

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4225331号
(P4225331)

(45) 発行日 平成21年2月18日 (2009.2.18)

(24) 登録日 平成20年12月5日 (2008.12.5)

(51) Int. Cl.

F 1

G 0 2 B 26/06 (2006.01)
G 0 2 B 5/10 (2006.01)
B 8 1 B 3/00 (2006.01)
G 1 1 B 7/135 (2006.01)

G O 2 B 26/06
 G O 2 B 5/10 B
 B 8 1 B 3/00
 G 1 1 B 7/135 A

請求項の数 3 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2006-216621 (P2006-216621)
 (22) 出願日 平成18年8月9日 (2006.8.9)
 (65) 公開番号 特開2008-40296 (P2008-40296A)
 (43) 公開日 平成20年2月21日 (2008.2.21)
 審査請求日 平成18年8月28日 (2006.8.28)

(73) 特許権者 000201113
 船井電機株式会社
 大阪府大東市中垣内7丁目7番1号
 (74) 代理人 100085501
 弁理士 佐野 静夫
 (74) 代理人 100128842
 弁理士 井上 温
 (74) 代理人 100137730
 弁理士 齊藤 武志
 (72) 発明者 田中 史記
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 形状可変ミラー

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

支持基板と、

該支持基板と対向配置され、前記支持基板と対向する面と反対側の面に鏡面を有するミ
 ラー基板と、

前記支持基板上に設けられて、前記ミラー基板を固定する固定部材と、

電圧の印加により伸縮し、前記ミラー基板の前記固定部材によって固定された部分に囲
 まれる領域を変形できるように前記支持基板上に少なくとも1つ配置される圧電素子と、
 を備え、

前記圧電素子に電圧を印加することにより、前記ミラー基板の変形と伴に前記鏡面を変
 形する形状可変ミラーにおいて、

前記ミラー基板と前記圧電素子とは非接合で、前記圧電素子に電圧を印加しない状態で
、前記ミラー基板がほぼ変形することなく前記圧電素子と前記ミラー基板とが接触してお
り、

前記固定部材の線膨張係数は、前記圧電素子の線膨張係数よりも大きく、

前記ミラー基板の裏面には、少なくとも前記固定部材と接合される部分に、加熱状態で
 前記ミラー基板と前記固定部材とを圧接することにより接合可能とする金属の接合層が設
 けられていることを特徴とする形状可変ミラー。

【請求項 2】

前記固定部材について、前記支持基板の板面と直交する方向と平行な高さ方向の長さ、

10

20

前記加熱状態で前記ミラー基板と前記固定部材とを接合する時の熱膨張による前記高さ方向の伸び量、及び線膨張係数を、それぞれ、 L_1 mm、 ΔL_1 mm、及び α_1 とし、

前記圧電素子について、前記高さ方向の長さ、前記伸び量、及び線膨張係数を、それぞれ、 L_2 mm、 ΔL_2 mm、及び α_2 とし、

前記固定部材及び前記圧電素子について、前記高さ方向の長さに関して、許容される最大長さと最小長さの差として得られるばらつき幅を W mmとした場合に、

前記固定部材は、その線膨張係数 α_1 が以下の関係式を満たすことを特徴とする請求項1に記載の形状可変ミラー。

$$\alpha_1 > (\alpha_2 \times L_2 + (W / \Delta T)) / L_1$$

ΔT ：熱膨張前後の温度変化量（ ）

10

【請求項3】

前記固定部材と前記支持基板との間、及び前記圧電素子と前記支持基板との間には、前記金属の接合層が設けられることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の形状可変ミラー。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光ピックアップ装置等の光学装置に備えられる、鏡面の形状を変形できる形状可変ミラーに関する。

【背景技術】

20

【0002】

従来、その鏡面の形状を変形して、入射する光ビームの光学的歪み等を補正する形状可変ミラーについて種々の提案がなされており、画像処理装置や光ピックアップ装置等、幅広い分野で用いられている。

【0003】

例えば、光ピックアップ装置の分野では、特許文献1や特許文献2に示すように、CD（コンパクトディスク）やDVD（デジタル多用途ディスク）等の光ディスクの情報を読み書きする際に、光ディスクのディスク面が光軸に対して傾いた時に発生するコマ収差や、光ディスクの記録面を保護する透明樹脂（保護層）の厚さの違いが原因となって発生する球面収差等の波面収差の補正を行うために、形状可変ミラーが用いられている。

30

【0004】

このような形状可変ミラーには、特許文献1に示されるように圧電素子を使用したユニモルフ又はバイモルフ形状の形状可変ミラーや、特許文献2に示されるように圧電膜等の薄膜を積層させて形成する形状可変ミラーがある。また、その他の形状可変ミラーとしては、特許文献3に示されるように、柱状に形成される圧電素子（圧電アクチュエータ）の縦方向（形状可変ミラーが備える鏡面と直交する方向）の伸縮を利用して、鏡面を変形させる形状可変ミラーもある。そして、圧電素子の縦方向の伸縮を利用して鏡面を変形させる形状可変ミラーは、その製造のし易さ等の面で、特許文献1や特許文献2に対して利点がある。また、特許文献2のように、薄膜を積層させて形成する形状可変ミラーに比べて、特にコスト面において利点を有する。

40

【特許文献1】特開2003-215476号公報

【特許文献2】特開2005-196859号公報

【特許文献3】特開平5-333274号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献3に示されるような、圧電素子の縦方向の伸縮を利用して鏡面を変形させる構成の形状可変ミラーでは、鏡面を有するミラー基板と圧電素子、やミラー基板とミラー基板を固定する役割を果たす固定部材との接合を、接着剤を用いて行うのが一般であり、この場合、接着層の厚みが厚くなり、接着層で生じる引張応力や圧縮応力と

50

いった残留応力の影響で、ミラー基板の反対側の面に設けられる鏡面に歪みが生じるといったの問題があった。そして、このような歪みが生じると、形状可変ミラーは、入射する光ビームが有する光学的な歪みの補正が十分行えないといった問題があった。また、接着層が厚いために、圧電素子の伸縮を効率良く鏡面の变形に変換することができないという問題もあった。

【 0 0 0 6 】

このような点を考慮して、形状可変ミラーを製造する際に、ミラー基板と圧電素子や、ミラー基板と固定部材との接合に、金属の接合層を用い、加熱状態で、接合するもの同士に圧力を加えて接合する方式（以下、熱圧着方式と表現する。）を用いることが考えられる。そして、この熱圧着方式によれば、接合層の厚みは、例えば $1 \mu\text{m}$ 程度とできるために、接合層で生じる引張応力や圧縮応力といった残留応力に起因する歪みを低減することが可能となる。また、接合層の厚みが厚すぎるために、圧電素子の伸縮を効率良く鏡面の变形へと変換できないという問題も緩和でき、低消費電力で鏡面の变形を行うことも可能となる。

【 0 0 0 7 】

しかし、形状可変ミラーの製造時において、熱圧着方式でミラー基板と圧電素子、やミラー基板と固定部材とを接合する場合、高温下で接合処理が行われるために、圧電素子と固定部材との間の線膨張係数の違いにより、ミラー基板と圧電素子とが、又は、ミラー基板と固定部材とが接合できない場合が生じたり、両者が接合されたとしても、ミラー基板に歪みが発生したりする等の問題があった。

【 0 0 0 8 】

以上の問題点を鑑み、本発明の目的は、鏡面と直交する方向に伸縮して鏡面の变形を可能とする圧電素子を備える形状可変ミラーにおいて、組立て時に鏡面に発生する歪みを極力低減しながら製造できる形状可変ミラーを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

上記目的を達成するために本発明は、支持基板と、該支持基板と対向配置され、前記支持基板と対向する面と反対側の面に鏡面を有するミラー基板と、前記支持基板上に設けられて、前記ミラー基板を固定する固定部材と、電圧の印加により伸縮し、前記ミラー基板の前記固定部材によって固定された部分に囲まれる領域を变形できるように前記支持基板上に少なくとも1つ配置される圧電素子と、を備え、前記圧電素子に電圧を印加することにより、前記ミラー基板の变形と伴に前記鏡面を变形する形状可変ミラーにおいて、前記ミラー基板と前記圧電素子とは非接合で、前記圧電素子に電圧を印加しない状態で、前記ミラー基板がほぼ变形することなく前記圧電素子と前記ミラー基板とが接触しており、前記固定部材の線膨張係数は、前記圧電素子の線膨張係数よりも大きく、前記ミラー基板の裏面には、少なくとも前記固定部材と接合される部分に、加熱状態で前記ミラー基板と前記固定部材とを圧接することにより接合可能とする金属の接合層が設けられていることを特徴としている。

【 0 0 1 0 】

また、本発明は、上記構成の形状可変ミラーにおいて、前記固定部材について、前記支持基板の板面と直交する方向と平行な高さ方向の長さ、前記加熱状態で前記ミラー基板と前記固定部材とを接合する時の熱膨張による前記高さ方向の伸び量、及び線膨張係数を、それぞれ、 $L_1 \text{ mm}$ 、 $\Delta L_1 \text{ mm}$ 、及び α_1 とし、前記圧電素子について、前記高さ方向の長さ、前記伸び量、及び線膨張係数を、それぞれ、 $L_2 \text{ mm}$ 、 $\Delta L_2 \text{ mm}$ 、及び α_2 とし、前記固定部材及び前記圧電素子について、前記高さ方向の長さに関して、許容される最大長さと最小長さの差として得られるばらつき幅を $W \text{ mm}$ とした場合に、前記固定部材は、その線膨張係数 α_1 が以下の関係式を満たすことを特徴としている。

$$\alpha_1 > (\alpha_2 \times L_2 + (W / \Delta T)) / L_1$$

ΔT ：熱膨張前後の温度変化量（ ）

【 0 0 1 1 】

また、本発明は、上記構成の形状可変ミラーにおいて、前記固定部材と前記支持基板との間、及び前記圧電素子と前記支持基板との間には、前記金属の接合層が設けられることを特徴としている。

【発明の効果】

【0012】

本発明の第1の構成によれば、圧電素子をミラー基板と接合しない構成としているために、圧電素子とミラー基板との接合により生じる鏡面の歪みを防止できる。また、固定部材とミラー基板との接合を金属の接合層を用いる構成としているために、接合層を薄くでき、鏡面に発生する歪みを低減できる。そして、固定部材の方が圧電素子よりも線膨張係数が大きいために、形状可変ミラーの製造時において、ミラー基板と固定部材とを熱圧着方式で接合する場合に、圧電素子がミラー基板と接触しない状態とでき、接合される必要がない圧電素子がミラー基板とが誤って接合されるという状況を防止できる。更に、圧電素子の熱膨張によって、ミラー基板と固定部材との間に隙間が生じて、ミラー基板と固定部材との接合ができなかったり、歪んだ状態でミラー基板と固定部材とが接合されたりするのを避けることができる。以上により、製造時にミラー基板の鏡面に発生する歪みを極力低減することが可能となる。

【0013】

また、本発明の第2の構成によれば、上記第1の構成の形状可変ミラーにおいて、製造時の加工精度の影響で、その発生を避けることができない寸法ばらつきを考慮して、固定部材と圧電素子の材質を決定する構成であるために、上述した熱圧着時における圧電素子の熱膨張による悪影響を更に低減できる。このため、製造時にミラー基板の鏡面に発生する歪みを更に低減できる。

【0014】

また、本発明の第3の構成によれば、上記第1又は第2の構成の形状可変ミラーにおいて、固定部材及び圧電素子の接合部分を、全て熱圧着方式で行う構成であり、形状可変ミラーの製造を行い易い。また、接合層を全体的に薄くできるために、形状可変ミラーが、いびつな形状となり難い。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下に本発明の実施形態を、図面を用いて説明する。なお、ここで示す実施形態は一例であり、本発明はここに示す実施形態に限定されるものではない。また、図面中の各部の大きさや厚み等は理解を容易にする目的のためのものであり、実際の構成とは必ずしも一致しない。

【0016】

図1は、本発明の形状可変ミラーの実施形態を示す図で、形状可変ミラーを構成する部材を分解して示した分解斜視図である。また、図2は、図1の形状可変ミラーが組立てられた状態において、図1のA-Aで切った概略断面図である。この図1及び図2を参照しながら、本実施形態の形状可変ミラーの構成について説明する。

【0017】

1は、形状可変ミラーであり、その鏡面を变形可能に設けられ、入射する光ビームの光学的な歪みを補正する場合等に用いられる。この形状可変ミラー1は、支持基板2と、支持基板2と対向して設けられるミラー基板3と、支持基板2上に設けられてミラー基板3を固定する固定部材4と、支持基板2上に設けられて、その伸縮によりミラー基板3を突き上げて鏡面3aを变形可能とする圧電素子5と、を備える。以下、各部について詳細に説明する。

【0018】

支持基板2は、固定部材4及び圧電素子5を支持する役割を果たす。支持基板2は、絶縁性の部材で構成され、例えば、ガラスやセラミックス等で形成される。支持基板2上には、それぞれ固定部材4及び圧電素子5が配置される支持台2a、2bが設けられている。そして、圧電素子5が配置される支持台2bのそれぞれからは、凸状のパターン2cが

10

20

30

40

50

引き出されている。なお、この支持台 2 a、2 b や凸状のパターン 2 c は、例えば、エッチングやサンドブラストによる処理等によって形成される。

【0019】

圧電素子 5 が配置される支持台 2 b は A u 層で覆われており、この A u 層は圧電素子 5 の電極としての役割を果たすと同時に、圧電素子 5 と支持基板 2 とを接合する役割をも果たす。また、圧電素子 5 が配置される支持台 2 b から延びる凸状のパターン 2 c も A u 層で覆われており、これにより、凸状のパターン 2 c は、圧電素子 5 へ外部からの給電を可能とする配線パターンとして機能する。支持台 2 b 及び凸状のパターン 2 c の A u 層による被覆は、例えば蒸着法やスパッタリング法によって行われる。

【0020】

なお、本実施形態においては、位置決めを容易とする等の理由により、固定部材 4 を支持するための支持台 2 a を設ける構成としているが、この構成に限定される趣旨ではなく、固定部材 4 を支持するための支持台 2 a を設けない構成としても構わない。また、本実施形態においては、支持台 2 b 及び凸状のパターン 2 c を A u 層で覆う構成としているが、この構成に限定される趣旨ではなく、他の金属層で覆う構成等としても構わないし、支持台 2 a と凸状のパターン 2 c を例えば導電性の材料であるシリコン (S i) で形成し、凸状のパターン 2 c は A u 層で覆わない構成等としても構わない。

【0021】

ミラー基板 3 は、支持基板 2 と略平行に対向配置され、支持基板 2 と対向する面と反対側の面に鏡面 3 a が形成されている。このミラー基板 3 は、圧電素子 5 の伸縮に伴って変形し、それに伴って鏡面 3 a を変形する構成であるために、その厚みを薄く形成する必要がある。また、ミラー基板 3 は圧電素子 5 の伸縮に伴う変形で破壊されては困るために、剛性を有する物質で形成される必要がある。このような点を考慮して、本実施形態においては、このミラー基板 3 をシリコン (S i) 基板によって形成しており、シリコン基板の厚さは 100 μ m 程度としている。

【0022】

なお、本実施形態においては、ミラー基板 3 を構成する物質としてシリコンを用いているが、これに限定される趣旨ではなく、薄くすることが可能で、剛性を有する物質であれば、他の物質でも構わない。また、ミラー基板 3 の厚さも、その目的に応じて種々の変更が可能である。

【0023】

ミラー基板 3 の鏡面 3 a は、ミラー基板 3 上にアルミニウム (A l) の層を形成することにより得ている。A l の層の形成は、蒸着法やスパッタリング法等の方法で形成される。なお、鏡面 3 a は、アルミニウムに限らず、形状可変ミラー 1 の鏡面 3 a に入射する光ビームの反射光について所望の反射率を得られる物質であれば、例えば金 (A u) や銀 (A g) 等、種々の変更が可能である。また、本実施形態においては、ミラー基板 3 の上面全体を鏡面 3 a とする構成としているが、これに限定されず、入射する光ビームの入射径を考慮して、鏡面 3 a の領域を決定し、その部分にのみ反射層を形成する構成等としても構わない。

【0024】

固定部材 4 は、支持基板 2 上に配置されてミラー基板 3 を固定する役割を果たす。本実施形態においては、固定部材 4 は、ミラー基板 3 を、その四隅と、矩形に形成されるミラー基板 3 の外周側各辺の中央部 (四隅に配置される固定部材 4 のうちの 2 つに挟まれる位置) と、の計 8 箇所 で支持している。なお、固定部材 4 の配置については、本実施形態の構成に限定される趣旨ではなく、ミラー基板 3 の外周側を確実に固定できる構成であれば、種々の変更が可能である。

【0025】

この固定部材 4 は、例えばガラスやセラミックス等で形成されるが、圧電素子 5 の材質等と関連して選択される。この点については後述する。固定部材 4 の支持基板 2 への接合、及び固定部材 4 とミラー基板 3 との接合は、いずれも、その間に接合層 6 である A u 層

10

20

30

40

50

を介在させ、例えば、400 から550 の高温下、圧力を加えて接合する熱圧着方式によって行っている。

【0026】

なお、本実施形態においては、接合層6としてAu層を配置する構成としているが、これに限定される趣旨ではなく、加熱状態で圧力を加えることにより、支持基板2と固定部材4、及びミラー基板3と固定部材4とを接合できるものあれば、他の金属層で構わず、例えば、金と錫の合金(Au-Sn合金)等を用いることも可能である。

【0027】

圧電素子5は、電圧を印加することにより鏡面3aと直交する方向に伸縮可能で、これによりミラー基板3と共に鏡面3aを変形可能とする。圧電素子5を構成する部材としては、チタン酸バリウム(BaTiO_3)やチタン酸ジルコン酸鉛($\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$)のような圧電セラミックスであれば、その種類は特に限定されるものではないが、本実施形態においては、圧電特性が優れるチタン酸ジルコン酸鉛を用いている。

10

【0028】

なお、圧電素子5としては、その構成が公知である、層状の圧電体と層状の電極を交互に積層して形成される、いわゆる積層型の圧電アクチュエータであっても構わないし、圧電体を2つの電極のみで挟み、積層しないタイプのアクチュエータのどちらとしても構わない。積層型の圧電アクチュエータとする方が、その発生力を大きくできる点では有利である。

【0029】

20

圧電素子5は、支持基板2上に配置されるが、ミラー基板3の外周側に配置される固定部材4よりも内側に配置される。そして、支持基板2上に十字方向に4つ配置され、更に、向かい合う圧電素子5同士が、鏡面3aの中心を通り鏡面3aと直交する軸に対して対称位置となるように配置されている。このように圧電素子5を配置するのは、圧電素子5の数を多くしすぎず、鏡面3aの変形をバランス良く行い易いからである。ただし、圧電素子5の配置及び数は、この構成に限定されず、その目的に応じて種々の変更が可能である。

【0030】

圧電素子5と支持基板2とは、接合層6であるAu層の介在により、高温下(例えば、400 から550)で熱圧着されている。なお、固定部材4の接合と同様に、Au層に限らず、加熱状態で圧力を加えることにより、支持基板2と圧電素子4とを接合できるものあれば、他の金属層で構わず、例えば、金と錫の合金(Au-Sn合金)等でも構わない。

30

【0031】

一方、圧電素子5は、ミラー基板3と常に接触するが、ミラー基板3とは接合されないように形成されている。これは、ミラー基板3と圧電素子5とを接合すると、圧電素子5をミラー基板3に接合することにより、その接合部分に対応する位置の鏡面3a側に歪みが発生するので、その歪みを防止するためである。そして、圧電素子5は、形状可変ミラー1に入射する光ビームの入射領域内、若しくは入射領域外であるがその近傍、に対応する位置に配置されるために、圧電素子5をミラー基板3に接合しないようにして、鏡面3aに発生する歪みを防止することは有効である。

40

【0032】

圧電素子5は、電圧の印加により伸縮するが、この圧電素子5に電圧を印加するための電極は、一つは上述した支持基板2に設けられる支持台2bを覆うAu層が担い、もう一つはシリコンで形成されるミラー基板3がその役目を担う。すなわち、ミラー基板3は、4つの圧電素子5全てに対する共通電極の役目を果たしている。このため、ミラー基板3と圧電素子5は常に接触するように構成されている。

【0033】

なお、本実施形態においては、詳細には、ミラー基板3の鏡面3aと反対側の面の全体に設けられるAu層から成る接合層6と圧電素子5とが接触する状態となっている。この

50

接合層 6 は、ミラー基板 3 と固定部材 4 とを接合するために設けられるが、接合層 6 をミラー基板 3 の鏡面 3 a と反対側の面の全体に設けている理由は、ミラー基板 3 と固定部材 4 とが接合される位置にのみ Au 層から成る接合層 6 を形成する場合に比べて、製造作業が簡易とできる等の利点があることを考慮するものである。そして、このように、接合層 6 をミラー基板 3 の鏡面 3 a と反対側の面の全体に設けた場合、製造時に圧電素子 5 とミラー基板 3 とが、誤って接合される可能性が発生するが、この点については後述するように、本発明の形状可変ミラーにおいては、誤って圧電素子 5 とミラー基板 3 とが接合されないように工夫されている。

【 0 0 3 4 】

また、圧電素子 5 に対する電極及び配線の構成は、本実施形態の構成に限定される趣旨ではなく、例えば、圧電素子 5 を支持基板 2 上に支持台 2 b を設けずに配置し、支持基板 2 に貫通穴を設けてこの穴から配線を通して圧電素子 5 に対する一方の電極を形成し、もう一方は、ミラー基板 3 を共通電極とせずに、ミラー基板 3 の支持基板 2 と対向する面に別途電極を形成する構成等としても構わない。また、圧電素子 5 を積層型の圧電アクチュエータとする場合には、支持基板 2 上で、プラス極とマイナス極の両方を取り出す構成等としても構わない。

【 0 0 3 5 】

このように構成される形状可変ミラー 1 の動作について説明する。図 3 は、図 2 の形状可変ミラー 1 について、圧電素子 5 が伸びた状態を示す図である。図 3 に示すように、圧電素子 5 が伸びた場合、ミラー基板 3 が持ち上げられて、鏡面 3 a が変形する。一方、圧電素子 5 とミラー基板 3 とは接合されていないために、圧電素子 5 が縮むことにより、ミラー基板 3 が変形することはない。なお、図 3 においては、左右の圧電素子 5 に同一の電圧が印加されて、同じように伸びた状態を示しているが、所望の鏡面 3 a の変形が得られるように、各圧電素子 5 に印加される電圧はそれぞれ別々に制御され、異なる電圧が印加されることもある。

【 0 0 3 6 】

以上のような形状可変ミラー 1 について、固定部材 4 の材質は、上述したように圧電素子 5 の材質との関係で選択され、詳細には、固定部材 4 の線膨張係数が、圧電素子 5 の線膨張係数より大きくなるように選択される。まず、この理由について、図 4 及び図 5 を参照しながら説明する。なお、図 4 は、形状可変ミラー 1 のミラー基板 3 が接合される前の状態を示した断面図で、圧電素子 5 の線膨張係数が固定部材 4 の線膨張係数よりも大きい場合について説明するための図で、図 5 は、図 4 と同じく形状可変ミラー 1 のミラー基板 3 が接合される前の状態を示した断面図で、固定部材 4 の線膨張係数が圧電素子 5 の線膨張係数よりも大きい場合について説明するための図である。

【 0 0 3 7 】

形状可変ミラー 1 を形成する場合は、上述のように固定部材 4 はミラー基板 3 を固定する機能を果たせば良いために、通常は、圧電素子 5 と異なる材料で形成される。このため、圧電素子 5 と固定部材 4 とでは線膨張係数が異なることとなる。そして、圧電素子 5 の線膨張係数が、固定部材 4 の線膨張係数より大きい場合には、図 4 に示すように、加熱状態とした時に、圧電素子 5 の方が固定部材 4 よりも、鏡面 3 a と直交する方向（図 4 の上下方向）の長さが長くなり、固定部材 4 とミラー基板 3 との熱圧着による接合ができないか、又は、熱圧着による接合ができたとしても、ミラー基板 3 に設けられる鏡面 3 a が歪むといった問題や、圧電素子 5 がミラー基板 3 と接合されるといった問題が発生する。

【 0 0 3 8 】

なお、固定部材 4 と圧電素子 5 との線膨張係数が同じである場合については、圧電素子 5 の方が固定部材 4 よりも高さ方向（上下方向）の長さが長くなることはないが、圧電素子 5 がミラー基板 3 と接触し、両者が接合されるといった問題が発生する。

【 0 0 3 9 】

このため、形状可変ミラー 1 においては、固定部材 4 の線膨張係数が圧電素子 5 の線膨張係数よりも大きくなるように、固定部材 4 の材質が選択されている。この場合、図 5 に

10

20

30

40

50

示すように、加熱状態とした時に、固定部材 4 の方が圧電素子 5 よりも図の上下方向の長さが長くなり、固定部材 4 とミラー基板 3 との熱圧着による接合が、圧電素子 5 の熱膨張で邪魔されないようにでき、更に、熱圧着を行う際に圧電素子 5 とミラー基板 3 とが接触しないために、圧電素子 5 とミラー基板 3 との接合を防止できる。

【 0 0 4 0 】

ただし、本実施形態の形状可変ミラー 1 においては、ミラー基板 3 が支持基板 2 と略平行となるように、固定部材 4 と圧電素子 5 との高さ（図 4 の上下方向の長さに同じ意味で、以下、についても同様の意味で使用する。）が研磨によって揃えられるが、加工精度の問題でばらつきを有するため、この点も考慮して固定部材 4 の材質を決定している。これについて、図 6 を参照しながら説明する。図 6 は、固定部材 4 と圧電素子 5 の高さ方向のばらつきを分類した模式図である。

10

【 0 0 4 1 】

図 6 (a) に示すように固定部材 4 と圧電素子 5 の高さが揃っている場合、及び図 6 (b) に示すように固定部材 4 の方が、高さが高い場合には、固定部材 4 の線膨張係数が圧電素子 5 の線膨張係数よりも大きければ、熱圧着時において、常に固定部材 4 の高さの方が、圧電素子 5 の高さよりも高いために、上述の図 5 の状態となり、問題は生じない。

【 0 0 4 2 】

しかし、図 6 (c) に示すように圧電素子 5 の高さの方が、固定部材 4 の高さより高い場合には、熱圧着に必要な温度（熱圧着に用いる金属層の種類によって異なる）とした時の固定部材の熱膨張による伸び量によっては、固定部材 4 が圧電素子 5 より低くなる場合があり、この場合（図 4 の状態に相当）には、圧電素子 5 とミラー基板 3 の接合等の問題が生じる。

20

【 0 0 4 3 】

この点を考慮して、固定部材 4 をどのように選択するかについて以下に示す。説明にあたって、固定部材 4 について、その高さ、熱圧着に必要な温度とした時の高さ方向の伸び量、及び線膨張係数を、それぞれ L_1 mm、 ΔL_1 mm、及び α_1 とし、圧電素子 5 について、その高さ、熱圧着に必要な温度とした時の高さ方向の伸び量、及び線膨張係数を、それぞれ L_2 mm、 ΔL_2 mm、及び α_2 とする。

【 0 0 4 4 】

また、固定部材 4 及び圧電素子 5 の高さについて、許容される最大高さから最小高さを差し引いて求められるばらつき幅を W mm とする。なお、固定部材 4 と圧電素子 5 との高さは、上述のように加工精度の問題で、ばらつきが生じるが、加工時のばらつき幅が大きすぎると形状可変ミラー 1 を形成した場合に、鏡面 3 a に歪みが発生したり、圧電素子 5 がミラー基板 3 と接触しなかったりする等の問題が発生する。このため、ばらつき幅の許容値は、加工時の寸法ばらつきと、上述した製造時の鏡面 3 a の歪み等と、を考慮して決定される。

30

【 0 0 4 5 】

このようにした場合において、熱圧着時において固定部材 4 の高さの方が、圧電素子 5 の高さよりも常に高くなるためには、以下の式 (1) を満たせば良い。

$$(\Delta L_1 - \Delta L_2) > W \quad (1)$$

40

【 0 0 4 6 】

そして、熱膨張時の伸び量に対しては、線膨張係数を用いて以下の関係式が成り立つ。

$$\Delta L_1 = \alpha_1 \times \Delta T \times L_1 \quad (2)$$

$$\Delta L_2 = \alpha_2 \times \Delta T \times L_2 \quad (3)$$

なお、 ΔT は、熱膨張前後の温度変化量 () を示し、本実施形態においては、熱圧着時の温度から室温を差し引いた値が該当する。

【 0 0 4 7 】

式 (2) と式 (3) を式 (1) に代入して整理すると、

$$\alpha_1 > (\alpha_2 \times L_2 + (W / \Delta T)) / L_1 \quad (4)$$

が得られる。そして、本実施形態においては、 $L_1 = L_2$ であるために、

50

$$\alpha_1 - \alpha_2 > W / (\Delta T \times L_1) \quad (5)$$

となる。

【0048】

すなわち、形状可変ミラー1において、固定部材4の線膨張係数(α_1)と圧電素子5の線膨張係数(α_2)の差が、式(5)を満たすように固定部材4を選択すれば、常に、図4のような状態とならず、製造時に鏡面3aに歪みが生じない形状可変ミラー1を得ることが可能となる。

【0049】

図7は、固定部材4の線膨張係数と圧電素子5の線膨張係数との差の下限值について、式(5)を用いて求めた一例を示す表である。なお、ここで下限値とは、線膨張係数の差を、これよりも大きくする必要があるという意味で用いられている。そして、図7において、固定部材4と圧電素子5の高さは、いずれも5mmで、この場合の固定部材4と圧電素子5の高さについて許容されるばらつき幅Wは 5×10^{-3} mmとしている。また、ここでは、 ΔT は、熱圧着時の温度と同じとしている(上述の室温を0と見なしている)。

【0050】

また、図8は、各材料についての温度毎の線膨張係数を示した表である。なお、ここで線膨張係数は、平均線膨張係数であり、各温度について、所定の昇温速度(例えば、2/min)で温度変化させた場合における試料の長さの変位量を、それぞれ測定して求めた値である。

【0051】

図7と図8より、圧電素子5として、圧電体がチタン酸ジルコン酸鉛($Pb(Zr_xTi_{1-x})O_3$)である積層型の圧電アクチュエータを用いた場合には、今回のように、Au層を用いて熱圧着する構成(加熱温度、400から500程度)では、例えば、固定部材4の材質として、シリコン(Si)、チタン酸バリウム($BaTiO_3$)、チタン酸ジルコン酸鉛を選択しても構わないことがわかる。

【0052】

一方、圧電素子5を積層型でないタイプのチタン酸ジルコン酸鉛から成る圧電アクチュエータとした場合には、今回のように、Au層を用いて熱圧着する構成では、例えば、チタン酸バリウムを固定部材4として選択することは可能であるが、シリコンについては、選択が不適切であることがわかる。

【0053】

なお、ここに示した固定部材4は一例であって、これに限定される趣旨ではなく、上記式(5)を満たすように選択されるものであれば、種々の変更が可能である。

【0054】

以上に示した実施形態では、形状可変ミラー1が備える固定部材4と圧電素子5の高さが同じ場合について示したが、固定部材4と圧電素子5の高さが異なる場合もあり、この場合についても、もちろん、本発明は適用できる。特に、図9に示すように、圧電素子5の伸縮を効率良くミラー基板3の変形に結びつけるために、ミラー基板3の圧電素子5と接触する部分に凸部3bを設ける場合があるが、この場合は、圧電素子5の高さは固定部材4の高さよりも低くなる($L_1 > L_2$)。そして、この場合においても、本発明は適用できる。

【0055】

また、以上に示した実施形態では、ミラー基板3の鏡面3aと反対側の面の全面に接合層6を設ける構成としているが、これに限定される趣旨ではなく、例えば、接合層6を固定部材4と接合する部分にのみ用いる構成等としても構わない。このような場合であっても、本発明によれば、圧電素子5の熱膨張のために、固定部材4とミラー基板3の接合時に歪みが発生するのを防止でき、本発明は有用である。

【0056】

その他、以上に示した実施形態では、形状可変ミラー1は、図1に示すように全体の形状が矩形状であるが、特にこの形状に制限されるものでなく、本発明の目的を逸脱しない

10

20

30

40

50

範囲で変更が可能である。例えば、支持基板 2 やミラー基板 3 等が円形に構成されていても構わない。また、固定部材 4 や圧電素子 5 の形状も本実施形態の形状に限定されず、例えば、円柱状等としても構わない。

【産業上の利用可能性】

【0057】

本発明の形状可変ミラーは、組立て時に鏡面に発生する歪みを低減できる構成であるために、本発明の形状可変ミラーを用いれば、入射する光ビームの光学的な歪みを適切に補正することが可能となる。このため、本発明の形状可変ミラーは、光ビームの光学的な歪みの補正を必要とする光学系を備える様々な光学装置に適用可能であり、例えば、光ピックアップ装置、ビデオプロジェクタ、デジタルカメラ等に適用可能である。

10

【図面の簡単な説明】

【0058】

【図1】は、本実施形態の形状可変ミラーの構成を示す図で、形状可変ミラーを構成する部材を分解して示した分解斜視図である。

【図2】は、図1の形状可変ミラーが組立てられた状態において、図1のA-Aで切った概略断面図である。

【図3】は、図2の形状可変ミラーについて、圧電素子が伸びた状態を示す図である。

【図4】は、本実施形態の形状可変ミラーのミラー基板が接合される前の状態を示した断面図で、圧電素子の線膨張係数が固定部材の線膨張係数よりも大きい場合について説明するための図である。

20

【図5】は、本実施形態の形状可変ミラーのミラー基板が接合される前の状態を示した断面図で、固定部材の線膨張係数が圧電素子の線膨張係数よりも大きい場合について説明するための図である。

【図6】は、固定部材と圧電素子の高さ方向のばらつきを分類する図である。

【図7】は、固定部材の線膨張係数と圧電素子の線膨張係数との差の下限值について、式(5)を用いて求めた一例を示した表である。

【図8】は、各部材についての温度毎の線膨張係数を示した表である。

【図9】は、本発明の形状可変ミラーにおける他の実施形態である。

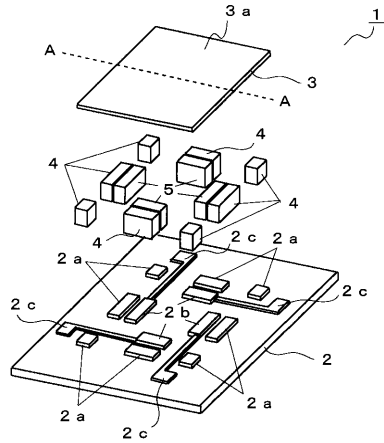
【符号の説明】

【0059】

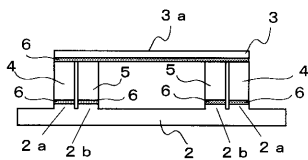
30

1	形状可変ミラー
2	支持基板
3	ミラー基板
3 a	鏡面
4	固定部材
5	圧電素子
6	接合層

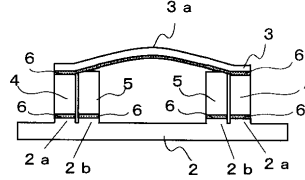
【図 1】



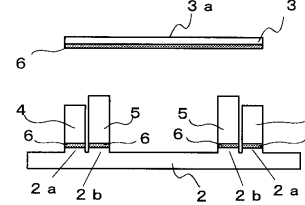
【図 2】



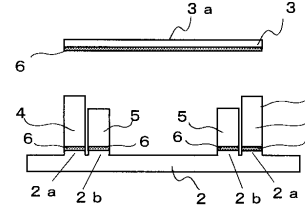
【図 3】



【図 4】

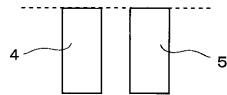


【図 5】

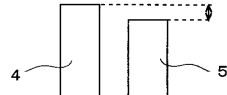


【図 6】

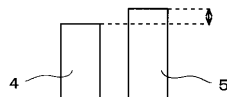
(a)



(b)



(c)



【図 7】

線膨張係数差 ($\alpha_1 - \alpha_2$) の下限値 … 式(5)より算出

固定部材及び圧電素子の高さ $L_1 = L_2 = 5\text{mm}$

許容される高さのばらつき幅 $W = 5 \times 10^{-3}\text{mm}$

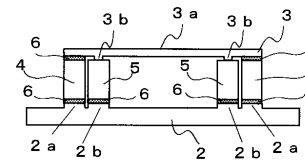
	温度				
	500	400	300	200	100
$\alpha_1 - \alpha_2 (10^{-6}/^{\circ}\text{C})$	2.0	2.5	3.3	5.0	10.0

【図 8】

各材料の線膨張係数 ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)

	温度				
	500	400	300	200	100
Si	4.1	4.0	3.9	3.7	3.3
チタン酸バリウム	10.3	9.5	8.5	6.1	4.3
チタン酸ジルコン酸鉛	3.3	2.1	1.7	2.0	-
積層圧電アクチュエータ (圧電体: チタン酸ジルコン酸鉛)	1.0	-1.1	-3.9	-3.1	0.3

【図 9】



フロントページの続き

(72)発明者 田中 克彦

滋賀県草津市野路東1丁目1番1号 立命館大学 びわこ・くさつキャンパス 理工学部内

(72)発明者 石井 明

滋賀県草津市野路東1丁目1番1号 立命館大学 びわこ・くさつキャンパス 理工学部内

(72)発明者 杉山 進

滋賀県草津市野路東1丁目1番1号 立命館大学 びわこ・くさつキャンパス 理工学部内

審査官 河原 正

(56)参考文献 特開平05-333274(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 26/00 - 26/08

B81B 3/00

G02B 5/10

G11B 7/135