

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ベース部材と、

ミラー部と、前記ミラー部を両側から揺動可能に支持するとともに下部電極として機能する可動部と、前記可動部を支持するとともに前記ベース部材に取り付けられる取り付け部とが一体的に形成された金属からなる基板と、

前記基板の前記可動部上に設けられるとともに、周期的な電圧が印加されることにより前記ミラー部を振動させる圧電膜と、

前記圧電膜上に設けられた上部電極とを備えた、振動ミラー素子。

【請求項 2】

前記基板は、チタンまたはチタン合金により形成されている、請求項 1 に記載の振動ミラー素子。

【請求項 3】

前記取り付け部は、前記可動部および前記ミラー部を取り囲むように枠状に形成されている、請求項 1 または 2 に記載の振動ミラー素子。

【請求項 4】

前記可動部は、前記ミラー部に一方端が接続される一对の回動軸部と、前記一对の回動軸部の他方端にそれぞれ接続され、前記一对の回動軸部に対して略直交するように延びるとともに、2つの前記圧電膜が所定の間隔を隔てて一直線状にそれぞれ配置される一对の変形部とを含む、請求項 3 に記載の振動ミラー素子。

【請求項 5】

前記金属からなる基板の前記取り付け部は、前記ベース部材に半田接合により取り付けられている、請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の振動ミラー素子。

【請求項 6】

前記基板は、正膨張係数を有する金属材料により形成され、

前記ベース部材は、負膨張係数材料により形成されている、請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の振動ミラー素子。

【請求項 7】

前記圧電膜は鉛、チタンおよびジルコニウムを主成分とする酸化物により形成され、

前記金属からなる基板と前記圧電膜との間には、ペロブスカイト構造を有するとともにジルコニウムを含まない材料からなる中間層が形成されている、請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の振動ミラー素子。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

この発明は、振動ミラー素子に関し、特に、圧電膜を用いて振動する可動部を備える振動ミラー素子に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来、圧電膜を用いて振動する可動部を備える振動ミラー素子が知られている（たとえば、特許文献 1 ～ 4 参照）。

【0003】

上記特許文献 1 には、ミラーが設けられたミラー部と、圧電素子を取り付けられる振動入力部と、ミラー部と振動入力部との間に設けられた弾性変形部とが一体的に形成された金属製のプレートと、振動入力部に取り付けられる圧電素子とを備える光スキャナが開示されている。この光スキャナは、圧電素子から共振周波数と等しい振動をプレートに入力することにより、弾性変形部が振動してミラーが設けられたミラー部を振動させるように構成されている。上記特許文献 1 による光スキャナでは、ミラー部を弾性変形部および振動入力部により片持ち梁状に支持するとともに、この片持ち梁の先端部に相当するミラー部を振動させることにより、ミラーからの反射光を走査させるように構成されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 4 】

上記特許文献 2 には、基板と、圧電膜を上部電極および下部電極により挟み込んだ平板形状の圧電素子と、圧電素子の表面上に形成されたミラー層と、基板上に設けられるとともに圧電素子の一方の端部を下方から支持する支持部とを備えるミラー素子が開示されている。このミラー素子の基板上に形成された支持部の内部には、接続端子が形成されている。そして、圧電素子の下部電極と接続端子とは、支持部の内部に形成されたコンジット（導管）を介して電氣的に接続されている。なお、上記特許文献 2 には、ミラー素子の基板の材料については記載されていない。

【 0 0 0 5 】

また、上記特許文献 3 には、中央に配置されるミラー部およびミラー部の両端を揺動可能に支持するねじり梁を一体的に形成したシリコン基板と、シリコン基板が取り付けられる台座と、ミラー部を揺動させるための 4 つの圧電素子とを備えた振動素子が開示されている。この振動素子のねじり梁は、一方端でミラー部の端部を支持するとともに、他方端は長手方向に二股に分かれてシリコン基板の枠部と連結している。このねじり梁の二股状の部分（他方端近傍）に圧電素子がそれぞれ配置されている。上記特許文献 3 による振動素子では、ミラー部の両端を支持する一对のねじり梁の二股に分岐した他方端近傍のそれぞれに合計 4 つの圧電素子が設けられ、これらの圧電素子への通電切替によってミラー部を揺動させるように構成されている。また、この圧電素子は、圧電層を上部電極および下部電極により挟み込んだ構造を有している。

【 0 0 0 6 】

また、上記特許文献 4 には、金電極およびチタン電極が上下面にそれぞれ形成された圧電基板と、圧電基板の保持部分を有するシリコン基板とを備えた片持ち梁形状の圧電素子が開示されている。この圧電素子では、圧電基板の下面側に溝が形成されている。圧電基板の下面側に形成された金電極およびチタン電極は、圧電基板の溝内に引き出し部分が形成されることによって、圧電素子の外部まで引き出されるように構成されている。

【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】特開平 7 - 1 8 1 4 1 4 号公報

【特許文献 2】特許第 3 5 6 1 5 4 4 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 7 - 2 7 1 7 8 8 号公報

【特許文献 4】特開平 1 0 - 2 4 2 7 9 5 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

しかしながら、上記特許文献 1 に記載の光スキャナでは、ミラー部を片持ち梁状に支持して振動させる構造のため、片持ち梁の端部に相当するミラー部を支持する弾性変形部に応力が集中することにより疲労破壊が生じ易いので、長期駆動時の信頼性が低いという問題点がある。

【 0 0 0 9 】

また、上記特許文献 2 に記載のミラー素子では、圧電膜を挟み込む下部電極を電氣的に接続させるために、圧電素子を支持する支持部の内部に接続端子およびコンジットを形成する必要がある。このため、下部電極と外部との電氣的接続を行うための構造が複雑になるという問題点がある。

【 0 0 1 0 】

また、上記特許文献 3 に記載の振動素子では、シリコン基板の一部であるねじり梁のそれぞれの他方端に圧電素子を配置しているため、それぞれの圧電素子の上部電極だけでなく、下部電極を電氣的に接続するための配線パターンなどを形成する必要がある。このため、下部電極と外部との電氣的接続を行うための構造が複雑になるという問題点がある。

【 0 0 1 1 】

また、上記特許文献 4 に記載の圧電素子では、圧電基板に下面側の電極を引き出すための溝を形成するとともに、金電極およびチタン電極の引き出し部分を圧電基板の溝の内部

10

20

30

40

50

に形成しなければならない。このため、下面側の電極と外部との電氣的接続を行うための構造が複雑になるという問題点がある。

【 0 0 1 2 】

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、この発明の1つの目的は、長期駆動時の信頼性を向上させるとともに、下部電極と外部との電氣的接続が容易な振動ミラー素子を提供することである。

【課題を解決するための手段および発明の効果】

【 0 0 1 3 】

この発明の一の局面による振動ミラー素子は、ベース部材と、ミラー部と、ミラー部を両側から揺動可能に支持するとともに下部電極として機能する可動部と、可動部を支持するとともにベース部材に取り付けられる取り付け部とが一体的に形成された金属からなる基板と、基板の可動部上に設けられるとともに、周期的な電圧が印加されることによりミラー部を振動させる圧電膜と、圧電膜上に設けられた上部電極とを備える。

10

【 0 0 1 4 】

この一の局面による振動ミラー素子では、上記のように、金属からなる基板に、ミラー部と、ミラー部を両側から揺動可能に支持する可動部とを一体的に形成することによって、片持ち梁構造と異なり、両側からミラー部を支持することができるので、可動部への応力集中を緩和することができる。また、基板にたとえばチタンなどの金属を用いることによって、脆性材料であるシリコン基板などを用いる場合と比較して、基板自体の強度を向上させることができる。これにより、長期駆動時の信頼性および衝撃に対する強度を向上させることができる。また、基板の可動部を、可動部上に設けられた圧電膜の下部電極として機能するように構成することによって、基板の任意の部分に対して電極配線を接続すればよいので、外部との電氣的接続を容易にすることができる。

20

【 0 0 1 5 】

上記一の局面による振動ミラー素子において、好ましくは、基板は、チタンまたはチタン合金により形成されている。このように構成すれば、強度、耐衝撃性および疲労強度に優れるとともに、電極材料としても利用可能なチタンまたはチタン合金により基板を形成することができるので、振動ミラー素子の信頼性および強度を向上させることができる。

【 0 0 1 6 】

上記一の局面による振動ミラー素子において、好ましくは、取り付け部は、可動部およびミラー部を取り囲むように枠状に形成されている。このように構成すれば、圧電膜の下部電極として機能する基板の可動部と一体的に形成される取り付け部が枠状に形成されるので、枠状の取り付け部に対してどの方向からでも配線を接続することができる。これにより、外部との電氣的接続をより容易に行うことができる。

30

【 0 0 1 7 】

この場合において、好ましくは、可動部は、ミラー部に一方端が接続される一对の回動軸部と、一对の回動軸部の他方端にそれぞれ接続され、一对の回動軸部に対して略直交するように延びるとともに、2つの圧電膜が所定の間隔を隔てて一直線状にそれぞれ配置される一对の変形部とを含む。このように構成すれば、一直線状に2つの圧電膜が配置されるので、2つの圧電膜に互いに位相の異なる電圧を印加することにより、圧電膜が配置された変形部に沿って互いに方向の異なるたわみ変形を生じさせることができる。これにより、そのたわみ変形を容易に回動軸部の回動に変換することができる。

40

【 0 0 1 8 】

上記一の局面による振動ミラー素子において、好ましくは、金属からなる基板の取り付け部は、ベース部材に半田接合により取り付けられている。このように構成すれば、基板をベース部材に半田接合によって取り付けただけで下部電極とベース部とを電氣的に接続することができる。これにより、ベース部に対して電氣的接続を行えば、外部との電氣的接続をより容易に行うことができる。

【 0 0 1 9 】

上記一の局面による振動素子において、好ましくは、基板は、正膨張係数を有する金属

50

材料により形成され、ベース部材は、負膨張係数材料により形成されている。このように構成すれば、駆動時に熱膨張によって基板の内部応力状態が変化して共振周波数が変動してしまう場合に、基板が取り付けられた負膨張係数材料からなるベース部材が収縮変形を起こすことにより、正膨張係数を有する基板の熱膨張による内部応力状態の変化を打ち消すことができるので、温度変化に対して振動ミラー素子の共振周波数が変動するのを抑制することができる。

【0020】

この場合において、好ましくは、圧電膜は鉛、チタンおよびジルコニウムを主成分とする酸化物により形成され、金属からなる基板と圧電膜との間には、ペロブスカイト構造を有するとともにジルコニウムを含まない材料からなる中間層が形成されている。このように構成すれば、下部電極として機能する基板と圧電膜との間に中間層が形成されることにより、下部電極上に直接鉛(Pb)、チタン(Ti)およびジルコニウム(Zr)を主成分とする酸化物を成膜する場合にジルコニウムが酸化物となり、成膜した表面に析出して結晶の成長を阻害するのを抑制することができる。これにより、欠陥の少ない圧電膜(鉛、チタンおよびジルコニウムを主成分とする酸化物)を成膜することができるので、圧電膜の特性が低下するのを抑制することができる。なお、鉛、チタンおよびジルコニウムを主成分とする酸化物の例としては、チタン酸ジルコン酸鉛($Pb(Zr, Ti)O_3$: PZT)などが挙げられる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下、本発明を具体化した実施形態を図面に基づいて説明する。

【0022】

図1は、本発明の一実施形態による振動素子の全体構成を示した斜視図である。また、図2～図4は、図1に示した本発明の一実施形態による振動ミラー素子の詳細な構成を示した図である。まず、図1～図4を参照して、本発明の一実施形態による振動ミラー素子100の構成について説明する。

【0023】

本発明の一実施形態による振動ミラー素子100は、図1に示すように、ベース部材10と、基板20と、基板20上に配置された4つの圧電素子30a～30dとから構成されている。

【0024】

振動ミラー素子100のベース部材10は、図2に示すように、中央部に開口部11が形成された枠状形状を有する。また、図3に示すように、ベース部材10は、平面的に見て四角形状を有する。このベース部材10は、基板20の後述する取り付け部23が所定の取り付け領域(図2の一点鎖線の内側領域)に取り付けられることによって、基板20を固定する役割を果たす。ベース部材10の開口部11は、平面的に見て四角形状を有するとともに、ベース部材10の上面に配置される基板20の後述するミラー部21および可動部22が配置される領域と対応する領域に形成されている。すなわち、基板20のミラー部21および可動部22が、ベース部材10の開口部11上に配置されるように構成されている。

【0025】

また、図2に示すように、ベース部材10の表面には、接合部13の1つと電氣的に接続された接続端子部12が形成されている。接合部13は、平面的に見て、基板20の取り付け部23と重なる領域(図2の一点鎖線の内側領域)に4箇所形成されている。基板20は、取り付け部23がそれぞれの接合部13に半田接合によって取り付けられることにより、ベース部材10に固定されるように構成されている。

【0026】

また、本実施形態では、ベース部材10は、負膨張係数材料により形成されている。ここで、負膨張係数材料とは、熱膨張係数が負の値を有する材料をいい、たとえばタンゲステン酸ジルコニウム(ZrW_2O_2)や、シリコン酸化物($Li_2-Al_2O_3-nSi$

10

20

30

40

50

O₂)などの複合酸化物である。なお、ここに例示した負膨張係数材料は、それぞれ絶縁性を有する。これらの負膨張係数材料により形成されたベース部材10は、絶縁性を有するとともに、温度上昇に伴って収縮するように構成されている。これにより、ベース部材10は、正の膨張係数を有する材料からなる基板20が取り付けられた場合に、駆動時の温度上昇による基板20の熱膨張を収縮変形により打ち消すことができるように構成されている。

【0027】

振動ミラー素子100の基板20は、図3に示すように、ミラー部21と、ミラー部21をX方向の両側から揺動可能に支持するH形状の可動部22と、取り付け部23とから構成されている。また、基板20において、取り付け部23の内側のミラー部21および可動部22が形成されていない領域には、開口部26a~26dが設けられている。

10

【0028】

また、本実施形態では、基板20は、正の膨張係数を有するチタン(Ti)により形成されている。また、基板20は、可動部22上に配置された圧電素子30a~30dを構成する圧電膜32(図4参照)の下部電極として機能するように構成されている。これにより、圧電素子30a~30dの下部電極への配線処理を、基板20の任意の部分に対して行うことができるように構成されている。

【0029】

本実施形態では、基板20は、棒状の取り付け部23がベース部材10に形成された接合部13と半田接合により取り付けられることによって、ベース部材10に形成された接合部13と電気的に接続されるように構成されている。これにより、基板20をベース部材10に取り付けるだけで圧電素子30a~30dの下部電極との配線処理を行うことが可能なように構成されている。なお、図1に示すように、この基板20は、接合部13を介して接地されるように構成されている。なお、基板20の表面には、圧電素子30a~30dの特性向上およびミラー部21の反射性向上のために、後述する白金(Pt)層34(図4参照)が全面に成膜されている。

20

【0030】

基板20のミラー部21は、平面的に見て、円形の平板形状を有している。図3に示すように、このミラー部21は、中心を通るX方向の軸線上の両端部を可動部22の後述する回動軸部24aおよび24bによって揺動可能に支持されている。圧電素子30a~30dに周期的な電圧が印加されることによって可動部22が振動すると、ミラー部21は、この可動部22の振動によって回動軸部24aおよび24bを回動軸として共振振動を行うように構成されている。この際、ミラー部21にレーザー光などを照射すると、ミラー部21の回動角度に応じて反射光の反射角度も変化する。これにより、振動ミラー素子100は、ミラー部21に照射されたレーザー光などの反射光を走査させる機能を有する。

30

【0031】

また、本実施形態では、基板20の可動部22は、平面的に見て、ミラー部21を中心としたH形状を有する。すなわち、可動部22は、ミラー部21に一方端が接続される一对の回動軸部24aおよび24bと、一对の回動軸部24aおよび24bの他方端にそれぞれ接続され、一对の回動軸部24aおよび24bに対して略直行するようにY方向に延びる一对の変形部25aおよび25bとを含んでいる。また、Y方向に延びる一对の変形部25aおよび25bの両端は、棒状の取り付け部23のY方向に対向する辺にそれぞれ接続されている。したがって、可動部22の一对の変形部25aおよび25bは、それぞれY方向の両端を棒状の取り付け部23によって支持されている。また、可動部22の中央に配置されるミラー部21は、揺動軸方向(X方向)の両端から回動軸部24aおよび24bによって支持されている。

40

【0032】

また、可動部22の変形部25aおよび25bのそれぞれには、後述する圧電膜32を含む2つの圧電素子30a~30dが所定の間隔を隔てて一直線状にそれぞれ配置されている。具体的には、可動部22の変形部25aには、回動軸部24aの形成された中央部

50

を挟んで長手方向（Ｙ方向）の両側に、それぞれ変形部２５ａの延びる方向（Ｙ方向）に沿って一直線状に板状の圧電素子３０ａおよび３０ｃが配置されている。同様に、変形部２５ｂにも、回動軸部２４ｂの形成された中央部を挟んで長手方向（Ｙ方向）の両側に、それぞれ変形部２５ｂの延びる方向（Ｙ方向）に沿って一直線状に板状の圧電素子３０ｂおよび３０ｄが配置されている。したがって、可動部２２には、一対の変形部２５ａおよび２５ｂに合計４つの圧電素子３０ａ～３０ｄが配置されている。ここで、圧電素子３０ａ～３０ｄは、電圧印加によってＹ方向に伸縮するように構成されている。そして、変形部２５ａおよび２５ｂは、圧電素子３０ａ～３０ｄの伸縮によって、それぞれの圧電素子３０ａ～３０ｄの形成された領域を凸形状（伸張時）または凹形状（収縮時）に湾曲させる。これにより、変形部２５ａおよび２５ｂの湾曲により回動軸部２４ａおよび２４ｂの形成された中央部を所定の角度に傾けることによって、回動軸部２４ａおよび２４ｂに支持されたミラー部２１を揺動させるように構成されている。

【００３３】

また、基板２０の取り付け部２３は、ミラー部２１および可動部２２の形成される領域を取り囲むように、枠状に形成されている。このように、取り付け部２３を枠状に形成することにより、基板２０全体の剛性を高めて取り扱いを容易にするとともに、圧電素子３０ａ～３０ｄの下部電極として機能する基板２０の電氣的接続を容易にすることが可能のように構成されている。この取り付け部２３は、図２に示すように、内周部がベース部材１０の開口部１１と略同じ形状を有するように形成されている。そして、図２に示すように、枠状に形成された取り付け部２３の下面の全面が、ベース部材１０の上面の所定の取り付け領域（図２の一点鎖線の内側領域）と当接するように構成されている。

【００３４】

また、図３に示すように、基板２０が取り付け部２３でベース部材１０に取り付けられた状態で、取り付け部２３の内側のミラー部２１および可動部２２が形成されている領域の下方にはベース部材１０の開口部１１が配置されるように構成されている。これにより、駆動時に、ミラー部２１および可動部２２とベース部材１０が干渉することなく、振動ミラー素子１００を駆動させることができるように構成されている。

【００３５】

また、図４に示すように、変形部２５ａに形成された圧電素子３０ａおよび３０ｃのそれぞれは、基板２０の表面に形成された白金層３４上に中間層３１、圧電膜３２および上部電極３３から構成されている。これらの圧電素子３０ａ～３０ｄは、ＰＺＴからなる圧電膜３２が膜厚方向（Ｚ方向）に分極されることによって、上部電極３３と、下部電極である基板２０および白金層３４とによって電圧を印加されると、Ｙ方向に伸縮するように構成されている。なお、ＰＺＴは、本発明の「鉛、チタンおよびジルコニウムを主成分とする酸化物」の一例である。また、圧電素子３０ａ～３０ｄはそれぞれ、同一構造および同一形状を有する。以下、圧電素子３０ａを例にとって説明する。

【００３６】

ここで、本実施形態では、圧電素子３０ａの中間層３１は、ジルコニウム（Ｚｒ）を含まないペロブスカイト構造の結晶構造を有する材料から形成されている。この中間層３１には、たとえばチタン酸鉛ランタン（ $(\text{Pb}, \text{La})\text{TiO}_3 (= \text{PLT})$ ）、チタン酸鉛（ PbTiO_3 ）、チタン酸ストロンチウム（ SrTiO_3 ）およびルテニウム酸ストロンチウム（ SrRuO_3 ）などを用いることができる。この中間層３１を白金層３４とＰＺＴからなる圧電膜３２との間に形成することによって、白金層３４と圧電膜３２との界面においてジルコニウムが酸化物となって析出し、ＰＺＴからなる圧電膜３２の結晶の成長を阻害するのを抑制するように構成されている。この中間層３１は、数十ｎｍ以上約１００ｎｍ以下の厚みを有するように構成されている。

【００３７】

また、本実施形態では、中間層３１の上面には、ＰＺＴからなる圧電膜３２が形成されている。この圧電膜３２は、 $2\mu\text{m} \sim 3\mu\text{m}$ 程度の厚みを有するように構成されている。そして、圧電膜３２の上面には、上部電極３３が成膜されている。この上部電極３３は、

たとえば、クロム (Cr)、白金 (Pt)、アルミニウム (Al) および金 (Au) などからなる。また、この上部電極 33 の膜厚は、約 100 nm 以上約 500 nm 以下となるように構成されている。

【0038】

また、白金層 34 は、基板 20 の表面上に全面に渡って形成されている。したがって、この白金層は 34、基板 20 の圧電素子 30 a ~ 30 d の形成される領域以外の部分にも形成されている。白金層 34 は、ミラー部 21 の表面において、ミラー表面の反射特性を向上させる機能を有する。一方、圧電素子 30 a ~ 30 d の形成される領域においては、基板 20 とともに圧電膜 32 の下部電極として機能する。すなわち、圧電素子 30 a ~ 30 d のそれぞれは、白金層 34 および基板 20 からなる共通の下部電極を有するように構成されている。また、白金層 34 の膜厚は、上部電極 33 と同様に約 100 nm 以上約 500 nm 以下となるように構成されている。

10

【0039】

以上のように、圧電素子 30 a は、中間層 31 上に成膜された圧電膜 32 を上部電極 33 および下部電極である基板 20 および白金層 34 により挟み込んだ積層構造を有する。

【0040】

図 5 ~ 7 は、図 1 に示した一実施形態による振動ミラー素子の駆動方法を説明するための図である。次に、図 1 および図 5 ~ 図 7 を参照して、本発明の一実施形態による振動ミラー素子 100 の駆動動作を説明する。

【0041】

20

まず、図 5 に示すように、圧電素子 30 a ~ 30 d のそれぞれの上部電極 33 は、外部電源と接続され (図 1 参照)、振動ミラー素子 100 の共振周波数と略等しい周波数の正弦波状の電圧を印加される。ここで、図 1 に示すように、4 つの圧電素子 30 a ~ 30 d のうち、Y1 方向側に配置される圧電素子 30 a および 30 b は、それぞれ同位相の電圧 (図 5 参照) が印加される。そして、Y2 方向側に配置される圧電素子 30 c および 30 d に対しては、Y1 方向側に配置される圧電素子 30 a および 30 b とは逆位相の電圧 (図 5 参照) が印加されるように構成されている。また、基板 20 は、4 つの圧電素子 30 a ~ 30 d に共通の下部電極として機能し、接地されている。このため、圧電素子 30 a ~ 30 d の伸縮による変形部 25 a および 25 b の変形は、X 方向から見て一致する。

【0042】

30

ここで、図 5 に示すように、変形部 25 a に配置される圧電素子 30 a および 30 c に、互いに逆位相の入力電圧が印加されたとする。このとき、図 6 に示すように、Y1 方向側の圧電素子 30 a に負の電圧が印加されると、圧電素子 30 a は Y 方向に縮んで変形部 25 a の圧電素子 30 a が形成された部分を凹形状に撓ませる。一方、Y2 方向側の圧電素子 30 c には逆位相の正の電圧が印加されて、圧電素子 30 c が Y 方向に伸びるように変位する。これにより、変形部 25 a の圧電素子 30 c が形成された部分は、圧電素子 30 c の伸張によって凸形状に撓む。ここで、変形部 25 b も同様に変形するので、変形部 25 a および 25 b は、中央部から Y1 方向側が相対的に低く (Z2 方向側) なり、Y2 方向側が相対的に高く (Z1 方向側) なるように変形する。これにより、変形部 25 a および 25 b の中央部に形成された回動軸部 24 a および 24 b は、Q1 方向に傾くこととなるので、回動軸部 24 a および 24 b に支持されたミラー部 21 が Q1 方向へ回動する。

40

【0043】

逆に、図 7 に示すように、Y1 方向側の圧電素子 30 a に正の電圧が印加され、Y2 方向側の圧電素子 30 c に負の電圧が印加される場合には、変形部 25 a の圧電素子 30 a が形成された部分が、圧電素子 30 a の伸張によって凸形状に撓むとともに、変形部 25 a の圧電素子 30 c が形成された部分が圧電素子 30 c の収縮により凹形状に撓む。ここで、変形部 25 b も同様に変形するので、変形部 25 a および 25 b は、中央部から Y1 方向側が相対的に高く (Z1 方向側) なり、Y2 方向側が相対的に低く (Z2 方向側) なるように変形する。これにより、変形部 25 a および 25 b の中央部に形成された回動軸

50

部 2 4 a および 2 4 b は、Q 2 方向に傾くこととなるので、回動軸部 2 4 a および 2 4 b に支持されたミラー部 2 1 が Q 2 方向へ回動する。

【 0 0 4 4 】

上記のように、回動軸部 2 4 a および 2 4 b の形成される変形部 2 5 a および 2 5 b の中央部を挟んで Y 1 方向側の圧電素子 3 0 a および 3 0 b と、Y 2 方向側の圧電素子 3 0 c および 3 0 d とに互いに逆位相の入力電圧を、振動ミラー素子 1 0 0 の共振周波数と略等しい周波数で印加することにより、ミラー部 2 1 が所定の角度で揺動を繰り返す共振振動を行う。

【 0 0 4 5 】

図 8 ~ 図 1 2 は、図 1 に示した一実施形態による振動ミラー素子の製造プロセスを説明するための図である。次に、図 2、図 3 および図 8 ~ 図 1 2 を参照して、本発明の一実施形態による振動ミラー素子 1 0 0 の製造プロセスについて説明する。

10

【 0 0 4 6 】

まず、図 8 に示すように、チタン薄板を基板 2 0 の形状にエッチングすることにより、基板 2 0 を形成する。ここで、チタン薄板の厚みは、約 5 μm 以上約 1 0 0 μm 以下とすることができる。このエッチングにより、図 3 に示すように、ミラー部 2 1 と、回動軸部 2 4 a、2 4 b および変形部 2 5 a、2 5 b を有する可動部 2 2 と、取り付け部 2 3 とが一体的に形成された基板 2 0 が得られる。

【 0 0 4 7 】

次に、図 9 に示すように、基板 2 0 上の全面に、スパッタリングや蒸着などの方法により白金層 3 4 を成膜する。

20

【 0 0 4 8 】

次に、圧電素子 3 0 a ~ 3 0 d を形成する。まず、図 1 0 に示すように、変形部 2 5 a および 2 5 b の所定の領域に中間層 3 1 を成膜する。この際、圧電素子 3 0 a ~ 3 0 d の形成領域をパターニングしたメタルマスクを用い、スパッタリングにより中間層 3 1 を形成する。

【 0 0 4 9 】

次に、図 1 1 に示すように、中間層 3 1 上に、P Z T からなる圧電膜 3 2 を成膜する。圧電膜 3 2 は、中間層 3 1 と同様に、圧電素子 3 0 a ~ 3 0 d の形成領域をパターニングしたメタルマスクを用い、スパッタリングにより形成される。

30

【 0 0 5 0 】

そして、図 1 2 に示すように、圧電膜 3 2 上に、上部電極 3 3 を成膜する。上部電極 3 3 も同様に、圧電素子 3 0 a ~ 3 0 d の形成領域をパターニングしたメタルマスクを用い、スパッタリングにより形成される。

【 0 0 5 1 】

以上により、基板 2 0 の変形部 2 5 a および 2 5 b 上の所定領域に圧電素子 3 0 a ~ 3 0 d が形成される。その後、図 2 に示すように、基板 2 0 の取り付け部 2 3 をリフロー方式による半田接合によってベース部材 1 0 に取り付ける。ここで、半田接合は、ベース部材 1 0 上の 4 つの接合部 1 3 において行う。また、これにより、圧電膜 3 2 の下部電極としての基板 2 0 が接続端子部 1 2 と電氣的に接続される。

40

【 0 0 5 2 】

このようにして、本発明の一実施形態による振動ミラー素子 1 0 0 が形成される。

【 0 0 5 3 】

本実施形態では、上記のように、チタンからなる基板 2 0 に、ミラー部 2 1 と、ミラー部 2 1 を両側から揺動可能に支持する可動部 2 2 とを一体的に形成することによって、片持ち梁構造と異なり、両側からミラー部 2 1 を支持することができるので、可動部 2 2 への応力集中を緩和することができる。また、基板 2 0 にチタンを用いることによって、脆性材料であるシリコン基板などを用いる場合と比較して、基板 2 0 自体の強度を向上させることができる。これにより、長期駆動時の信頼性および衝撃に対する強度を向上させることができる。また、基板 2 0 の可動部 2 2 を、可動部 2 2 上に設けられた圧電素子 3 0

50

a ~ 3 0 d のそれぞれの圧電膜 3 2 の下部電極として機能するように構成することによって、基板 2 0 の任意の部分に対して電極配線を接続すればよいので、外部との電氣的接続を容易にすることができる。

【 0 0 5 4 】

本実施形態では、上記のように、基板 2 0 を、チタンにより形成することによって、強度、耐衝撃性および疲労強度に優れるとともに、電極材料としても利用可能なチタンにより基板 2 0 を形成することができるので、振動ミラー素子 1 0 0 の信頼性および強度を向上させることができる。

【 0 0 5 5 】

本実施形態では、上記のように、取り付け部 2 3 を、可動部 2 2 およびミラー部 2 1 を取り囲むように棒状に形成することによって、圧電膜 3 2 の下部電極として機能する基板 2 0 の可動部 2 2 と一体的に形成される取り付け部 2 3 が棒状に形成されるので、棒状の取り付け部 2 3 に対してどの方向からでも配線を接続することができる。これにより、外部との電氣的接続をより容易に行うことができる。

【 0 0 5 6 】

本実施形態では、上記のように、可動部 2 2 は、ミラー部 2 1 に一方端が接続される一対の回動軸部 2 4 a および 2 4 b と、一対の回動軸部 2 4 a および 2 4 b の他方端にそれぞれ接続され、一対の回動軸部 2 4 a および 2 4 b に対して略直交するように Y 方向に延びるとともに、2 つの圧電膜 3 2 が所定の間隔を隔てて一直線状にそれぞれ配置される一対の変形部 2 5 a および 2 5 b とを含むことによって、一直線状に 2 つの圧電膜 3 2 が配置されるので、2 つの圧電膜 3 2 に互いに逆位相の電圧を印加することにより、圧電膜 3 2 が配置された一直線状の変形部 2 5 a および 2 5 b に沿って互いに逆方向のたわみ変形を生じさせることができる。これにより、そのたわみ変形を容易に回動軸部 2 4 a および 2 4 b の回動に変換することができる。

【 0 0 5 7 】

本実施形態では、上記のように、チタンからなる基板 2 0 の取り付け部 2 3 を、ベース部材 1 0 に半田接合により取り付けることにより、基板 2 0 をベース部材 1 0 に半田接合によって取り付けただけで圧電素子 3 0 a ~ 3 0 d の下部電極とベース部 1 0 とを電氣的に接続することができる。これにより、ベース部 1 0 に対して電氣的接続を行えば、外部との電氣的接続をより容易に行うことができる。

【 0 0 5 8 】

本実施形態では、上記のように、基板 2 0 を、正膨張係数を有する金属材料により形成するとともに、ベース部材 1 0 を、負膨張係数材料により形成することによって、駆動時に熱膨張によって基板 2 0 の内部応力状態が変化して共振周波数が変動してしまう場合に、基板 2 0 が取り付けられた負膨張係数材料からなるベース部材 1 0 が収縮変形を起こすことにより、正膨張係数を有する基板 2 0 の熱膨張による内部応力状態の変化を打ち消すことができるので、温度変化に対して振動ミラー素子 1 0 0 の共振周波数が変動するのを抑制することができる。

【 0 0 5 9 】

本実施形態では、上記のように、圧電膜 3 2 はチタン酸ジルコン酸鉛 (P Z T) により形成され、チタンからなる基板 2 0 と圧電膜 3 2 との間に、ペロブスカイト構造を有するとともにジルコニウムを含まない材料からなる中間層 3 1 を形成することによって、下部電極として機能する基板 2 0 と圧電膜 3 2 との間に中間層 3 1 が形成されることにより、下部電極 (基板 2 0 および白金層 3 4) 上に直接チタン酸ジルコン酸鉛 (P Z T) を成膜する場合にジルコニウム (Z r) が酸化物となり、成膜した表面に析出して P Z T の結晶の成長を阻害するのを抑制することができる。これにより、欠陥の少ない圧電膜 3 2 (P Z T) を成膜することができるので、圧電膜 3 2 の特性が低下するのを抑制することができる。

【 0 0 6 0 】

なお、今回開示された実施形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと

10

20

30

40

50

考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施形態の説明ではなく特許請求の範囲によって示され、さらに特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれる。

【0061】

たとえば、上記実施形態では、基板20が、チタンからなる例を示したが、本発明はこれに限らず、基板をチタン合金およびチタン以外の金属から形成してもよい。

【0062】

また、上記実施形態では、圧電膜32の下部電極として機能する基板20の表面には、白金層34が形成されている例を示したが、本発明はこれに限らず、白金層は基板上に形成されていなくともよい。したがって、基板上に直接圧電膜が形成されていてもよい。

10

【0063】

また、上記実施形態では、圧電膜32は、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)により形成されている例を示したが、本発明はこれに限らず、圧電膜は、PZT以外の鉛、チタンおよびジルコニウムを主成分とした酸化物からなる圧電材料や、他の圧電材料により形成されていてもよい。たとえば、圧電膜には、酸化亜鉛(ZnO)、チタン酸ジルコン酸ランタン酸鉛((Pb, La)(Zr, Ti)O₃)、ニオブ酸カリウム(KNbO₃)、ニオブ酸ナトリウム(NaNbO₃)などの圧電材料を用いてもよい。

【0064】

また、上記実施形態では、ベース部材10は、負膨張係数材料であるタンゲステン酸ジルコニウム(ZrW₂O₂)や、シリコン酸化物(Li₂-Al₂O₃-nSiO₂)などの複合酸化物により形成されている例を示したが、本発明はこれに限らず、ベース部材は、負膨張係数材料以外の材料により形成されていてもよい。たとえば、プラスチック類材料によりベース部材を形成してもよい。この場合、安価で加工し易いプラスチック類材料を用いることにより、低コスト化を図ることが可能である。

20

【0065】

また、上記実施形態では、ベース部材10は、絶縁性材料であるタンゲステン酸ジルコニウム(ZrW₂O₂)や、シリコン酸化物(Li₂-Al₂O₃-nSiO₂)などの複合酸化物により形成されている例を示したが、本発明はこれに限らず、ベース部材は、金属などの導電性材料により形成されていてもよい。たとえば、チタンによりベース部材を形成した場合、基板をベース部材に半田接合によって取り付けただけで電氣的に接続することができる。これにより、外部との電氣的接続をより容易に行うことができる。

30

【0066】

また、上記実施形態では、基板20は、チタン薄板からエッチングにより形成される例を示したが、本発明はこれに限らず、基板は、サンドブラスト、プレス成型、レーザー加工などのエッチング以外の方法により形成してもよい。基板は、所定の形状に形成することが可能であれば加工方法は問わない。基板に用いられる材料に適した方法により形成すればよい。

【0067】

また、上記実施形態では、中間層31、圧電膜32および上部電極33は、変形部25aおよび25bの圧電素子30a~30bの形成領域をパターニングしたメタルマスクを用い、スパッタリングにより形成する例を示したが、本発明はこれに限らず、CVD法、ゾルゲル法など、スパッタリング以外の方法により形成されてもよい。

40

【0068】

また、上記実施形態では、白金層34と圧電膜32との間にジルコニウム(Zr)を含まないペロブスカイト構造の結晶構造を有する材料からなる中間層31が形成されている例を示したが、本発明はこれに限らず、中間層31を形成することなく直接白金層上に圧電膜を形成してもよい。

【0069】

また、上記実施形態では、基板20の可動部22は、平面的に見て、ミラー部21を中心としたH字形状を有する例を示したが、本発明はこれに限らず、可動部は、H字形状を

50

有する必要はない。たとえば、可動部 2 2 をミラー部 2 1 の Y 方向の両側から揺動可能に支持するように構成してもよい。このようなミラー部を揺動可能に保持する構造は種々の構造が考えられるが、可動部は、ミラー部を揺動軸に沿って両側から揺動可能に支持するように構成されていればよい。

【 0 0 7 0 】

また、上記実施形態では、基板 2 0 は、取り付け部 2 3 の下面とベース部材 1 0 の接合部 1 3 とを半田接合することによってベース部材 1 0 に取り付けられるように構成されている例を示したが、本発明はこれに限らず、基板は、接着剤などによりベース部材に取り付けられるように構成されていてもよい。

【 0 0 7 1 】

また、上記実施形態では、基板 2 0 は、棒状の取り付け部 2 3 がベース部材 1 0 に形成された接合部 1 3 と半田接合により取り付けられることによって、ベース部材 1 0 に形成された接続端子部 1 2 と電氣的に接続されるように構成されている例を示したが、本発明はこれに限らず、基板を接続端子部 1 2 と電氣的に接続する方法は、他の方法を用いてもよい。基板 2 0 には棒状の取り付け部 2 3 が形成されているので、この取り付け部 2 3 の任意の位置から直接接続端子部 1 2 に対して配線パターンを形成してもよい。

【 0 0 7 2 】

また、上記実施形態では、基板 2 0 の取り付け部 2 3 は、ミラー部 2 1 および可動部 2 2 の形成される領域を取り囲むように、棒状に形成されている例を示したが、本発明はこれに限らず、取り付け部は、棒状に形成されていなくともよい。たとえば、取り付け部は、一対の変形部 2 5 a および 2 5 b のそれぞれの端部を連結するように形成されていてもよいし、変形部 2 5 a および 2 5 b を長手方向 (Y 方向) に延長したような形状で形成されていてもよい。

【 0 0 7 3 】

また、上記実施形態では、ミラー部 2 1 は、平面的に見て、円形の平板形状を有している例を示したが、本発明はこれに限らず、ミラー部は、平面的に見て、正方形形状や長方形形状を有していてもよい。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 7 4 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態による振動ミラー素子の全体構成を示す斜視図である。

【 図 2 】 本発明の一実施形態による振動ミラー素子の全体構成を示す分解斜視図である。

【 図 3 】 本発明の一実施形態による振動ミラー素子の全体構成を示す平面図である。

【 図 4 】 図 3 に示した本発明の一実施形態による振動ミラー素子の 2 0 0 - 2 0 0 線に沿った断面図である。

【 図 5 】 本発明の一実施形態による振動ミラー素子の駆動方法を説明するための図である。

【 図 6 】 本発明の一実施形態による振動ミラー素子の駆動方法を説明するための図である。

【 図 7 】 本発明の一実施形態による振動ミラー素子の駆動方法を説明するための図である。

【 図 8 】 本発明の一実施形態による振動ミラー素子の製造プロセスを説明するための図である。

【 図 9 】 本発明の一実施形態による振動ミラー素子の製造プロセスを説明するための図である。

【 図 1 0 】 本発明の一実施形態による振動ミラー素子の製造プロセスを説明するための図である。

【 図 1 1 】 本発明の一実施形態による振動ミラー素子の製造プロセスを説明するための図である。

【 図 1 2 】 本発明の一実施形態による振動ミラー素子の製造プロセスを説明するための図である。

10

20

30

40

50

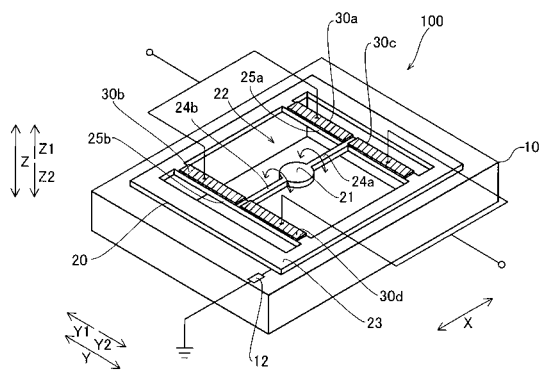
【符号の説明】

【0075】

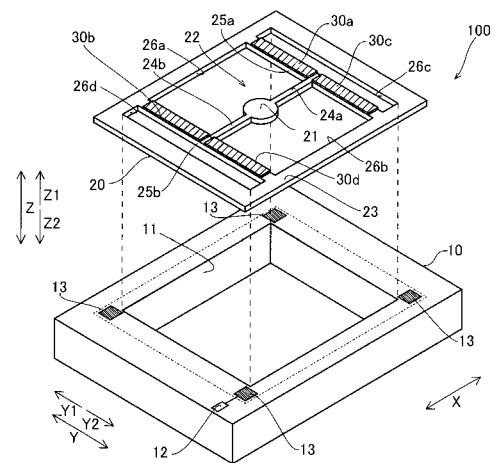
- 10 ベース部材
- 20 基板
- 21 ミラー部
- 22 可動部
- 23 取り付け部
- 24 a、24 b 回動軸部
- 25 a、25 b 変形部
- 32 圧電膜
- 31 中間層
- 100 振動ミラー素子

10

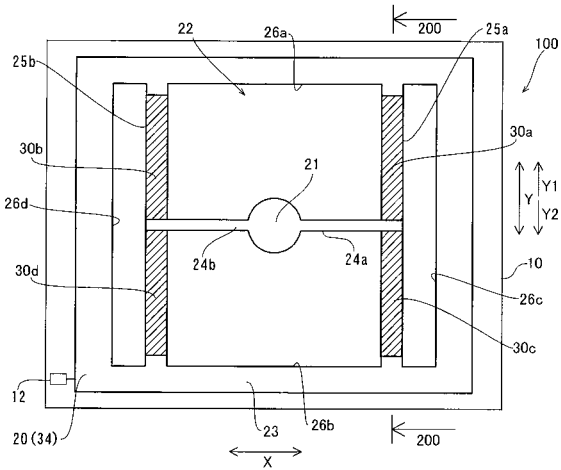
【図1】



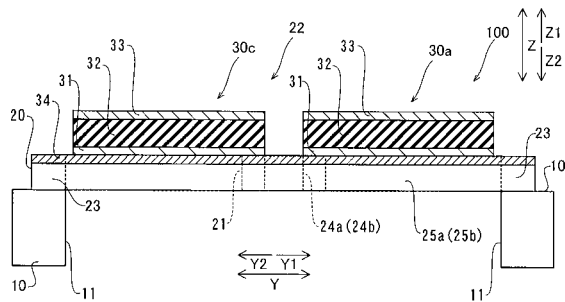
【図2】



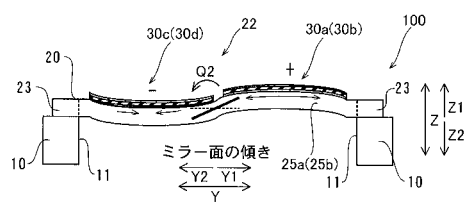
【図 3】



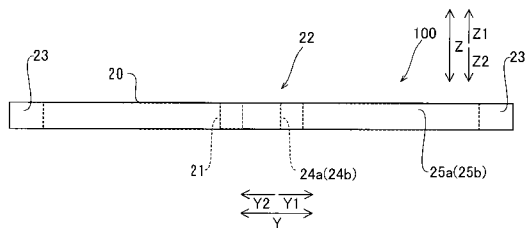
【図 4】



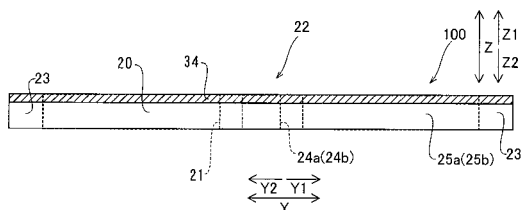
【図 7】



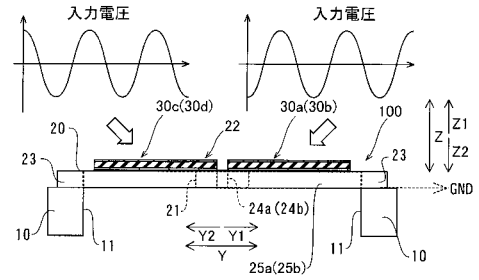
【図 8】



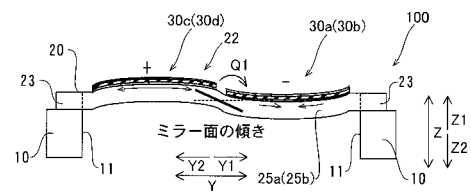
【図 9】



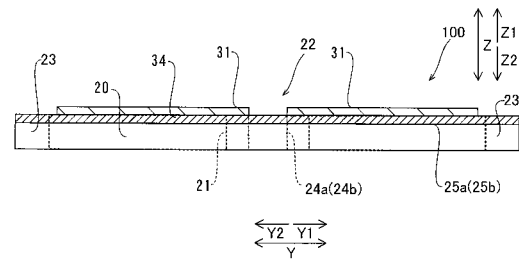
【図 5】



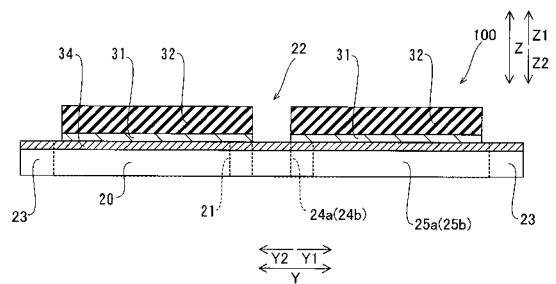
【図 6】



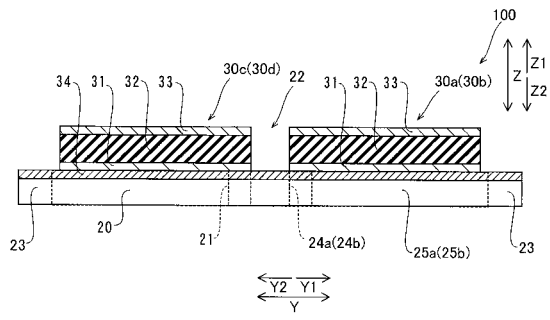
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(72)発明者 村山 学

大阪府大東市中垣内 7 丁目 7 番 1 号 船井電機株式会社内

(72)発明者 藤井 仁

大阪府大東市中垣内 7 丁目 7 番 1 号 船井電機株式会社内

F ターム(参考) 2H141 MA12 MB24 MC09 MD12 MD16 MD20 MD24 MF24 MG06 MZ03
MZ06 MZ16 MZ18 MZ22 MZ27
3C081 AA01 AA07 BA28 BA44 BA47 BA55 CA32 DA11 DA21 DA22
EA08