

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-72591  
(P2018-72591A)

(43) 公開日 平成30年5月10日(2018.5.10)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)
<b>G02B</b>	<b>26/10</b>	<b>(2006.01)</b>	G02B 26/10 104Z 2H045
<b>G02B</b>	<b>26/08</b>	<b>(2006.01)</b>	G02B 26/08 E 2H141
<b>B81B</b>	<b>3/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B81B 3/00 3C081
<b>B81C</b>	<b>1/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B81C 1/00

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2016-212976 (P2016-212976)  
(22) 出願日 平成28年10月31日(2016.10.31)

(71) 出願人 504145320  
国立大学法人福井大学  
福井県福井市文京3丁目9番1号  
(71) 出願人 397022885  
公益財団法人若狭湾エネルギー研究センター  
福井県敦賀市長谷64号52番地1  
(74) 代理人 100094525  
弁理士 土井 健二  
(74) 代理人 100094514  
弁理士 林 恒徳  
(74) 代理人 100105337  
弁理士 眞鍋 潔

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 2次元光走査ミラー装置、その製造方法、2次元光走査装置及び画像投影装置

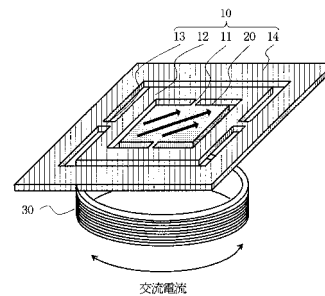
(57) 【要約】

【課題】 2次元光走査ミラー装置、その製造方法、2次元光走査装置及び画像投影装置に関し、ミラー可動部の構造を単純化し、且つ、小型化する。

【解決手段】 基板上に2次元走査可能に支持された可動ミラー部を設け、前記可動ミラー部に膜平面方向に磁化方向を有する硬質磁性薄膜を設けるとともに、前記可動ミラー部を駆動する交流磁場発生装置を少なくとも含む磁場発生装置を設け、前記硬質磁性薄膜の保磁力に対する前記磁場発生装置が発生する磁場の比を0.2以下とする。

【選択図】 図1

本発明の実施の形態の2次元光走査ミラー装置の一例の概略的斜視図



- 10: 可動ミラー部
- 11: 第1のヒンジ
- 12: 回転軸
- 13: 第2のヒンジ
- 14: 非回転軸
- 20: 反射部
- 30: 磁場発生装置

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基板と、  
光走査回転軸を有し、前記基板に 2 次元光走査可能に支持された可動ミラー部と、  
前記可動ミラー部に設けられた硬質磁性薄膜と、  
前記可動ミラー部を駆動する交流磁場発生装置を少なくとも含む磁場発生装置と  
を有し、  
前記硬質磁性薄膜が膜平面方向に磁化方向を有し、  
前記硬質磁性薄膜の保磁力に対する前記磁場発生装置が発生する磁場の比が 0.2 以下  
である 2 次元光走査ミラー装置。

10

## 【請求項 2】

前記硬質磁性薄膜が、反射ミラーとなる請求項 1 に記載の 2 次元光走査ミラー装置。

## 【請求項 3】

少なくとも前記硬質磁性薄膜の表面に反射ミラーとなる反射膜を有する請求項 1 に記載  
の 2 次元光走査ミラー装置。

## 【請求項 4】

前記硬質磁性薄膜の保磁力が 100 kA/m 以上であることを特徴とする請求項 1 乃至  
請求項 3 のいずれか 1 項に記載の 2 次元光走査ミラー装置。

## 【請求項 5】

前記硬質磁性薄膜の磁化方向が、前記可動ミラー部の前記光走査回転軸に対して  $45^\circ \pm 30^\circ$   
内の範囲の角度である請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の 2 次元光走  
査ミラー装置。

20

## 【請求項 6】

前記交流磁場発生装置に光走査信号を印加しない状態で前記可動ミラー部の反射面が前  
記基板の主面に対して  $45^\circ \pm 30^\circ$  内の範囲で傾いていることを特徴とする請求項 1 乃  
至請求項 5 のいずれか 1 項に記載の 2 次元光走査ミラー装置。

## 【請求項 7】

基板上に硬質磁性薄膜を成膜する工程と、  
前記硬質磁性薄膜を着磁する工程と、  
着磁した前記硬質磁性薄膜を加工して可動ミラー部を形成する工程と  
を有する 2 次元光走査ミラー装置の製造方法。

30

## 【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載の 2 次元光走査ミラー装置と、  
前記基板上に形成された光源と  
を有する 2 次元光走査装置。

## 【請求項 9】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載の 2 次元光走査ミラー装置と、  
前記 2 次元光走査ミラー装置を実装する実装基板と、  
前記実装基板上的前記 2 次元光走査ミラー装置にレーザ光を照射する位置に実装された  
光源と  
を有する 2 次元光走査装置。

40

## 【請求項 10】

請求項 8 または請求項 9 に記載の 2 次元光走査装置と、  
前記交流磁場発生装置に 2 次元光走査信号を印加して前記光源から出射された出射光を  
2 次元的に走査する 2 次元光走査制御部と、  
前記走査された前記出射光を被投影面に投影する画像形成部と  
を有する画像投影装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

50

本発明は、2次元光走査ミラー装置、その製造方法、2次元光走査装置及び画像投影装置に関するものであり、例えば、光ビームを走査するための反射ミラー装置の構成及びその製造方法、それを用いた2次元光走査装置及び画像投影装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、レーザビーム等の光ビームを直交する2方向に走査する装置として、様々な光走査ミラー装置が知られている。その中で、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems : 微小電気機械システム) ミラー装置は、装置を小型化できることから広く使われている。

【0003】

MEMSミラー装置においては、駆動方式に応じて、静電駆動型、 piezo 駆動型、電磁駆動型等が知られている。この中で、電磁駆動型MEMS光走査ミラー装置は、磁場の力を利用するものである。

【0004】

この電磁駆動型MEMS光走査ミラー装置としては、光を走査する可動部分にコイルを形成し、外部からの静磁場とのローレンツ力でミラーを特定の角度範囲で回転する「可動コイル方式」が提案されている(例えば、特許文献1或いは特許文献2参照)。また、光を走査する可動部分に磁性体を形成し、外部からの変調磁場との反発力と吸引力を用いてミラーを特定の角度範囲で回転する「可動磁石方式」も提案されている(例えば、特許文献3或いは非特許文献1参照)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2008-242207号公報

【特許文献2】特開2016-012042号公報

【特許文献3】特開2010-049259号公報

【特許文献4】特開2013-195603号公報

【特許文献5】米国特許出願公開2010/0073262号公報

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】IEEE Photonics technology Letters, Vol. 19, No. 5, pp.330-332, March 1, 2007

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上記電磁駆動型MEMSミラー装置において、後者の可動磁石方式では、光を走査する可動部分に磁性体を形成する必要があるが、通常磁性体は体積が大きくなり、ミラーに加えて磁性体を形成することによって光を走査する可動部分の小型化が難しくなるという問題が生じる。また、単なるミラーのみの可動部分に比べ、可動部分の構成が複雑になるという問題も生じる。これらの問題は、とくに小型のMEMSミラー装置の形成にとって、致命的な問題である。

【0008】

本発明は、ミラー可動部の構造を単純化し、且つ、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】

【0009】

一つの態様では、2次元光走査ミラー装置は、基板と、光走査回転軸を有し、前記基板上に2次元光走査可能に支持された可動ミラー部と、前記可動ミラー部に設けられた硬質磁性薄膜と、前記可動ミラー部を駆動する交流磁場発生装置を少なくとも含む磁場発生装置とを有し、前記硬質磁性薄膜が膜平面方向に磁化方向を有し、前記硬質磁性薄膜の保磁力に対する前記磁場発生装置が発生する磁場の比が0.2以下である。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 0 】

他の態様では、2次元光走査ミラー装置の製造方法は、基板上に硬質磁性薄膜を成膜する工程と、前記硬質磁性薄膜を着磁する工程と、前記着磁した硬質磁性薄膜を加工して可動ミラー部を形成する工程とを有する。

## 【 0 0 1 1 】

さらに、他の態様では、2次元光走査装置は、上述の2次元光走査ミラー装置と、基板上に形成された光源とを有する。

## 【 0 0 1 2 】

さらに、他の態様では、画像投影装置は、上述の2次元光走査装置と、前記交流磁場発生装置に2次元光走査信号を印加して前記光源から出射された出射光を2次的に走査する2次元光走査制御部と、前記走査された前記出射光を被投影面に投影する画像形成部とを有する。

10

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 3 】

一つの側面として、ミラー可動部の構造を単純化し、且つ、小型化することが可能になる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 4 】

【 図 1 】 本発明の実施の形態の2次元光走査ミラー装置の一例の概略的斜視図である。

【 図 2 】 反射部の構成例の説明図である。

20

【 図 3 】 反射部の他の構成例の説明図である。

【 図 4 】 反射部のさらに他の構成例の説明図である。

【 図 5 】 磁氣的に可動ミラー部を傾ける方法の説明図である。

【 図 6 】 本発明の実施の形態による2次元光走査装置の一例の概略的斜視図である。

【 図 7 】 本発明の実施の形態による画像投影装置の概略的構成図である。

【 図 8 】 本発明の実施例1の2次元光走査ミラー装置の概略的斜視図である。

【 図 9 】 本発明の実施例1の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の概略的説明図である。

【 図 1 0 】 本発明の実施例1の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の製造工程の途中までの説明図である。

30

【 図 1 1 】 本発明の実施例1の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の製造工程の図10以降の途中までの説明図である。

【 図 1 2 】 本発明の実施例1の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の製造工程の図11以降の説明図である。

【 図 1 3 】 実施例1で作成した  $Fe_{56}Pt_{44}$  薄膜の磁気ヒステリシス曲線である。

【 図 1 4 】 本発明の実施例2の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の概略的説明図である。

【 図 1 5 】 本発明の実施例3の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の概略的説明図である。

【 図 1 6 】 本発明の実施例4の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の概略的説明図である。

40

【 図 1 7 】 本発明の実施例5の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の概略的説明図である。

【 図 1 8 】 本発明の実施例6の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の概略的説明図である。

【 図 1 9 】 本発明の実施例7の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の製造工程の途中までの説明図である。

【 図 2 0 】 本発明の実施例7の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の製造工程の図19以降の途中までの説明図である。

【 図 2 1 】 本発明の実施例7の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の製造工程の図2

50

0 以降の説明図である。

【図 2 2】本発明の実施例 8 の 2 次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の概略的説明図である。

【図 2 3】本発明の実施例 9 の 2 次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の概略的説明図である。

【図 2 4】本発明の実施例 10 の 2 次元光走査装置の概略的斜視図である。

【図 2 5】本発明の実施例 11 の 2 次元光走査装置のソレノイド・コイル近傍の側面図である。

【図 2 6】本発明の実施例 12 の 2 次元光走査装置の概略的斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

ここで、図 1 乃至図 7 を参照して、本発明の実施の形態の 2 次元光走査ミラー装置の一例を説明する。本発明は、本発明者が鋭意研究の結果、従来のように磁性体としてバルク磁性体ではなく磁性薄膜を用いることにより、ミラー可動部の構造を単純化し、且つ、小型化することが可能であるとの結論に至ったものである。磁性薄膜を用いることによりミラー可動部が軽量化され、駆動するための磁場を小さくすることが可能になる。また、磁性薄膜を用いる場合の保磁力の減少を補うために、保磁力が所定の値以上の硬質磁性薄膜、特に、その保磁力に対する少なくとも交流磁場発生装置を含む磁場発生装置 30 が発生する磁場の比が 0.2 以下となる硬質磁性薄膜、即ち、保磁力の大きさが磁場発生装置 30 が発生する磁場の 5 ( $= 1 / 0.2$ ) 以上である硬質磁性薄膜を用いることにより上述の課題を解決するものである。

【0016】

図 1 は、本発明の実施の形態の 2 次元光走査ミラー装置の概略的斜視図であり、可動ミラー部 10 と、可動ミラー部 10 を駆動する交流磁場発生装置を少なくとも含む磁場発生装置 30 を備えている。可動ミラー部 10 は、反射部 20 と、反射部 20 を第 1 の光走査回転軸となる第 1 のヒンジ 11 で支持する回転外枠 12 と、回転外枠 12 を第 1 のヒンジ 11 と直交する方向に設けた第 2 の光走査回転軸となる第 2 のヒンジ 13 で支持する非回転外枠 14 とを有している。第 1 のヒンジ 11 及び第 2 のヒンジ 13 は、高速回転が反射部 20 の固有回転周波数になるように決定する必要がある。この固有回転周波数は、反射部 20 の形状、質量、回転部のパネ定数等で決まり、第 1 のヒンジ 11 及び第 2 のヒンジ 13 の厚さは、概ね  $2 \mu\text{m} \sim 50 \mu\text{m}$  であり、代表的な厚さは  $10 \mu\text{m}$  である。

【0017】

図 2 は、反射部の構成例の説明図であり、図 2 (a) は上面図であり、図 2 (b) は図 2 (a) における A - A を結ぶ一点鎖線に沿った断面図である。反射部 20 は、基板 21 と基板 21 上に設けられた硬質磁性薄膜 22 を有している。硬質磁性薄膜 22 とは、保磁力が大きく、減磁曲線の張り出しの大きいもので、永久磁石になるものを言い、ここでは保磁力が  $10 \text{ kA/m}$  以上のものと定義するが、本発明では磁場発生装置 30 が発生する磁場の 5 倍以上であれば良く、例えば、 $100 \text{ kA/m}$  以上の保磁力を有する硬質磁性薄膜が好ましい。以降においては、本発明の硬質磁性薄膜の有する保持力の好ましい例として、「 $100 \text{ kA/m}$  以上」を用いて説明する。

【0018】

可動ミラー部 10 を繰り返し作動させていると、高速回転方向に作用する磁場力は駆動用外部磁場と頻りに相互作用するため、徐々に小さくなる。一方、低速回転方向に掛かる磁場力はそれほど劣化しない。このため、磁場方向が高速回転方向に対して  $45^\circ$  より徐々に小さくなりミラーとして特性が劣化するが、保磁力が  $100 \text{ kA/m}$  以上であれば、通常の使用状況ではミラー特性の劣化を抑制することができる。したがって、2 次元動作の場合には、 $100 \text{ kA/m}$  以上の保磁力が好ましい。ここで、保磁力に対する交流磁場発生装置を少なくとも含む磁場発生装置 30 が発生する磁場の比を 0.2 以下とすることによって、可動ミラー部 10 を繰り返し作動させても、2 次元走査に必要な保磁力と交流

10

20

30

40

50

磁場の差が十分大きくなるので、ミラー特性は殆ど劣化することはない。実験においては磁場発生装置30として交流磁場発生装置のみを用いており、ミラー駆動用の交流電流のみを流した場合に交流磁場発生装置としてのソレノイド・コイルが発生する磁場は $2\text{ k A / m} \sim 20\text{ k A / m}$  ( $25\text{ Gauss} \sim 250\text{ Gauss}$ 相当)であり、2次元走査に必要な保磁力に対する交流磁場発生装置が発生する磁場の比は0.2以下となる。

#### 【0019】

また、角形比が、1に近いほど永久磁石として特性が良い。後述するように、実測したデータからは、角形比 = 残留磁束密度  $B_r$  / 最大磁束密度  $B_m$  0.82であるので、この値から類推すると角形比は0.7以上であることが望ましい。

#### 【0020】

また、このような硬質磁性薄膜22は、一般に光反射率が高いので、硬質磁性薄膜22自体を反射ミラー用いることによって、硬質磁性薄膜22以外の構造物を可動ミラー部10に余分に設置する必要がなく、可動ミラー部10可動部分の構成が単純化され、小型化が可能になる。また、硬質磁性薄膜22は、図1における反射部20のみに設ける必要はなく、回転外枠12及び非回転外枠14にも形成しても良い。回転外枠12に硬質磁性薄膜22を形成すると、低速走査軸の周りの回転は、磁場による全体の力がより大きくなり、容易に回転しやすくなる。

#### 【0021】

この硬質磁性薄膜22は、膜平面方向に磁化する必要がある、特に、硬質磁性薄膜の磁化の方向を、可動ミラー部10の第1の光走査回転軸となる第1のヒンジ11に対して $45^\circ \pm 30^\circ$ 内の範囲の角度とすることが望ましい。この角度の範囲内であれば、2軸回転走査が可能になる。なお、ここでは、反射部20の形状を円形としているが、楕円形でも正方形でも長方形でも或いは他の多角形でも良い。

#### 【0022】

図3は、反射部の他の構成例の説明図であり、図3(a)は上面図であり、図3(b)は図3(a)におけるA-Aを結ぶ一点鎖線に沿った断面図である。反射部20は、基板21と基板21上に設けられた硬質磁性薄膜22と、硬質磁性薄膜22の上に設けられた反射ミラーとなる反射膜23を有しており、より高い光反射率が要求される場合に有用となる。この場合も反射膜23を設けるだけで、可動ミラー部10の構造を複雑にすることなく、小型化が可能になる。

#### 【0023】

図4は、反射部のさらに他の構成例の説明図であり、図4(a)は上面図であり、図4(b)は図4(a)におけるA-Aを結ぶ一点鎖線に沿った断面図である。反射部20は、基板21と基板21の一方の面上に設けられた硬質磁性薄膜22と、基板21の他方の面に設けられた反射膜23を有している。この場合も、より高い光反射率が要求される場合に有用となり、反射膜23を設けるだけで、可動ミラー部10の構造を複雑にすることなく、小型化が可能になる。

#### 【0024】

交流磁場発生装置としては、ソレノイド・コイルが典型的なものであるが、軟鉄からなる鉄心にコイルを巻き付けたものでも良い。ソレノイド・コイルは、小型で且つ高磁場を発生するものが望ましいが、そのサイズ等に制限はない。例えば、今回の実施に際しては、外径が5mm、高さが3mmで、導線の巻き数は800ターンのソレノイド・コイル及び外径が2.46mm、内径が1.21mm、高さが1.99mmで、導線の巻き数は600ターンのソレノイド・コイルを作製した。なお、交流磁場発生装置はソレノイド・コイルに限られるものではなく、可動ミラー部10を回転させるのに十分な磁場が発生できれば良く、例えば、平面上の渦巻き形状に形成した平面スパイラル・コイルでも良い。

#### 【0025】

なお、可動ミラー部10全体の構成としては、回転外枠12及び非回転外枠14を反射ミラーを兼ねる金属ガラスで形成しても良いし、或いは、 $\text{SiO}_2$ 膜等の非磁性誘電体膜で形成しても良い。この場合は、少なくとも非回転外枠14の下部に基板21が存在して

10

20

30

40

50

いる。基板 21 としては、単結晶シリコン基板が典型的なものであるが、ガラス基板や石英基板を用いても良い。

【0026】

硬質磁性薄膜 22 としては、貴金属系磁性膜、特に、Fe と Pt を主成分とする磁性材料、Co と Pt を主成分とする磁性材料、或いは、Fe と Pd を主成分とする磁性材料のいずれかが望ましい。硬質磁性薄膜 22 は、厚さに制限はなく厚い方が発生するトータルの磁束量の大きさが大きくなるので、交流磁場発生装置に流す電流をより小さくすることができる。この硬質磁性薄膜 22 の厚さは、10 nm から基板 21 と同じ厚さ程度である。この場合、硬質磁性薄膜 22 は、SiO<sub>2</sub> 膜等の非磁性絶縁膜を介して 2 層構造或いは 3 層構造等の多層構造としても良く、各層の膜厚は同じでも異なった膜厚でも良く、また

10

【0027】

反射膜 23 としては、ZrCuAlNi 等の金属ガラスや Fe ベース金属ガラス、或いは、Al 膜や Au 膜、または、誘電体多層膜でも良く、光を反射するものであれば、その種類を問わない。また、反射膜 23 の上面、反射膜 23 と硬質磁性薄膜 22 との間、硬質磁性薄膜 22 と基板 21 との間、及び基板 21 の底面に、例えば、保護膜として SiO<sub>2</sub> 膜を形成しても良い。

20

【0028】

なお、可動ミラー部 10 を反射ミラーに入射する光ビームを発生する光源と同一基板に集積する場合には、交流磁場発生装置に光走査信号を印加しない状態で可動ミラー部 10 の反射面を基板 21 の主面に対して、即ち、入射する光ビームに対して 45° ± 30° 内の範囲で傾けるようにすることが望ましい。このように、可動ミラー部 10 を傾ける方法としては、光ビームに対して機械的な外部の力で反射部 20 及び回転外枠 12 を所定の角度、例えば、45° 傾けて置き、第 2 のヒンジ 13 に絞り込んだレーザビームを照射して第 2 のヒンジ 13 を局所的に加熱して反射部 20 及び回転外枠 12 を 45° 傾けた状態のままとする方法がある。

【0029】

別の方法としては、磁氣的に可動ミラー部 10 を傾けても良い。図 5 は、磁氣的に可動ミラー部 10 を傾ける方法の説明図である。図 5 (a) は直流バイアスにより可動ミラー部を傾ける場合の説明図である。交流磁場発生装置 31 に定常的に直流バイアス電流を流すことによって、反射部 20 の磁化の N 極と直流バイアス電流によって発生する交流磁場発生装置 31 の N 極との反応により光ビームに対して 45° 傾けることができる。その結果、この直流電流に加え、交流の信号を流すことによって、傾いた 45° を中心に反射部 20 を回転させることができる。なお、この場合には、硬質磁性薄膜 22 の保磁力を、直流バイアス電流により発生する磁場と交流電流により発生する磁場との合成磁場の 5 倍以上になるように設定する。

30

【0030】

図 5 (b) は、永久磁石により傾ける場合の説明図である。永久磁石 32 を可動ミラー部 10 の下に配置することにより、可動ミラー部 10 を傾けることができる。この場合には、硬質磁性薄膜 22 の保磁力を、永久磁石 32 が発生する磁場と交流磁場発生装置 31 が発生する磁場との合成磁場の 5 倍以上になるように設定する。なお、図 5 (a) の場合を含めて、可動ミラー部として図 4 に示した構成を採用して、逆方向に 45° 傾けて光ビームを基板 21 の板側に反射することも可能である。この場合には、硬質磁性薄膜 22 自体を反射膜として用いて、金属ガラス膜等からなる反射膜 23 をヒンジを構成する部材として用いれば良い。

40

【0031】

また、交流磁場発生装置 31 の中心軸を、反射部 20 の中心部から、光ビームの光軸方向に沿って所定間隔 d だけずらすことによって、交流磁場発生装置 31 の中心軸と反射部

50

20の中心部が一致する場合に比べて、直流電流の強度を5割低減することが可能になる。例えば、 $d = 1\text{ mm}$ ずらすことによって、交流磁場発生装置31の中心軸と反射部20の中心部が一致する場合に比べて、直流電流の強度を5割低減することが可能になる。

【0032】

上述の2次元光り走査ミラー装置を作製するためには、基板21上に硬質磁性薄膜22を成膜したのち、硬質磁性薄膜22を磁場中で着磁し、着磁した硬質磁性薄膜22を加工して可動ミラー部10を形成すれば良い。この場合、可動ミラー部20を形成したのち、硬質磁性薄膜22を可動ミラー部20の光走査回転軸に対して $45^\circ \pm 30^\circ$ 内の範囲の角度の磁化方向が得られるように着磁することが望ましい。

【0033】

なお、堆積したままの状態の硬質磁性薄膜は、保磁力が小さいので着磁工程の前にアニールすることが望ましい。アニール温度範囲は、200 ~ 1100の間で最適化すれば良い。また、着磁工程は、ミラー構造を形成する前に行うことが望ましい。回転外枠12及び反射部20は夫々第2ヒンジ13及び第1のヒンジ11のみで支持しているため、着磁の際に必要な大きな磁場を印加すると機械的なストレスが発生してミラー構造を破損してしまう。

【0034】

なお、硬質磁性薄膜22の着磁方向を容易に制御するために、硬質磁性薄膜の下に下地層として配向制御膜を設けても良い。或いは、配向制御膜を設けない場合には、下地となる $\text{SiO}_2$ 膜等に溝また凹凸をつけるテクスチャ加工を行っても良い。

【0035】

2次元光走査装置を形成するためには、上述の2次元光走査ミラー装置に対して、基板21上に光源を設ければ良い。或いは、実装基板上に上述の2次元光走査ミラー装置をマウントするとともに、光源を2次元光走査ミラー装置に対してレーザ光を照射する位置にマウントするようにしても良い。前記この場合の光源としては、赤色レーザと、緑色レーザと、青色レーザと、赤色レーザ、緑色レーザ及び青色レーザの出力光を合波する光合波器を有する光源が望ましい。或いは、光源として、さらに黄色レーザを加えると白色を鮮やかに再現することができる。さらには、赤外線レーザを単独で、或いは、上記の多色可視レーザに加えても良い。

【0036】

図6は、本発明の実施の形態による2次元光走査装置の一例の概略的斜視図であり、可動ミラー部10を形成したに基板21に光合波器41を設け、この光合波器41に赤色レーザ42、緑色レーザ43及び青色レーザ44を結合させれば良い。可動ミラー部10が小型化されているので、光ビームを発生する光源と一体化した場合にも、一体化後の全体のサイズも小さくできる。特に、光ビームが半導体レーザや光合波器から出射する光源の場合、それらの半導体レーザや光合波器は、 $\text{Si}$ 基板や金属プレート基板の上に形成すれば良いので、これら基板上に光源と2次元光走査ミラー装置を形成することによって、一体化後の全体のサイズも小さくできる効果がある。

【0037】

画像投影装置を形成するためには、上述の2次元走査装置と、磁場発生装置30に2次元光走査信号を印加して光源から出射された出射光を2次元的に走査する2次元走査制御部と、走査された出射光を被投影面に投影する画像形成部とを組み合わせれば良い。なお、画像投影装置としては、眼鏡型網膜走査ディスプレイ（例えば、特許文献4参照）が典型的なものである。

【0038】

図7は、本発明の実施の形態による画像投影装置の概略的構成図であり、画像投影装置としては、眼鏡型網膜走査ディスプレイ（例えば、特許文献4参照）が典型的なものである。本発明の実施の形態による画像投影装置は、例えば、メガネ型の装着具などを用いて使用者の頭部に装着される（例えば、特許文献5参照）。

【0039】

10

20

30

40

50



制御ユニット50は、制御部51、操作部52、外部インターフェース(I/F)53、Rレーザドライバ54、Gレーザドライバ55、Bレーザドライバ56及び2次元走査ドライバ57を有している。制御部51は、例えば、CPU、ROM、RAMを含むマイコンなどで構成される。制御部51は、PCなどの外部機器から外部I/F53を介して供給される画像データに基づいて、画像を合成するための要素となるR信号、G信号、B信号、水平信号及び垂直信号を発生する。制御部51は、R信号をRレーザドライバ54に、G信号をGレーザドライバ55に、B信号をBレーザドライバ56に、それぞれ送信する。また、制御部51は、水平信号及び垂直信号を2次元走査ドライバ57に送信し、磁場発生装置30に印加する電流を制御して可動ミラー部10の動作を制御する。

【0040】

Rレーザドライバ54は、制御部51からのR信号に応じた光量の赤色レーザ光を発生させるように赤色レーザ42を駆動する。Gレーザドライバ55は、制御部51からのG信号に応じた光量の緑色レーザ光を発生させるように、緑色レーザ43を駆動する。Bレーザドライバ56は、制御部51からのB信号に応じた光量の青色レーザ光を発生させるように、青色レーザ44を駆動する。各色のレーザ光の強度比を調整することによって、所望の色を有するレーザ光が合成可能となる。

【0041】

赤色レーザ42、緑色レーザ43及び青色レーザ44発生した各レーザ光は、合波器41で合波されたのち、可動ミラー部10で2次元的に走査される。走査された合波レーザ光は、凹面反射鏡58で反射されて瞳孔59を介して網膜60に結像される。

【0042】

本発明の実施の形態においては、可動ミラー部20に硬質磁性薄膜22、特に、2次元走査に望ましい100kA/m以上の保磁力を有し、保磁力に対する磁場発生装置30が発生する磁場の比が0.2以下となる硬質磁性薄膜22を用いているのでミラー特性を劣化することなく、薄膜でも十分な磁場による回転力を確保することができ、可動ミラー部20の構造を複雑にすることなく、小型化することができる。また、上述の特許文献3や非特許文献1に示された可動磁石方式のように、ミラーの周辺に磁石をはめ込む必要がなく、可動ミラー部の構造を単純化でき、且つ、小型化が可能になる。

【実施例1】

【0043】

次に、図8乃至図13を参照して、本発明の実施例1の2次元光走査ミラー装置を説明する。図8は、本発明の実施例1の2次元光走査ミラー装置の概略的斜視図であり、可動ミラー部70と、可動ミラー部70を駆動するソレノイド・コイル90を備えている。可動ミラー部70は、反射部80と、反射部80を一对のヒンジ81で支持する回転外枠82と、回転外枠82をヒンジ81と直交する方向に設けた一对のヒンジ83で支持する非回転外枠84とを有している。

【0044】

この場合、ヒンジ81が高速走査用回転軸となり、ヒンジ83が低速走査用回転軸となる。反射部80に設けたFe-Pt薄膜からなる硬質磁性薄膜は、互いに直交する高速走査用回転軸と低速走査用回転軸に対して、磁化方向が45°となるように磁化している。このように、磁化方向を両走査軸と45°傾けることによって、単一のソレノイド・コイル90によって、2軸走査が可能となる。この場合、各走査軸と45°傾いた可動ミラー部70の磁化による磁力線の各走査軸と直交する成分が、ソレノイド・コイル90の磁場と反発・引合いを起し、各走査軸の周りで一定の角度内で往復振動する。

【0045】

このように、磁気力のみで2軸走査を行う点が、本発明の実施例1の2次元光走査ミラー装置の特徴である。ソレノイド・コイル90に流す交流電流は、図中に示したように、周波数の小さい低速走査軸信号と周波数の大きい高速走査信号の重畳した交流を用いる。

【0046】

ここで、高速走査については、その走査周波数が、可動ミラー部70の回転軸となるヒ

10

20

30

40

50

ンジ 8 1 の周りの固有回転周波数（ミラー部分の形状、質量、回転軸のバネ定数等で決定される）の近辺になるように調整することによって、効率的にミラーを回転させることができる。一方、低速走査については、低速走査用回転軸となるヒンジ 8 3 の周りの回転の固有周波数の近辺に必ずしも一致させなくとも、低速走査は可能である。ただし、低速走査用回転軸の周りの回転の固有周波数の近辺を用いても勿論良い。

【 0 0 4 7 】

ここでは、高速走査用回転軸となるヒンジ 8 1 で反射部 8 0 を支え、低速走査用回転軸となるヒンジ 8 3 で回転外枠 8 2 を支える構造になっているが、逆にヒンジ 8 1 を低速走査用回転軸として反射部 8 0 を支え、ヒンジ 8 3 を高速走査用回転軸として、回転外枠 8 2 を支える構造でも良い。

10

【 0 0 4 8 】

図 9 は、本発明の実施例 1 の 2 次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の概略的説明図であり、図 9 ( a ) は上面図であり、図 9 ( b ) は図 9 ( a ) における A - A を結ぶ一点鎖線に沿った断面図である。反射部 8 0 のサイズ及び可動ミラー部 7 0 全体のサイズは任意であるが、ここでは、反射部 8 0 のサイズを  $500\ \mu\text{m} \times 300\ \mu\text{m}$  とし、可動ミラー部 7 0 のサイズは、 $2.7\ \text{mm} \times 2.5\ \text{mm}$  である。Si 基板 7 1 を用いて  $\text{SiO}_2$  膜 7 2 を介して  $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$  薄膜 7 4 を設け、反射部 8 0、ヒンジ 8 1、回転外枠 8 2、ヒンジ 8 3 及び非回転外枠 8 4 を金属ガラス膜 7 5 で形成している。なお、 $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$  薄膜 7 4 に接する  $\text{SiO}_2$  膜の反対側の面には Si 層を機械的強度を保つミラー下部基板 7 6 として残存させる。

20

【 0 0 4 9 】

次に、図 1 0 乃至図 1 2 を参照して、本発明の実施例 1 の 2 次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の製造工程を説明する。まず、図 1 0 ( a ) に示すように、厚さが  $500\ \mu\text{m}$  で主面が ( 1 0 0 ) 面のシリコン基板 7 1 を大気中  $1000^\circ\text{C}$  で 1 時間加熱し、厚さが  $100\ \text{nm} \sim 150\ \text{nm}$  の  $\text{SiO}_2$  膜 7 2、7 3 を形成する。ここでは、 $\text{SiO}_2$  膜 7 2 の膜厚は  $100\ \text{nm}$  とする。

【 0 0 5 0 】

次いで、図 1 0 ( b ) に示すように、電子ビーム加熱蒸着法により、厚さが  $142\ \text{nm}$  の  $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$  薄膜 7 4 を堆積する。次いで、真空中で赤外線照射してアニールすることで  $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$  薄膜 7 4 を合金化する。ここでは、加熱温度を  $650^\circ\text{C}$  とし、加熱時間を 15 分とする。次いで、 $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$  薄膜 7 4 を Si 基板 7 1 の  $\langle 011 \rangle$  方向に磁場を印加して着磁する。なお、着磁は、磁場強度 5 テスラ、着磁時間を 3 分とする。

30

【 0 0 5 1 】

次いで、図 1 0 ( c ) に示すように、イオンミリング法を用いて、 $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$  薄膜 7 4 を図 8 に示した回転外枠 8 2 及び反射部 8 0 に対応する形状に加工する。この時、ヒンジ 8 1、8 3 の方向、即ち、ミラー部分の光走査回転軸を、Si 基板 7 1 の  $\langle 010 \rangle$  方向と一致させることによって、磁化方向はヒンジ 8 1、8 3 に対して  $45^\circ$  となる。次いで、図 1 1 ( d ) に示すように、パuffァード HF を用いて、 $\text{SiO}_2$  膜 7 3 を Si 基板 7 1 の外周部のみに残すようにエッチング除去する。

40

【 0 0 5 2 】

次いで、図 1 1 ( e ) に示すように、リフトオフ法を用いて反射部 8 0、ヒンジ 8 1、回転外枠 8 2、ヒンジ 8 3 及び非回転外枠 8 4 に対応する形状の金属ガラス膜 7 5 を形成する。金属ガラス膜 7 5 は、 $0.4\ \text{Pa}$  の減圧雰囲気中で、スパッタリング法を用いて  $\text{Zr}_{75}\text{Cu}_{30}\text{Al}_{10}\text{Ni}_5$  を  $10\ \mu\text{m}$  の厚さに成膜する。なお、金属ガラス膜 7 5 の膜厚は、反射部 2 0 の形状、質量、回転部のバネ定数等で決まる固有回転周波数に依存し、概ね  $2\ \mu\text{m} \sim 50\ \mu\text{m}$  であるが、ここでは、 $10\ \mu\text{m}$  とする。

【 0 0 5 3 】

次いで、図 1 1 ( f ) に示すように、Si 基板 7 1 の底面側を  $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$  薄膜 7 4 のパターンに対応するようにエッチングする。次いで、図 1 2 ( g ) に示すように、S

50

$\text{SiO}_2$  膜 73 をマスクとしてドライエッチングにより  $\text{Si}$  基板 71 の底面側をエッチングして  $\text{SiO}_2$  膜 72 を部分的に露出させる。この時、 $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$  薄膜 74 の底面側には  $100\text{nm}$  程度の  $\text{Si}$  層がミラー下部基板 76 として残存する。

【0054】

次いで、図 12 (h) に示すように、バッファード HF を用いて  $\text{SiO}_2$  膜 72 の露出部を完全にエッチングすることによって、ヒンジ 81, 83 が金属ガラス膜 75 のみとなる。次いで、図 12 (i) に示すように、 $\text{Si}$  基板 71 をダイシングすることによって 2 次元光走査ミラー装置を切り出すことによって、本発明の実施例 1 の 2 次元走査ミラー装置の可動ミラー部 70 の基本構造が完成する。

【0055】

図 13 は、実施例 1 で作成した  $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$  薄膜の磁気ヒステリシス曲線である。図 13 に示すように、面内方向保磁力は、 $800\text{kA/m}$  ( $10\text{kOe}$  程度) であり、残留磁化は、 $0.8$  テスラ程度であり、薄膜を用いても十分な保磁力が得られた。また、角形比 = 残留磁束密度  $B_r$  / 最大磁束密度  $B_m$   $0.82$  であった。

【0056】

図 8 に示すように、この可動ミラー部 70 の下にソレノイド・コイル 90 を設置することによって、2 次元光走査ミラー装置となる。ソレノイド・コイル 90 の大きさは、外径が  $5\text{mm}$ 、高さが  $3\text{mm}$  で、導線の巻き数は  $800$  ターンである。ソレノイド・コイル 90 は、可動ミラー部 70 の外周の  $\text{Si}$  基板 71 上に接着剤を用いて直接接し、ソレノイド・コイル 90 の中心部が、反射部の中心と一致するように接着剤を用いて固着した。

【0057】

この 2 次元光走査ミラー装置に実際にレーザービームを照射して、反射した光をスクリーン上に投影し、光ビームの振れ角を評価した。その結果、縦方向に  $30^\circ$  で横方向に  $5^\circ$  のビーム振れ角が、動作電圧  $2\text{V}$  で得られた。

【0058】

特性の外部環境およびミラーの繰り返し使用による影響を調べた。具体的な外部環境としては、外気温度と外部磁場を選び、それぞれに対する特性の変化を求めた。その結果、外部温度が上昇しても、特性の変化はなかった。また、外部磁場として、理科教育用の棒磁石 (磁場の大きさが、 $50\text{kA/m}$  程度) を、光ミラー装置に接近させた後でも特性の変化は認められなかった。一方、ミラーの繰り返し使用による影響を調べるため、光走査ミラー装置を 1 ヶ月連続動作した後の動作特性の変化を調べた。その結果、1 ヶ月連続動作した後でも、光ビームの振れ角を評価した結果、縦方向に  $30^\circ$ 、横方向に  $5^\circ$  のビーム振れ角が、動作電圧  $2\text{V}$  で得られ、動作特性の劣化は認められなかった。

【0059】

比較のために、実施例 1 と同じ  $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$  薄膜を成膜後にアニール処理しないで作成した 2 次元光走査ミラー装置の特性を評価した。この場合の保磁力は、 $10\text{kA/m}$  であったが、光走査ミラー装置を作製した直後の特性は、アニール処理し保磁力が  $800\text{kA/m}$  の場合と同じであった。しかし、外部磁場として、理科教育用の棒磁石 (磁場の大きさが、 $50\text{kA/m}$  程度) を、2 次元光走査ミラー装置に接近させた後で特性を測定すると、印加電圧が  $2\text{V}$  では、縦方向に  $15^\circ$ 、横方向に  $1^\circ$  のビーム振れ角が得られたが、この場合、磁性薄膜をアニールした光走査ミラー装置よりは、外部磁場による外部環境特性が悪くなっている。また、2 次元光走査ミラー装置を 1 ヶ月連続動作した後の動作特性に関しても、動作特性の劣化が認められた。

【0060】

さらに比較のために実施例 1 と同じ  $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$  薄膜を成膜後にアニール処理し、次いで、室温で  $180\text{keV}$  の  $^{20}\text{Ne}^+$  イオンを照射して作製した 2 次元光走査ミラー装置の特性を評価した。この場合の保磁力は、 $100\text{kA/m}$  であった。印加電圧が  $2\text{V}$  では、縦方向に  $30^\circ$ 、横方向に  $5^\circ$  のビーム振れ角が得られ、磁性薄膜をアニールした光走査ミラー装置と同じ特性が得られた。また、外部磁場として、理科教育用の棒磁石 (磁場の大きさが、 $50\text{kA/m}$  程度) を、光ミラー装置に接近させた後で特性を測定する

10

20

30

40

50

と、印加電圧が2Vでは、縦方向に30°、横方向に5°のビーム振れ角が得られ、この場合も、磁性薄膜をアニールした光走査ミラー装置と同じ特性が得られた。光走査ミラー装置を1ヵ月連続動作した後の動作特性に関しても、動作特性の劣化は認められなかった。

#### 【0061】

これらの結果から、磁性薄膜の保磁力は、100kA/m以上あれば、温度や外部磁場などの一般的な外部環境の変化およびミラーの繰り返し使用による影響がないことが分かり、保磁力は実用的な電磁駆動型光走査ミラーの特性にとって重要なパラメーターであることを明らかにした。また、実施例1に示した2次元光走査ミラー装置のように小型化された場合の具体的な必要保磁力は、100kA/m以上であることも明らかにできた。

10

#### 【0062】

実施例1においては磁性体として、硬質磁性膜を用いているので、薄膜であっても十分な保磁力と磁場による回転力を確保することができ、その結果、ミラー特性を劣化することなく、また、可動ミラー部の構造を単純化且つ小型化することができ、2次元光走査ミラー装置の全体サイズを小型化することが可能になる。

#### 【実施例2】

#### 【0063】

次に、図14を参照して、本発明の実施例2の2次元光走査ミラー装置を説明するが、硬質磁性薄膜として、 $Fe_{56}Pt_{44}$ 薄膜の代わりに $Co_{80}Pt_{20}$ 薄膜を用いた以外は上記の実施例1と同様であるので、可動ミラー部の構造のみ図示する。図14は、本発明の実施例2の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の概略的説明図であり、図14(a)は上面図であり、図14(b)は図14(a)におけるA-Aを結ぶ一点鎖線に沿った断面図である。反射部80のサイズ及び可動ミラー部70全体のサイズは任意であるが、ここでは、反射部80のサイズを $500\mu m \times 300\mu m$ とし、可動ミラー部70のサイズは、 $2.7mm \times 2.5mm$ である。Si基板71を用いて $SiO_2$ 膜72を介して厚さが160nmの $Co_{80}Pt_{20}$ 薄膜77を設け、反射部80、ヒンジ81、回転外枠82、ヒンジ83及び非回転外枠84を金属ガラス膜75で形成している。なお、 $Co_{80}Pt_{20}$ 薄膜77に接する $SiO_2$ 膜の反対側の面にはSi層をミラー下部基板76として設けている。

20

#### 【0064】

この $Co_{80}Pt_{20}$ 薄膜77は、成膜後、真空中で温度670°で、15分のアニール処理を行った。この $Co_{80}Pt_{20}$ 薄膜77の面内方向保磁力は、200kA/m程度である。また、残留磁化は、0.6テスラ程度である。また、この $Co_{80}Pt_{20}$ 薄膜77への着磁は、磁場強度5テスラ、着磁時間3分で実施した。

30

#### 【0065】

この実施例2の2次元光走査ミラー装置に、図8と同様に、同じ構成のソレノイド・コイルを設置した。コイルの大きさは、外径が5mm、高さが3mmで、導線の巻き数は、800ターンである。この2次元光走査ミラー装置にレーザビームを照射して、反射した光をスクリーン上に投影し、光ビームの振れ角を評価したところ、実施例1と同様な効果が得られた。また、外部磁場として、理科教育用の棒磁石(磁場の大きさが、50kA/m程度)を、2次元光走査ミラー装置に接近させた後で特性を測定すると、多少の劣化が見られた。また、2次元光走査ミラー装置を1ヵ月連続動作した後の動作特性に関しても、動作特性の劣化が認められたが実用には支障のない範囲である。これらの結果から、磁性薄膜の保磁力は、100kA/m以上あれば、温度や外部磁場などの一般的な外部環境の変化およびミラーの繰り返し使用による影響がないことが分る。

40

#### 【実施例3】

#### 【0066】

次に、図15を参照して、本発明の実施例3の2次元光走査ミラー装置を説明するが、硬質磁性薄膜として、 $Fe_{56}Pt_{44}$ 薄膜の代わりに $Co_{80}Pd_{20}$ 薄膜を用いた以外は上記の実施例1と同様であるので、可動ミラー部の構造のみ図示する。図15は、本

50

発明の実施例 2 の 2 次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の概略的説明図であり、図 1 5 ( a ) は上面図であり、図 1 5 ( b ) は図 1 5 ( a ) における A - A を結ぶ一点鎖線に沿った断面図である。反射部 8 0 のサイズ及び可動ミラー部 7 0 全体のサイズは任意であるが、ここでは、反射部 8 0 のサイズを  $500\ \mu\text{m} \times 300\ \mu\text{m}$  とし、可動ミラー部 7 0 のサイズは、 $2.7\ \text{mm} \times 2.5\ \text{mm}$  である。Si 基板 7 1 を用いて  $\text{SiO}_2$  膜 7 2 を介して厚さが  $150\ \text{nm}$  の  $\text{Co}_{80}\text{Pd}_{20}$  薄膜 7 8 を設け、反射部 8 0、ヒンジ 8 1、回転外枠 8 2、ヒンジ 8 3 及び非回転外枠 8 4 を金属ガラス膜 7 5 で形成している。なお、 $\text{Co}_{80}\text{Pd}_{20}$  薄膜 7 8 に接する  $\text{SiO}_2$  膜の反対側の面には Si 層をミラー下部基板 7 6 として設けている。

#### 【0067】

この  $\text{Co}_{80}\text{Pd}_{20}$  薄膜 7 8 は、成膜後、真空中で温度  $650$  で、15 分のアニール処理を行った。この  $\text{Co}_{80}\text{Pd}_{20}$  薄膜 7 8 の面内方向保磁力は、 $160\ \text{kA/m}$  程度である。また、残留磁化は、 $0.5$  テスラ程度である。また、この  $\text{Co}_{80}\text{Pd}_{20}$  薄膜 7 8 への着磁は、磁場強度 5 テスラ、着磁時間 3 分で実施した。

#### 【0068】

この実施例 3 の 2 次元光走査ミラー装置に、図 8 と同様に、同じ構成のソレノイド・コイルを設置した。コイルの大きさは、外径が  $5\ \text{mm}$ 、高さが  $3\ \text{mm}$  で、導線の巻き数は、800 ターンである。この 2 次元光走査ミラー装置にレーザビームを照射して、反射した光をスクリーン上に投影し、光ビームの振れ角を評価したところ、実施例 1 と同様な効果が得られた。また、外部磁場として、理科教育用の棒磁石（磁場の大きさが、 $50\ \text{kA/m}$  程度）を、2 次元光走査ミラー装置に接近させた後で特性を測定すると、多少の劣化が見られた。また、2 次元光走査ミラー装置を 1 ヶ月連続動作した後の動作特性に関しても、動作特性の劣化が認められたが実用には支障のない範囲である。これらの結果からも、磁性薄膜の保磁力は、 $100\ \text{kA/m}$  以上あれば、温度や外部磁場などの一般的な外部環境の変化およびミラーの繰り返し使用による影響がないことが分る。

#### 【実施例 4】

#### 【0069】

次に、図 1 6 を参照して、本発明の実施例 4 の 2 次元光走査ミラー装置を説明するが、硬質磁性薄膜として、 $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$  薄膜を 2 層積層構造にした以外は上記の実施例 1 と同様であるので、可動ミラー部の構造のみ図示する。図 1 6 は、本発明の実施例 4 の 2 次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の概略的説明図であり、図 1 6 ( a ) は上面図であり、図 1 6 ( b ) は図 1 6 ( a ) における A - A を結ぶ一点鎖線に沿った断面図である。反射部 8 0 のサイズ及び可動ミラー部 7 0 全体のサイズは任意であるが、ここでは、反射部 8 0 のサイズを  $500\ \mu\text{m} \times 300\ \mu\text{m}$  とし、可動ミラー部 7 0 のサイズは、 $2.7\ \text{mm} \times 2.5\ \text{mm}$  である。

#### 【0070】

Si 基板 7 1 を用いて  $\text{SiO}_2$  膜 7 2 を介して厚さが  $140\ \text{nm}$  の  $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$  薄膜 7 4<sub>1</sub>、厚さが  $70\ \text{nm}$   $\text{SiO}_2$  膜 7 9 及び厚さが  $140\ \text{nm}$  の  $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$  薄膜 7 4<sub>2</sub> を設け、反射部 8 0、ヒンジ 8 1、回転外枠 8 2、ヒンジ 8 3 及び非回転外枠 8 4 を金属ガラス膜 7 5 で形成している。なお、 $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$  薄膜 7 4<sub>1</sub> に接する  $\text{SiO}_2$  膜 7 2 の反対側の面には Si 層をミラー下部基板 7 6 として設けている。

#### 【0071】

この場合の面内方向保磁力及び残留磁化は実施例 1 の場合とほぼ同じであり、ビーム振れ角は実施例 1 に比べて良い特性が得られた。なお、実施例 4 のように、硬質磁性薄膜を 2 層構造にすることによって、外部に発生する磁場が大きくなる。

#### 【実施例 5】

#### 【0072】

次に、図 1 7 を参照して、本発明の実施例 5 の 2 次元光走査ミラー装置を説明するが、硬質磁性薄膜として、 $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$  薄膜を多層積層構造にした以外は上記の実施例 1 と同様であるので、可動ミラー部の構造のみ図示する。図 1 7 は、本発明の実施例 5 の 2

10

20

30

40

50

次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の概略的説明図であり、図17(a)は上面図であり、図17(b)は図17(a)におけるA-Aを結ぶ一点鎖線に沿った断面図である。反射部80のサイズ及び可動ミラー部70全体のサイズは任意であるが、ここでは、反射部80のサイズを $500\mu\text{m} \times 300\mu\text{m}$ とし、可動ミラー部70のサイズは、 $2.7\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ である。

【0073】

Si基板71を用いて $\text{SiO}_2$ 膜72を介して厚さが $120\text{nm}$ の $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$ 薄膜74<sub>3</sub>、厚さが $70\text{nm}$ の $\text{SiO}_2$ 膜79<sub>1</sub>、厚さが $120\text{nm}$ の $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$ 薄膜74<sub>4</sub>、厚さが $5\text{nm}$ の $\text{SiO}_2$ 膜79<sub>2</sub>、及び、厚さが $120\text{nm}$ の $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$ 薄膜74<sub>5</sub>を順次成膜する。反射部80、ヒンジ81、回転外枠82、ヒンジ83及び非回転外枠84を金属ガラス膜75で形成している。なお、 $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$ 薄膜74<sub>1</sub>に接する $\text{SiO}_2$ 膜72の反対側の面にはSi層をミラー下部基板76として設けている。

10

【0074】

この場合の面内方向保磁力及び残留磁化は実施例1の場合とほぼ同じであり、ビーム振れ角は実施例1に比べて良い特性が得られた。さらに、硬質磁性薄膜を $\text{SiO}_2$ 膜を介して4層構造にした場合も同様の特性が得られる。実施例5のように、硬質磁性薄膜を多層構造にすることによって、外部に発生する磁場が大きくなる。

【実施例6】

【0075】

次に、図18を参照して、本発明の実施例6の2次元光走査ミラー装置を説明するが、硬質磁性薄膜として、 $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$ 薄膜の膜厚以外は上記の実施例1と同様であるので、可動ミラー部の構造のみ図示する。図18は、本発明の実施例6の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の概略的説明図であり、図18(a)は上面図であり、図18(b)は図18(a)におけるA-Aを結ぶ一点鎖線に沿った断面図である。反射部80のサイズ及び可動ミラー部70全体のサイズは任意であるが、ここでは、反射部80のサイズを $500\mu\text{m} \times 300\mu\text{m}$ とし、可動ミラー部70のサイズは、 $2.7\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ である。

20

【0076】

ここでは、 $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$ 薄膜74の膜厚を $88\text{nm}$ 、 $210\text{nm}$ 、 $460\text{nm}$ 、及び、 $580\text{nm}$ とした。実施例1と同様のビーム振れ角を得るための駆動電圧は膜厚が厚くなるほど低下するが、基本的な特性が実施例1と同様である。

30

【実施例7】

【0077】

次に、図19乃至図21を参照して、本発明の実施例7の2次元光走査ミラー装置を説明するが製造工程手順が異なるだけで、基本的な構造及び製造方法は上記の実施例1と同様であるので、製造工程のみを説明する。まず、図19(a)に示すように、厚さが $0.4\text{mm}$ で主面が(100)面のシリコン基板71を大気中1000で1時間加熱し、厚さが $10\text{nm} \sim 150\text{nm}$ の $\text{SiO}_2$ 膜72, 73を形成する。ここでは、 $\text{SiO}_2$ 膜72の膜厚は $100\text{nm}$ とする。

【0078】

次いで、図19(b)に示すように、電子ビーム加熱蒸着法により、厚さが $142\text{nm}$ の $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$ 薄膜74を堆積する。次いで、真空中で赤外線照射してアニールすることで $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$ 薄膜74を合金化する。ここでは、加熱温度を $650$ とし、加熱時間を15分とする。次いで、 $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$ 薄膜74をSi基板71の $\langle 011 \rangle$ 方向に磁場を印加して着磁する。なお、着磁は、磁場強度5テスラ、着磁時間を3分とする。

40

【0079】

次いで、図19(c)に示すように、イオンミリング法を用いて、 $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$ 薄膜74を図8に示した回転外枠82及び反射部80に対応する形状に加工する。この時、ヒンジ81, 83の方向、即ち、ミラー部分の光走査回転軸を、Si基板71の $\langle 010$

50

> 方向と一致させることによって、磁化方向はヒンジ 8 1 , 8 3 に対して 4 5 ° となる。次いで、図 2 0 ( d ) に示すように、バッファード HF を用いて、 $\text{SiO}_2$  膜 7 3 を  $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$  薄膜 7 4 及び  $\text{Si}$  基板 7 1 の外周部に対応するパターンにエッチングする。

【 0 0 8 0 】

次いで、図 2 0 ( e ) に示すように、リフトオフ法を用いて反射部 8 0 、ヒンジ 8 1 、回転外枠 8 2 、ヒンジ 8 3 及び非回転外枠 8 4 に対応する形状の金属ガラス膜 7 5 を形成する。金属ガラス膜 7 5 は、0 . 4 Pa の減圧雰囲気中で、スパッタリング法を用いて  $\text{Zr}_{75}\text{Cu}_{30}\text{Al}_{10}\text{Ni}_5$  を 1 0  $\mu\text{m}$  の厚さに成膜する。

【 0 0 8 1 】

次いで、図 2 0 ( f ) に示すように、 $\text{Si}$  基板 7 1 の底面側を  $\text{SiO}_2$  膜 7 3 をマスクとして  $\text{SiO}_2$  膜 7 2 が部分的に露出するまでエッチングする。次いで、図 2 1 ( g ) に示すように、バッファード HF を用いて周辺部に残存させた  $\text{SiO}_2$  膜 7 3 以外を除去する。

10

【 0 0 8 2 】

次いで、図 2 1 ( h ) に示すように、周辺部に残存させた  $\text{SiO}_2$  膜 7 3 をマスクとして、 $\text{Si}$  基板 7 1 をエッチングして、厚さが 1 0 0  $\mu\text{m}$  の  $\text{Si}$  層をミラー下部基板 7 6 として残存させる。次いで、図 2 1 ( i ) に示すように、バッファード HF を用いて  $\text{SiO}_2$  膜 7 2 の露出部を完全にエッチングすることによって、ヒンジ 8 1 , 8 3 が金属ガラス膜 7 5 のみとなる。次いで、 $\text{Si}$  基板 7 1 をダイシングすることによって 2 次元光走査ミラー装置を切り出すことによって、本発明の実施例 7 の 2 次元走査ミラー装置の可動ミラー部 7 0 の基本構造が完成する。

20

【 0 0 8 3 】

この実施例 7 も製造工程は異なるものの、最終的な構造は上記の実施例 1 と同じ構造であるので、上記の実施例 1 と同じ特性が得られる。

【 実施例 8 】

【 0 0 8 4 】

次に、図 2 2 を参照して、本発明の実施例 8 の 2 次元光走査ミラー装置を説明するが、実施例 1 のように厚さ 1 0 0 nm 程度の  $\text{SiO}_2$  膜 7 2 を形成せず、 $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$  薄膜 7 4 を反射膜として用いた以外は上記の実施例 1 と同様であるので、可動ミラー部の構造のみ図示する。図 2 2 は、本発明の実施例 8 の 2 次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の概略的説明図であり、図 2 2 ( a ) は上面図であり、図 2 2 ( b ) は図 2 2 ( a ) における A - A を結ぶ一点鎖線に沿った断面図である。反射部 8 0 のサイズ及び可動ミラー部 7 0 全体のサイズは任意であるが、ここでは、反射部 8 0 のサイズを 5 0 0  $\mu\text{m}$  × 3 0 0  $\mu\text{m}$  とし、可動ミラー部 7 0 のサイズは、2 . 7 mm × 2 . 5 mm である。

30

【 0 0 8 5 】

図 2 2 に示すように、 $\text{Si}$  基板 7 1 に極めて薄い  $\text{SiO}_2$  膜 ( 図示は省略 ) を介して  $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$  薄膜 7 4 を設け、 $\text{Si}$  基板 7 1 の底面側をエッチングして  $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$  薄膜 7 4 のパターンに対応する部分及びヒンジ 8 1 、回転外枠 8 2 、ヒンジ 8 3 及び非回転外枠 8 4 に対応する部分を厚さが 1 0 0  $\mu\text{m}$  の  $\text{Si}$  層をミラー下部基板 7 6 として残存させる。この場合も、上記の実施例 1 とほぼ同様の特性が得られる。

40

【 実施例 9 】

【 0 0 8 6 】

次に、図 2 3 を参照して、本発明の実施例 9 の 2 次元光走査ミラー装置を説明するが、 $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$  薄膜 7 4 を反射膜として用いた以外は上記の実施例 1 と基本的に同様であるので、可動ミラー部の構造のみ図示する。図 2 3 は、本発明の実施例 9 の 2 次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の概略的説明図であり、図 2 3 ( a ) は上面図であり、図 2 2 ( b ) は図 2 3 ( a ) における A - A を結ぶ一点鎖線に沿った断面図である。反射部 8 0 のサイズ及び可動ミラー部 7 0 全体のサイズは任意であるが、ここでは、反射部 8 0 のサイズを 5 0 0  $\mu\text{m}$  × 3 0 0  $\mu\text{m}$  とし、可動ミラー部 7 0 のサイズは、2 . 7 mm × 2 . 5 mm である。

50

## 【0087】

図23に示すように、Si基板71にSiO<sub>2</sub>膜72を介してFe<sub>56</sub>Pt<sub>44</sub>薄膜74を設け、Si基板71の底面側をエッチングして非回転外枠84の外周部にのみSi基板71を残存させる。次いで、反射部80と回転外枠82との間の領域のSiO<sub>2</sub>膜72をヒンジ81に対応する部分を除いてエッチング除去する。この場合も、上記の実施例1とほぼ同様の特性が得られる。

## 【実施例10】

## 【0088】

次に、図24を参照して、本発明の実施例10の2次元光走査装置を説明する。図24は、本発明の実施例10の2次元光走査装置の概略的斜視図である。2次元光走査ミラー部としては上記の実施例1と同じ構造の2次元光走査ミラー装置を用いる。

10

## 【0089】

まず、厚さが500μmのSi基板101上に火炎加水分解法を用いて、厚さが15μmのSiO<sub>2</sub>膜102を形成する。次いで、SiO<sub>2</sub>膜102上に同じく火炎加水分解法で、厚さ2μmのSiO<sub>2</sub>-GeO<sub>2</sub>層(屈折率差  $n = 0.5\%$ 、 $n = (n_1 - n_2) / n_1$ で定義。n<sub>1</sub>:コアの屈折率、n<sub>2</sub>:クラッドの屈折率)を成膜する。この上に、コンタクトマスクを用いた光露光法で導波路幅が2μmの光導波路パターン104~106を形成して光合波器103とする。

## 【0090】

次いで、光導波路パターン104~106上に、全体を覆うカバー層として、厚さが20μmのSiO<sub>2</sub>膜(図示は省略)を上部クラッド層として、同じく火炎加水分解法で成膜する。なお、赤色用の光導波路パターン104及び青色用の光導波路パターン106は光入射部を直角に曲げる必要があるため、曲げる部分にGaを用いた収束イオンビーム法を用いたエッチングにより、深さ30μmの深掘りトレンチを形成し、導波した光が、トレンチ側壁で全反射するようにする。次いで、光合波器103の領域のみ残して、他の部分のSiO<sub>2</sub>膜を全てエッチングにより取り除き、Si基板101をむき出しの状態にする。

20

## 【0091】

次いで、実施例1に関して、図10乃至図12に示した工程により、2次元光走査ミラー部108を形成する。なお、この製造プロセスの基本は、Fe<sub>56</sub>Pt<sub>44</sub>薄膜の永久磁石特性が消えないように、着磁後の全てのプロセスの温度を200以下で行う。なお、図における符号107はSiO<sub>2</sub>膜である。

30

## 【0092】

次いで、赤色半導体レーザチップ109、緑色半導体レーザチップ110及び青色半導体レーザチップ111を、それぞれ光導波路パターン104~106に光が入射するように、Si基板101上にボンディングする。この時、赤色半導体レーザチップ109、緑色半導体レーザチップ110及び青色半導体レーザチップ111のレーザ出射端と光導波路パターン104~106の位置が整合するようにSi基板101を所定の深さまでエッチングする。

## 【0093】

次いで、2次元光走査ミラー装置108の反射部を駆動するソレノイド・コイル112をSi基板101の下側に配置し、接着剤を用いて、Si基板101に固定する。この時、ソレノイド・コイル112に光走査信号を印加しない状態で、反射部のミラー面が基板101の主面にほぼ平行な光ビームに対して45°傾くようにする。即ち、光ビームに対して機械的な外部の力で45°傾けて置き、金属ガラスからなるヒンジに絞り込んだレーザビーム(ビーム径70μm、出力10mW)を照射してヒンジを局所的に加熱して、45°傾いた状態に固定する。この結果、ヒンジに生じるストレスを緩和することができ、外部の力を除いても、反射部は、45°傾いたままになる。この時の機械的な外部の力は探針(カンチレバー)を用いて加えることができる。この2次元光走査装置のサイズは、縦が6mm、横が3mm、高さが3mmとなり、超小型化が達成される。

40

50



## 【 0 0 9 4 】

ソレノイド・コイル 1 1 2 に光走査信号を印加しない状態のとき、ミラー面が光ビームに対して 4 5 ° 最初から傾くようにするために、ソレノイド・コイル 1 1 2 に定常的に直流電流を流すことによって、光ビームに対して 4 5 ° 傾けても良い。その結果、この直流電流に加え、交流の信号を流すことによって、傾いた 4 5 ° を中心に走査ミラーを回転させることができる。

## 【 0 0 9 5 】

或いは、ソレノイド・コイル 1 1 2 の近傍に永久磁石を配置して、光ビームに対して 4 5 ° 傾けても良い。この場合は、ソレノイド・コイル 1 1 2 に交流の信号を流すだけで、傾いた 4 5 ° を中心に走査ミラーを回転させることができる。

10

## 【 0 0 9 6 】

実施例 1 0 においては、S i 基板に光合波器及び可動ミラー部を一体に集積化しているので、2次元光走査装置の全体サイズをコンパクトにすることが可能になり、眼鏡型網膜走査ディスプレイ用の2次元光走査装置として好適なものとなる。

## 【 実施例 1 1 】

## 【 0 0 9 7 】

次に、図 2 5 を参照して、本発明の実施例 1 1 の 2 次元光走査装置を説明するが、ソレノイド・コイルの位置以外は上記の実施例 1 0 と同様であるので、ソレノイド・コイル近傍のみを図示する。図 2 5 は、本発明の実施例 1 1 の 2 次元光走査装置のソレノイド・コイル近傍の側面図である。外径が 5 mm、高さが 3 mm で、導線の巻き数は 8 0 0 ターンのソレノイド・コイル 1 1 2 の中心軸を、2次元走査ミラー部 1 0 7 の中心部から、レーザビームの方向に 1 mm ずらして配置する。

20

## 【 0 0 9 8 】

このように、ソレノイド・コイル 1 1 2 の中心軸を、2次元走査ミラー部 1 0 7 の中心部から、レーザビームの方向に 1 mm ずらすことによって、2次元走査ミラー部 1 0 7 の磁化の端部とソレノイド・コイル 1 1 2 が近接して相互作用が大きくなる。したがって、ソレノイド・コイル 1 1 2 の中心軸と 2 次元走査ミラー部 1 0 7 の中心部が一致する場合に比べて、直流電流の強度を 5 割低減することができる。この場合も、直流電流に加え、交流の信号を流すことによって、傾いた 4 5 ° を中心に走査ミラーを回転させることができる。なお、図における符号 1 1 3 , 1 1 4 , 1 1 5 は、それぞれ、F e <sub>5 6</sub> P t <sub>4 4</sub> 薄膜、金属ガラス膜及びミラー下部基板である。

30

## 【 実施例 1 2 】

## 【 0 0 9 9 】

次に、図 2 6 を参照して、本発明の実施例 1 2 の 2 次元光走査装置を説明する。図 2 6 は、本発明の実施例 1 2 の 2 次元光走査装置の概略的斜視図である。2次元光走査ミラー部としては上記の実施例 1 と同じ構造の 2 次元光走査ミラー装置を用いる。

## 【 0 1 0 0 】

実装基板 1 2 0 上に、ソレノイド・コイル 1 3 3 を備えた 2 次元光走査ミラー装置 1 3 0 をマウントするとともに、この 2 次元光走査ミラー装置 1 3 0 に対してレーザ光を照射する位置に光源装置 1 4 0 をマウントする。この光源装置は、上記の実施例 1 0 に示した 2 次元光走査装置における光源部と同じ構造を有している。即ち、S i 基板 1 4 1 上に S i O <sub>2</sub> 膜 1 4 2 を介して光導波路パターン 1 4 4 ~ 1 4 6 を設け、その上に上部クラッド層となる S i O <sub>2</sub> 膜 ( 図示は省略 ) を設けて光合波器 1 4 3 を形成する。次いで、光合波器 1 4 3 を形成した領域以外の領域における S i O <sub>2</sub> 膜 1 4 2 を除去して S i 基板 1 4 1 を露出させる。なお、図における符号 1 3 1 , 1 3 2 は、それぞれ S i 基板及び S i O <sub>2</sub> 膜である。

40

## 【 0 1 0 1 】

次いで、赤色半導体レーザチップ 1 4 7、緑色半導体レーザチップ 1 4 8 及び青色半導体レーザチップ 1 4 9 を、それぞれ光導波路パターン 1 4 4 ~ 1 4 6 に光が入射するように、S i 基板 1 4 1 上にボンディングする。この時、赤色半導体レーザチップ 1 4 7、緑

50

色半導体レーザチップ148及び青色半導体レーザチップ149のレーザ出射端と光導波路パターン144～146の位置が整合するようにSi基板141を所定の深さまでエッチングする。

【0102】

本発明の実施例12においては、2次元光走査ミラー装置130と光源装置140を別基板に形成しているため、それぞれの製造工程に熱処理温度やエッチング条件等の制限が少なくなる。なお、実装基板としては、サファイア基板等の絶縁性基板でも良いし、金属基板でも良いし、或いは、2次元光走査ミラー装置130と光源装置140への電気的接続を考慮して、プリント配線基板等を用いても良い。

【0103】

ここで、実施例1乃至実施例12を含む本発明の実施の形態に関して、以下の付記を付す。

(付記1) 基板と、光走査回転軸を有し、前記基板に2次元光走査可能に支持された可動ミラー部と、前記可動ミラー部に設けられた硬質磁性薄膜と、前記可動ミラー部を駆動する交流磁場発生装置を少なくとも含む磁場発生装置とを有し、前記硬質磁性薄膜が膜平面方向に磁化方向を有し、前記硬質磁性薄膜の保磁力に対する前記磁場発生装置が発生する磁場の比が0.2以下である2次元光走査ミラー装置。

(付記2) 前記硬質磁性薄膜が、反射ミラーとなる付記1に記載の2次元光走査ミラー装置。

(付記3) 少なくとも前記硬質磁性薄膜の表面に反射ミラーとなる反射膜を有する付記1に記載の2次元光走査ミラー装置。

(付記4) 前記可動ミラー部が、反射部と、前記反射部を一对の第1のヒンジで支持する回転外枠と、前記回転外枠を前記第1のヒンジと直交する方向に設けた一对の第2のヒンジで支持する非回転外枠とを有している付記1乃至付記3のいずれか1に記載の2次元光走査ミラー装置。

(付記5) 前記回転外枠及び前記非回転外枠が、反射ミラーを兼ねる金属ガラスで形成されている付記4に記載の2次元光走査ミラー装置。

(付記6) 前記回転外枠及び前記非回転外枠が、非磁性誘電体膜で形成され、且つ、前記硬質磁性薄膜が前記反射部及び前記回転外枠上に設けられている付記4に記載の2次元光走査ミラー装置。

(付記7) 前記硬質磁性薄膜の保磁力が100kA/m以上であることを特徴とする付記1乃至付記6のいずれか1に記載の2次元光走査ミラー装置。

(付記8) 前記硬質磁性薄膜が、FeとPtを主成分とする磁性材料、CoとPtを主成分とする磁性材料、或いは、FeとPdを主成分とする磁性材料のいずれかである付記1乃至付記7のいずれか1に記載の2次元光走査ミラー装置。

(付記9) 前記硬質磁性薄膜の磁化方向が、前記可動ミラー部の前記光走査回転軸に対して $45^\circ \pm 30^\circ$ 内の範囲の角度である付記1乃至付記8のいずれか1に記載の2次元光走査ミラー装置。

(付記10) 前記交流磁場発生装置に光走査信号を印加しない状態で前記可動ミラー部の反射面が前記基板の主面に対して $45^\circ \pm 30^\circ$ 内の範囲で傾いていることを特徴とする付記1乃至付記9のいずれか1に記載の2次元光走査ミラー装置。

(付記11) 前記基板が、単結晶Si基板である付記1乃至付記9のいずれか1に記載の2次元光走査ミラー装置。

(付記12) 基板の上に硬質磁性薄膜を成膜する工程と、前記硬質磁性薄膜を着磁する工程と、着磁した前記硬質磁性薄膜を加工して可動ミラー部を形成する工程とを有する2次元光走査ミラー装置の製造方法。

(付記13) 前記硬質磁性薄膜を着磁する工程の前に、前記硬質磁性薄膜をアニールする工程をさらに有する付記12に記載の2次元光走査ミラー装置の製造方法。

(付記14) 付記1乃至付記13のいずれか1に記載の2次元光走査ミラー装置と、前記基板上に形成された光源とを有する2次元光走査装置。

10

20

30

40

50

(付記15) 付記1乃至付記13のいずれか1に記載の2次元光走査ミラー装置と、前記2次元光走査ミラー装置を実装する実装基板と、前記実装基板上の前記2次元光走査ミラー装置にレーザ光を照射する位置に実装された光源とを有する2次元光走査装置。

(付記16) 前記光源が、赤色レーザと、緑色レーザと、青色レーザと、前記赤色レーザ、前記緑色レーザ及び青色レーザの出力光を合波する光合波器を有する付記14または付記15に記載の2次元光走査装置。

(付記17) 付記14乃至付記16のいずれか1に記載の2次元光走査装置と、前記交流磁場発生装置に2次元光走査信号を印加して前記光源から出射された出射光を2次元的に走査する2次元光走査制御部と、前記走査された前記出射光を被投影面に投影する画像形成部とを有する画像投影装置。

10

【符号の説明】

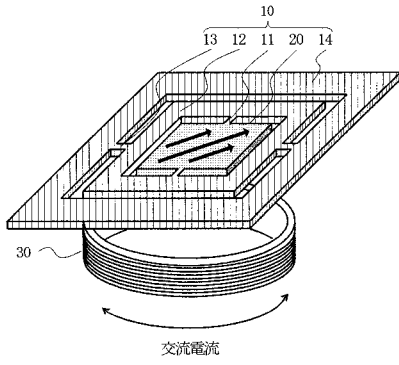
【0104】

10	可動ミラー部	
11	第1のヒンジ	
12	回転外枠	
13	第2のヒンジ	
14	非回転外枠	
20	反射部	
21	基板	
22	硬質磁性薄膜	20
23	反射膜	
30	磁場発生装置	
31	交流磁場発生装置	
32	永久磁石	
41	光合波器	
42	赤色レーザ	
43	緑色レーザ	
44	青色レーザ	
50	制御ユニット	
51	制御部	30
52	操作部	
53	外部I/F	
54	Rレーザドライバ	
55	Gレーザドライバ	
56	Bレーザドライバ	
57	2次元走査ドライバ	
58	凹面反射鏡	
59	瞳孔	
60	網膜	
70	可動ミラー部	40
71	Si基板	
72, 73	SiO <sub>2</sub> 膜	
74, 74 <sub>1</sub> , 74 <sub>2</sub> , 74 <sub>3</sub> , 74 <sub>4</sub> , 74 <sub>5</sub>	Fe <sub>56</sub> Pt <sub>44</sub> 薄膜	
75	金属ガラス膜	
76	ミラー下部基板	
77	Co <sub>80</sub> Pt <sub>20</sub> 薄膜	
78	Co <sub>80</sub> Pd <sub>20</sub> 薄膜	
79, 79 <sub>1</sub> , 79 <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub> 膜	
80	反射部	
81, 83	ヒンジ	50

8 2	回 転 外 枠	
8 4	非 回 転 外 枠	
9 0	ソ レ ノ イ ド ・ コ イ ル	
1 0 1	S i 基 板	
1 0 2	S i O <sub>2</sub> 膜	
1 0 3	光 合 波 器	
1 0 4 ~ 1 0 6	光 導 波 路 パ タ ー ン	
1 0 7	S i O <sub>2</sub> 膜	
1 0 8	2 次 元 光 走 査 ミ ラ ー 部	
1 0 9	赤 色 半 導 体 レ ー ザ チ ッ プ	10
1 1 0	緑 色 半 導 体 レ ー ザ チ ッ プ	
1 1 1	青 色 半 導 体 レ ー ザ チ ッ プ	
1 1 2	ソ レ ノ イ ド ・ コ イ ル	
1 1 3	F e <sub>5 6</sub> P t <sub>4 4</sub> 薄 膜	
1 1 4	金 属 ガ ラ ス 膜	
1 1 5	ミ ラ ー 下 部 基 板	
1 2 0	実 装 基 板	
1 3 0	2 次 元 光 走 査 ミ ラ ー 装 置	
1 3 1	S i 基 板	
1 3 2	S i O <sub>2</sub> 膜	20
1 3 3	ソ レ ノ イ ド ・ コ イ ル	
1 4 0	光 源 装 置	
1 4 1	S i 基 板	
1 4 2	S i O <sub>2</sub> 膜	
1 4 3	光 合 波 器	
1 4 4 ~ 1 4 6	光 導 波 路 パ タ ー ン	
1 4 7	赤 色 半 導 体 レ ー ザ チ ッ プ	
1 4 8	緑 色 半 導 体 レ ー ザ チ ッ プ	
1 4 9	青 色 半 導 体 レ ー ザ チ ッ プ	

【 図 1 】

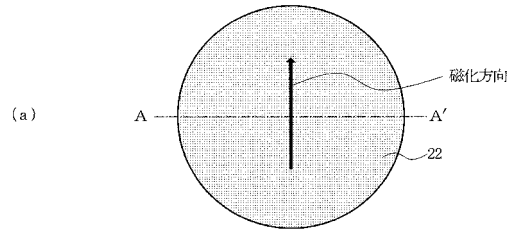
本発明の実施の形態の2次元光走査ミラー装置の一例の概略的斜視図



- 10: 可動ミラー部
- 11: 第1のヒンジ
- 12: 回転外枠
- 13: 第2のヒンジ
- 14: 非回転外枠
- 20: 反射部
- 30: 磁場発生装置

【 図 2 】

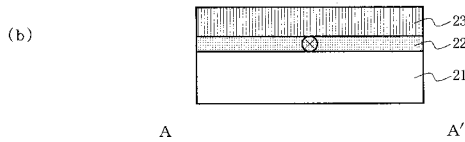
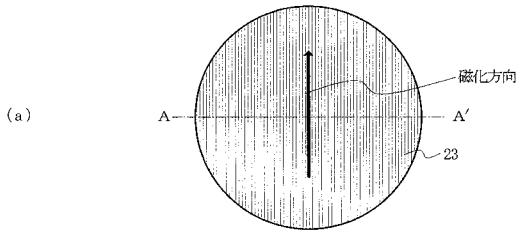
反射部の構成例の説明図



- 21: 基板
- 22: 硬質磁性薄膜

【 図 3 】

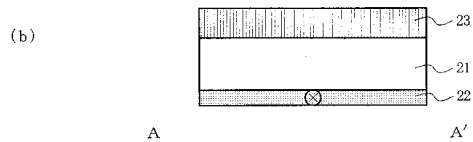
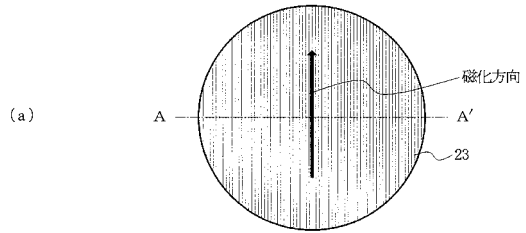
反射部の他の構成例の説明図



- 21: 基板
- 22: 硬質磁性薄膜
- 23: 反射膜

【 図 4 】

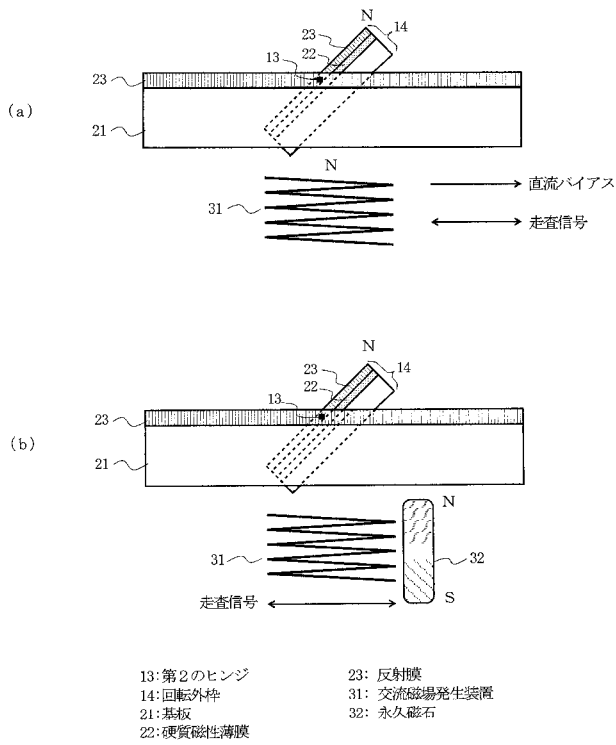
反射部のさらに他の構成例の説明図



- 21: 基板
- 22: 硬質磁性薄膜
- 23: 反射膜

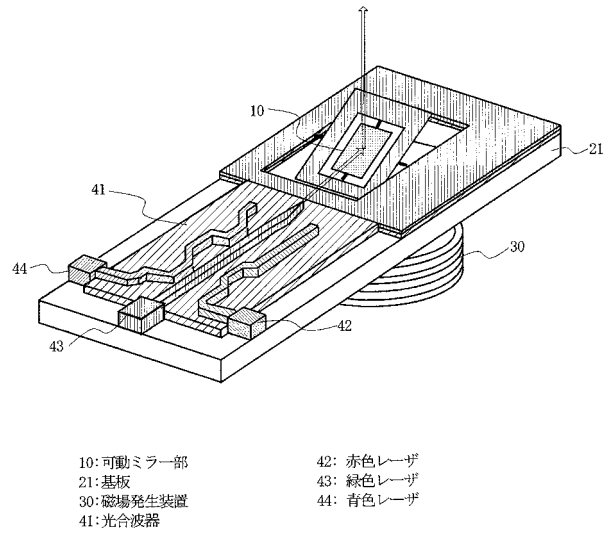
【図5】

磁氣的に可動ミラー部を傾ける方法の説明図



【図6】

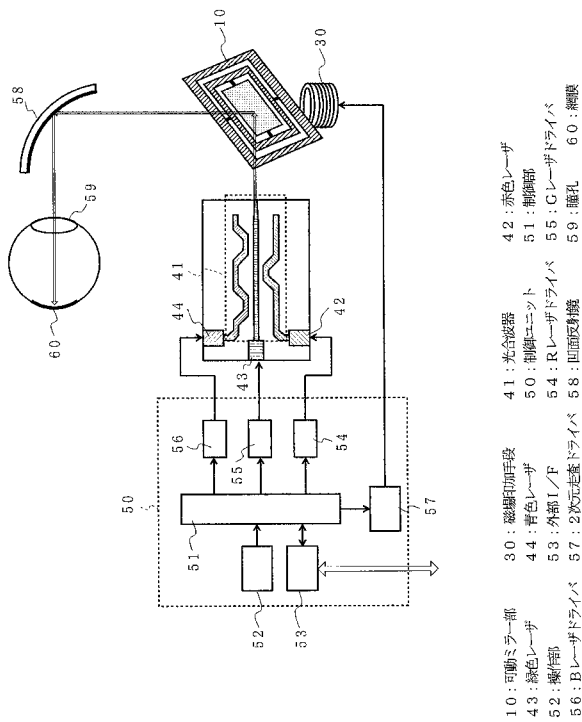
本発明の実施の形態による2次元光走査装置の一例の概略的斜視図



- 10: 可動ミラー部
- 21: 基板
- 30: 磁場発生装置
- 41: 光合波器
- 42: 赤色レーザー
- 43: 緑色レーザー
- 44: 青色レーザー

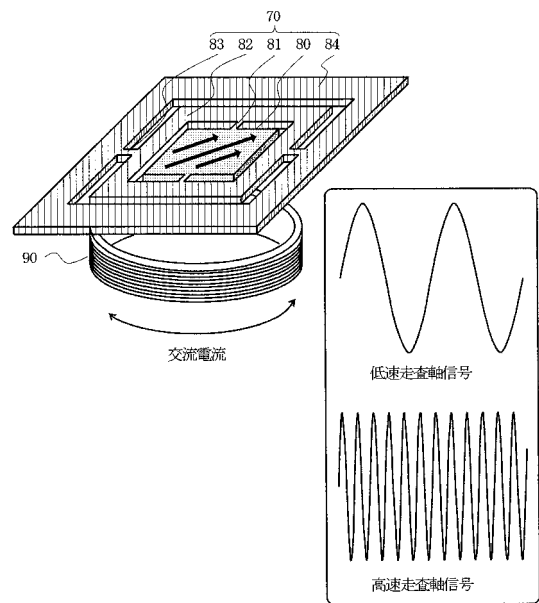
【図7】

本発明の実施の形態による画像投影装置の概略的構成図



【図8】

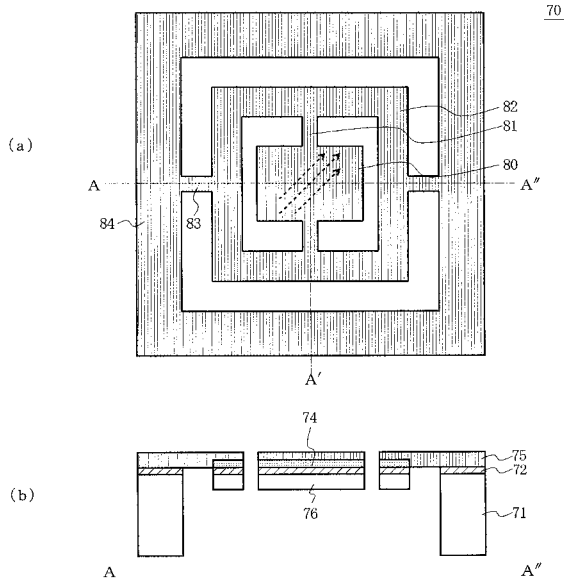
本発明の実施例1の2次元光走査ミラー装置の概略的斜視図



- 70: 可動ミラー部
- 80: 反射部
- 81: ヒンジ
- 82: 回転外枠
- 83: ヒンジ
- 84: 非回転外枠
- 90: ソレノイド・コイル

【 図 9 】

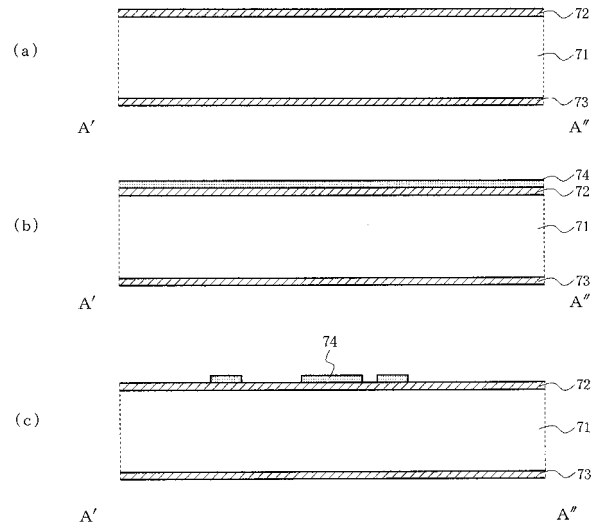
本発明の実施例1の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の概略的説明図



70: 可動ミラー部	75: 金属ガラス膜	82: 回転外枠
71: Si基板	76: ミラー下部基板	83: ヒンジ
72: SiO <sub>2</sub> 膜	80: 反射部	84: 非回転外枠
74: Fe <sub>50</sub> Pt <sub>50</sub> 薄膜	81: ヒンジ	

【 図 1 0 】

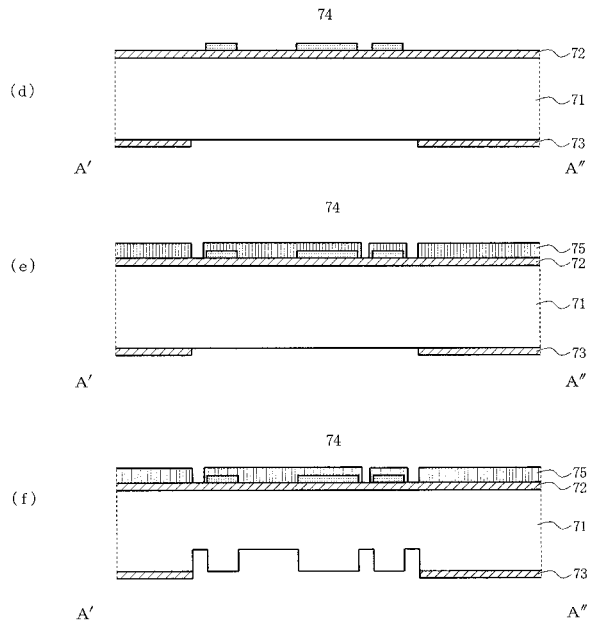
本発明の実施例1の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の製造工程の途中までの説明図



71: Si基板	73: SiO <sub>2</sub> 膜
72: SiO <sub>2</sub> 膜	74: Fe <sub>50</sub> Pt <sub>50</sub> 薄膜

【 図 1 1 】

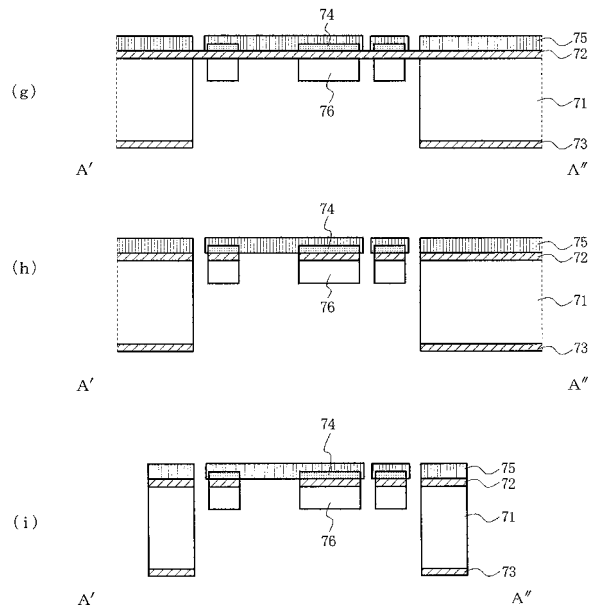
本発明の実施例1の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の製造工程の図10以降の途中までの説明図



71: Si基板	73: SiO <sub>2</sub> 膜
72: SiO <sub>2</sub> 膜	74: Fe <sub>50</sub> Pt <sub>50</sub> 薄膜
	75: 金属ガラス膜
	76: ミラー下部基板

【 図 1 2 】

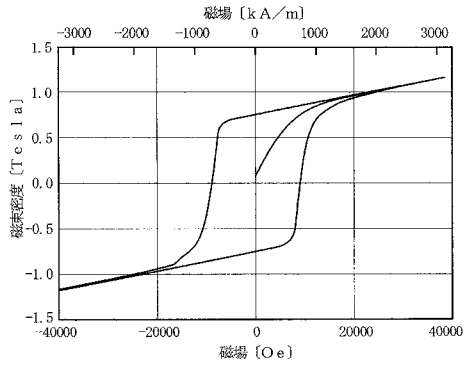
本発明の実施例1の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の製造工程の図11以降の途中までの説明図



71: Si基板	74: Fe <sub>50</sub> Pt <sub>50</sub> 薄膜
72: SiO <sub>2</sub> 膜	75: 金属ガラス膜
73: SiO <sub>2</sub> 膜	76: ミラー下部基板

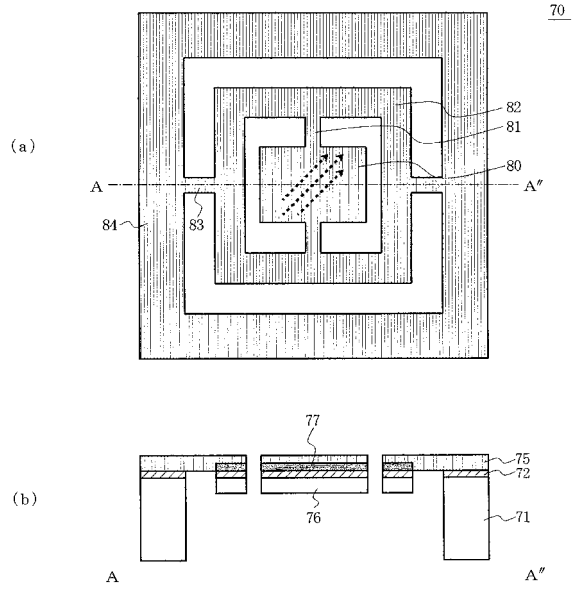
【 図 1 3 】

実施例1で作製したFesPt薄膜の磁気ヒステリシス曲線



【 図 1 4 】

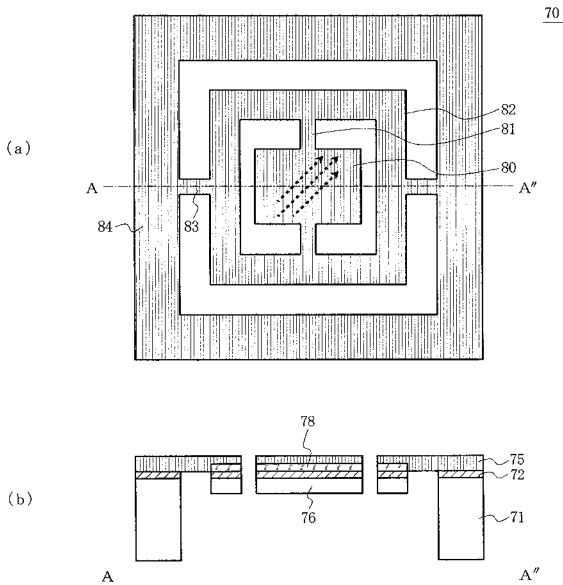
本発明の実施例2の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の概略的説明図



- |                      |                                       |           |
|----------------------|---------------------------------------|-----------|
| 70: 可動ミラー部           | 76: ミラー下部基板                           | 82: 回転外枠  |
| 71: Si基板             | 77: $\text{Co}_{80}\text{Pt}_{20}$ 薄膜 | 83: ヒンジ   |
| 72: $\text{SiO}_2$ 膜 | 80: 反射部                               | 84: 非回転外枠 |
| 75: 金属ガラス膜           | 81: ヒンジ                               |           |

【 図 1 5 】

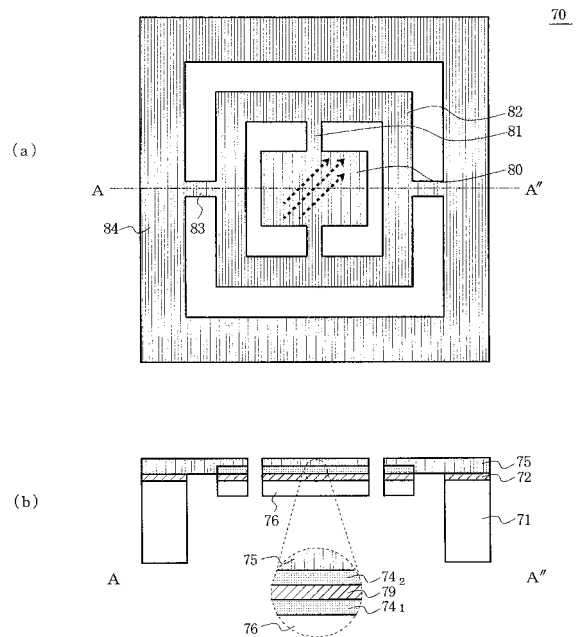
本発明の実施例3の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の概略的説明図



- |                      |                                       |           |
|----------------------|---------------------------------------|-----------|
| 70: 可動ミラー部           | 76: ミラー下部基板                           | 82: 回転外枠  |
| 71: Si基板             | 78: $\text{Co}_{80}\text{Pd}_{20}$ 薄膜 | 83: ヒンジ   |
| 72: $\text{SiO}_2$ 膜 | 80: 反射部                               | 84: 非回転外枠 |
| 75: 金属ガラス膜           | 81: ヒンジ                               |           |

【 図 1 6 】

本発明の実施例4の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の概略的説明図

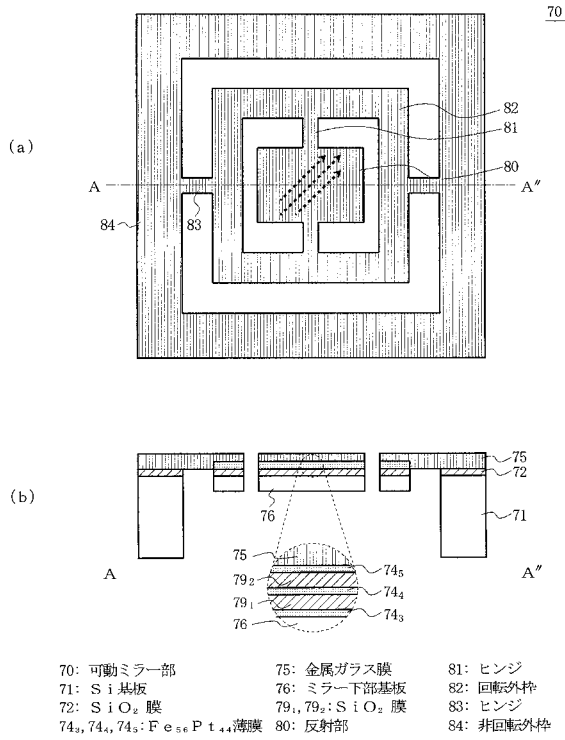


- |   |                      |           |
|---|----------------------|-----------|
| 70: 可動ミラー部  | 75: 金属ガラス膜           | 81: ヒンジ   |
| 71: Si基板  | 76: ミラー下部基板          | 82: 回転外枠  |
| 72: $\text{SiO}_2$ 膜  | 79: $\text{SiO}_2$ 膜 | 83: ヒンジ   |
| 74 <sub>1</sub> , 74 <sub>2</sub> : $\text{Fe}_{56}\text{Pt}_{44}$ 薄膜 | 80: 反射部              | 84: 非回転外枠 |



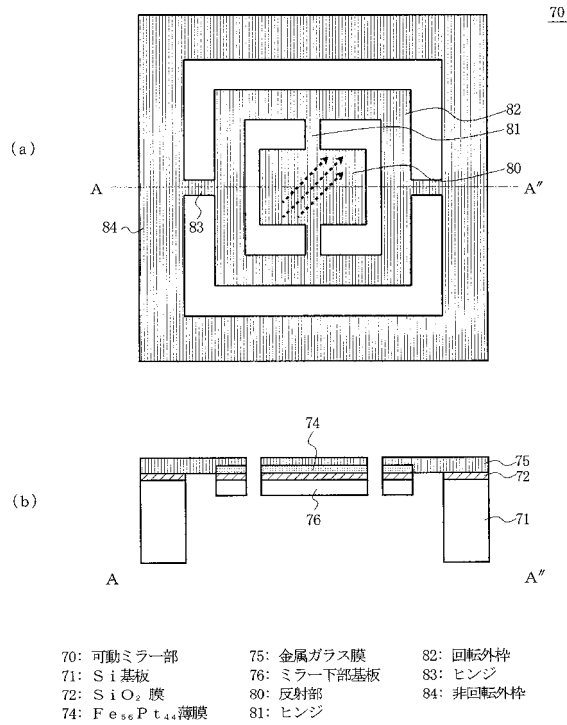
【 図 1 7 】

本発明の実施例5の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の概略的説明図



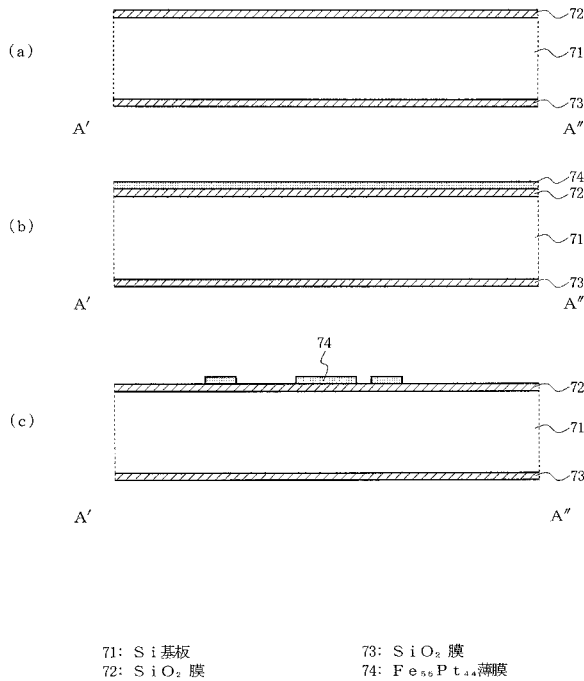
【 図 1 8 】

本発明の実施例6の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の概略的説明図



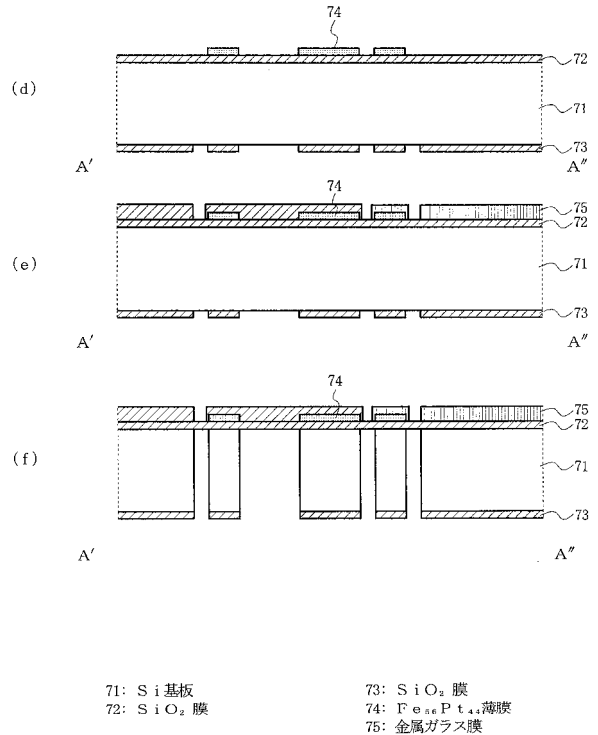
【 図 1 9 】

本発明の実施例7の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の製造工程の途中までの説明図



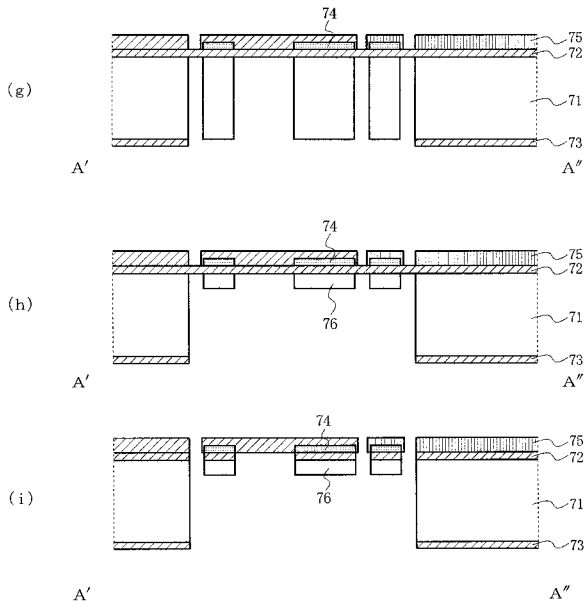
【 図 2 0 】

本発明の実施例7の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の製造工程の図19以降の途中までの説明図



【図 2 1】

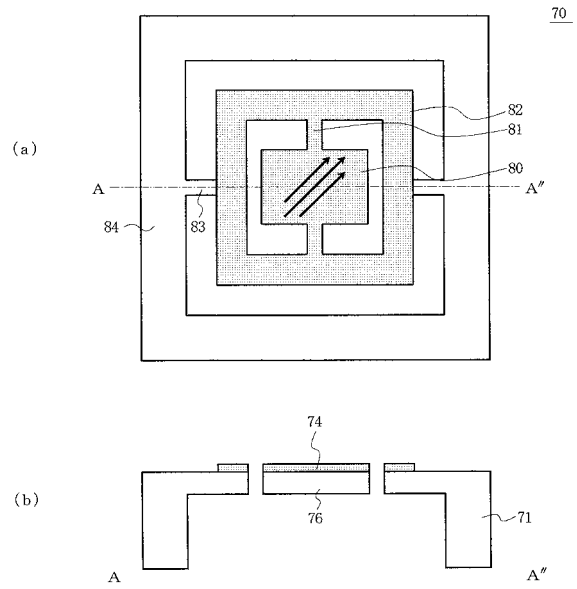
本発明の実施例7の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の製造工程の図20以降の説明図



- |               |                         |
|---------------|-------------------------|
| 71: Si基板      | 74: $Fe_{56}Pt_{44}$ 薄膜 |
| 72: $SiO_2$ 膜 | 75: 金属ガラス膜              |
| 73: $SiO_2$ 膜 | 76: ミラー下部基板             |

【図 2 2】

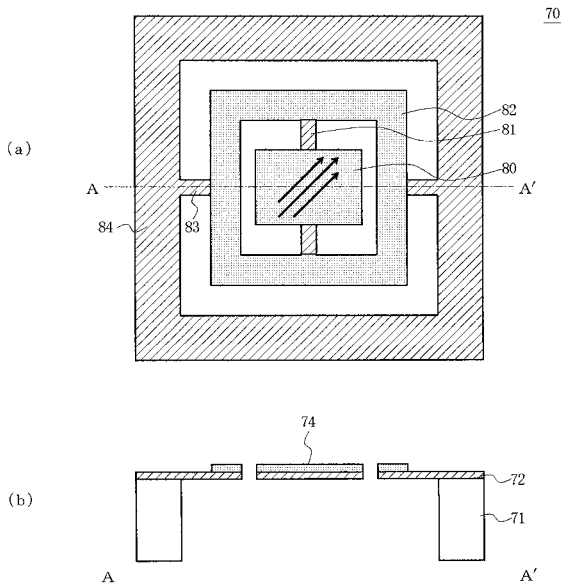
本発明の実施例8の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の概略的説明図



- |                         |             |           |
|-------------------------|-------------|-----------|
| 70: 可動ミラー部              | 76: ミラー下部基板 | 82: 回転外枠  |
| 71: Si基板                | 80: 反射部     | 83: ヒンジ   |
| 74: $Fe_{56}Pt_{44}$ 薄膜 | 81: ヒンジ     | 84: 非回転外枠 |

【図 2 3】

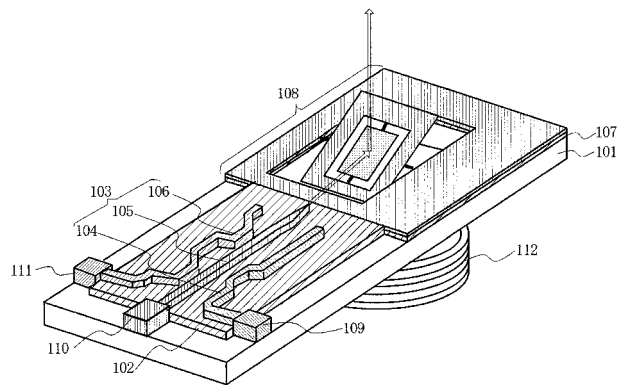
本発明の実施例9の2次元光走査ミラー装置の可動ミラー部の概略的説明図



- |               |                         |           |
|---------------|-------------------------|-----------|
| 70: 可動ミラー部    | 74: $Fe_{56}Pt_{44}$ 薄膜 | 82: 回転外枠  |
| 71: Si基板      | 80: 反射部                 | 83: ヒンジ   |
| 72: $SiO_2$ 膜 | 81: ヒンジ                 | 84: 非回転外枠 |

【図 2 4】

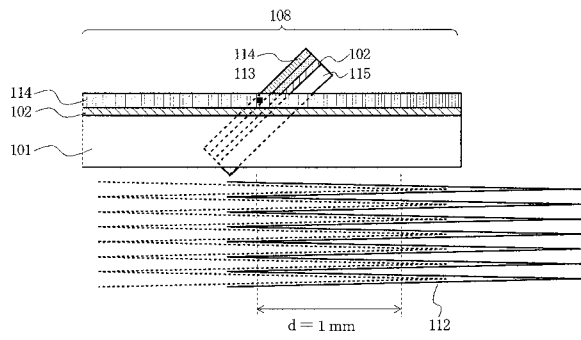
本発明の実施例10の2次元光走査装置の概略的斜視図



- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| 101: Si基板         | 108: 2次元光走査ミラー部   |
| 102: $SiO_2$ 膜    | 109: 赤色半導体レーザーチップ |
| 103: 光合波器         | 110: 緑色半導体レーザーチップ |
| 104~106: 光導波路パターン | 111: 青色半導体レーザーチップ |
| 107: $SiO_2$ 膜    | 112: ソレノイド・コイル    |

【図25】

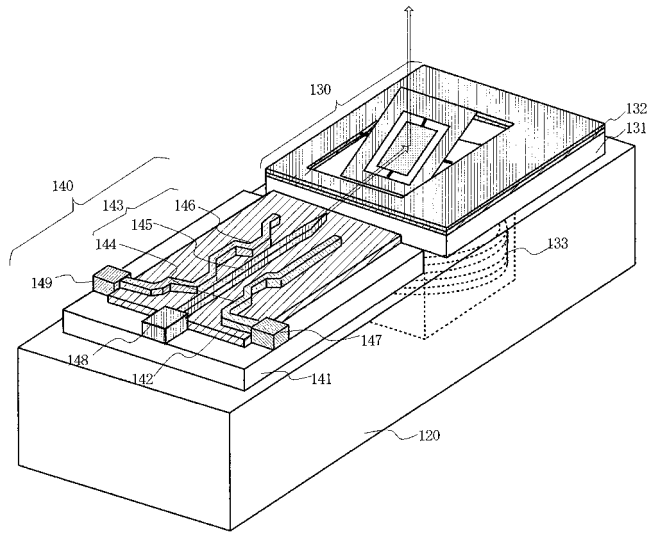
本発明の実施例11の2次元光走査装置のソレノイド・コイル近傍の側面図



- |                 |                          |
|-----------------|--------------------------|
| 101: Si基板       | 113: $Fe_{50}Pt_{44}$ 薄膜 |
| 102: $SiO_2$ 膜  | 114: 金属ガラス膜              |
| 108: 2次元光走査ミラー部 | 115: ミラー下部基板             |
| 112: ソレノイド・コイル  |                          |

【図26】

本発明の実施例12の2次元光走査装置の概略的斜視図



- |                  |                   |
|------------------|-------------------|
| 120: 実装基板        | 142: $SiO_2$ 膜    |
| 130: 2次元光走査ミラー装置 | 143: 光合波器         |
| 131: Si基板        | 144~146: 光導波路パターン |
| 132: $SiO_2$ 膜   | 147: 赤色半導体レーザチップ  |
| 133: ソレノイド・コイル   | 148: 緑色半導体レーザチップ  |
| 140: 光源装置        | 149: 青色半導体レーザチップ  |
| 141: Si基板        |                   |

---

フロントページの続き

(72)発明者 勝山 俊夫

福井県福井市文京3丁目9番1号 国立大学法人福井大学内

(72)発明者 石神 龍哉

福井県敦賀市長谷6-4号5-2番地1 公益財団法人若狭湾エネルギー研究センター内

Fターム(参考) 2H045 AB13 AB16 AB38 BA12 BA24 BA32

2H141 MA12 MB24 MC05 MD13 MD20 MD24 MD40 ME06 ME09 ME25

MF28 MG04 MG06 MZ06 MZ19 MZ25

3C081 AA11 BA28 BA44 BA47 BA54 CA05 CA14 CA15 CA27 CA28

CA30 CA31 CA32 CA40 DA03 DA06 DA08 DA11 DA24 DA30

EA08 EA11