

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4092283号  
(P4092283)

(45) 発行日 平成20年5月28日(2008.5.28)

(24) 登録日 平成20年3月7日(2008.3.7)

(51) Int.Cl.	F I		
<b>G02B 26/10</b>	<b>(2006.01)</b>	G02B 26/10	104Z
<b>B41J 2/44</b>	<b>(2006.01)</b>	B41J 3/00	D
<b>B81B 3/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B81B 3/00	

請求項の数 7 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2003-386553 (P2003-386553)	(73) 特許権者	000002303 スタンレー電気株式会社 東京都目黒区中目黒2丁目9番13号
(22) 出願日	平成15年11月17日(2003.11.17)	(74) 代理人	100066061 弁理士 丹羽 宏之
(65) 公開番号	特開2005-148459 (P2005-148459A)	(74) 代理人	100094754 弁理士 野口 忠夫
(43) 公開日	平成17年6月9日(2005.6.9)	(72) 発明者	安田 喜昭 東京都目黒区中目黒2丁目9番13号 ス タンレー電気株式会社内
審査請求日	平成16年8月24日(2004.8.24)	(72) 発明者	谷 雅直 東京都目黒区中目黒2丁目9番13号 ス タンレー電気株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 2次元光スキャナ及び光学装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

空洞部を持つ支持体の内側に、反射面を有するミラー部と、前記ミラー部を囲み第1のトーションバーを介して該ミラー部を支持する内部可動枠を備えるとともに、前記第1のトーションバーと軸方向が直交する第2のトーションバーを介して前記内部可動枠を前記支持体に軸支し、かつ、一端が前記支持体に保持され他端が前記第2のトーションバーと平行に延びる先端駆動部を介して前記内部可動枠に接続された第2の圧電ユニモルフ振動板と、一端が前記内部可動枠に保持され他端が前記第1のトーションバーと平行に延びる先端駆動部を介して前記ミラー部に接続された第1の圧電ユニモルフ振動板とを備え、前記圧電ユニモルフ振動板は、第1及び第2のトーションバーを挟んで対称に配置した1対あるいは2対の振動板から構成され、各々の振動板に対して位相が統一されていない交流電圧を印加することによって前記内部可動枠及びミラー部に回転トルクを作用させることにより、前記第1及び第2のトーションバーを2軸としてミラー部を回動させて、該ミラー部の反射面に入射する光の反射光を2次元的に走査することを特徴とする2次元光スキャナ。

【請求項2】

空洞部を持つ支持体の内側に、反射面を有するミラー部と、前記ミラー部を囲み第1のトーションバーを介して該ミラー部を支持する内部可動枠を備えるとともに、前記第1のトーションバーと軸方向が直交する第2のトーションバーを介して前記内部可動枠を前記支持体に軸支し、かつ、一端が前記支持体に保持され他端が前記第2のトーションバーと

平行に延びる先端駆動部と前記第2のトーションバーに直交する方向に延びる動力板を介して前記第2のトーションバーに接続された第2の圧電ユニモルフ振動板と、一端が前記内部可動枠に保持され他端が前記第1のトーションバーと平行に延びる先端駆動部と前記第1のトーションバーに直交する方向に延びる動力板を介して前記第1のトーションバーに接続された第1の圧電ユニモルフ振動板とを備え、前記圧電ユニモルフ振動板は、第1及び第2のトーションバーを挟んで対称に配置した1対あるいは2対の振動板から構成され、各々の振動板に対して位相が統一されていない交流電圧を印加することによって前記内部可動枠及びミラー部に回転トルクを作用させることにより、前記第1及び第2のトーションバーを2軸としてミラー部を回動させて、該ミラー部の反射面に入射する光の反射光を2次的に走査することを特徴とする2次元光スキャナ。

10

【請求項3】

前記交流電圧は、互いに180°位相が異なる2つの交流電圧であることを特徴とする請求項1又は2に記載の2次元光スキャナ。

【請求項4】

前記支持体として半導体基板を用い、ミラー部、内部可動枠、トーションバーを含む機械的構成要素を該半導体基板のエッチング加工によって形成し、前記ミラー部上に金属反射膜を形成して反射面としたことを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載の2次元光スキャナ。

【請求項5】

前記圧電ユニモルフを構成する圧電素子は、支持体上に直接成膜された圧電膜であることを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の2次元光スキャナ。

20

【請求項6】

前記圧電膜は、アーク放電プラズマを利用した反応性イオンプレーティング法によって成膜された膜であることを特徴とする請求項5に記載の2次元光スキャナ。

【請求項7】

請求項1ないし6のいずれかに記載の2次元光スキャナを備えたことを特徴とする光学装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光センサやレーザ応用機器などの光走査に用いられる小型で高速に動作する2次的に光走査可能な2次元光スキャナに関し、特にマイクロマシニングプロセスで一体形成した圧電駆動マイクロ光スキャナに関するものである。

30

【背景技術】

【0002】

現在、レーザー光等の光ビームを偏向・走査する装置（光スキャナ）は、バーコードリーダー、レーザープリンタ等の光学機器に用いられている。従来、このような光スキャナとしては、多角柱ミラーをモータで回転させて反射光を走査するポリゴンミラーや、平面ミラーを電磁アクチュエータによって回転振動させるガルバノミラーなどがある。このようなモータや電磁アクチュエータで駆動するような機械的構造では、小型化や高速化には

40

【0003】

また、各部品を組上げるにはある程度のスペースが必要であり、光スキャナを用いた装置全体のサイズが大型化するという問題があった。さらに、2次的に光を走査させる場合、一般的にポリゴンミラー及びガルバノミラーを2つ組合せたものが用いられるが、正確な2次元光走査を行うためには、それぞれのミラーによる走査方向が互いに直交するように正確に位置決めをして配置する必要があり、光学調整が非常に煩雑であるという問題もあった。

【0004】

一方、半導体製造技術を応用してシリコンやガラスを微細加工するマイクロマシニング

50

技術を用いて、半導体基板上にミラーや弾性梁等の機構部品を一体形成したマイクロ光スキャナも開発されてきている（例えば、特許文献1、特許文献2参照。）。

【0005】

図8はこのような光スキャナの一例を示す斜視図である。シリコン基板102の上下に上側ガラス基板103と下側ガラス基板104とが陽極接合された構造になっており、両ガラス基板103、104の中央には方形状の凹部103A、104Aが例えば超音波加工によって形成され、可動ミラー部105Bの揺動空間を確保している。

【0006】

また、シリコン基板102には、枠状に形成されたフレーム105Aと、このフレーム105Aの内側に軸支されるミラー部105Bとからなる可動板105が形成されている。フレーム105Aは、トーションバー106Aによってシリコン基板102に弾性的に支持されている。ミラー部105Bは、上記トーションバー106Aと軸方向が直交する第2のトーションバー106Bによってフレーム105Aに弾性的に支持されている。これらのフレーム105A、ミラー部105B、及びトーションバー106A、106Bは、シリコン基板102のエッチングにより一体的に形成されている。

【0007】

フレーム105A上には絶縁膜を介して平面コイル107Aが形成されており、その両端はシリコン基板102の外枠上に設けた電極パッド109Aに電氣的に接続されている。同様に、ミラー部105B上にも平面コイル107Bが反射膜108を囲むように形成され、シリコン基板102の外枠上に設けた電極パッド109Bに接続されている。上側ガラス基板103と下側ガラス基板104には、2個ずつ対の永久磁石110A～113Aと110B～113Bが図示のように配置されている。

【0008】

すなわち、永久磁石110Aと111Aの対と、永久磁石110Bと111Bの対とによって、フレーム105Aを駆動するための磁界を発生させる。また、永久磁石112Aと113Aの対と、永久磁石112Bと113Bとの対とによって、フレームの内側のミラー部105Bを駆動するための磁界を発生させる。

【0009】

上記の構成で、平面コイル107Aに電流を流すと、先の永久磁石が発生する磁界と作用して、トーションバー106Aを支点としてフレーム105Aが電流方向に応じて回転する。その際、内側のミラー部105Bもフレーム105Aと一体に回転する。一方、平面コイル107Bに電流を流すと、トーションバー106Bを支点としてミラー部105Bのみが回転する。したがって、2つの平面コイル107A、107Bに同時に電流を流すことにより、ミラー部105Bを2次元的に回転させることができる。すなわち、レーザー光を2次元的に走査することができる。

【0010】

図9は上述の光スキャナの他の例を示す斜視図である。この光スキャナは、振動子202と圧電素子等の微小振動を発生する小型の駆動源206とから構成されている。振動子202は、曲げモード $\beta$ とねじれ変形モード $\tau$ の2つの弾性変形モードを有する弾性変形部203の一端に振動入力部204が設けられ、他端にミラー支持部208とミラー部207とからなるスキャン部205が設けられている。

【0011】

上記の構成では、振動源206からの振動によって、弾性変形部203が曲げ振動とねじれ振動を起こす。弾性変形部203は曲げとねじれのそれぞれに固有の共振振動モードを持っているので、これら2つの共振周波数と等しい周波数の振動を振動源206で発生させることにより、振動入力部204を通して弾性変形部203が上記共振周波数で共振し、スキャン部205を曲げ方向( $\beta$ )及びねじれ方向( $\tau$ )に回転する。これにより、ミラー部207に光を照射すると反射光が2次元的に走査される。

【特許文献1】特開平07-175005号公報

【特許文献2】特開平07-181414号公報

10

20

30

40

50

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0012】

しかしながら、上記のような従来の光スキャナにあっては、小型で2次元走査が可能であるが、それぞれ次のような問題点を抱えている。

## 【0013】

図8に示す光スキャナにおいては、光走査の振れ角を大きくしようとすると、上下のガラス基板103、104とミラー部105Bの距離を大きくする必要がある。その結果として、永久磁石110A、110B；111A、111B；112A、112B；113A、113B各々の間の距離が大きくなり、平面コイル107A、107Bにおける永久磁石の磁界が弱くなる。そのため、フレーム部105A及びミラー部105Bの駆動のためには平面コイル107A、107Bにより大きな電流を流す必要が生じ、偏向角が大きい省電力の光スキャナを構成することができない。また、原理的に永久磁石をミラー部の外側に配置しなければならないのと、ミラー部105Bの内側に平面コイル107Bを設けなければならないので、素子全体の外形寸法がどうしても大きくなる。

10

## 【0014】

図9に示す光スキャナにおいては、弾性変形部203の曲げモードとねじれモードを同時に励震させることによって2次元光走査を得ているが、曲げモードについてはトーションバー軸を中心とした回動ではないために、ミラー部207の中心が常に一定の位置を保持することができず、光走査の精度をあまり高くできない。また、共振周波数以外で駆動を行って光走査することができないため、走査周波数や走査波形が制限されてしまう。さらに、1本の弾性変形部203において曲げ振動とねじれ振動を担うために、機械的な応力が弾性変形部203に集中して破損しやすいという問題がある。また、振動子202と駆動源206とを接着して光スキャナを作製するので、マイクロマシニングプロセスで作製した素子に比べると外形寸法が大きくなる。

20

## 【0015】

本発明は、上記のような問題点に鑑みなされたもので、マイクロマシニングプロセスによって一体形成可能であるとともに、小型で2次元走査可能な光スキャナ及び該光スキャナを用いて構成した光学装置を提供することを目的としている。

## 【課題を解決するための手段】

30

## 【0016】

上記目的を達成するための手段として、本発明の光スキャナは、空洞部を持つ支持体の内側に、反射面を有するミラー部と、前記ミラー部を囲み第1のトーションバーを介して該ミラー部を支持する内部可動枠を備えるとともに、前記第1のトーションバーと軸方向が直交する第2のトーションバーを介して前記内部可動枠を前記支持体に軸支し、かつ、一端が前記支持体に保持され他端が前記第2のトーションバーと平行に延びる先端駆動部を介して前記内部可動枠に接続された第2の圧電ユニモルフ振動板と、一端が前記内部可動枠に保持され他端が前記第1のトーションバーと平行に延びる先端駆動部を介して前記ミラー部に接続された第1の圧電ユニモルフ振動板とを備え、前記圧電ユニモルフ振動板は、第1及び第2のトーションバーを挟んで対称に配置した1対あるいは2対の振動板から構成され、各々の振動板に対して位相が統一されていない交流電圧を印加することによって前記内部可動枠及びミラー部に回転トルクを作用させることにより、前記第1及び第2のトーションバーを2軸としてミラー部を回動させて、該ミラー部の反射面に入射する光の反射光を2次元的に走査することを特徴とするものである。

40

## 【0017】

また、本発明の光スキャナは、空洞部を持つ支持体の内側に、反射面を有するミラー部と、前記ミラー部を囲み第1のトーションバーを介して該ミラー部を支持する内部可動枠を備えるとともに、前記第1のトーションバーと軸方向が直交する第2のトーションバーを介して前記内部可動枠を前記支持体に軸支し、かつ、一端が前記支持体に保持され他端が前記第2のトーションバーと平行に延びる先端駆動部と前記第2のトーションバーに直

50

交する方向に延びる動力板を介して前記第2のトーションバーに接続された第2の圧電ユニモルフ振動板と、一端が前記内部可動枠に保持され他端が前記第1のトーションバーと平行に延びる先端駆動部と前記第1のトーションバーに直交する方向に延びる動力板を介して前記第1のトーションバーに接続された第1の圧電ユニモルフ振動板とを備え、前記圧電ユニモルフ振動板は、第1及び第2のトーションバーを挟んで対称に配置した1対あるいは2対の振動板から構成され、各々の振動板に対して位相が統一されていない交流電圧を印加することによって前記内部可動枠及びミラー部に回転トルクを作用させることにより、前記第1及び第2のトーションバーを2軸としてミラー部を回動させて、該ミラー部の反射面に入射する光の反射光を2次的に走査することを特徴とするものである。

【0018】

また、本発明の光学装置は、上記の光スキャナを備えるようにしたものである。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、マイクロマシニングプロセスによって一体形成可能であるとともに、小型で2次元走査可能な光スキャナ及び該光スキャナを用いて構成した光学装置を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。図1は本発明に係る2次元光スキャナ（光偏向器）の構成を示す平面図、図2及び図3はその側断面図であり、図2は図1におけるA-A線断面、図3は同図におけるB-B線断面を示している。

【0021】

シリコン基板から形成した空隙（空洞部）11を持つ支持基板（支持体）11の内側に、可動部分として枠状に形成した内部可動枠3と、内部可動枠3の内側に形成した方形のミラー部1が備えられており、ミラー部1は反射膜（反射面）2を有し、内部可動枠3に囲われている。また、ミラー部1は、その1対の辺の中心位置から外側へ延びた第1のトーションバー4a、4bを介して内部可動枠3に弾性的に支持されており、同時に、第1のトーションバー4a、4bを挟む形で4つの第1の先端駆動部5a、5b、5c、5dによって内部可動枠3に一端を支持された第1の振動板（圧電ユニモルフ振動板）6a、6b、6c、6dにも、やはり弾性的に支持されている。

【0022】

内部可動枠3は、第1のトーションバー4a、4bと直交する方向に、一对の対辺のそれぞれ中心位置において両側から第2のトーションバー12a、12bを介して、支持基板11に弾性的に支持されている。さらに、第2のトーションバー12a、12bを挟む形で4つの第2の先端駆動部13a、13b、13c、13dによって支持基板11に一端を支持された第2の振動板（圧電ユニモルフ振動板）14a、14b、14c、14dにも、やはり弾性的に支持されている。

【0023】

これらの、ミラー部1、内部可動枠3、第1のトーションバー4a、4b、第1の振動板6a、6b、6c、6d、第2のトーションバー12a、12b、第2の振動板14a、14b、14c、14d、第1の先端駆動部5a、5b、5c、5d及び第2の先端駆動部13a、13b、13c、13dは、シリコン基板のエッチング加工により一体的に形成されている。また、その加工の際に、ミラー部1及び内部可動枠3が所定の変位角で回動するのに支障のないような空隙11も同時に形成される。

【0024】

ミラー部1の上面には金（Au）やアルミニウム（Al）等の金属薄膜による反射膜2が形成されており、入射光の反射率を高めるようになっている。また、図2、図3に示すように、エッチング加工された上記の各構成要素は支持基板11の厚さに比べて薄くなっており、曲げ変形及び捻れ変形が容易にできる構造になっている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 5 】

第1の振動板6 a、6 b、6 c、6 dの上には、第1の下部電極7 a、7 b、7 c、7 dと、第1の圧電膜8 a、8 b、8 c、8 dと、第1の上部電極9 a、9 b、9 c、9 dとがそれぞれ積層されて、第1の圧電アクチュエータ10 a、10 b、10 c、10 dが形成されている。同様に、第2の振動板14 a、14 b、14 c、14 dの上にも、第2の下部電極15 a、15 b、15 c、15 dと、第2の圧電膜16 a、16 b、16 c、16 dと、第2の上部電極17 a、17 b、17 c、17 dとがそれぞれ積層されて、第2の圧電アクチュエータ18 a、18 b、18 c、18 dが形成されている。

## 【 0 0 2 6 】

そして、下部電極7 a、7 b、7 c、7 dと上部電極9 a、9 b、9 c、9 dとの間に所定の電圧を印加することにより、内部可動枠3と接続する端を支点として、上記圧電アクチュエータ10 a、10 b、10 c、10 dの変位により、第1の振動板6 a、6 b、6 c、6 dがユニモルフ的に基板厚み方向に変位する。このとき、先端駆動部5 a、5 b、5 c、5 dも振動板6 a、6 b、6 c、6 dと同じ方向に変位する。同様に、圧電アクチュエータ18 a、18 b、18 c、18 dの変位によって、第2の振動板14 a、14 b、14 c、14 dが支持基板11と接続する端を支点として、基板厚み方向に変位し、これに伴って先端駆動部13 a、13 b、13 c、13 dも同じ方向に変位する。

## 【 0 0 2 7 】

なお、第1の圧電アクチュエータ10 a、10 b、10 c、10 d及び第2の圧電アクチュエータ18 a、18 b、18 c、18 dは、シリコン基板のエッチング加工前に、CSD、MOCVD、スパッタ、アーク放電プラズマを利用した反応性イオンプレーティング等の手法で成膜し、ウェットもしくはドライエッチングによってパターン加工して形成する。

## 【 0 0 2 8 】

次に、上記構成の2次元光スキャナの動作について説明する。図4は図1におけるC-C線断面図であり、拡大して示している。

## 【 0 0 2 9 】

圧電アクチュエータ18 a、18 bに同位相、圧電アクチュエータ18 c、18 dに逆位相あるいは位相のずれた交流電圧（例えば正弦波）を印加して、第2の振動板14 a、14 b及び14 c、14 dを振動させる。各振動板の一端は支持基板11に固定・保持されているので、振動板は基板の厚み方向に上下に振動し、第2の先端駆動部も同様に振動する。ただし、先端駆動部13 a、13 bと13 c、13 dの振動には位相差がある。特に、上記印加電圧の位相が逆位相の場合には、先端駆動部13 a、13 bと13 c、13 dの振動方向は正反対になる。

## 【 0 0 3 0 】

すなわち、先端駆動部13 a、13 bが上の方向に動くとき、先端駆動部13 c、13 dは下の方向に動く。このとき、内部可動枠3には第2のトーションバー12 a、12 bを中心とした回転トルクが作用し、該トーションバー12 a、12 bを中心軸として傾く。そして、各先端駆動部が交流電圧に追従して基板上下方向の振動を繰り返すと、上記の原理で内部可動枠3にはシーソー的な回転トルクが作用し、内部可動枠3は所定変位角度まで回転振動を繰り返す。逆位相ではなく位相差がある振動の場合においても、上記と同様に内部可動枠3が回転振動する。図4では振動板14 b、14 d、先端駆動部13 b、13 dの動きに連れて内部可動枠3が傾く様子を示している。

## 【 0 0 3 1 】

上記と同様の原理で、第1の圧電アクチュエータに交流電圧を印加して第1の振動板を振動させることにより、第1のトーションバー4 a、4 bを中心軸としてミラー部1が所定角度まで回転振動する。第1及び第2の圧電アクチュエータに同時に交流電圧を印加することにより、内部可動枠3とミラー部1が直交する方向にそれぞれ回転振動するので、ミラー部1の反射面2に入射された光の反射光は2次元的に走査されることになる。

## 【 0 0 3 2 】

10

20

30

40

50

第1の圧電アクチュエータの駆動周波数がミラー部1、第1のトーションバー、第1の先端駆動部とを合わせた構造の機械的な共振周波数と一致もしくは近いときに、ミラー部1の回転振動は最大になり、最大変位角が得られる。また、振動板6の機械的な共振周波数を上記構造体の共振周波数と一致もしくは近くに設定すると、第1の圧電アクチュエータの駆動力が小さくても、ミラー部1の大きな回転角を得ることが可能である。もちろん、回転角は小さくなるものの、第1の圧電アクチュエータの駆動周波数で、ミラー部1を回転振動させることができるのは言うまでもない。

【0033】

同様に、第2の圧電アクチュエータの駆動周波数が、内部可動枠3、第2のトーションバー、第2の先端駆動部とを合わせた構造の機械的な共振周波数と一致もしくは近いときに、内部可動枠3の回転振動は最大になり、最大変位角が得られる。また、第2の振動板の共振周波数を上記構造体の共振周波数に一致もしくは近くに設定したときに、第2の圧電アクチュエータのエネルギー効率が最も高くなる。必ずしも共振を利用しなくても、第2の圧電アクチュエータの駆動周波数で内部可動枠3を回転振動させることができることも同様である。

10

【0034】

ここで、上記の本発明の2次元光スキャナは、ミラー部1と内部可動枠3とをそれぞれ独立した2系統の圧電アクチュエータで駆動するために、駆動周波数の制約がなく、また直交方向の2つの回転振動間の干渉の問題が生じにくい。また、シリコン基板から一体的に形成した構造体の上に圧電膜を直接成膜して圧電アクチュエータを形成するために、素子を小型化しやすく、かつ、シリコン基板を貼り合わせて積層構造にしなくてもよいという利点がある

20

【実施例】

【0035】

次に、本発明者は、実際に上述のような2次元光スキャナを作製し、評価実験を行った。以下、これを実施例1及び2として説明する。

【0036】

(実施例1)

実施例1では図1に示す光偏向器を作製した。作製方法を図5に示す。支持基板11として厚さ552 $\mu$ mの単結晶シリコン(トップ層)/酸化シリコン(中間酸化膜層)/単結晶シリコン(ベース層)の貼り合わせ基板(SOI基板)を用いた。各層の厚みはそれぞれ25 $\mu$ m/2 $\mu$ m/525 $\mu$ mであり、トップ層の表面には光学研磨処理を施している。

30

【0037】

まず、図5の(A)に示すように、上記SOI基板の表面に拡散炉を用いて厚さ500~1000nmの熱酸化シリコン膜を形成した。次に、図5の(B)に示すように、トップ層側(基板表面)にスパッタ法によってTi及びPtをそれぞれの厚みが50、150nmになるように順次成膜して、下部電極を形成した。そして、反応性アーク放電イオンプレーティング法(特開2001-234331、特開2002-177765、及び特開2003-81694号公報参照)によって圧電材料であるチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)の膜を厚み3 $\mu$ mで上記Ptの電極上に成膜して、圧電膜を形成した。その後、スパッタ法によってPtを厚み150nmで上記圧電膜上に成膜して、上部電極を形成した。

40

【0038】

次に、図5の(C)に示すように、基板表面にフォトリソ技術及びドライエッチング技術により、Ptの上部電極のパターニングを行い、上部電極9a、9b、9c、9d及び17a、17b、17c、17dを形成した。このとき同時に、上部電極9aと9bを1つにまとめる配線・電極パッド19aと、上部電極9cと9dを1つにまとめる配線・電極パッド19bの形成も行った。

【0039】

50

同様に、P Z Tの圧電膜もパターンニングを行い、圧電膜 8 a、8 b、8 c、8 d及び16 a、16 b、16 c、16 dを形成した。さらに、T i / P tの下部電極もパターンニングを行い、下部電極 7 a、7 b、7 c、7 d及び15 a、15 b、15 c、15 dを形成して、圧電アクチュエータ10 a、10 b、10 c、10 d及び18 a、18 b、18 c、18 dを作製した。このとき同時に、下部電極 7 aと7 bを1つにまとめる配線・電極パッド20 aと、上部電極 7 cと7 dを1つにまとめる配線・電極パッド20 bの形成も行った。

【0040】

その後、図5の(D)に示すように、A lあるいはA uをスパッタ成膜し、フォトリソ技術とドライエッチング技術を用いて、ミラー部1の上に反射膜2のパターンニングを行った。

10

【0041】

次に、図5の(E)に示すように、基板表面全体を厚膜レジストで保護しておき、裏側の上記ベース層表面の熱酸化膜をバッファードフッ酸(B H F)で除去した後、A lをスパッタ成膜してフォトリソ技術及びウェットエッチング技術によりパターンニングし、I C P - R I Eのハードマスクを形成した。その後、図5の(F)に示すように、基板表面の保護レジストを剥離し、再度フォトリソを行ってレジストパターンをマスクにして、I C P - R I E装置にてトップ層の熱酸化膜と単結晶シリコンをドライエッチングによって除去加工し、ミラー部1、内部可動枠3、第1のトーションバー、第1の振動板、第2のトーションバー、第2の振動板、第1及び第2の先端駆動部を残して、最終的には支持基板11の空隙11となる溝を形成した。

20

【0042】

その後、図5の(G)に示すように、I C P - R I E装置によって裏側からベース層の単結晶シリコンをドライエッチング加工し、支持基板11の空隙11になる深溝を形成した。最後に、図5の(H)に示すように、中間酸化膜層をB H Fを用いて除去し、支持基板11の空隙11を形成して、図1の2次元光スキャナを完成させた。

【0043】

次に、圧電アクチュエータ18 a、18 bに同位相の電圧10 V p p、500 H zの正弦波バイアスを印加し、圧電アクチュエータ18 c、18 dに上記位相と逆位相の同じく電圧10 V p p、500 H zの正弦波バイアスを印加して、内部可動枠3の回転振動を試みた。He - Neレーザー光をミラー部1上の反射膜2に入射させ、その反射光を所定の距離で配置したスクリーン上で観察することにより、ミラー部1と一体である内部可動枠3の回転振動の回転角を測定したところ、 $\pm 10^\circ$ の回転角が得られた。

30

【0044】

このとき、偏向された光走査を経時的に観察したところ、安定した直線性の良い光走査を確認できた。また、圧電アクチュエータ10 a、10 bに同位相の電圧10 V p p、30 k H zの正弦波バイアスを印加し、圧電アクチュエータ10 c、10 dに上記位相と逆位相の同じく電圧10 V p p、30 k H zの正弦波バイアスを印加して、ミラー部1の回転振動を試みたところ、 $\pm 8^\circ$ の回転角が測定された。

【0045】

この場合にも、安定した直線性の良い光走査を確認できた。ミラー部1によって偏向された光走査の方向は、上記内部可動枠3の回転によって偏向された光走査の方向とは直交していた。その後、2系統の第1及び第2の圧電アクチュエータに上記の正弦波バイアスをそれぞれ印加することにより、2次元的な光走査を観測した。

40

【0046】

直交する2つの方向における回転角は、内部可動枠3及びミラー部1をそれぞれ単独で回転させたときに観測された回転角と同一であった。

【0047】

このように、本実施例の2次元光スキャナでは、2系統の圧電アクチュエータの駆動周波数をミラー部1及び内部可動枠3の機械的共振周波数にそれぞれ合わせることで、低電

50



圧駆動でも大きな回転角を得られることを確認できた。また、圧電ユニモルフ振動板からの回転トルクの作用点と回転軸とが分離された構造であるため、トーションバーを中心軸とした回転運動のみが励振されて、安定した光走査を行えることを確認できた。

【0048】

(実施例2)

実施例2では図6に示す光偏向器を作製した。作製方法については実施例1に示すものと基本的に同じであるが、素子構造が若干異なる。実施例1では圧電ユニモルフ振動板による回転トルクを4つの先端駆動部を介してミラー部1及び内部可動枠3に伝達しているが、本実施例では図6に示すように、第1及び第2の先端駆動部がそれぞれミラー部1及び内部可動枠3には接続されず、回転トルクを与えるための第1の動力板21a、21b及び第2の動力板22a、22bにそれぞれ保持されている。

10

【0049】

すなわち、図6の先端駆動部5a、5cが動力板21aに連結し、第1のトーションバー4aがこの動力板21aを介して内部可動枠3に支持されている。同様に、先端駆動部5b、5dが動力板21bに連結し、第1のトーションバー4bがこの動力板21bを介して内部可動枠3に支持されている。内部可動枠3の支持方法も上記と同様であり、先端駆動部13a、13cが動力板22aに連結し、第2のトーションバー12aがこの動力板22aを介して支持基板11に支持されており、先端駆動部13b、13dが動力板22bに連結し、第2のトーションバー12bがこの動力板22bを介して支持基板11に支持されている。その他の構成は実施例1と同様である。

20

【0050】

そして、実施例1と同様に、圧電アクチュエータ18a、18bに同位相の電圧10Vpp、300Hzの正弦波バイアスを印加し、圧電アクチュエータ18c、18dに上記位相と逆位相の同じく電圧10Vpp、300Hzの正弦波バイアスを印加して、内部可動枠3の回転振動を試みたところ、安定した直線性の良い光走査を確認できた。

【0051】

実施例1と同様に内部可動枠3の回転角を測定したところ、 $\pm 12^\circ$ と実施例1よりも大きな回転角が得られた。これは動力板22a、22bに作用する回転トルクが直接第2のトーションバー12a、12bの捩じり変形に変換されるためにエネルギー効率が向上したためと、実施例1における先端駆動部13a、13b、13c、13dは回転トルクを作用させるためには効果的であるが、内部可動枠3の回転振動に対しては変位角を抑制する抵抗成分として作用するのに対して、実施例2では回転軸である第2のトーションバー12a、12b以外にミラー部1と連結している個所がないために、上記抵抗成分が減少したためである。ただし、機械的には実施例1の2次元光スキャナよりも柔らかい構造になったために、内部可動枠3の機械的共振周波数は500Hzから300Hzに低下した。

30

【0052】

また、圧電アクチュエータ10a、10bに同位相の電圧10Vpp、20kHzの正弦波バイアスを印加し、圧電アクチュエータ10c、10dに上記位相と逆位相の同じく電圧10Vpp、20kHzの正弦波バイアスを印加して、ミラー部1の回転振動を試みたところ、 $\pm 10^\circ$ と、やはり実施例1よりも大きな回転角が得られた。この場合にも、上記内部可動枠3の回転による光走査方向と直交する方向に、安定した直線性の良い光走査を確認できた。その後、実施例1と同様に2系統の第1及び第2の圧電アクチュエータに上記の正弦波バイアスをそれぞれ印加することにより、2次元的な光走査を確認した。

40

【0053】

このように、実施例2においても、直交する2つの方向における回転角は、内部可動枠3及びミラー部1をそれぞれ単独で回転させたときに観測された回転角と同一であった。また実施例2の2次元光スキャナにおいても、実施例1と同様に2系統の圧電アクチュエータの駆動周波数をミラー部1及び内部可動枠3の機械的共振周波数にそれぞれ合わせることで、低電圧駆動でも大きな回転角を得られることを確認できた。

50

## 【 0 0 5 4 】

( 実施例 3 )

次に、図 1 及び図 6 に示す 2 次元光スキャナ ( 光偏向器 ) を備えた光学機器 ( 装置 ) への応用について説明する。図 7 は光学機器として画像表示装置の場合を例として示す図である。

## 【 0 0 5 5 】

同図中、31 は図 1 あるいは図 6 に示す 2 次元光スキャナであり、1 つの素子で水平・垂直方向に入射光をラスタースキャンすることができる。レーザー光源 32 から入射したレーザー光は、光走査のタイミングと関係した所定の強度変調を受けて、集光レンズあるいはレンズ群 33 を通過してから 2 次元光スキャナ 31 によって 2 次的に走査する。走査されたレーザー光は、投影レンズあるいはレンズ群 34 を通して投影面 35 上に画像を形成する。

10

## 【 0 0 5 6 】

この光学機器では、従来のようにポリゴンミラーやガルバノミラーを直交 2 軸で使用する場合と異なり、直交方向の光軸合わせをする必要がないので、非常に容易にラスタースキャンを行うことができる。

## 【 0 0 5 7 】

以上、本発明の実施例について説明したが、本発明ではマイクロマシニングプロセスによって一体形成可能であるとともに、小型で 2 次元走査可能な光スキャナ及び該光スキャナを用いて構成した光学装置を実現することができる。

20

## 【 0 0 5 8 】

すなわち、次のような効果を得ることができる。

- ( 1 ) 支持基板、圧電素子、弾性体及びミラー基板を一体形成可能 ( 接合・接着が不要 ) である。
- ( 2 ) 圧電振動の影響によるミラーの並進運動を抑制可能である。
- ( 3 ) 圧電素子として支持体に直接成膜した圧電膜を使用するため、Si ウェハ単位での一括加工が可能である。
- ( 4 ) 従来素子よりも小型化、薄型化、軽量化できる。
- ( 5 ) 直交する 2 軸間の光軸調整が不要である。
- ( 6 ) 直交する 2 軸間の干渉がなく、各々独立に制御可能である。
- ( 7 ) 素子の小型化により、従来よりも高速動作が可能である。
- ( 8 ) 圧電膜アクチュエータの発生力が大きいために、両軸とも大きな偏向角が得られる。
- ( 9 ) 圧電膜アクチュエータによる直接駆動のため、非共振モードでも動作が可能である。

30

## 【 0 0 5 9 】

また、本発明は、レーザー光等の光ビームを偏向・走査する装置全般、電子写真式複写機、レーザービームプリンタ、バーコードリーダー、レーザー光をスキヤニングして映像を投影する表示装置、ヘッドアップディスプレイ ( 自動車 & 民生機器用 )、携帯機器用ラスタースキャンディスプレイ、測距センサ、形状測定センサ、光空間通信ユニットなどに広く適用することができる。

40

## 【 産業上の利用可能性 】

## 【 0 0 6 0 】

本発明は、電子写真方式の複写機やレーザープリンタの感光体への画像形成用の光走査装置、バーコードリーダーの光走査装置、あるいは 3 次元測距センサ等にも応用が可能である。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 6 1 】

【 図 1 】 本発明に係る 2 次元光スキャナの構成を示す平面図

【 図 2 】 図 1 の 2 次元光スキャナの側断面図

50

【図3】図1の2次元光スキャナの側断面図

【図4】図1のC - C 線断面図

【図5】実施例1の作製方法を示す説明図

【図6】実施例2の構成を示す平面図

【図7】実施例3の構成を示す説明図

【図8】従来例を示す斜視図

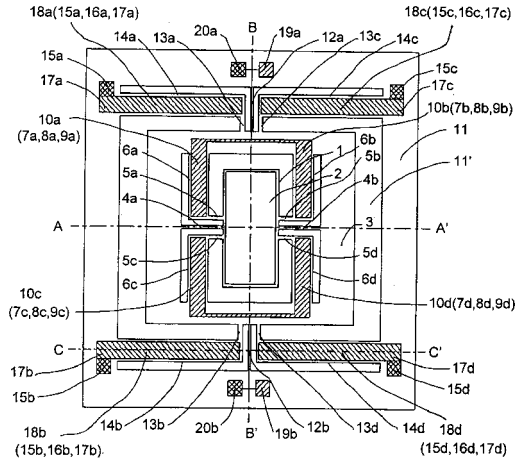
【図9】他の従来例を示す斜視図

【符号の説明】

【0062】

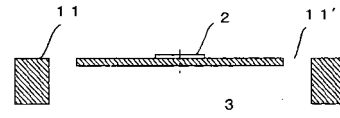
1	ミラー部	10
2	反射膜（反射面）	
3	内部可動枠	
4 a、4 b	第1のトーションバー	
5 a、5 b、5 c、5 d	第1の先端駆動部	
6 a、6 b、6 c、6 d	第1の振動板（圧電ユニモルフ振動板）	
7 a、7 b、7 c、7 d	第1の下部電極	
8 a、8 b、8 c、8 d	第1の圧電膜	
9 a、9 b、9 c、9 d	第1の上部電極	
10 a、10 b、10 c、10 d	第1の圧電アクチュエータ	
11	支持基板（支持体）	20
11	空隙（空洞部）	
12 a、12 b	第2のトーションバー	
13 a、13 b、13 c、13 d	第2の先端駆動部	
14 a、14 b、14 c、14 d	第2の振動板（圧電ユニモルフ振動板）	
15 a、15 b、15 c、15 d	第2の下部電極	
16 a、16 b、16 c、16 d	第2の圧電膜	
17 a、17 b、17 c、17 d	第2の上部電極	
18 a、18 b、18 c、18 d	第2の圧電アクチュエータ	
31	2次元光スキャナ	
32	レーザー光源	30
33	レンズ群	
34	レンズ群	
35	投影面	

【図1】

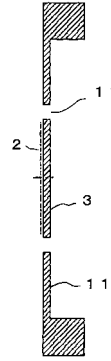


- 1: ミラー部
- 2: 反射膜
- 3: 内部可動枠
- 4 a, 4 b: 第1のトーションバー
- 6 a, 6 b, 6 c, 6 d: 第1の振動板
- 11: 支持基板
- 11': 空隙
- 12 a, 12 b: 第2のトーションバー
- 14 a, 14 b, 14 c, 14 d: 第2の振動板

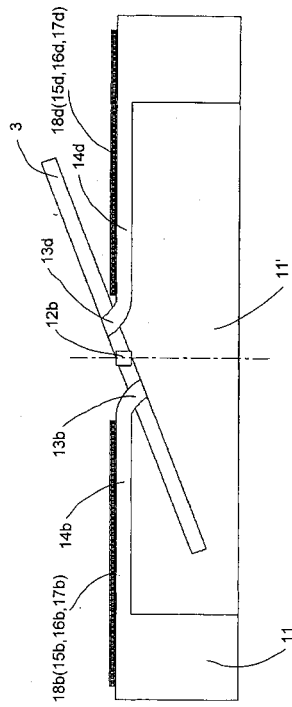
【図2】



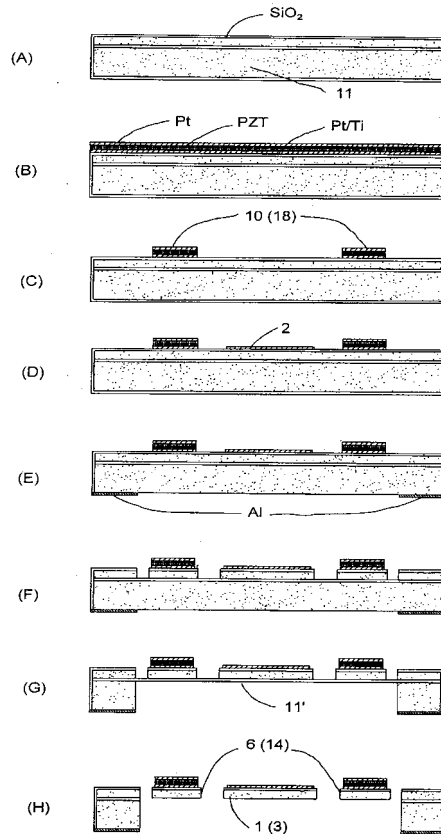
【図3】



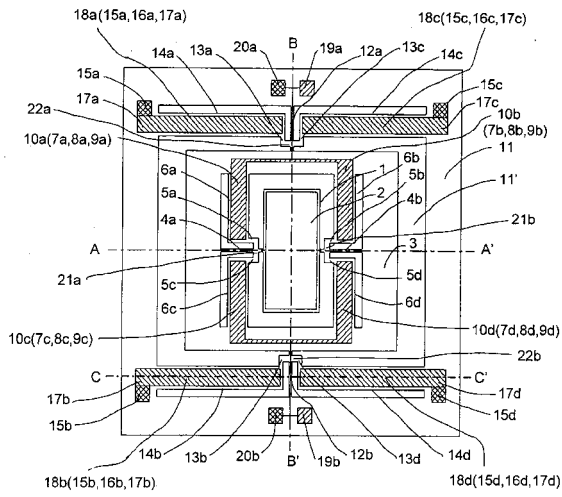
【図4】



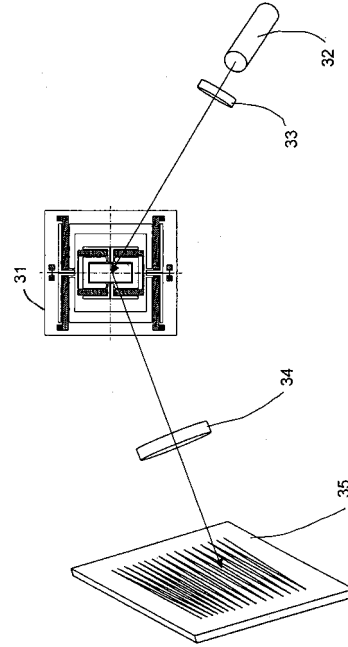
【図5】



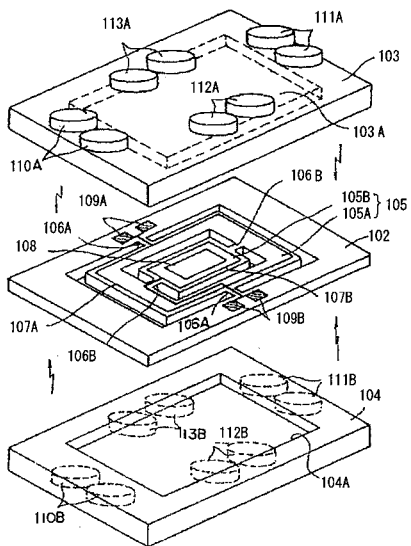
【図6】



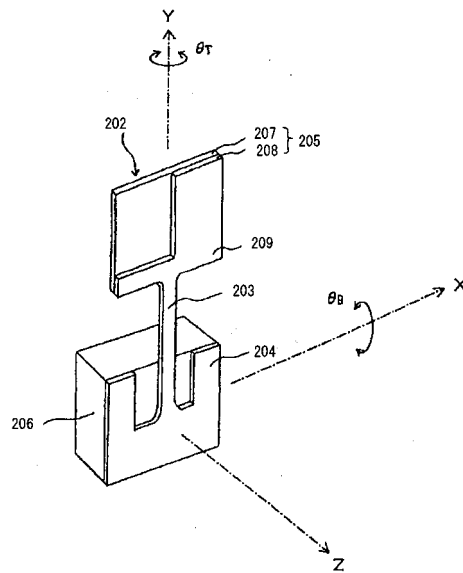
【図7】



【図8】



【図9】



---

フロントページの続き

(72)発明者 赤松 雅洋  
東京都目黒区中目黒2丁目9番13号 スタンレー電気株式会社内

審査官 早川 貴之

(56)参考文献 特開2002-287075(JP,A)  
国際公開第03/062899(WO,A1)  
特開2003-270555(JP,A)  
特開2003-167211(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G02B 26/10  
B41J 2/44  
B81B 3/00