 24 第三の支持部
- 25 第四の支持部
- 26 支持体



【図 8】

- 1 ミラー部
- 2 第一の支持部
- 3, 3A 振動中心
- 4, 4A 音叉形圧電振動子
- 5 第二の支持部
- 6 枠体
- 7, 7A 連結部
- 8 第一のアーム
- 8A 第三のアーム
- 9 第二のアーム
- 9A 第四のアーム
- 24 第三の支持部
- 25 第四の支持部
- 26 支持体





---

フロントページの続き

(72)発明者 寺田 二郎

大阪府門真市大字門真１００６番地 パナソニックエレクトロニックデバイス株式会社内

(72)発明者 中園 晋輔

大阪府門真市大字門真１００６番地 パナソニックエレクトロニックデバイス株式会社内

審査官 福島 浩司

(56)参考文献 特開２００８－１６４９５７（ＪＰ，Ａ）

特開２００５－２７５１９８（ＪＰ，Ａ）

国際公開第２００８／０４４４７０（ＷＯ，Ａ１）

特開２０００－０１９４４６（ＪＰ，Ａ）

特開昭６３－１１３５１７（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)

G 0 2 B 2 6 / 1 0

G 0 2 B 5 / 0 8

G 0 3 B 2 1 / 0 0

G 0 3 B 2 1 / 2 8