(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2006 年2 月2 日 (02.02.2006)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2006/011594 A1

(51) 国際特許分類[7]: G02B 26/06, 5/10, 26/08, G11B 7/135

(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/013934

(22) 国際出願日: 2005 年7 月29 日 (29.07.2005)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2004-223018 2004 年7 月30 日 (30.07.2004) JP
特願2004-319123 2004 年11 月2 日 (02.11.2004) JP
特願2005-129576 2005 年4 月27 日 (27.04.2005) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒1410001 東京都品川区北品川６丁目７番３５号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 青木 直 (AOKI, Sunao) [JP/JP]; 〒1410001 東京都品川区北品川６丁目７番３５号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 三浦 隆博 (MIURA, Takahiro) [JP/JP]; 〒1410001 東京都品川区北品川６丁目７番３５号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 山田 正裕 (YAMADA, Masahiro) [JP/JP]; 〒1410001 東京都品川区北品川６丁目７番３５号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).

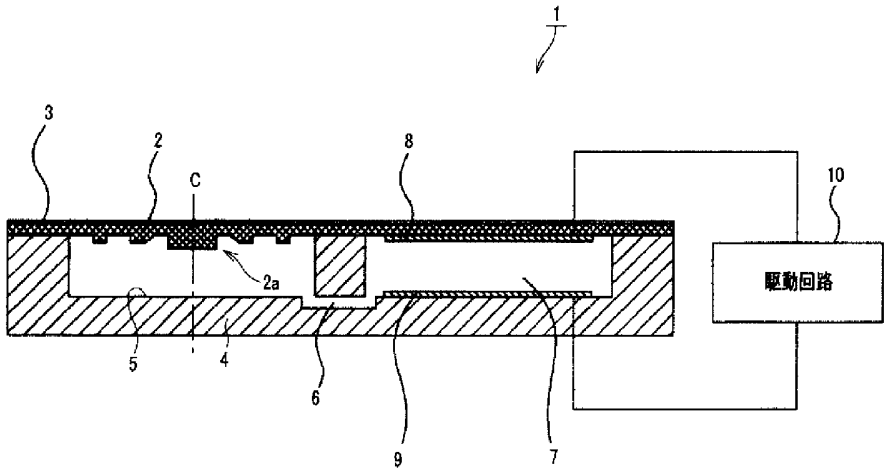
(74) 代理人: 小池 晃, 外(KOIKE, Akira et al.); 〒1000011 東京都千代田区内幸町一丁目１番７号 大和生命ビル１１階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU,

[続葉有]

(54) Title: DEFORMABLE MIRROR DEVICE, DEFORMABLE MIRROR PLATE

(54) 発明の名称: 変形可能ミラー装置、変形ミラー板



10 DRIVE CIRCUIT

(57) Abstract: A deformable mirror device which corrects spherical aberration caused by the difference in thickness of a cover layer covering an optical disk recording layer, wherein a strength distribution pattern (2a) is provided by concentrically forming protrusions on a flexible member (2) formed with a mirror surface (3). An attraction force by an electrostatic force is produced on an upper electrode (8) and a lower electrode (9) according to a voltage application from a drive circuit (10), and a first space (5) expands as much as a second space (7) shrinks to deform the mirror surface into a convex shape. This deforms the shape of the mirror surface into a desired shape capable of correcting spherical aberration by means of the formation pattern of the strength distribution pattern (2a) on the flexible member (2). One drive actuator (10) required for deforming the mirror surface can provides simple constitution and control. The formation pattern of the strength distribution pattern (2a), when properly designed, can deform a mirror surface shape step-wise into a specified shape, permitting spherical aberration correction to each of at least three recording layers of the optical disk.

(57) 要約: 本発明は、光ディスクの記録層を覆うカバー層の厚さの差に起因する球面収差を補正する変形可能ミラー装置であり、ミラー面（３）が形成された可撓性部材（２）に同心円状に凸部を

[続葉有]

WO 2006/011594 A1

SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

２文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

形成して強度分布パターン（２ａ）を設ける。上部電極（８）と下部電極（９）とは駆動回路（１０）から電圧印加に応じて静電気力による吸引力が生じ、第２空間（７）が縮小した分第１空間（５）が膨張してミラー面を凸状に変形させる。このとき、可撓性部材（２）の強度分布パターン（２ａ）の形成パターンによってミラー面の形状を球面収差を補正することのできる所望の形状に変形させる。ミラー面を変形させるための駆動アクチュエータ（１０）は１つとすることができ、構成や制御が簡易である。また、強度分布パターン（２ａ）の形成パターンによってはミラー面の形状を段階的に所定形状に変形でき、光ディスク３層以上の各記録層に対して球面収差補正を行うことができる。

明 細 書

変形可能ミラー装置、変形ミラー板

技術分野

[0001] 本発明は、ミラー面の変形が可能な変形可能ミラー装置、及び変形ミラー板に関する。

本出願は、日本国において2004年7月30日に出願された日本特許出願番号2004－223018、2004年11月2日に出願された日本特許出願番号2004－319123、及び2005年4月27日に出願された日本特許出願番号2005－129576を基礎として優先権を主張するものであり、これらの出願は参照することにより、本出願に援用される。

背景技術

[0002] 情報記録媒体としての光ディスクに対し情報信号の記録及び又は再生を行う光ディスク装置では、光源から出射されたレーザ光を対物レンズにより集光して光ディスクの信号記録層に照射する異によって情報信号の記録再生を行うようにしている。このように対物レンズを介してレーザ光を照射する場合、光ディスクの記録層を覆って設けられるカバー層の厚さ、すなわち、光ディスクに対しレーザ光が入射される記録面から記録層に至る距離によって球面収差が生じることが知られている。すなわち、対物レンズを含む光ディスク装置の光学系は、用いる光ディスクに設けられるカバー層の厚さに応じて球面収差が最小となるように設計されていることから、カバー層の厚さが想定値と異なる場合には球面収差が生じてしまうことになる。

このことから、従来より光ディスクに設けられるカバー層の厚さにムラがある場合には、球面収差が生じることが知られている。 また、近年においては、光ディスクの高記録密度化を図るために記録層を多層化しているものがある。この種の光ディスクは、レーザ光の入射面側から各記録層に至る厚さが異なることになり、基準となる記録層以外の記録層の記録再生時には球面収差が生じることになる。球面収差が生じている場合、信号記録層に照射されたレーザ光の結像性能が劣化し、情報信号の記録再生特性が劣化してしまう。そのため、光ディスクに設けられるカバー層の厚さに起

因する球面収差を補正する手段が必要となる。

従来、このような光ディスクに設けられるカバー層の厚さの差に起因して生じる球面収差の補正を図る手段として、光学系が備えるミラーの面形状を変形させて行うようにしたものがある。例えば、特開平5－151591号公報に開示される変形可能ミラーは、表面にミラー面を形成した変形プレートと、この変形プレートの裏側の数か所を加圧する圧電アクチュエータとを備え、各圧電アクチュエータに印加する電圧を変化させることでミラー面を変形させて球面収差を補正するようにしている。

また、特開平9－152505号公報に開示される変形可能ミラーは、ミラー面を表面に形成した可撓性部材の下部に所定形状の参照面を形成し、参照面に対して可撓性部材を吸着し、又はその吸着を解除するようにして、2つの所望の形状を得るようにしている。つまり、参照面の形状として、吸着された際のミラー面の形状が球面収差を補正できる形状となるように設定しておくことで、球面収差の補正を可能としている。

上述した変形可能ミラーのうち圧電アクチュエータを備える例では、ミラー面を所定の形状を得るに当たって、複数の圧電アクチュエータが必要であり、構成が複雑化し、複数の圧電アクチュエータを駆動制御するための制御回路の規模も大型化してしまう。

例えば、近年の高記録密度化が図られた光ディスクに対し情報信号の記録再生を行う場合、この光ディスクの信号記録面に集光されるレーザ光のビーム径は例えば4mm程度となっており、この範囲内で複数の圧電アクチュエータを構成することは非常に困難なものとなる。

また、上述した参照面を設けた変形可能ミラーでは、ミラー面を所定の形状を得るために複数の圧電アクチュエータを用いる必要がないので、制御回路の小型化を図ることができるが、ミラー面の変形は、可撓性部材の吸着又は開放の2つの形態しか得られない。このような構成の変形可能ミラーを用いた光学系では、信号記録層が3層以上形成された光ディスクに対して有効に球面収差補正を行うことができなくなってしまう。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0003] そこで、本発明は、従来の技術が有する問題点を解消することができる新規な変形可能ミラー装置、及び変形ミラー板を提供することを目的とするものである。

本発明が適用された変形可能ミラー装置は、表面にミラー面が形成されるとともに、それぞれ同じ中心を持つ円又は楕円の形状により、変形態様についての状態が異なるようにされた部分が形成された可撓性部材と、可撓性部材に対して駆動力を印加して、ミラー面の形状を変形させる駆動手段とを備える

また、本発明が適用された変形ミラー板は、それぞれ同じ中心を持つ円又は楕円の形状により、変形態様についての状態が異なるようにされた部分が形成された可撓性部材と、可撓性部材の表面に形成されたミラー面とを備えている。

上述のように、ミラー面が形成される可撓性部材が、部分的に変形態様についての状態が異なるようにされることにより、可撓性部材に対する一様な駆動力の印加に対し、そのような状態の異なるようにされた部分においては他の部分とは異なる変形態様が得られる。このことから、このような状態の異なる部分を形成するパターンによっては、可撓性部材に対する所定の一様な駆動力の印加に応じて、所望の変形形状が得られるようにすることができる。このように所定の一様な駆動力の印加に応じて、可撓性部材として所望の変形形状を得ることができれば、従来の変形可能ミラーのように、複数の圧電アクチュエータを設けて部分的に異なる駆動力を印加するといった複雑な構成を用いることなく可撓性部材を所望の形状に変形させることができる。

また、可撓性部材の所望の変形状態の異なる部分の形成パターンによっては、印加される駆動力のレベルに応じて段階的に所望の変形形状が得られるようにすることも可能となる。このように、駆動力のレベルに応じて可撓性部材として段階的に所望の形状を得ることができれば、例えば参照面に吸着させて所望の変形形状を得る場合とは異なり、ミラー面の変形形状は2種以上を得ることができる。

本発明を採用することにより、ミラー面が形成された可撓性部材に対する所定の一様な駆動力の印加に応じ、可撓性部材として所望の変形形状が得られるので、従来の変形可能ミラーのように複数の圧電アクチュエータを設けて部分的に異なる駆動力を印加するといった複雑な構成を用いることなく、可撓性部材を所望の形状に変

形させることができる。これによれば、変形可能ミラー装置として回路規模の大型化を防止でき、また複数の圧電アクチュエータが不要となることで、複数の圧電アクチュエータを駆動制御するための制御回路も不要とすることができる。

また、本発明によれば、可撓性部材は、印加される駆動力のレベルに応じて段階的に所望の変形形状とされるので、ミラー面の変形形状は2種以上とすることができ、信号記録層が3層以上の光ディスクに対しても、光学系の設計の基準とされた信号記録層以外のすべての信号記録層に対して有効に球面収差の補正を行うことができる。

さらに、本発明では、可撓性部材における変形態様についての状態が異なるようにされた部分を、同じ中心を持つ円又は楕円の形状により形成することで、レーザ光を180° 反射するようにされた場合と90° 反射するようにされた場合のそれぞれのバリエーションに対応して、球面収差補正を良好に行うことができる変形可能ミラー装置を実現できる。このように状態が異なるようにされた部分を同じ中心を持つ円又は楕円の形状により形成することで、駆動力が印加された際に応力が集中する部分が生じてしまうことを防止でき、これによって変形に伴う可撓性部材の割れや疲労破壊の発生を効果的に防止することができる。

本発明のさらに他の目的、本発明によって得られる具体的な利点は、以下において図面を参照して説明される実施に形態から一層明らかにされるであろう。

図面の簡単な説明

[0004] [図1]図1は、本発明の第1～第5の実施の形態に変形可能ミラー装置が用いられる光ディスク装置の光学系を示す側面図である。

[図2]図2は、本発明の第1の実施の形態としての変形可能ミラー装置を示す断面図である。

[図3]図3は、本発明の第1の実施の形態としての変形可能ミラー装置において、ミラー面が変形した状態を示した断面図である。

[図4]図4は、本発明の第1の実施の形態の変形可能ミラー装置が備える可撓性部材を示す斜視図である。

[図5]図5A～図5Cは、第1の実施の形態の変形可能ミラー装置の製造方法の一例

を説明する斜視図である。

[図6]図6は、本発明の第2の実施の形態としての変形可能ミラー装置を示す断面図である。

[図7]図7は、本発明の第3の実施の形態としての変形可能ミラー装置を示す断面図である。

[図8]図8は、本発明の第4の実施の形態としての変形可能ミラー装置を示す断面図である。

[図9]図9は、本発明の第4の実施の形態の変形可能ミラー装置の他の例を示す断面図である。

[図10]図10は、本発明の第5の実施の形態としての変形可能ミラー装置を示す断面図である。

[図11]図11A～図11Eは、分極反転パターンの形成プロセスの一例を示す断面図である。

[図12]図12A、図12Bは、図1に示す光学系における主にレーザ光の偏光について説明するための側面図である。

[図13]図13A、図13Bは、図1に示す光学系に1／4波長板をさらに追加した場合のレーザ光の偏光について説明するための側面図である。

[図14]図14は、本発明の第6及び第7の実施の形態としての変形可能ミラー装置が備えられる光学系を示す側面図である。

[図15]図15は、本発明の第6及び第7の実施の形態としての変形可能ミラー装置におけるレーザ光の反射面（照射面）の形状を示す平面図である。

[図16]図16は、本発明の第6の実施の形態としての変形可能ミラー装置を示す断面図である。

[図17]図17A、図17Bは、本発明の第6及び第7の実施の形態の変形可能ミラー装置が備える可撓性部材を示す断面図である。

[図18]図18は、本発明の第6及び第7の実施の形態の変形可能ミラー装置のミラー面の変形形状の理想値の一例について示した図である。

[図19]図19は、本発明の第7の実施の形態としての変形可能ミラー装置を示す断面

図である。

[図20]図20は、本発明の第7の実施の形態の変形可能ミラー装置により得られるミラー面の変形形状と理想値とを対比して示した図である。

[図21]図21は、本発明の第6及び第7の実施の形態としての変形可能ミラー装置のミラー面に対するレーザ光の入射光と反射光の関係を例示的に示した図である。

[図22]図22は、可撓性部材に形成する強度分布パターンの一例を示した図である。

[図23]図23Aは本発明の第8の実施の形態を第6の実施の形態に適用した場合の変形可能ミラー装置が備える可撓性部材を示す平面図であり、図23Bはその断面図である。

[図24]図24Aは本発明の第8の実施の形態を第7の実施の形態に適用した場合の変形可能ミラー装置が備える可撓性部材を示す平面図であり、図24Bはその断面図である。

[図25]図25は、本発明の第8の実施の形態としての変形可能ミラー装置が備える可撓性部材の変形形状をシミュレーションにより求めた結果を示す図である。

[図26]図26は、本発明の第8の実施の形態としての変形可能ミラー装置が備える可撓性部材の他の例を示す断面図である。

[図27]図27は、本発明の第8の実施の形態としての変形可能ミラー装置が備える可撓性部材のさらに他の例を示す断面図である。

[図28]図28は、本発明の第9の実施の形態を第6の実施の形態に適用した場合の変形可能ミラー装置が備える変形ミラー板を示す平面図である。

[図29]図29は、本発明の実施の形態を第7の実施の形態に適用した場合の変形可能ミラー装置が備える変形ミラー板を示す平面図である。

[図30]図30A、図30Bは、本発明の第9の実施の形態の変形可能ミラー装置が備える変形ミラー板の製造工程を示す平面図である。

[図31]図31は、可撓性部材の表面の全面にわたって反射膜を形成した場合の平面度測定結果を示す図である。

[図32]図32は、可撓性部材の表面の一部のみに反射膜を形成した場合の平面度測定結果を示す図である。

[図33]図33は、本発明の第9の実施の形態の他の例を示す断面図である。

発明を実施するための最良の形態

[0005] 以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

先ずは、図1を参照して、本発明に係る変形可能ミラー装置用いられる光ディスク装置の光学系を説明する。

本発明が適用される光ディスク装置は、図1に示すように、情報記録媒体として光ディスク80を用いる。この光ディスク装置に用いられる光ディスク80は、情報信号の記録又は再生に波長を405nmとするレーザ光を用いるものであって、いわゆるブルーレイディスク(Blu-ray Disc)等の高記録密度の光ディスクであり、この光ディスク80にレーザ光を集光するための対物レンズ71として開口率(NA)を0．85とするものが用いられる。

ここで用いられる光ディスク80は、図1に示すように、例えば3つの信号記録層が積層するように設けられている。この光ディスク80は、レーザ光が入射される入射面側である記録面から最も近い位置に第1記録層81が形成されている。この場合、記録面から第1記録層81までの間隔は、例えば0．075mmとされている。すなわち、記録面から第1記録層81に至るカバー層の厚さは、0．075mmとされている。

そして、この第1記録層81から所定間隔毎に、第2記録層82、第3記録層83が形成されている。これら第1記録層81、第2記録層82、第3記録層83の各記録層の間隔は、例えば25μmとされている。したがって、第2記録層82のカバー層の厚さは0．100mm、第3記録層83のカバー層の厚さは0．125mmとされている。

このような光ディスク80から情報信号を読み出し、又は情報信号の書込みを行うための光学系は、例えば、図1に示すように、対物レンズ71、偏光ビームスプリッタ72、1／4波長板73、変形可能ミラー装置1(20，30，40，45，50)、半導体レーザLD、グレーティング74、ビームスプリッタBS、コリメータレンズCL、マルチレンズ76、ディテクタ77、フロントモニタ78を備える。

この光学系において、半導体レーザLDから射出されたレーザ光は、グレーティング74、コリメータレンズCLを介してビームスプリッタBSに入射する。ビームスプリッタBSに入射したレーザ光の一部は、レーザ出力をモニタするために設けられたフロントモ

ニタ78に入射される。

また、ビームスプリッタBSにて反射されたレーザ光は、コリメータレンズCLを透過して偏光ビームスプリッタ72に入射する。偏光ビームスプリッタ72は、レーザ光のS偏光成分を反射しP偏光成分を透過するように構成される。したがって、S偏光として入射したレーザ光は、この偏光ビームスプリッタ72にて反射されて1／4波長板73に入射する。そして、1／4波長板73を透過することで円偏光に変換される。1／4波長板73にて円偏光とされたレーザ光は、本発明に係る変形可能ミラー装置1（20，30，40，45，50）のミラー面により反射される。この反射光は、再び1／4波長板73を透過することでP偏光に変換され、これによって偏光ビームスプリッタ72においては反射されず、対物レンズ71に入射することになる。

対物レンズ71は、図示しない2軸アクチュエータによって、少なくともその光軸と平行な光ディスク80に対して接離する方向に変位可能に支持され、偏光ビームスプリッタ72からの入射光を第1記録層81、第2記録層82、第3記録層83の何れかに選択的に合焦する。

一方、光ディスク80の記録層により反射された反射光は、対物レンズ71、偏光ビームスプリッタ72を透過して1／4波長板73に入射される。そして、1／4波長板73を透過した反射光は、円偏光に変換され、変形可能ミラー装置にて反射されることで再び1／4波長板73に入射する。入射した円偏光による反射光は、1／4波長板73を透過することでS偏光に変換され、これによって偏光ビームスプリッタ72において反射されて、コリメータレンズCLに入射される。

コリメータレンズCLを透過した光ディスク80からの反射光の一部は、ビームスプリッタBSを透過し、マルチレンズ76を介してディテクタ77に入射され検出される。ディテクタ77により検出された反射光は、電気信号に変換され各種の情報得られる。

ところで、上述のようにして光ディスク80に複数の記録層が形成される場合、光ディスク装置の光学系としては、例えば、レーザ光が入射される面である記録面に最も近い第1記録層81に入射されたレーザ光が合焦するときに球面収差量が最小となるように設計されている。すなわち、上述したような光ディスク80を用いる場合には、第1記録層81を覆うカバー層の厚さ0．075mmに対応させて球面収差量が最小となるよ

うに設計される。

しかしながら、上述したように、第2記録層82、第3記録層83となるにつれて、レーザ光の入射面からの厚さは厚くなることから、これら第2記録層82、第3記録層83にレーザ光を合焦させたときの球面収差量は増大する傾向となってしまう。

そこで、本発明においては、以下の各実施の形態において説明するように、図1に示すように配置された変形可能ミラー装置のミラー面を変形させることで、レーザ光を調整して上述のような第2、第3記録層にレーザ光を合焦させたときにおける球面収差補正が可能となるようにする。

＜第1の実施の形態＞

先ず、本発明に係る変形可能ミラー装置1の第1の実施の形態を図2を参照して説明する。この変形可能ミラー装置1は、断面形状が異なるようにされた部分が形成されて強度分布パターンが与えられたことによって、部分的に変形態様についての状態が異なるようにされた可撓性部材を用いてミラー面の変形を行うようにしたものである。

本発明に係る変形可能ミラー装置1は、図2に示すように、少なくとも、可撓性部材2と、反射膜3と、基板4と、上部電極8と、下部電極9と備えている。このミラー装置1を構成する基板4には、第1空間5と第2空間7とをそれぞれ構成するための円形を成す2つの溝が並列して形成されている。これら溝によって構成される第1空間5と第2空間7は、流路6によって連結されている。

そして、基板4には、第1空間5及び第2空間7を覆うようにして可撓性部材2が接合される。ここで、可撓性部材2は、第1空間5と第2空間7を密閉するように基板4に接合される。このように密閉された第1空間5と第2空間7には、気体又は液体が充填されている。

可撓性部材2は、弾性変形可能であって、可撓性を有する材料により形成されている。この可撓性部材2の基板4との接合面とは反対側の面には、例えばアルミニウム等による反射膜3が成膜されている。可撓性部材2の一の面に成膜された反射膜3は、変形可能ミラー装置1のミラー面を構成している。

なお、可撓性部材2への反射膜3の成膜は、例えばスパッタリング法等により行われ

る。

以下の説明で、可撓性部材に少なくともミラー面が形成されたものを、変形ミラー板と称する。

そして、可撓性部材2の第1空間5と対向する部分には、一定の強度分布が付与された強度分布パターン2aが形成されている。

ここで、可撓性部材2に形成された強度分布パターン2aを図4を参照して説明する。

強度分布パターン2aは、可撓性部材2の反射膜3が設けられる面とは反対側の面に形成されている。この強度分布パターン2aは、円形をなす第1の空間5の中心軸Cを中心として複数の突状部を同心円状に設けることによって構成されている。このような突状部を形成することにより、可撓性部材2には、図2に示すように部分的に凸となる場所が形成される。可撓性部材2は、このように凸となる部分が他の部分とは変形態様を異にするような強度分布を持つようになる。

可撓性部材2は、部分的に凸となる部分が形成され、一定の強度分布を有することにより、後述するように圧力(駆動力)が印加された場合、ミラー面が部分的に曲率を異にするように形成される。この可撓性部材2の第2空間7と対向する面には、図2に示すように、円形をなす第2空間7と同様に円形をなす上部電極8が設けられている。この上部電極8は、可撓性を有する電極材料により形成されている。そして、第2空間7の底面には、上部電極8と対向するように、円形の下部電極9が形成されている。これら上部電極8と下部電極9との間には、駆動回路10が接続され、駆動電圧が印加される。

上述のように構成された変形可能ミラー装置1のミラー面の変形動作を図3を参照して説明する。

この変形可能ミラー装置1に設けられた反射膜3によって構成されたミラー面を変形するには、駆動回路10から上部電極8と下部電極9と間に駆動電圧を印加する。このように駆動電力が印可されると、上部電極8と下部電極9との間に静電気力による吸引力が発生し、可撓性部材2の上部電極8が形成された部分が基板4側に形成された下部電極9側に吸引されるように撓み変形する。

このような変形に伴い、上部電極8と下部電極9とが設けられた第2空間7と、他方の第1空間5との間では圧力差が生ずる。これら第1及び第2の空間5，7は流路6によって連結されているため、第2空間7にて上昇した圧力は、流露6を介して第1の空間5内に作用し、第1の空間5を密閉するように配設された可撓性部材2の強度分布パターン2aが形成された面に作用し、この可撓性部材2を反射膜3が形成された面側が凸となるように変形させる。

ここで、可撓性部材2には、上述のように第2空間7内の圧力の変化に応じて所定の圧力が一様に印加されるが、可撓性部材2には強度分布パターン2aが形成されているので、この強度分布パターン2aに応じた変形形状が発生する。すなわち、可撓性部材2は、一様に圧力が印可されながら強度分布パターン2aの形状に応じた変形形状が得られる。

そこで、所定の一様な圧力の印加により変形される可撓性部材2の変形形状を、強度分布パターン2aの形状を適宜選択することにより、球面収差を補正することができる所定形状となるように設定することが可能となる。つまり、ミラー面の形状を球面収差補正が可能な形状に変形させることができる。

また、上部電極8と下部電極9との間に生じる吸引力は、これら上部電極8と下部電極9とに印加する電圧の大きさを変化させることで可能となる。すなわち、強度分布パターン2aが形成された面に対して印加する圧力は、駆動回路10から印可される駆動電圧レベルを制御することで段階的に変化させることができる。

そして、可撓性部材2に形成される強度分布パターン2aを適宜選択することにより段階的に変化される印加圧力に応じて、段階的に異なる所定の変形形状を得るようにすることも可能となる。すなわち、このような可撓性部材2の構成によれば、各電極に印加する駆動電圧レベル、すなわち、可撓性部材2に印加される圧力レベルに応じて、少なくとも無変形状態、第1の変形状態、第2の変形状態の3通りの形状を得ることができる。

この際、段階的に変化される駆動電圧レベル（印加圧力）に応じて、光ディスク2の各記録層で発生する球面収差を補正するに必要なミラー面の変形形状が得られるように強度分布パターン2aを設定することにより、3層以上の記録層に対してそれぞれ

有効に球面収差を補正することができる変形可能ミラー装置1を実現できる。

上述した変形可能ミラー装置1は、可撓性部材2に対して印加される所定の一様な駆動力に応じて、所望の変形形状を得ることができるので、球面収差補正が可能となるミラー面の変形形状を得るに当たって、例えば従来のように可撓性部材の複数箇所を複数の圧電アクチュエータにより駆動するといった構成を採る必要はなくなる。

すなわち、この変形可能ミラー装置1においては、ミラー面を変形させるために必要な駆動アクチュエータは、上部電極8、下部電極9を駆動するための駆動回路10の1つのみとすることができ、球面収差の補正を行うための制御はこの駆動回路10の制御のみを行えばよく、簡易な構成でかつ単純な制御により球面収差補正を行うことができる。

上述したように、上部電極8と下部電極9とに供給される電圧レベルが段階的に変化されるように駆動回路10の制御を行うことで、ミラー面の変形形状として例えば2種以上を得ることも可能となり、これによって光ディスク80に形成された第1～第3記録層81, 82, 83のように3層以上の記録層が形成される場合にも、各層での球面収差の補正に必要なミラー面の形状を得ることが可能となる。すなわち、記録層が3以上形成される光ディスク2に対しても、光学系の設計の基準とされた記録層以外の他の記録層において有効に球面収差補正を行うことが可能となる。

なお、上述のようにミラー面の所定の変形形状を得るための強度分布パターン2aは、第2空間7の縮小に応じて可撓性部材2に印加される圧力に応じて得られる変形形状を、例えばFEM(Finite Element Method:有限要素法)シミュレーションツール等を用いてシミュレーションした結果に基づいて設定することができる。

次に、上述した変形可能ミラー装置1の製造方法の一例を説明する。

この変形可能ミラー装置1を製造するには、先ず、図5Aに示すように、ガラス基板104a上の所定位置に流路6となる複数の溝を形成する。この流路6は、ガラス基板104a上に流路加工用のマスクパターンを形成し、その後エッチングを施すことにより形成される。

このように所定位置に流路6が形成されたガラス基板104aの全面に、例えばアルミニウム等の電極材料を成膜し、所定位置にマスクパターンを形成した後、エッチング

により、図5Aに示すような下部電極9を形成する。なお、電極材料の成膜は、例えばスパッタリング法により行われる。

このように流路6と下部電極9とが形成されたガラス基板104aに対して、図5Bに示すようにして、Si基板104bを、例えば陽極接合法等により接合する。この際、Si基板104bには、図2に示すように、第1空間5、第2空間7が形成されるように、円形の穴部を形成しておく。

これらガラス基板104aとSi基板104bとが結合されたものが、図2に示す基板4に相当する。

また、図5Cに示すように、反射膜3を具備した可撓性部材2を、Si基板104b上に例えば陽極接合法によって接合する。先の図2を参照して説明したように、可撓性部材2の第1空間5に対向する部分には、強度分布パターン2aが形成される。また、可撓性部材2の第2空間7と対向する部分には上部電極8が形成される。図示は省略したが、図5Cに示す可撓性部材2には、予め、Si基板104bに接合された際、円形の第1空間5の中心軸と中心が一致するように強度分布パターン2aが形成され、同様に上部電極8も、Si基板104bに接合された際に第2空間7内に位置するように形成される。

なお、上部電極8は、下部電極9と同様に、例えばアルミニウム等の電極材料をスパッタリング法等により成膜した後、エッチングが施されて形成される。

また、反射膜3は、可撓性部材2に対してアルミニウム等をスパッタリング法等により成膜して形成される。

その後、このようにガラス基板104a、Si基板104b、反射膜3を備えた可撓性部材2の結合体を、図5C中の破線で示すように所定寸法により切り出すことで、変形可能ミラー装置1が得られる。

上述したように、変形可能ミラー装置1は、成膜、エッチング、接合といった半導体の製造分野で広く用いられている製造プロセスを利用して製造することができるので、高精度でかつ大量生産が比較的容易に行える。

また、半導体製造プロセスが利用可能となることで、変形可能ミラー装置1としても小型化が可能となり、製造コストとしても比較的低コストに抑えることができる。

＜第2の実施の形態＞

次に、本発明の第2の実施の形態を図6を参照して説明する。この第2の実施の形態に係る変形可能ミラー装置20は、上述した第1の実施の形態では上部電極8と下部電極9との間の吸引力によりミラー面を変形するための駆動力を得るようにしていたものを、圧電素子21の変形によりこれを得るようにしたものである。

なお、図6に示す例において、図2に示す例と共通の部分には共通の符号を付して詳細な説明は省略する。

この変形可能ミラー装置20において、可撓性部材2は、図6に示すように、第1空間5のみを覆うように基板4と接合される。そして、第2空間7側には、この第2空間7のみを覆うようにして弾性導電板22が基板4に対して接合される。この弾性導電板22は、可撓性を有する弾性体であって、導電性を有する材料を用いて形成される。これら基板4と弾性導電板22とは、第2空間7を密閉するように接合される。

ここで、可撓性部材2は、第1空間5のみを覆うように基板4に接合したが、可撓性部材2として導電性を有するものを選定した場合は、図2に示すものと同様に第1空間5と第2空間7との双方を覆うように接合することができる。

そして、弾性導電板22の第2空間7と対向する面とは反対側の面、つまりミラー面が形成される面には圧電素子21が固着される。この圧電素子21は、円形の第2空間7と同様の円形に形成され、第2空間7の直上に位置するように固着される。

そして、弾性導電板22と圧電素子21には、それぞれ駆動回路10からの配線が接続され、圧電素子21に駆動電圧が印加される。

このように構成された変形可能ミラー装置20は、駆動回路10から圧電素子21に電圧を印加し、圧電素子を印可される電圧の極性に応じて伸縮することによりミラー面の変形を行う。すなわち、圧電素子21が伸縮することによって、この圧電素子21が固着された弾性導電板22がミラー面側に凸となる方向、又はミラー面とは逆側に凹となる方向に撓むようにして変形することによってミラー面を変形させる。

圧電素子21の動作によって弾性導電板22がミラー面とは逆側に凹となる方向に変形された場合は、可撓性部材2の強度分布パターン2aが形成された面をミラー面側に押し上げる圧力が印加され、これによってミラー面は凸方向に変形する。

また、弾性導電板22がミラー面側に凸となる方向に変形された場合は、第2空間7は拡大する傾向となり、可撓性部材2の強度分布パターン2aを形成した面をミラー面とは逆側に吸引する圧力が印加される。この場合のミラー面としては、凹となる方向に変形する。

このように、圧電素子21の伸縮力に応じた圧力を印加する構成とすることにより凹凸双方向に変形させることができる。このようにミラー面を凹方向に変形させる場合にも、可撓性部材2に形成される強度分布パターン2aは、ミラー面とは逆側に吸引する圧力の印加に応じて所定の変形形状が得られるようにそのパターンを設定することにより、球面収差を補正できる形状に変形させることができる。

さらに、圧電素子21に印加する電圧レベルを変化させることにより、強度分布パターン2aが形成された面に印加される圧力を段階的に変化させることができ、段階的に変化される各圧力レベルに応じて段階的に所定の変形形状が得られるように強度分布パターン2aを形成することで、3つ以上の記録層が形成された光ディスクの各記録層に対して有効に球面収差補正を行うことができる。

この変形可能ミラー装置20も、図5に示した製造方法とほぼ同様の工程を採用でき、高精度で大量生産が可能で、かつ装置の小型化、低コスト化を図ることができる。

＜第3の実施の形態＞

次に、本発明の第3の実施の形態を図7を参照して説明する。この第3の実施の形態に係る変形可能ミラー装置30は、ボイスコイルモータを用いて可撓性部材2の強度分布パターン2aが形成された面を直接的に押引してミラー面を変形させるように構成したのもである。

このミラー装置30は、図7に示すように、基板4に対して円形をなす1つの空間37のみが形成される。円形をなす空間37の中心軸Cと、同心円状に形成された強度分布パターン2aの中心とが一致するようにして、可撓性部材2が基板4と接合されている。そして、空間37内には、基板4上に取り付けられたボイスコイルモータ31が配置されている。

ボイスコイルモータ31は、円柱状のヨーク32がその中心軸を空間37の中心軸Cと一致されて基板4上に固定されている。円柱状ヨーク32にはフランジ部が形成され、

その上部にリング状のマグネット34が取り付けられている。さらに、マグネット34と同軸にリング状のヨーク33が取り付けられている。

そして、強度分布パターン2aの中心部分に形成される凸部の先端には、この凸部の中心に中心を一致するようにしてコイルホルダ36が取り付けられている。このコイルホルダ36には、強度分布パターン2aの凸部への取り付け側とは逆側の先端部側の外周面には、駆動コイル35が巻回される。

この駆動コイル35は、駆動回路10に接続され、この駆動回路10から駆動電流が供給される。

なお、円柱状ヨーク32、マグネット34、リング状ヨーク33は、駆動コイル35に駆動電流が流されたときにコイルホルダ36を空間37の中心軸と平行な方向に移動させる駆動力を発生させる磁路を形成されるように構成されている。

また、基板4には流路38が形成されている。この流路38は、基板4の外部に連通し、空間37と外部との通気口として機能する。

上述のように構成された変形可能ミラー装置30は、駆動回路10から駆動コイル35に電流を共通することによってミラー面の変形を行う。すなわち、コイルホルダ36に巻回された駆動コイル35に供給される電流の極性に応じて、空間37の中心軸と平行な方向への駆動力が発生する。このようにコイルホルダ36の中心軸と平行な方向への駆動力が発生すると、このコイルホルダ36が取り付けられた可撓性部材2は、強度分布パターン2aの中心部がコイルホルダ36によって直接ミラー面側に押圧又はミラー側とは逆側に引き込まれ、これに追随してミラー面が凹状又は凸状に変形する。

上述のように、可撓性部材2に対して、ボイスコイルモータによる押圧／引圧力が一様に印加される。この場合も、強度分布パターン2aを形成した可撓性部材2に所要の強度分布を与えていることで、その形成パターンによって一様な駆動力の印加に応じて所望の変形形状を得ることができる。

すなわち、可撓性部材2に形成される強度分布パターン2aとして、コイルホルダ36による押圧／引圧力の印加に応じて所定の変形形状が得られるようにそのパターンを設定することにより、ミラー面を球面収差を補正できる形状に変形させることができる。

また、駆動コイル35に供給する電流の大きさを変化させることで、強度分布パターン2aが形成された面に印加される圧力を段階的に変化させることができ、段階的に変化する各駆動力レベルに応じて段階的に所定の変形形状が得られるように強度分布パターン2aを形成することで、3つ以上の記録層を有する光ディスクの各記録層に対して有効に球面収差補正を行うことができる。

また、第3の実施の形態で用いられるボイスコイルモータ31は、駆動電流の供給に応じたコイルホルダ36の駆動レスポンスを比較的速いものとすることができ、例えば数十kHzといった比較的高速な駆動が可能とされる。これによれば、ミラー面の変形の応答性の高速化が可能となり、例えば、光ディスクの一周内のカバー層の厚さの変化に追従した球面収差補正を行うことが可能な変形可能ミラー装置を提供できる。

例えば、記録再生用に波長を405nmの光ビームを用いるいわゆるブルーレイディスク等の高密度記録を可能とする高密度光ディスクでは、光ディスクの平面内でのカバー層の厚さを球面収差が無視できる程度に高精度製造されている。高密度光ディスクの普及に伴い、いわゆる粗悪ディスクと呼ばれる低精度のディスクが流通されるようになった場合には、光ディスクの平面と平行な方向の一周内での球面収差量が無視できないほどのカバー層の厚さムラが生じることも考えられる。

このような光ディスクの出現を想定すると、光ディスクの平面と平行な方向の1周内で生じる球面収差を補正して記録再生特性の劣化を防止することが考えられるが、近年の高密度光ディスクでは、記録再生時のディスク回転速度も高速化しているので、ミラー面の変形速度も比較的高速なものとする必要がある。

このことから、ミラー面の変形速度を比較的高速なものとできる第3の実施の形態の変形可能ミラー装置20によれば、光ディスクの平面と平行な方向の1周内でのカバー層の厚さムラに対応した球面収差補正動作を有効に行うことが可能なとなる。

そして、光ディスクの平面と平行な方向の1周内でのカバー層の厚ムラに対応した球面収差補正動作を有効に行うことが可能となれば、粗悪は光ディスクに対しても記録再生特性の劣化を防止できる。これは、現状よりも光ディスクのカバー層の厚さムラの許容範囲を広げることができ、光ディスクの製造コストの削減を図ることも可能となる。

なお、光ディスクの平面と平行な方向の1周内でのカバー層の厚さの変化に対応した球面収差補正が可能な変形可能ミラー装置30は、上述の例に限られるものではないが、ボイスコイルモータ31を用いることにより、応答性を速くするための特別な構成や設計が不要となる利点がある。

また、上述した変形可能ミラー装置30において、図7に示した流路38の断面積や形状を最適化することで、より良好なダンピング特性を得ることができる。

＜第4の実施の形態＞

次に、本発明の第4の実施の形態を図8を参照して説明する。この第4の実施の形態に係る変形可能ミラー装置40は、可撓性部材2に断面形状の違いによる強度分布パターン2aは形成せず、上部電極41を部分的に配置して電極パターン41aを形成した。そして、上部電極41と下部電極42との間に生ずる静電気力による吸引力を利用して可撓性部材2を直接的に変形させるように構成したものである。

ここで、電極パターン41aは、図2に示す強度分布パターン2aと同様に、図8に示すように、空間43の中心軸Cを中心として同心円状に複数の上部電極41を可撓性部材2の空間43と対向する面に形成することによって構成される。

そして、電極パターン41aを構成する複数の上部電極41と対向する基板4上には、円形状の下部電極42が形成される。

複数の上部電極41のそれぞれと下部電極42には駆動回路10が接続されている。この場合も基板4には、空間43と外部とを連通する通気口として機能する流路44が形成されている。

この変形可能ミラー装置40においてミラー面の変形を行うには、駆動回路10から上部電極41、下部電極42のそれぞれに電圧を印加することによって行われる。上部電極41と下部電極42に電圧が印可されることにより、上部電極41と下部電極42との間に静電気力による吸引力が発生する。ここで、複数の上部電極41が同心円状に配置されて電極パターン41aを形成することにより、駆動電圧の印加に応じて、可撓性部材2の上部電極41が設けられた部分にのみ、上下電極間の吸引力が作用することになり、上部電極41が配置された部分のみ変形の強度が強くなる。すなわち、可撓性部材2は、上部電極41が配置された部分は、他の部分とは変形態様の状態が

異なるようにされているものであり、上下電極41，42間に電圧が印加された場合、ミラー面の上部電極41が配置された部分が、他の部分とは変形曲率が異なるようになる。

上述のように部分的に変形態様についての状態が異なることにより、可撓性部材2に対して上部電極41を形成するパターン、すなわち、電極パターン41aの形状により上部電極41と下部電極42に対して印加される一様な駆動電圧の印加に応じて所望の変形形状を得ることができる。

つまり、電極パターン41aに応じ、所定の一様な駆動力の印加に応じて球面収差補正に必要なミラー面の変形形状を得ることができ、これによって可撓性部材2を駆動するアクチュエータとしては1つのみとすることができる。

また、駆動回路10により印加する電圧レベルを変化させることで、可撓性部材2に対する吸引力（駆動力）は段階的に制御することが可能であり、このような段階的に変化される駆動力レベルに応じて段階的に所定の変形形状が得られるように上記電極パターン41aを形成することで、3つ以上の記録層を有する光ディスクの各記録層に対し有効に球面収差補正を行うことができる。

また、電極パターン42aは、図9に示すように、下部電極42側に構成したものであってもよい。すなわち、図9に示す変形可能ミラー装置45は、図8に示す変形可能ミラー装置40の上部電極41と下部電極42とを逆転し、下部電極42側に電極パターン42aを形成したものである。

この変形可能ミラー装置45においても、上部電極41と下部電極42との間では、下部電極42が配置された部分にのみ吸引力が発生する。すなわち、この可撓性部材2は、下部電極42が形成された部分において、部分的に変形態様が異なるようにされているものであり、電極パターン42aの形成パターンにより、可撓性部材2を所望の変形形状に変化させることができる。

このように、下部電極42側に電極パターン42aを構成した変形可能ミラー装置40においても、上下電極41，42間に所定の一様な駆動電圧を印加することにより、上述した図8に示す変形可能ミラー装置40と同様の吸引力の発生態様を得ることができることから、所定の一様な駆動力の印加に応じて、所望の変形形状を得ることがで

きる。

なお、上述の変形可能ミラー装置40，45では、電極のパターニングのみによって状態の異なる部分を形成する例を示したが、前述したように、可撓性部材2に強度分布パターン2aを形成した上で、駆動力の印加の手法についてのみ、上部電極41と下部電極42との間に電圧を印可して静電気力の印加を行う構成とすることも可能である。

＜第5の実施の形態＞

次に、本発明の第5の実施の形態を図10を参照して説明する。この第5の実施の形態に係る変形可能ミラー装置50は、ミラー面が形成される可撓性部材として、図2に示したような可撓性部材2に代えて圧電素子52を用い、所定の一様な駆動力の印加に応じて所望の変形形状を得るに当たっては、圧電素子52に分極反転パターン52aを形成するようにしたものである。

圧電素子52は、円形の空間51が形成された基板4に、空間51を覆うようにして接合される。圧電素子52の基板4に接合される側とは反対側面には、ミラー面兼電極53が形成される。このミラー面兼電極53は、ミラー面と電極とを兼用できる例えばアルミニウム等を圧電素子52にスパッタリング法等により成膜することにより形成される。

また、圧電素子52の空間51と対向する面には、同じくアルミニウム等の電極材料をスパッタリング法等により成膜して下部電極54が形成されている。

これらミラー面兼電極53と下部電極54とは、駆動回路10に接続され、これら電極53，54を介して圧電素子52に駆動電圧が印加される。

上述のように圧電素子52が形成される分極反転パターン52aは、図2を参照して説明した強度分布パターン2aと同様に、例えば円形の空間51の中心軸Cを中心とした同心円状に形成される。

ここで、圧電素子52に形成される分極反転パターン52aの形成プロセスを図11を参照して説明しておく。

先ず、図11Aに示すように、圧電素子52の材料となる圧電単結晶材料161を用意する。この圧電単結晶材料161としては、例えば$LiNbO_3$（ニオブ酸リチウム）や、$LiTaO_3$（タンタル酸リチウム）等を用いる。

なお、図11A中に示す破線矢印Y_1は圧電単結晶材料161の自発分極方向を示している。

そして、図11Bに示すように、圧電単結晶材料161に対して電極のパターニングを行う。すなわち、圧電単結晶材料161の一方の面の全面に対して電極63を形成し、他方の面においては分極反転を行うべき部分に対応させて電極62を形成する。

その上で、図11Cに示すように、電極62に対しては正極性、電極63に対しては負極性の電圧を印加することで、圧電単結晶材料161の自発分極方向とは逆方向となる電圧を印加する。

この分極反転処理を行った後に、図11Dに示すように、圧電単結晶材料161に対して所定時間に亘って熱処理を施す。例えば、約900℃、10時間の熱処理を施す。この熱処理により、次の図11Eに示すように、分極反転処理によって形成された分極反転部分の一部の分極方向が反転される。すなわち、この部分の分極方向は自発分極方向に戻され、結果的に素子の厚み方向の約半分程度が他の部分とは分極方向が異なるようにされた、分極反転パターン52aが形成される。

このように分極反転パターン52aが形成された圧電素子52では、部分的に分極方向が異なるようにされて、伸縮方向が異なるようにされた部分が内在されたものとなる。つまり、部分的に変形態様についての状態が異なるようにされている。また、ミラー面においては、圧電素子52に駆動電圧が印加された場合に部分的に変形曲率が異なるようにされるものとなる。

このような分極反転パターン52aとしての、伸縮方向が異なるようにされた部分の形成パターンによって、この場合も圧電素子52に対して印加される駆動電圧としての所定の一様な駆動力の印加に応じて、所望の変形形状を得ることが可能となる。この場合も、上述したような分極反転パターン52aによれば、所定の一様な駆動力の印加に応じて球面収差補正に必要なミラー面の変形形状を得ることができ、これによってアクチュエータは1つのみとすることができる。

また、この場合も駆動回路10により印加する電圧レベルを変化させることで、可撓性部材2に対する駆動力は段階的に制御することが可能であり、このような段階的に変化される駆動力レベルに応じて段階的に所定の変形形状が得られるように分極反

転パターン41aを形成することで、3つ以上の記録層を有する光ディスク2の各記録層に対し有効に球面収差補正を行うことができる。

なお、第4及び第5の実施の形態の変形可能ミラー装置40，50においても、球面収差補正が可能なミラー面の変形形状を得るに当たっての電極パターン41a，42a及び分極反転パターン52aの設定はEFMシミュレーションツールを用いて設定するようにすればよい。

＜第6の実施の形態＞

上述した第1～第5の実施の形態の変形可能ミラー装置は、図1に示したように、偏光ビームスプリッタ72にて反射されたレーザ光が入射され、このレーザ光を180° 反射して光ディスク80に対して照射するように構成されている。このような光学系の構成では、光ディスク80に対し、レーザ光を直線偏光でしか照射できなくなってしまうという制限がある。

ここで、一般的に光学系の設計に当たっては、光ディスク80毎の諸特性のバラツキが光学系に与える影響を低減したい等の理由から、光ディスク80に対しレーザ光を円偏光の状態で照射したいという事情がある。

また、これとともに、半導体レーザLDから照射されてディテクタ77にて検出されるまでのレーザ光の利用効率を考慮すると、ディテクタ77に対しては光ディスク80からの戻り光を直線偏光により戻したいという事情もある。

このことを踏まえた上で、先の図1にて説明した光学系におけるレーザ光の偏光について再度考察してみる。

図12A、図12Bは、図1に示した光学系の構成における、主にレーザ光の偏光について説明するための図である。なお、この図では、図1中で破線により囲った部分の構成は省略して示している。

先ず、図12Aに示す「往路」において、図1でも述べたように偏光ビームスプリッタ72には、レーザ光がS偏光の状態で入射するようにされている。偏光ビームスプリッタ72は、レーザ光をS偏光で反射することで、レーザ光は1／4波長板73を透過する。レーザ光は、1／4波長板73を透過することによって円偏光に変換され、変形可能ミラー装置にて180° 反射される。

反射した円偏光によるレーザ光は、再度1／4波長板73を透過することで、今度はP偏光に変換される。P偏光に変換されたレーザ光は、偏光ビームスプリッタ72を透過することで、対物レンズ71を介して集光されて光ディスク80の所要の記録層に合焦する。

また、図12Bに示す「復路」において、光ディスク80により反射されたP偏光の戻り光は、対物レンズ71、偏光ビームスプリッタ72を透過し、1／4波長板73を透過することで再度円偏光に変換される。そして、円偏光に変換された反射光は、変形可能ミラー装置にて180° 反射されて再度1／4波長板73を透過することで、最後はS偏光に変換される。偏光ビームスプリッタ72では、S偏光を反射するので、反射光は図1示したコリメータレンズCLに入射され、ビームスプリッタBSを透過してディテクタ77に導かれることになる。

したがって、図12に示す例では、ディテクタ77に対しては、光ディスク80から反射された戻り光をS偏光に戻すことができる。ただし、光ディスク80に対しては、円偏光ではなく、直線偏光のP偏光成分を照射しなければならない。

ここで、光ディスク80に対してレーザ光を円偏光により照射するとした場合には、図13に示すように、図1に示した光学系の構成に対して1／4波長板73もう1つ追加することが考えられる。

この構成によれば、この図13Aに示す「往路」では、図12AではP偏光のまま光ディスク80に照射されるものが、新たに追加された1／4波長板73により円偏光に変換することができ、これによって光ディスク80に対してはレーザ光を円偏光により照射することができる。

この場合、図13Bに示す「復路」では、光ディスク80からの円偏光による戻り光は、追加された1／4波長板73にてS偏光に変換されてしまう。すなわち、このS偏光による戻り光は偏光ビームスプリッタ72を反射して光路外へと導かれてしまい、戻り光の検出を行うことができなくなってしまう。

このように、変形可能ミラー装置にてレーザ光を180° 反射させるようにされた図1の光学系の構成においては、光の利用効率を考慮してディテクタ77に対し戻り光を直線偏光により戻そうとすると、光ディスク80には円偏光でなく直線偏光でレーザ光

を照射せねばならず、逆に光ディスク80に円偏光で照射させようとすると、その戻り光をディテクタ77に正しく戻せなくなってしまうことになる。

つまり、結果的に図1に示される光学系の構成によっては、レーザ光を正しくディテクタ77に導くために、光ディスク80に対しては直線偏光(P偏光)により照射し、ディテクタ77に対しても直線偏光(S偏光)により戻さなければならないものとなっている。

光の利用効率は、光ディスクの今後のさらなる高記録密度化を見据えると、より高くされる方が好ましいといえる。よって、光ディスク80からの戻り光は、上述のように直線偏光により戻せた方が今後の高記録密度化にとってより有利とすることができる。

また、これとともに、光ディスク80毎の諸特性のバラツキが光学系に与える影響としても可能な限り除去できるにことが望ましい。したがって、光ディスク80に対してはレーザ光を円偏光により照射できることがより好ましいものとなる。

そこで、このような光ディスク80に対する照射光とディテクタ77への戻り光との条件を満たす光学系の構成としては、図14に示すような構成を採ることができる。

なお、この図14において、図1に示す部分と共通の部分には、同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

先ず、図14に示す光学系において、半導体レーザLDから出射されたレーザ光はグレーティング74、コリメータレンズCL1を透過して偏光ビームスプリッタ75に入射する。偏光ビームスプリッタ75に入射したレーザ光の一部は反射されて、フロントモニタ78に入射する。

そして、偏光ビームスプリッタ75を透過したレーザ光は、図14に示すように反射面が45° に傾設された所謂立ち上げミラー(45° ミラー)としての変形可能ミラー装置60, 70に入射する。この立ち上げミラーにより、レーザ光は90° 反射され、1／4波長板73と対物レンズ71とを介して光ディスク80に照射される。

この図14に示される構成においては、先の図1に示す構成では必要とされていた、変形可能ミラー装置に対してレーザ光を導くための偏光ビームスプリッタ72が省略されたものとなる。

このような光学系の構成によれば、半導体レーザLDから出射されたレーザ光は、直線偏光(P偏光)により45° ミラーにより反射されて1／4波長板73に入射される。

そして、1／4波長板73を透過した直線偏光状態のレーザ光は円偏光に変換され、対物レンズ71を透過して光ディスク80に照射される。

さらに、光ディスク80により反射され反射光は、対物レンズ71を透過して再度1／4波長板73を透過することで、円偏光から直線偏光（S偏光）に変換され、45°ミラーにて反射されて偏光ビームスプリッタ75に導かれる。偏光ビームスプリッタ75ではこの戻り光が反射されてディテクタ77方向に導かれる。

このようにして、図14に示す光学系によれば、光ディスク80に対してはレーザ光を円偏光により照射するとともに、光ディスク80からの戻り光についてはディテクタ77に対して直線偏光により導くことができる。

ただし、この図14に示されるような光学系の構成において、45°ミラーとして備えられた変形可能ミラー装置では、ミラー面におけるレーザ光の照射面（反射面）の形状は、図15に示されるような楕円形状となる。すなわち、図14中のZ軸方向から反射面を見た場合に、図14中Y軸方向とこれと直交する方向をX軸方向とすると、図15中のX軸方向とY軸方向との直径の比率がおよそX:Y＝1:2となる楕円形状となるものである。

ここで、先の図1の構成による光学系においては、ミラー面に対するレーザ光の入射角は90°とされることから、反射面の形状は当然のことながら円形となる。そして、これに対応させてこれまでの実施の形態では、状態の異なるようにされた部分の形成パターンを同心円状としていたものである。

これに対し、図14に示す光学系の構成においては、変形可能ミラー装置でのレーザ光の反射面の形状は上記のように楕円形状となることから、これまでの実施の形態のように円形のパターンとしたままでは、球面収差補正を良好に行うことができなくなってしまう。

そこで、本発明における第6の実施の形態では、変形可能ミラー装置をこのような立ち上げミラーとして用いることを想定して、状態の異なるようにされた部分のパターンを、それぞれ同じ中心を持つ楕円の形状により形成するものとしている。

図16、図17を参照して、第6の実施の形態としての変形可能ミラー装置60について具体的に説明する。

なお、これらの図において、図16は変形可能ミラー装置60の構成を断面図により示している。また、図17A、Bは、変形可能ミラー装置60の備える可撓性部材2の構造について、図17Aでは先の図14に示したZ軸方向よりみた場合の構造を示し、図17Bでは断面構造を示している。

先ず、この第6の実施の形態の変形可能ミラー装置60が備える可撓性部材2としても、図17に示すように、ミラー面となるべき面に対して反射膜3がスパッタ法等により成膜されている。

この場合の可撓性部材2としては、上記ミラー面の裏側となる面において、同じ中心Cを持つ複数の楕円部2A、2B、2C、2Dが形成されている。これら複数の楕円部2A～2Dは、中心Cを含むようにされた楕円部2Aが最もZ軸方向への厚みがあり、次いで外周側に形成される楕円部2B、さらに外周側となる楕円部2C、さらに外周側の楕円部2Dとなるに従ってZ軸方向への厚さが薄くなるようにされている。つまり、図17Bにも示すように、可撓性部材2の断面形状としては、中心Cから外周方向に亘って階段状にその厚さが薄くなるような形状とされている。

そして、楕円部2Dが形成される領域より外周となる領域には、可撓性部材2に対するZ軸方向への駆動力が印加された場合にも変形されないように充分な強度を確保するための、リブ状のフレーム2Eが形成される。

さらに、このフレーム2Eの外周側に対し、先の第3の実施の形態で用いられていたものと同様の駆動コイル35が巻回されている。

ここで、楕円部2A～楕円部2Dまでの範囲は、変形ミラーとして変形する範囲とされる。つまり、第6の実施の形態では、それぞれ厚さの異なるようにされた楕円部2A～楕円部2Dの形成パターンによって、Z軸方向への駆動力が印加された際にミラー面として所望の変形形状が得られるようにされている。したがって、この可撓性部材2では、これら楕円部2A～楕円部2Dが図示するように強度分布パターン2aを形成していることになる。

これら変形可能な楕円部2A～楕円部2Dまでの領域の外周部には、上述のようにして駆動力の印加に対しても変形しない十分な強度を持つようにされたフレーム2Eが形成されている。つまり、このフレーム2Eとしての可撓性部材2における外周部分

が、このように駆動力の印加に対しても変形せず強度が保たれることで、その分、楕円部2A～楕円部2Dまでの可変部の変形形状としては、より理想の変形形状に合わせ易くできる。つまり、可撓性部材2の外周部が変形されてしまう場合と比較すれば、より高精度にミラー面の変形形状を理想形状に近づけることができる。

さらに、第6の実施の形態としての変形可能ミラー装置60は、この図17に示した反射膜3が成膜された可撓性部材2が、図16に示す構造とされるベース61に対して嵌合されている。

このベース61は、最外周部分に図示する外周壁61aと、その内周側に内周壁61b、さらに内周側の中心C含む領域に中央凸部61cが形成されている。中央凸部61cには、中心Cを含むその中心部に、可撓性部材2の中央に形成された楕円部2Aを嵌合するための凸部が形成されている。この凸部に楕円部2Aが嵌合されて取り付けられることで、可撓性部材2はベース61により支持される。

また、外周壁61aにおける内周側部分には、リング状によるマグネット34が固着されている。そして、この外周壁61aの内周側に固着されたマグネット34と、内周壁61bとの間には、中央凸部61cの凹部に可撓性部材2が嵌合された際、可撓性部材2の駆動コイル35が巻回されたフレーム2Eが挟み込まれる。

このとき、ベース61は高透磁率材により形成されることで、このベース61とマグネット34とによる磁気回路が形成されることになる。

このような構成を備えた変形可能ミラー装置60においては、駆動コイル35に駆動回路10からの駆動電流が供給される。このように駆動コイル35に駆動電流が供給されることで、駆動コイル35が巻回されるフレーム2Eには、駆動コイル35に供給される電流の極性に応じたZ軸方向への駆動力が発生する。つまり、可撓性部材2に対しては、その外周部となるフレーム2Eにおいて一様な駆動力が印加される。

このようにフレーム2EにZ軸方向への駆動力が発生することで、可撓性部材2は、ベース61に支持された中央部を頂点にミラー面側に凸、又はミラー面とは逆側に凹となるように変形する。

このとき、可撓性部材2には、上記した楕円部2A～2Dとしての強度分布パターン2aが形成されている。つまり、その形成パターンによって、可撓性部材2に印加される

一様な駆動力に応じて所望の変形形状を得ることができる。

また、駆動コイル35に供給する駆動電流の大きさを変化させることで、可撓性部材2に印加される圧力を段階的に変化させることができ、このような段階的に変化される各駆動力レベルに応じて段階的に所定の変形形状が得られるように強度分布パターン2aを形成することで、3つ以上の記録層を有する光ディスクの各記録層に対して有効に球面収差補正を行うことができる。

また、この第6の実施の形態としても、ボイスコイルモータの原理を利用して可撓性部材2に駆動力が印加されるので、先の第3の実施の形態と同様にミラー面の変形の応答性の高速化に有利となり、例えば光ディスク80の平面と平行な方向の一周内のカバー層の厚さの変化に追従して球面収差補正を行うといった場合に有利となる。

その上で、この場合は強度分布パターン2aを、それぞれ同じ中心Cを持つ楕円形状により形成していることで、45°ミラーでのレーザ光の照射面の形状に応じた適正な球面収差補正を行うことが可能となる。つまり、45°ミラーとして球面収差補正を行うことのできる変形可能ミラー装置が実現できるものである。

このように45°ミラーとして球面収差補正を行うことのできる変形可能ミラー装置が実現できることで、先の図14に示す光学系の構成が実現可能となって、光ディスク80に対してはレーザ光を円偏光により照射し、ディテクタ77に対しては直線偏光による戻り光を得ることが可能となる。つまり、これによって光ディスク80のバラツキの影響が光学系に与える影響を低減し、かつレーザ光の光の利用効率の向上を図ることができる。

そして、これによれば、変形可能ミラー装置を用いて球面収差補正を行う光学系の構成として、今後の光ディスク80の高記録密度化に対してより有利な構成を実現できる。

また、図14に示す光学系の構成が実現可能となれば、図1に示す光学系の構成とする場合には2つ必要とされていたビームスプリッタの1つを省略でき、その分光学系の小型化や製造コストの削減を図ることができる。

ここで、参考として図18に、このように45°ミラーとして用いることを想定した場合の

変形可能ミラー装置60において、光ディスク80における各記録層81～83での球面収差補正に当たって必要な変形形状の一例を示しておく。

図18では、ミラー面の中心（中心C）からのそれぞれX軸方向、Y軸方向の距離と、それに応じたZ軸方向への変形量の数値によって、球面収差補正のために必要なミラー面の変形形状を示している。

なお、図18に示す数値としては、各記録層81～83のカバー層の厚さが、第1記録層81を0．075mm（75μm）、第2記録層82を0．100mm（100μm）、第3記録層83を0．125mm（125μm）とした場合に対応するものである。

さらには、図18に示される数値は、変形可能ミラー装置60が備えられる図14に示した光学系が、第2記録層82の合焦時に球面収差補正が不要となる（球面収差が最小となる）ように設計されている場合に対応する。

先ず、図18において、白抜きはカバー層の厚さを75μm（第1記録層81）ときの、薄色は100μm（第2記録層82）のときの、黒色は125μmのとき（第3記録層83）の変形形状に対応した数値をそれぞれ示している。そして、それぞれにおいて、さらに四角印はX軸方向の、丸印はY軸方向の変形形状に応じた数値を示している。

この図18から分かるように、この場合のミラー面は、第2記録層82において変形量がゼロとなるようにされている。つまり、上述したようにこの場合の光学系では、第2記録層82の合焦時に球面収差補正が不要となるように設計されている。

そして、実際に補正を行うようにされる第1記録層81と第3記録層83とでは、中心Cからの同じ距離上で、概ねX軸方向とY軸方向とがX:Y＝2:1の変形量となるようにされている。

これら第1記録層81、第3記録層83にて良好な球面収差補正を行うに当たっては、可撓性部材2に対する所定の駆動力の印加に応じて、図18に示されるような中心Cからの各位置での変形量が得られるように、FEMシミュレーションツールを用いて楕円部2A～2Dの形成パターン、例えばそれぞれのZ軸方向への厚みや中心Cからの距離等を決定するものとすればよい。

この場合の光学系としては、光ディスク80に形成される3つの記録層のうちの中間の第2記録層82に合わせて球面収差補正が不要となるように設計するものとしている

が、これによれば、第1記録層81、第3記録層83における球面収差補正量としては、共に一層分の補正量とすることができ、したがってミラー面の変形量は最小とすることができる。例えば、第1記録層81、又は第3記録層83に合わせて球面収差補正が不要となるように設計した場合、ミラー面の変形量は最大で2層分となり、その分可撓性部材2としてもより強度の強い部材を用いる等のコストアップを強いられる。これに対し、中間の第2記録層82に合わせた設計とすればこれを抑制できるものである。

なお、記録層が4層以上形成された光ディスクに対しても、同様に中間に位置するようにされた記録層に合わせた設計とすることで、ミラー面の変形量を減少させることができる。

＜第7の実施の形態＞

次に、本発明の第7の実施の形態を図19を参照して説明する。

なお、図19において図16及び図17と共通部分には共通の符号を付して詳細な説明は省略する。

第7の実施の形態において、図14に示した45°ミラーを用いて球面収差の補正を行うため、可撓性部材2として前述した図16に示す変形可能ミラー装置60に用いられる楕円部2A～2D、及びフレーム2Eを用いる。

そして、図16に示す変形可能ミラー装置60では、フレーム2Eを構成する可撓性部材2の外周部に駆動力を印加するようにしていたものを、この変形可能ミラー装置70では可撓性部材2を構成する楕円部2Aの中心部に対して一様な駆動力を印加するように構成したものである。

可撓性部材2の中央部に形成された楕円部2Aには、図7に示した第3の実施の形態の変形可能ミラー装置30の場合と同様のコイルホルダ36が取り付けられている。このコイルホルダ36の外周部には駆動コイル35が巻回されている。

そして、フレーム2Eを介して可撓性部材2を支持するようにしたベース65が設けられている。このベース65の内部には、外周壁66aと中央凸部66bとが形成され、図19に示すように、断面形状を略E字型とするヨーク66が固定されている。

ヨーク66の外周壁66aの内周側には、リング状のマグネット34が取り付けられ、外周壁66aと中央凸部66bとの間に磁束が供給されるようになっている。ヨーク66は、

可撓性部材2のフレーム2Eがベース65に固定された際に、中央凸部66bの中心軸がミラー面の中心Cの軸上で一致するように、ベース65の形状によって位置決めされる。このとき、ベース65と可撓性部材2側とが固定された状態では、中央凸部66bとコイルホルダ36との間に所定の間隔が保持され、コイルホルダ36の駆動コイル35が巻回された外周部分が外周壁66aに固定されたマグネット34と中央凸部66bとの間に挟み込まれるようになっている。

このように構成された変形可能ミラー装置70も、駆動コイル35に駆動回路10から駆動電流が供給されることで、Z軸方向への駆動力が発生する。

本例の変形可能ミラー装置70は、可撓性部材2に設けられたフレーム2Eに代えて、中央部の楕円部2Aの部分に駆動力が印加される以外は、先の第6の実施の形態の場合と同様の動作が得られることになる。

また、可撓性部材2に形成される強度分布パターン2aとして楕円形状によるパターンが形成されていることで、45°ミラーとして備える場合に良好に球面収差補正を行うことが可能となる。さらに、ミラー面における可変部としての楕円部2A～楕円部2Dの外周部にフレーム2Eが形成されていることにより、第6の実施の形態の場合と同様にミラー面の変形形状をより高精度に所望の変形形状に一致させることが可能とされる。

なお、強度分布パターン2aの形成パターンとしては、所定の駆動力の印加に応じて、図18に示した光ディスクの各記録層に応じた補正量に対応した変形形状が得られるようにFEMシミュレーションツールを用いてシミュレーションした結果に基づいて設定される。

ここで、第7の実施の形態の変形可能ミラー装置70について、光ディスクの各記録層毎での変形形状について実験を行った結果を、図20に示す。

なお、図20では、カバー層の厚さを75μmとしたときの球面収差補正量に応じた変形形状についての結果のみを示し、図20中四角印はX軸方向の、また丸印はY軸方向におけるそれぞれ中心Cからの距離に応じたZ軸方向の変形量を示している。

また、それぞれの×印は、カバー層の厚さを75μmとしたときにおける、図18に示

したものと同様のX軸方向、Y軸方向での変形形状についての理想値を示している。

図20に示す結果より、X軸方向、Y軸方向で共に、殆どの位置で理想値による変形形状とほぼ一致していることがわかる。そして、理想値との誤差が生じている部分としても、その誤差は最大でも0．2μm以内で収まっている。

この場合、ミラー面の変形形状は非常に高い精度で理想形状と一致しているものであり、このような結果より、変形可能ミラー装置70によれば球面収差補正を良好に行うことが可能であることが理解される。

なお、ここでは第7の実施の形態の場合の実験結果のみを示しているが、第6の実施の形態の場合としてもこの図に示す結果とほぼ同等の結果を得ることができる。

ところで、これまでに説明した第6の実施の形態と第7の実施の形態とについて、可撓性部材2におけるフレーム2E（外周部）を駆動するようにされた第6の実施の形態では、中央部がベース61に固定されるため、駆動力印加に応じたミラー中心位置のZ軸方向への変位をほぼゼロとすることができる。これによって、反射されるレーザ光の光軸ズレをほぼ生じさせないようにすることができる。

これに対し、可撓性部材2における楕円部2A（中央部）を駆動する第7の実施の形態では、フレーム2Eとベース65とが固着されるので、可撓性部材2とベース65との固着面積が広くより高い剛性を得ることが可能となるから、その分可撓性部材2の固有振動数を高く設定することができるというメリットがある。つまり、これによれば、例えばディスク周回内での球面収差補正を行う場合により有利とすることができるものである。

これら第6及び第7の実施の形態のように、強度分布パターン2aを同じ中心を持つ楕円形状とした場合にも、可撓性部材2の製造は成膜やエッチング等の半導体の製造プロセスを利用することができるので、高精度でかつ大量生産が比較的容易となる。このように半導体製造プロセスが利用可能となることで、変形可能ミラー装置としても小型化が可能となり、製造コストとしても比較的低コストに抑えることができる。

なお、第6及び第7の実施の形態では、先の第3の実施の形態の場合と同様に電磁アクチュエータによって可撓性部材2に駆動力を印加する構成を例示したが、楕円形状による強度分布パターン2aを形成した可撓性部材2に対し、第1又は第2の

実施の形態と同様の仕組みにより駆動力を印加する構成としても、45°ミラーとして球面収差補正を行うことができる変形可能ミラー装置を実現することができる。

また、強度分布パターン2aを形成する以外にも、先の第4の実施の形態で用いた可撓性部材2に設けられ電極パターン2aとして、上部電極41又は下部電極42を、それぞれ同じ中心を持つ楕円形状により配置することによっても、45°ミラーとして球面収差補正を行うことができる変形可能ミラー装置を実現することが可能である。

この場合、可撓性部材2に同様に楕円部による強度分布パターン2aを形成した上で、駆動力の印加についてのみ上部電極41と下部電極42との間の静電気力を利用するパターンも可能である。

さらには、ミラー面が形成される可撓性部材として圧電素子を用いる場合としても、第5の実施の形態での分極反転パターン52を、同様にそれぞれ同じ中心を持つ楕円形状により配置することによって、45°ミラーとして球面収差補正を行うことができる変形可能ミラー装置を実現することができる。

また、第6及び第7の実施の形態において、強度分布パターン2aとしての楕円部の数、すなわち可撓性部材2のZ軸方向の厚さについての段数は、楕円部A～Dまでの4つとしたが、その数について特に限定するものではない。

さらに、第6及び第7の実施の形態においては、先の図17Aにも示したように各楕円部の形状がX軸方向、Y軸方向に共に軸対称となる形状としたが、以下の事情を考慮して、X軸方向については軸対称とはならない形状を採るものとしてもよい。

図21は、変形可能ミラー装置60及び70についての、ミラー面に対するレーザ光の入射光と反射光の関係を例示的に示した図である。

先ず、図21中の2本の破線M6、破線M7は、それぞれ第6の実施の形態の場合での無変形時のミラー面3の状態と、第7の実施の形態の場合での無変形時のミラー面3の状態を示している。すなわち、破線M6は、可撓性部材2における中央部を支持するようにされた構成での無変形時のミラー面3の状態を示し、破線M7は、可撓性部材2のフレーム2E(外周部)を支持するようにされた構成での無変形時のミラー面3の状態を示している。

これら第6の実施の形態、第7の実施の形態の場合の無変形時のミラー面3の状態

から、Z軸方向への駆動力を受けた際のミラー面3の形状を、図中の太線による実線で示している。つまり、第6の実施の形態での破線M6の状態からは、レーザ光の反射面側に凸となる変形形状となり、第7の実施の形態の破線7からは凹となる変形形状が得られていることが示されている。

先ず、破線M6の無変形時のミラー面3の状態では、レーザー光線の中心と両端の照射位置は、それぞれ図中のP6aとP6b, P6cにより示されるものとなっている。すなわち、両端の照射位置P6b, P6cは、それぞれ中心の照射位置P6aから等距離となっており、90° の反射角が得られていることが理解できる。そして、破線M7の無変形時も同様に、レーザ光線の両端の照射位置P7b,P7cは、それぞれ中心の照射位置P7aから等距離となっており90° の反射角が得られる。

したがって、何れの場合も、ミラー面3の無変形時においてはレーザ光の両端の反射角は同等でレーザ光に光軸ズレが生じないことがわかる。

しかし、これら破線M6、M7の無変形時から、ミラー面3が変形された場合には、図21にも示されるように両端の照射位置は中心の照射位置から均等とはならず、レーザ光の反射角にもズレが生じてしまうこととなる。

なお、図21では、説明のためにミラー面3を極端に変形させて描いているため、このズレは非常に大きなものとなっているが、実際に収差補正に必要な変形量としては微少なものであることから、これに伴うズレは無視できる程度に小さい。

ただし、これを補正して光軸のズレを可能な限り補正するとした場合は、図21に示されるミラー面3の変形時の断面形状として、中心Cを境に上下非対称に、いわばスプーン状にミラー面3を変形させれば、反射角のズレを良好に補正することが可能となる。このとき、スプーン状の変形形状を得るに当たっては、例えば図22に示すように、可撓性部材2に形成する強度分布パターン2aとして、X軸に対して完全に軸対称となる楕円ではなく非対称となる形状によるパターンを形成すればよい。

このように第6及び第7の実施の形態の45° ミラーとしての変形可能ミラー装置において、ミラー面3の変形時のレーザ光の光軸ズレを精度良く補正するとした場合は、強度分布パターン2aを完全な楕円とはしなくてもよいものである。

なお、本発明において言う「楕円」とは、このように楕円の短軸（X軸）を境に非対称

となる形状も含むものである。

ここで、これまでの実施の形態で説明したように、本発明としては、表面にミラー面が形成された可撓性部材に対し、それぞれ同じ中心を持つ円又は楕円の形状により、変形態様についての状態が異なるようにされた部分を形成することによって、所要の一様な駆動力の印加に応じ、ミラー面として球面収差補正に必要な所望の変形形状を得るようにされているものである。

このような変形態様についての状態が異なるようにされた部分を「同じ中心を持つ円又は楕円の形状」により形成することで、これまでの説明から明らかなように、レーザ光を180° 反射する場合と90° 反射する場合とのそれぞれのバリエーションに対応して、球面収差補正を良好に行うことができる変形可能ミラー装置を実現できるものである。

また、本発明のように、状態の異なる部分を同じ中心を持つ円又は楕円の形状により形成することによっては、応力が一部に集中してしまうことを防止できることで、可撓性部材の割れや疲労破壊を効果的に防止できる。

ここで、ミラー面の変形のために或る駆動力が印加される場合、可撓性部材では内部応力が発生する。そして、この際、仮に可撓性部材において応力が一点に集中するような部分があると、実施の形態のように可撓性部材が等質等方性な材質により構成される場合、この部分は急激に寸法の変化する箇所となる。

例えば、状態が異なるようにされた部分のパターンが同心でない、同じ中心を持つ円又は楕円でない場合、各パターンは特定の方向で間隔が狭まったり広がったりすることになる。この間隔が狭まった部分が、他の部分に比べて応力が集中し易い部分となり、よって一様な駆動力の印加に対して急激に寸法が変化する部分となる。

このように応力が集中する部分があると、この部分において可撓性部材の許容応力を超える可能性が高まり、これに伴って割れが発生する可能性が高くなる。また、可撓性部材の変形が繰り返し行われることで、この部分での疲労破壊を招く虞もある。

これに対し本発明では、同じ中心を持つ円又は楕円の形状によりパターンが形成されることから、各パターンの間隔は均等で、上記のように応力が一部に集中するような部分が生じないようにすることができるので、上記した割れや疲労破壊の効果的な

防止を図ることができる。

＜第8の実施の形態＞

続いては、本発明の第8の実施の形態について説明する。

第8の実施の形態は、可撓性部材の所定位置に断面の厚さが最も薄くなるような肉薄部を設けるようにしたものである。

なお、ここでは、先の第6及び第7の実施の形態で用いられていた可撓性部材2を例に第8の実施の形態の構成を説明する。また、第8の実施の形態としては、他の実施の形態の変形ミラー装置と可撓性部材の構成が異なるだけであるので、共通する部分には共通の符号を付して詳細な説明は省略する。

図23は、第6の実施の形態で用いた可撓性部材2について第8の実施の形態を適用した場合の可撓性部材2の構成を示す図であり、図23Aはその平面図であり、図23Bは断面図を示している。

また、図24は、第7の実施の形態の可撓性部材2について第8の実施の形態を適用した場合の可撓性部材2の構成を示す図として、同様に図24Aはその平面図であり、図24Bは断面図を示している。

これらの図24A、図24Bに示すように、可撓性部材2としては、断面の厚さが最も厚くされて強度が確保された最外周部のフレーム2Eと、ミラー面中心C側との境界部分に対し、中心Cを中心とした楕円の形状により、断面厚が最も薄くなるようにされた肉薄部2Gが形成されるものである。

この場合、肉薄部2Gの厚さは、例えば楕円部2Dの厚さの半分程度となる0．015mm程度に設定している。

また、肉薄部2Gは全周にわたってその幅が均一となるように形成され、この場合は0．2mm程度に設定している。

上述のようにして、断面の厚さが最も厚くされて強度が確保された最外周部のフレーム2Eと、ミラー面中心C側との境界部分に対し、最も断面厚が薄くなるようにされた肉薄部2Gが形成されることで、この肉薄部2Gは、駆動力の印加に対して他の部分よりも変形し易い部分となる。

これにより、駆動力が印加された場合は、この肉薄部2Gにて大きな変形曲率が得

られ、これによって楕円部2Dの面積を小さく設定しても、ミラー面の変形形状を所望の変形形状に一致させることが容易にできる。

この場合、肉薄部2Gの幅を全周にわたり均一に設定するものとしているが、このことで肉薄部2Gにおける駆動力の伝達を均一にでき、この点でより容易にミラー面の変形形状を所望の変形形状に一致させることができる。

図25は、図23及び図24に示した構成による可撓性部材2の変形形状をシミュレーションにより求めた結果を示している。

なお、図25では、図23及び図24に示した肉薄部2Gを設けた場合の可撓性部材2についての結果と、第6の及び第7の実施の形態で説明したままの肉薄部2G無しの場合の可撓性部材2についての結果を対比して示している。図中黒三角が、図23及び図24に示した可撓性部材2についての結果を示し、黒丸が第6の及び第7の実施の形態で説明したままの可撓性部材2についての結果を示している。

図25は説明の便宜上、可撓性部材2の変形形状を、楕円の短軸方向でのミラー面の中心Cからの距離とZ軸方向への変位量との関係により示している。

また、図25に示す結果を得るに当たり、図23及び図24に示した可撓性部材2では、楕円部2A～2Dの大きさを1／3程度にまで縮小した。

ここで、先ず前提として、この場合のミラー面に形成されるレーザスポットとしては、楕円の短軸方向（X軸方向）では中心Cからおよそ2mm程度の範囲となる。この場合、ミラー面における球面収差補正に必要な変形範囲（有効変形範囲）は、楕円の短軸上においては中心Cからおよそ2mm程度の範囲となる。

このことを踏まえると、図中黒丸により示される第6及び第7の実施の形態での肉薄部2G無しの場合の可撓性部材2では、中心Cから7mm程度の部分からなだらかに変形させていくことで、中心Cから2mm程度の変形有効範囲にて、球面収差補正に必要な変形形状を得るようにされていることがわかる。つまり換言すれば、肉薄部2G無しとされた場合、有効変形範囲として所望の変形形状を得るに当たり7mm程度の変形範囲を必要としていたものである。

これに対し、黒三角により示す肉薄部2G有りの本実施の形態の場合では、中心Cからの距離が2．4mm程度の変形範囲により、有効変形範囲にて肉薄部2G無しの

場合と同様の変形形状が得られていることがわかる。

この実験結果より、肉薄部2Gを設けた場合には、有効変形範囲にて所望の変形形状を得るに当たり必要な変形範囲を、肉薄部2G無しとした場合との比較で、半径にして約1／3程度に縮小することができる。

このようにして有効変形範囲にて所望の変形形状を得るに当たり、必要な可撓性部材2の変形範囲を縮小できることで、可撓性部材2はより小型とすることができる。そして、このように可撓性部材2をより小型化できることで、変形可能ミラー装置としても小型化が図られる。

この図25に示す比較を参照して理解されるように、肉薄部2Gを設けた場合、可撓性部材2のZ軸方向への変位量としても第6及び第7の実施の形態の場合の1／3程度に縮小されているものとなる。このようにZ軸方向への変位量が縮小化されることで、例えば第7の実施の形態の駆動方法により可撓性部材2が外周部固定で中心部が駆動される構成とされた場合（図24の可撓性部材2）に、レーザ光の光軸中心ズレを有効に縮小化できるという利点もある。

なお、上述の例では第6及び第7の実施の形態としての、最外周部が最も断面が厚く、中心Cから外周にかけては階段状に断面厚が薄くなるように形成された可撓性部材2に肉薄部2Gを形成するものとした。

このような中心Cから外周にかけては階段状に厚さが薄くなるようにされた構成によれば、境界部分は、自ずと断面厚が最も薄くなる部分となる。換言すれば、第6及び第7の実施の形態の構成そのものによっても、最外周部と中心C側との境界部分で変形し易い部分が得られることになる。

第8の実施の形態は、このように中心Cから外周にかけては階段状に厚さが薄くなるようにされた構成に対しては、上記境界部分の厚さをより薄く形成したことによって、最外周部の強度とこの境界部分での強度の差を大きくすることができ、これによってこの境界部分をより変形し易い部分とできることを説明したものである。そして結果として、一定の駆動力の印加に対する変形強度を、より強めることができる。

ここで、第8の実施の形態としては、先の第1～第5の実施の形態の駆動方法が用いられる場合においても好適に適用できる。

第1～第5の実施の形態で説明した可撓性部材(圧電素子52も含む)としては、先の第6及び第7の実施の形態の場合とは異なり、可撓性部材の最外周部は断面厚が最も厚くなる構成とはされていない。ただし、特に第2～第5の実施の形態の可撓性部材は、その最外周部において変形可能ミラー装置の本体側(基板4側)と接続されるものとなっており、この場合もその最外周部は所要の強度が保たれるようになっている。つまり、第2～第5の実施の形態における可撓性部材の最外周部は、厚みが最も厚くなっている第6及び第7の実施の形態の場合と同様の最外周部であるとみなすことができる。

このことから、これら第2～第5の実施の形態の可撓性部材についても、同様に最外周部との境界部分に肉薄部2Gが設けられることで、第6及び第7の実施の形態に適用した場合と同様の効果を得ることができる。

ただし、これら何れの場合としても、厳密に言えば、最外周部と中心C側との境界部分は可撓性部材において断面の厚さが最も薄くされた部分となっている。したがって、例えばこの境界部分が他の部分よりも断面の厚さが厚くされた場合と比較すれば、この境界部分にて変形曲率を強める効果はもともと有するものであるとは言える。

しかし、この最外周部との境界部分の厚さをより薄くしていくことで、境界部分をより変形し易い部分とすることができ、結果として一定の駆動力の印加に対する変形強度をより強めることができる。

ところで、第1の実施の形態の場合、可撓性部材2は、第1空間5側と第2空間7側とを跨ぐようにして一体的に形成されたものとされているので、他の実施の形態の可撓性部材2とは異なるものとなっている。

この場合の可撓性部材2は、第1空間5を形成する基板4の内周壁と接続されて、その部分で所要の強度が確保されている。すなわち、この部分が、他の実施の形態の可撓性部材2でいうところの最外周部に相当する。

したがって、第1の実施の形態の場合は、この第1空間5を形成する内周壁と接続される部分と、ミラー面の中心C側との境界部分に対して、肉薄部2Gが設けられることで、他の実施の形態に肉薄部2Gを設けた場合と同様の効果を得ることができる。

なお、第8の実施の形態としては、強度分布パターン2aが楕円の形状により形成さ

れる場合を例示したので、これに応じ肉薄部2Gは楕円形状により形成する例としたが、円形とされる場合は、これに応じて肉薄部2Gとしても円形により形成する。このように強度分布パターン2aの形状と肉薄部2Gの形状を揃えることで、ミラー面の変形形状を所望の変形形状に一致させることをより容易とでき、かつこの場合も肉薄部2Gが形成されたことで、有効変形範囲にて球面収差補正のための所望の変形形状を得るに当たって必要な可撓性部材の変形範囲を縮小化することができる。

上述したように、第8の実施の形態としては、第2～第5の実施の形態及び第6～第7の実施の形態のように、可撓性部材2がその最外周部において所要の強度が確保されている場合は、その最外周部とミラー面中心C側との境界部分において肉薄部2Gが形成されることで、この肉薄部2Gをより変形し易い部分とすることができ、結果として有効変形範囲の形状を所望の変形形状とするに当たって必要な可撓性部材の変形範囲を小さくすることができる。

また、第1の実施の形態のように可撓性部材2が第1空間5と第2空間7とを覆うに足る大きさに一体に形成され、第1空間5を形成する基板4の内周壁と接続される部分で所要の強度が確保されている場合は、この内周壁と接続される部分とミラー面中心C側との境界部分で肉薄部2Gが形成されることで、より変形し易い部分を得ることができ、これによって有効変形範囲の形状を所望の変形形状とするに当たって必要な可撓性部材の変形範囲を小さくすることができる。このとき肉薄部2Gとしては、可撓性部材2の強度分布パターン2aが同心円状に形成される場合は、中心Cを中心とした円形により形成することで、ミラー面の変形形状を所望の変形形状に容易に一致させることができる。また、楕円状に形成される場合は、中心Cを中心とした楕円の形状により形成されることで、ミラー面の変形形状を所望の変形形状に容易に一致させることができる。

以上の説明から第8の実施の形態としては、可撓性部材2の強度分布パターン2aが同心円状に形成される場合は中心Cを中心とした円形により、また楕円状に形成される場合は中心Cを中心とした楕円の形状によって、その所定位置に対して断面厚を最も薄くする肉薄部が形成されることで、可撓性部材2においてより変形し易い部分を得ることができ、これによって有効変形範囲にて球面収差補正のための所望の

変形形状を得るに当たって必要な可撓性部材の変形範囲を縮小化することができる。

ここで、第8の実施の形態の他の例を図26、図27に示す。

図26は、肉薄部2Gとして、逆に反射膜3(ミラー面)側に溝を形成したことで最も断面の厚さが薄くなる部分を形成するようにしたものである。

図27は、ミラー面側とその逆側(裏面)との両サイドから溝を形成して断面の厚さが最も薄くなる肉薄部2Gを形成したものである。

これらの例のように、肉薄部2Gは、断面の厚さが最も薄薄くなるように形成されるものであればよく、その形成の仕方について特に限定はされない。

＜第9の実施の形態＞

続いて、本発明の第9の実施の形態について説明する。

第9の実施の形態は、これまでの実施の形態において可撓性部材2の全面にわたって形成していた反射膜3を、その一部のみに形成するようにしたものである。

図28は、第6の実施の形態において用いた可撓性部材2を用いた例を示し、図29は、第7の実施の形態において用いた可撓性部材2を用いた例を示す。

なお、図28、図29では可撓性部材2を表面側から見た場合の平面図を示している。

これらの図28、図29から明らかなように、第9の実施の形態では、可撓性部材2の一部のみに対し反射膜3を形成するものである。この場合、反射膜3は、レーザ光が照射される部分に対応した部分にのみ形成するものとしている。

例えばレーザ光のビームスポット径がφ3mmあれば、第6及び第7の実施の形態のように45度に傾斜されて使用される変形可能ミラー装置とされた場合、レーザ光の照射部分の形状・寸法はφ4.2426×3mm程度の楕円形状となる。したがって反射膜3としては、ミラー面中心Cから上記φ4.2426×3mm程度の楕円形状により形成されていれば、ミラー面として機能できると考えられる。

ただし、実際には、レンズシフト分や経時変化に伴う光学系の特性変化に伴い、レーザスポットの位置は微少に変化することが予想される。そこで第9の実施の形態としては、これらの誤差を考慮したマージンを確保するため、反射膜3としてはミラー面の

中心Cを中心として例えばφ6．1mm×4．3mm程度の範囲で形成するものとしている。すなわち、この有効部以外の部分は実質的にレーザ光を反射するミラー面として使用されない領域となることから、必要とされる部分にのみ反射膜3を形成しようとするものである。なお、ここでは上記のようにレーザ光が照射されるとして想定される部分を有効部と呼ぶ。

ここで、実施の形態で例示しているような弾性を有する可撓性部材に対し、その表面（外面）に反射膜3としての金属膜を成膜した場合、成膜時の条件によっては、可撓性部材の平面性が悪化することがある。つまりは、反射膜3の成膜に伴う内部応力をバランスさせるために可撓性部材側に反りが生じるため、反射膜成膜後の平面性が悪化してしまうものである。

このようにして、初期状態（無変形時）での可撓性部材2の平面性が確保できなければ、シミュレーション通りに理想の変形形状に一致させることが困難となってしまう。

そこで、図28及び図29に示されるようにして、可撓性部材2に対する反射膜3の成膜範囲を縮小すれば、可撓性部材2において反りが生じる部分を少なくでき、これによって反射膜3成膜後の（無変形時の）可撓性部材2の平面度を有効に向上させることができる。

図30A、図30Bは、このような第9の実施の形態としての変形ミラー板（可撓性部材2＋反射膜3）の製造方法を説明するための図である。

なお、この図では図29に示したような第7の実施の形態の場合での可撓性部材2の構成が採られる場合の製造方法を例に挙げている。

先ず、図30Aでは、可撓性部材2の表面に対し、全面にわたって反射膜3を成膜する。この場合、可撓性部材2の材質としては合成石英が選定され、その断面厚t＝0．2mm、X軸方向の長さx×Y軸方向における長さy＝14mm×20mmとされる。また反射膜3はアルミニウム膜である。

なお、図示は省略しているが可撓性部材2の裏面に対しては、ドライエッチング加工によって強度分布パターン2aが形成されている。

このように反射膜3が全面に成膜された可撓性部材2に対して、先ずは上述したレーザ光が照射される部分として想定される有効部にレジストを施す。その上で、剥離

液にて上記有効部以外の不要部分の反射膜3を剥離する。

これにより、図30Bに示されるように、中央の有効部のみに反射膜3が成膜された変形ミラー板が製造される。

図31は、図30Aに示した全面に反射膜3が成膜された状態での可撓性部材2(変形ミラー板)の平面度について測定した結果を示している。また、図32は、図30Bに示される一部(有効部)のみに反射膜3が形成された場合の可撓性部材2(変形ミラー板)の平面度測定結果を示している。

これらの図においては、可撓性部材2の平面度についての測定結果を3Dデータにより示している。また、これらの図では理想平面に対する可撓性部材2のZ軸方向への変位量(高度)を等高線により示し、図中の番号の値が小さいほど高度が低いことを示している。

これらの図を比較して明らかなように、図32に示される一部のみに反射膜3を形成した場合の方が、図31に示される全面にわたり反射膜3が形成された場合よりも、平面度が2倍近く向上するものとなっている。

すなわち、このことで、これまでの第1～第8の実施の形態のように可撓性部材2の表面の全面にわたって反射膜3を形成する場合よりも、第9の実施の形態のように一部のみに反射膜3を形成した方が、可撓性部材2(変形ミラー板)の平面度を向上させることができることがわかる。

このようにして平面度の向上が図られることで、より容易に理想の変形形状に一致させることができる。

また、平面度が向上すれば、可撓性部材2の別部品への固定方法が容易となり、取り付け工数や調整工数の低減を図ることができ、製造コストの低減も図られる。さらには、良好な平面度が得られることで変形ミラー板、変形可能ミラー装置として品質の安定化を図ることができる。

なお、図31及び図32では、図29に示した可撓性部材2の構成とされる場合において、反射膜3を全面に形成した場合と有効部のみに形成した場合とについての平面度測定結果を示したが、図28に示した可撓性部材2の構成とされる場合においても同様に平面度が2倍程度向上する結果が得られる。

なお、ここでは第6及び第7の実施の形態に基づくものとして、ミラー面に得られるビームスポットの形状が楕円形状となる場合を例としたが、ビームスポットが円形状となる場合としても、同様にミラー面で得られるビームスポットの面積と、これにマージンを考慮した面積による有効部のみに反射膜3が成膜される等、一部のみに反射膜3が形成されることで、全面にわたって反射膜3が形成される場合と比較すれば可撓性部材2の反りを低減して平面度を向上させることができる。

また、このような第9の実施の形態は、先の第8の実施の形態のように肉薄部2Gが形成される場合にも好適に適用することができる。

図33は、第9の実施の形態の変形例について示している。

この変形例は、可撓性部材2の裏面にも反射膜3を成膜するようにしたものである。このように裏面に対しても反射膜3を成膜して、反射膜3・可撓性部材2・反射膜3のサンドイッチ構造とすることで、反射膜3の成膜に伴い可撓性部材2に生じる内部応力をバランスさせ、これによって可撓性部材2の反りをコントロールさせようとするものである。

ただし、この図に示されているように可撓性部材2に対して断面形状が異なる強度分布パターン2aが与えられている場合は、表裏で同質・同厚の反射膜3を形成したのでは内部応力をバランスさせることができない。そこでこの場合には、強度分布パターン2aの断面厚に応じて裏面の反射膜3の厚さを調整するか、又は強度分布パターン2aの断面厚毎に異なる材質の反射膜3を形成することで、反射膜3の成膜により可撓性部材2に生じる内部応力をバランスさせることができるようにされればよい。

又は、先の第5の実施の形態のように圧電素子52を用いる場合は、断面形状が異なるようにされた部分が形成されないので、この場合には表裏で同質・同厚の反射膜(ミラー面兼電極53)を形成することで内部応力をバランスさせることができ、圧電素子52の平面度を向上させることができる。

また、第4の実施の形態の場合(図8参照)は、可撓性部材2の裏面に設けられた電極パターン41aにより状態が異なるようにされた部分を形成するようにされているので、ここにアルミニウムによる反射膜3を成膜することは所望の変形形状が得られなくなることを意味する。したがってこの場合は先の図28・図29に示したように表面の一部

にのみ反射膜3を形成して平面度を向上させればよい。なお、第4の実施の形態の変形例(図9参照)では、上部電極41を可撓性部材2の裏面の全面にわたり形成できるので、この場合は上部電極41として反射膜3と同質・同厚の金属膜を形成することで可撓性部材2の平面度を向上させることができる。

なお、この図33では、可撓性部材2の表面の全面にわたって反射膜3が形成されたことに対応させて、裏面の全面にわたって反射膜3を形成する場合を例示したが、これに代え、表面の一部のみに反射膜3を形成し、裏面に対しても表面において反射膜3が形成された部分と一致する部分にのみ反射膜3を形成するように構成することもできる。このような構成とした場合にも、同様に可撓性部材2の反射膜3の成膜後の平面度を向上させることができる。

なお、本発明としてはこれまでで説明してきた各実施の形態に限定されるものではない。例えば各実施の形態の変形可能ミラー装置としては、ブルーレイディスクのような高記録密度ディスクに対応する光ディスク装置に適用される場合を例に挙げたが、他の光ディスクであって、複数の記録層が形成された光ディスクに対応する光ディスク装置であれば好適に適用することができる。

また、単一の記録層のみであっても、1周内のカバー厚の変化に追従した球面収差補正を行う光ディスク装置であれば好適に適用できる。

また、実施の形態においては、強度分布パターン2a、電極パターン41a、42a、分極反転パターン52aは、すべて同心円状に形成するものとしたが、球面収差補正に必要な変形形状が得られるものであれば、他のパターンを形成するものとしてもよい。

ただし、この場合としても、一様な駆動力の印加に応じて所望の変形形状が得られるようにされている必要はある。

また、各実施の形態において、状態の異なるようにされたパターンは円又は楕円の全周にわたって形成する場合を例示したが、その一部を切り欠く等、実際の設計においては必ずしも各パターンが円又は楕円の全周にわたって形成されなくてもよい。

また、第1、第2、第3、第6、第7の実施の形態において可撓性部材2に対して形成する強度分布パターン2aについて、第1、第2、第3の実施の形態のように強度分布

パターン2aとして同心円状のパターンを形成する場合としても、第6，第7の実施の形態のような階段状に厚さを変化させたパターンを形成することができる。

逆に、第6、第7の実施の形態における同じ中心を持つ楕円の形状による強度分布パターン2aとしても、第1、第2、第3の実施の形態の場合のように階段状としないパターンにより形成することができる。

また、各実施の形態において、可撓性部材2に対して形成する強度分布パターン2aとしては、例示したような凸部を形成する以外にも、例えば可撓性部材2の所定位置に材質の異なる部分を混在させるようにすることによっても形成することができる。

ただし、その場合には、例えば異なる材質が所定の位置に所定の割合で含まれるように可撓性部材2を形成する必要があり、製造工程が複雑化し、製造コストが増大する可能性がある。

これに対し凸部を形成する実施の形態の手法によれば、可撓性部材2は同一材質とすることができ、強度分布パターン2aとしてはエッチングによって形成することが可能となるので、その分低コストで実現できるというメリットがある。

請求の範囲

[1] 1．表面にミラー面が形成されるとともに、それぞれ同じ中心を持つ円又は楕円の形状により、変形態様についての状態が異なるようにされた部分が形成された可撓性部材と、

上記可撓性部材に対して駆動力を印加して、上記ミラー面の形状を変形させる駆動手段と

を備えることを特徴とする変形可能ミラー装置。

[2] 2．上記可撓性部材は、上記変形態様についての状態が異なるようにされた部分として、断面形状が異なるようにされた部分が形成されることで所定の強度分布が与えられていることを特徴とする請求の範囲第1項記載の変形可能ミラー装置。

[3] 3．上記可撓性部材は、その断面形状として最外周部の厚さが最も厚く、かつ上記ミラー面の中心から外周方向にかけては厚さが階段状に薄くなるように構成されていることを特徴とする請求の範囲第2項記載の変形可能ミラー装置。

[4] 4．上記可撓性部材は、上記変形態様についての状態が異なるようにされた部分として、断面形状が異なるようにされた部分が形成されることで所定の強度分布が与えられているとともに、上記駆動手段は、上記可撓性部材の上記ミラー面とは逆側の面に対し、所要の圧力を印加することによって上記ミラー面を変形させるように構成されることを特徴とする請求の範囲第1項記載の変形可能ミラー装置。

[5] 5．上記可撓性部材は、上記変形態様についての状態が異なるようにされた部分として、断面形状が異なるようにされた部分が形成されることで所定の強度分布が与えられているとともに、上記駆動手段は、上記可撓性部材の上記ミラー面とは逆側の面に対し、気体又は液体による圧力を印加することによって上記ミラー面を変形させるように構成されることを特徴とする請求の範囲第1項記載の変形可能ミラー装置。

[6] 6．上記駆動手段は、2つの密閉された空間として、上記可撓性部材の上記ミラー面とは逆側の面に接するようにして形成された第1の空間と、この第1の空間と流路を介して連結された第2の空間とについて、上記第2の空間において設けられた2つの対向する電極間で生じる静電気力による吸引力により上記第2の空間を縮小させることで上記第1の空間の圧力を上昇させ、この第1の空間に得られた圧力を上記可撓性

部材に対して印加するように構成されることを特徴とする請求の範囲第5項記載の変形可能ミラー装置。

[7] 7. 上記駆動手段は、2つの密閉された空間として、上記可撓性部材の上記ミラー面とは逆側の面に接するようにして形成された第1の空間と、この第1の空間と流路を介して連結された第2の空間とについて、上記第2の空間において設けられた圧電素子の伸縮力により上記第2の空間を縮小／膨張させることで、上記第1の空間の圧力を変化させ、この第1の空間に得られた圧力を上記可撓性部材に対して印加するように構成されることを特徴とする請求の範囲第5項記載の変形可能ミラー装置。

[8] 8. 上記可撓性部材は、上記変形態様についての状態が異なるようにされた部分として、断面形状が異なるようにされた部分が形成されることで所定の強度分布が与えられているとともに、上記駆動手段は、上記可撓性部材に対して電磁力による上記駆動力を印加して上記ミラー面を変形させるように構成されていることを特徴とする請求の範囲第1項記載の変形可能ミラー装置。

[9] 9. 上記駆動手段は、上記可撓性部材の上記ミラー面とは逆側の面に対して固着されたコイルホルダを有するボイスコイルモータを備え、このボイスコイルモータを駆動して上記コイルホルダによって上記可撓性部材に対して直接的に押圧／引圧力を印加することで、上記ミラー面を変形させるように構成されることを特徴とする請求の範囲第8項記載の変形可能ミラー装置。

[10] 10. 上記駆動手段は、外周部に駆動コイルが巻回されるとともに中心部が固定された上記可撓性部材について、上記駆動コイルに駆動電流を流すことで発生する電磁力によって、上記可撓性部材の外周部に対して押圧／引圧力を印加することで、上記ミラー面を変形させるように構成されていることを特徴とする請求の範囲第8項記載の変形可能ミラー装置。

[11] 11. 上記駆動手段は、上記可撓性部材の上記ミラー面とは逆側の面に対して形成された上部電極と、この上部電極とは対向する位置に設けられた下部電極とに対して駆動電圧を印加することによってこれらの電極間に静電気力による吸引力を発生させ、この吸引力を上記可撓性部材に対して印加するようにして上記ミラー面を変形させるように構成されるとともに、上記可撓性部材は、上記上部電極又は上記下部電

極が、それぞれ同じ中心を持つ円又は楕円の形状により形成されたことで、上記変形態様についての状態が異なるようにされた部分が形成されていることを特徴とする請求の範囲第1項記載の変形可能ミラー装置。

[12] 12. 上記駆動手段は、圧電素子とされた上記可撓性部材に対して駆動電圧を印加して上記可撓性部材を伸縮させることで、上記ミラー面を変形させるように構成されるとともに、圧電素子としての上記可撓性部材は、それぞれ同じ中心を持つ円又は楕円の形状により分極反転が行われた部分が形成されて、伸縮方向が異なる領域が内在されたことで、上記変形態様についての状態が異なるようにされた部分が形成されていることを特徴とする請求の範囲第1項記載の変形可能ミラー装置。

[13] 13. 入射光を180° 反射するように設置されるべきものとされ、上記変形態様についての状態が異なるようにされた部分は、それぞれ同じ中心を持つ同心円状により形成されることを特徴とする請求の範囲第1項記載の変形可能ミラー装置。

[14] 14. 入射光を90° 反射するように設置されるべきものとされ、上記変形態様についての状態が異なるようにされた部分は、それぞれ同じ中心を持つ楕円の形状により形成されることを特徴とする請求の範囲第1項記載の変形可能ミラー装置。

[15] 15. 上記可撓性部材は、上記状態の異なるようにされた部分が上記円の形状により形成される場合は上記同じ中心を持つ円の形状によって、また上記状態の異なるようにされた部分が上記楕円の形状により形成される場合は上記同じ中心を持つ楕円の形状によって、所定位置に対して断面の厚さが最も薄くなるようにして形成された肉薄部が設けられていることを特徴とする請求の範囲第1項記載の変形可能ミラー装置。

[16] 16. 上記ミラー面は、上記可撓性部材の一部のみに形成されていることを特徴とする請求の範囲第1項記載の変形可能ミラー装置。

[17] 17. 上記ミラー面は、上記可撓性部材の裏面に対しても形成されていることを特徴とする請求の範囲第1項記載の変形可能ミラー装置。

[18] 18. それぞれ同じ中心を持つ円又は楕円の形状により、変形態様についての状態が異なるようにされた部分が形成された可撓性部材と、

上記可撓性部材の表面に形成されたミラー面と

を備えることを特徴とする変形ミラー板。

[19] 19. 上記可撓性部材は、上記変形態様についての状態が異なるようにされた部分として、断面形状が異なるようにされた部分が形成されることで所定の強度分布が与えられていることを特徴とする請求の範囲第18項記載の変形ミラー板。

[20] 20. 上記可撓性部材は、その断面形状として最外周部の厚さが最も厚く、かつ上記ミラー面の中心から外周方向にかけては厚さが階段状に薄くなるように構成されていることを特徴とする請求の範囲第18項記載の変形ミラー板。

[21] 21. 上記変形態様についての状態が異なるようにされた部分は、それぞれ同じ中心を持つ同心円状により形成されることを特徴とする請求の範囲第18項記載の変形ミラー板。

[22] 22. 上記変形態様についての状態が異なるようにされた部分は、それぞれ同じ中心を持つ楕円の形状により形成されることを特徴とする請求の範囲第18項記載の変形ミラー板。

[23] 23. 上記可撓性部材は、上記状態の異なるようにされた部分が上記円の形状により形成される場合は上記同じ中心を持つ円の形状によって、また上記状態の異なるようにされた部分が上記楕円の形状により形成される場合は上記同じ中心を持つ楕円の形状によって、所定位置に対して断面の厚さが最も薄くなるようにして形成された肉薄部が設けられていることを特徴とする請求の範囲第18項記載の変形ミラー板。

[24] 24. 上記ミラー面は、上記可撓性部材の一部のみに形成されていることを特徴とする請求の範囲第18項記載の変形ミラー板。

[25] 25. 上記ミラー面は、上記可撓性部材の裏面に対しても形成されていることを特徴とする請求の範囲第18項記載の変形ミラー板。

[図1]

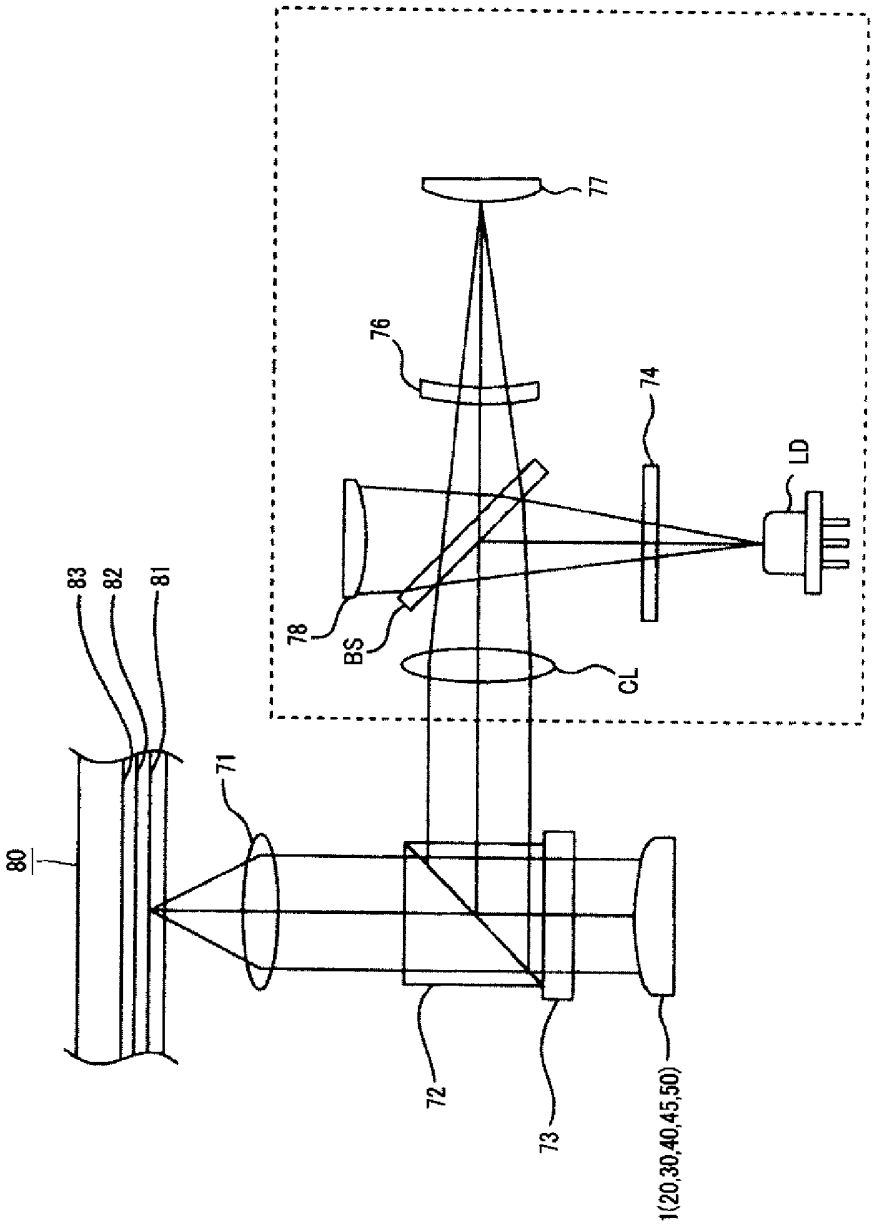


FIG.1

[図2]

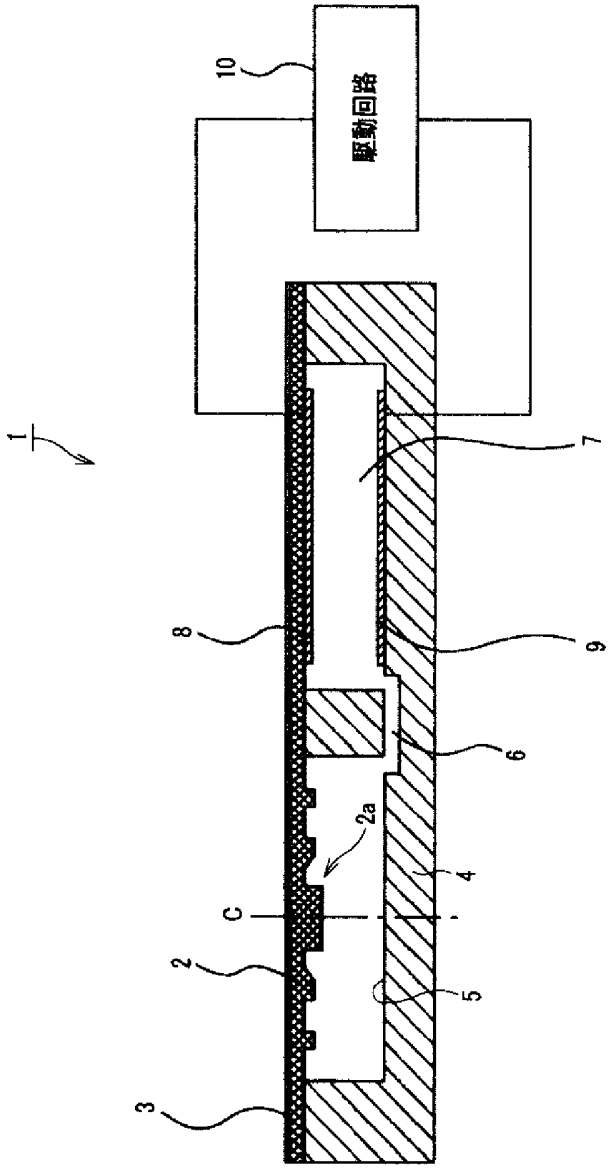


FIG.2

[図3]

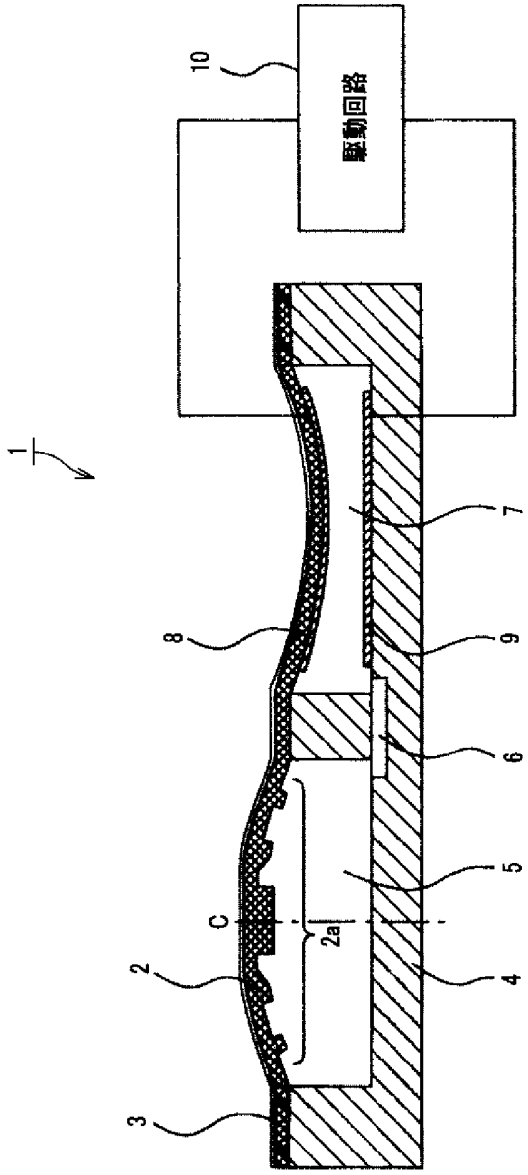


FIG.3

[図4]

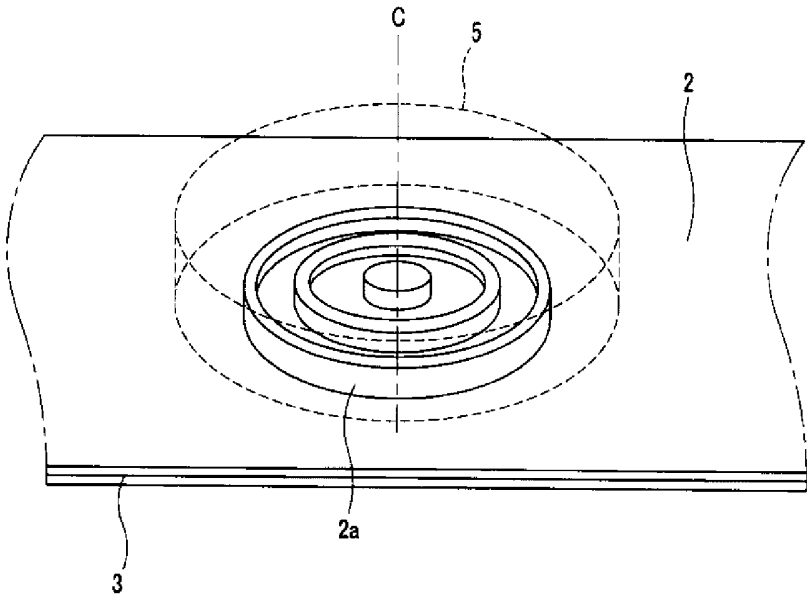


FIG.4

[図5]

FIG.5A

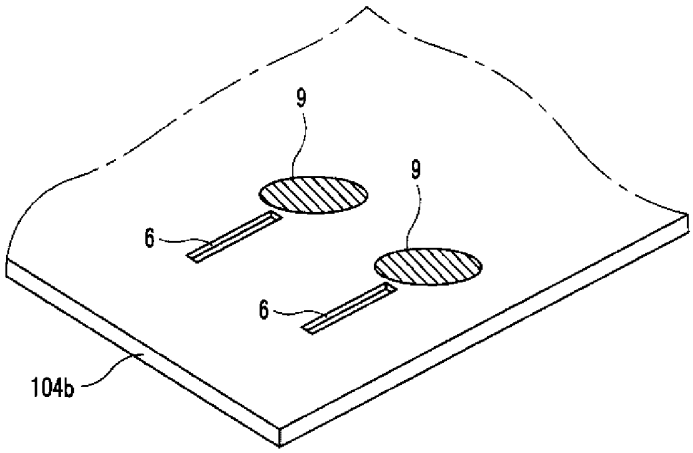


FIG.5B

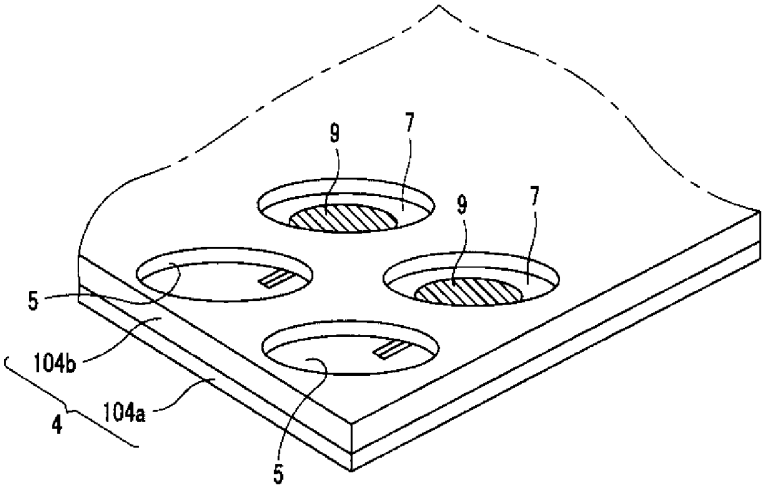
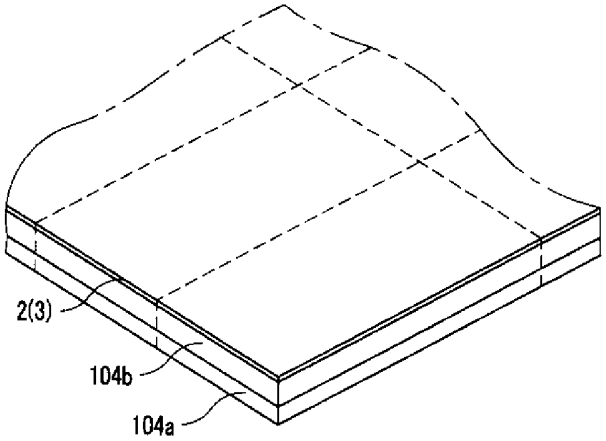


FIG.5C



[図6]

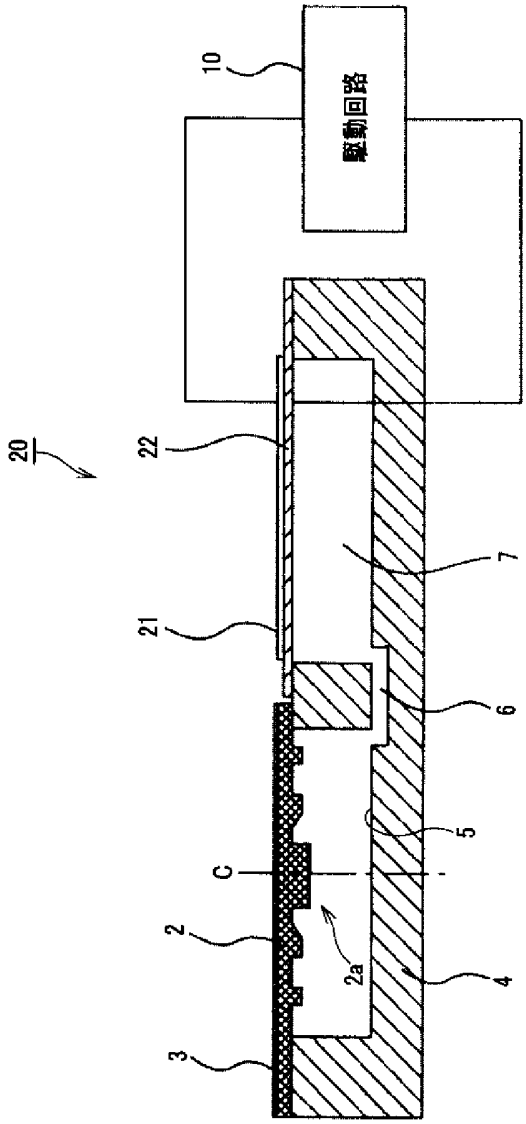


FIG.6

[図7]

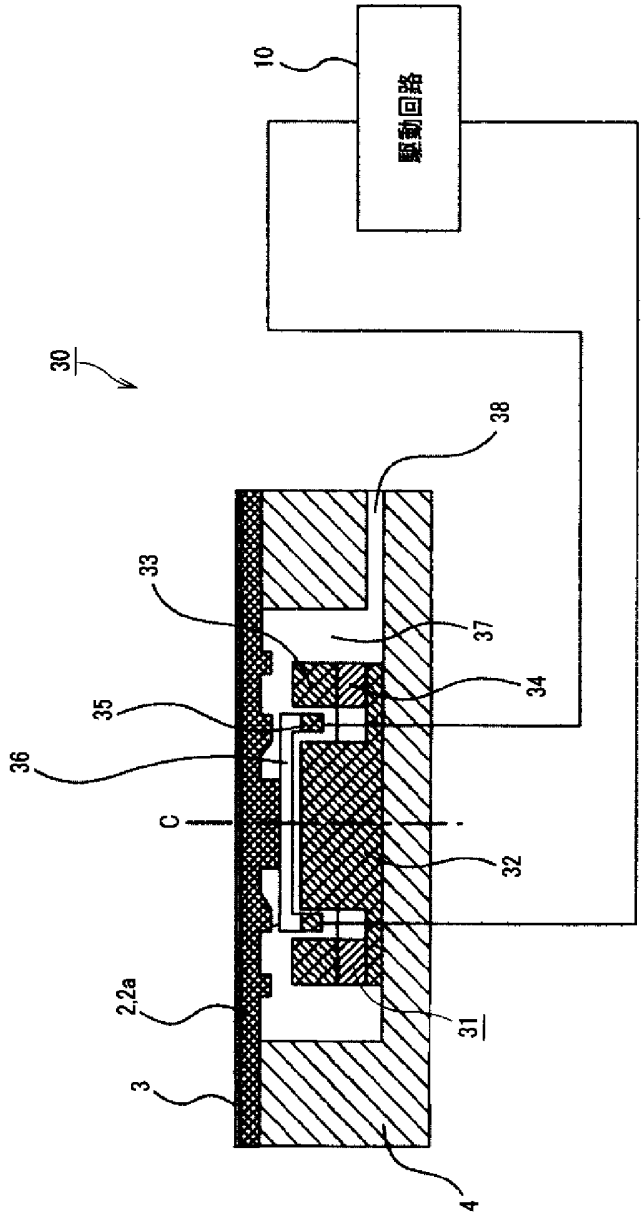


FIG.7

[図8]

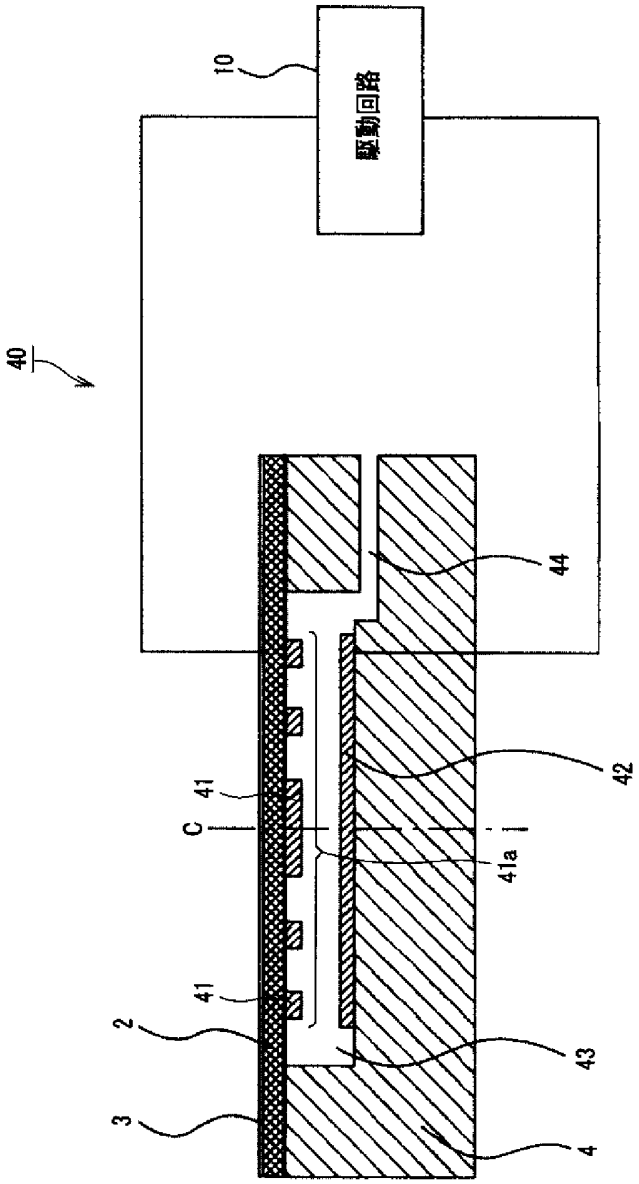


FIG.8

[図9]

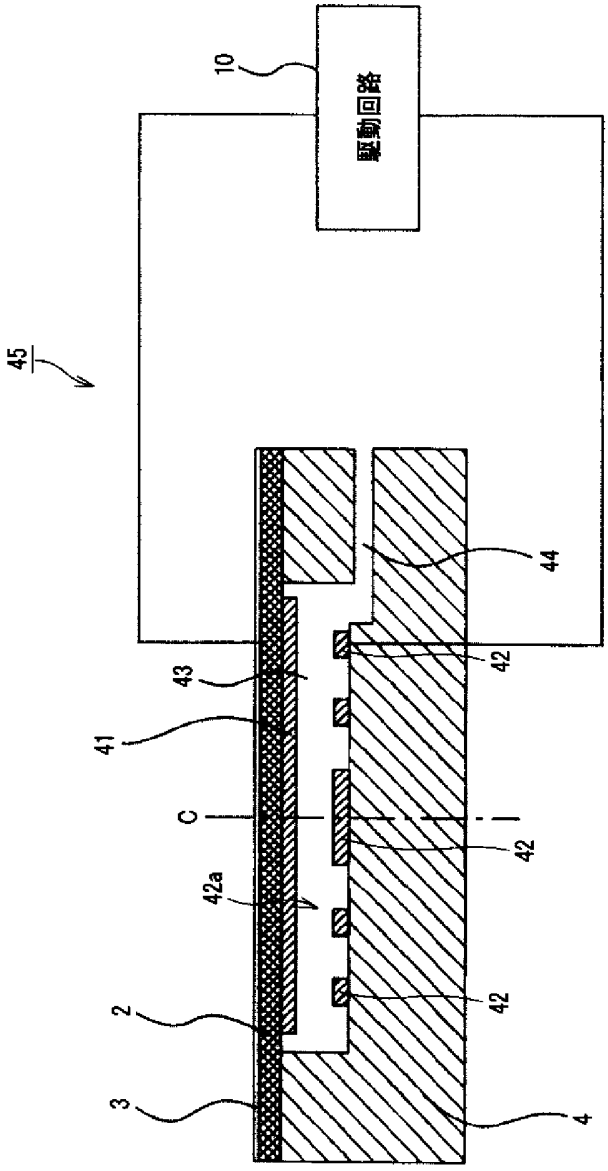


FIG.9

[図10]

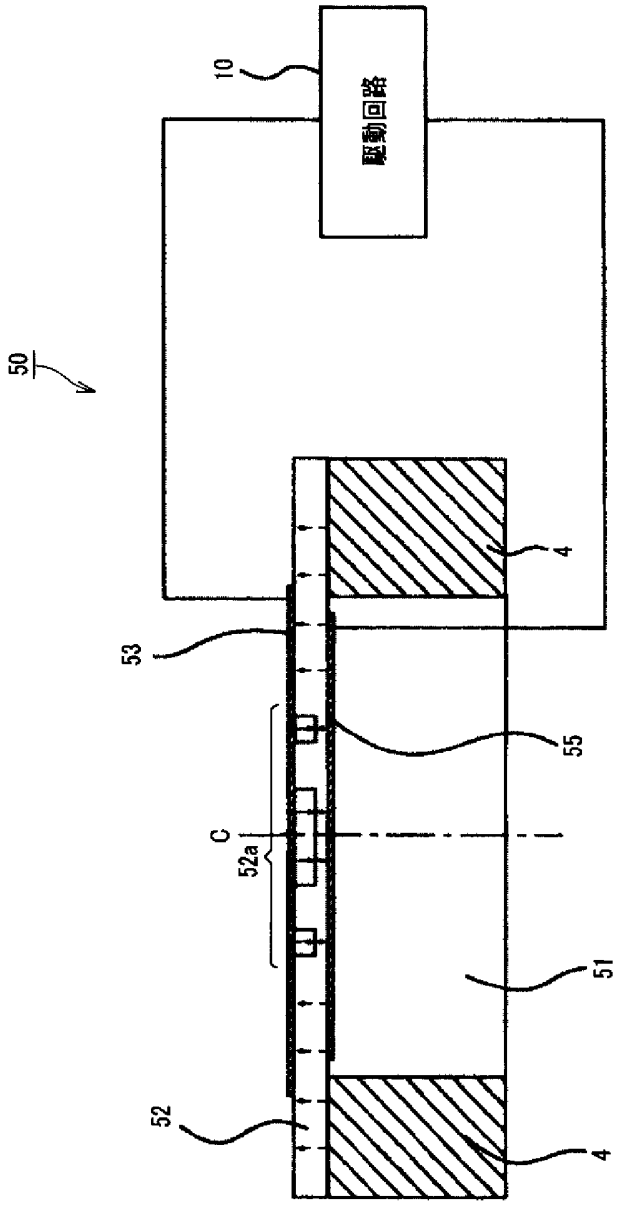


FIG.10

[図11]

FIG.11A

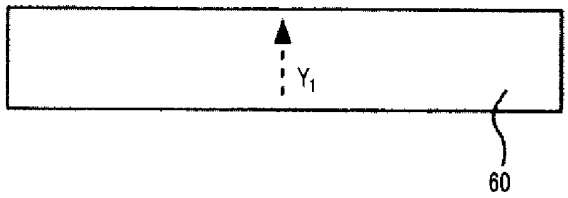


FIG.11B

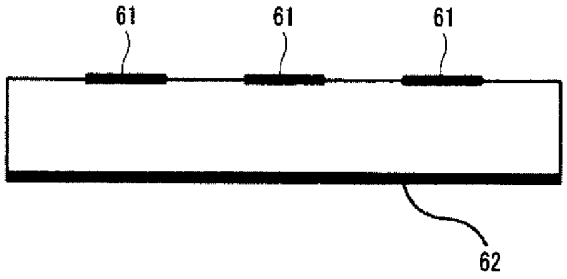


FIG.11C

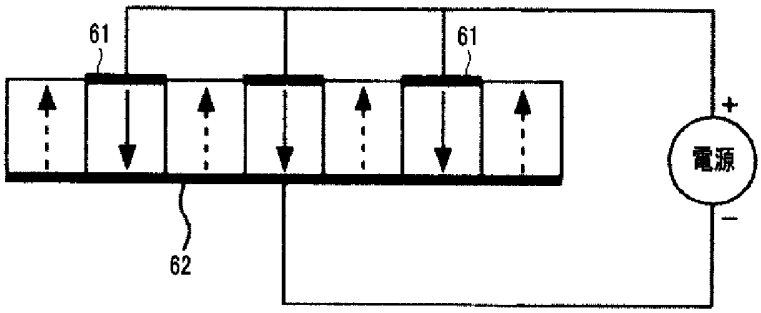


FIG.11D

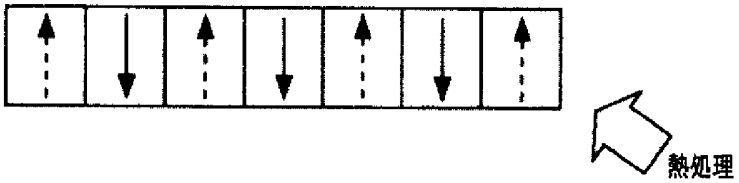
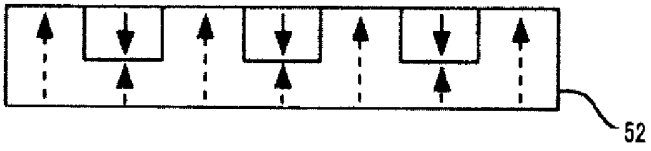


FIG.11E



[図12]

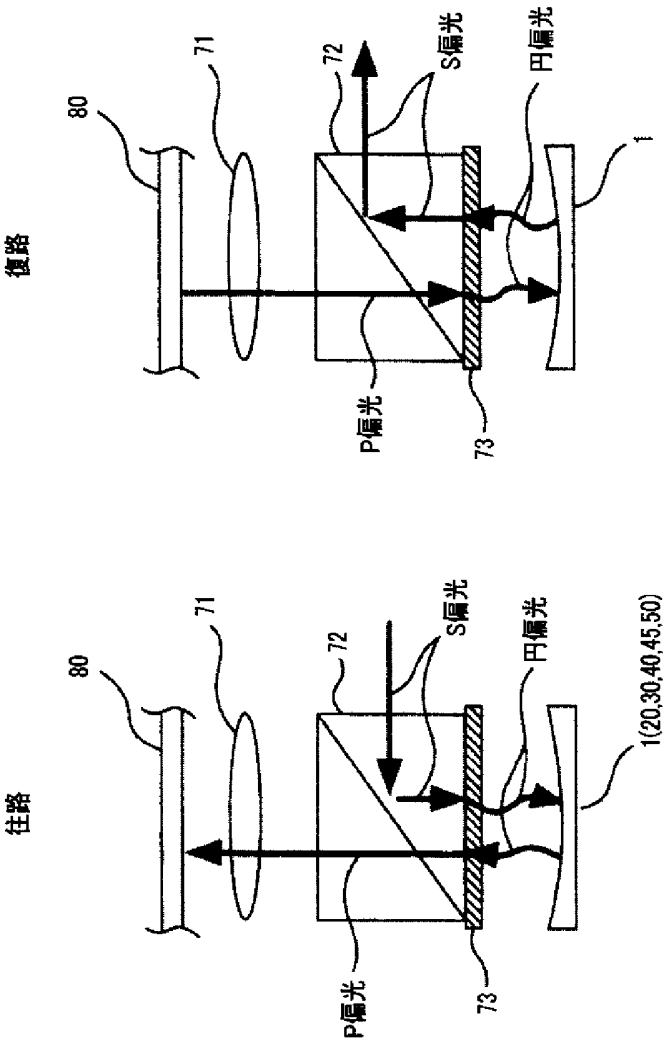


FIG.12A

FIG.12B

[図13]

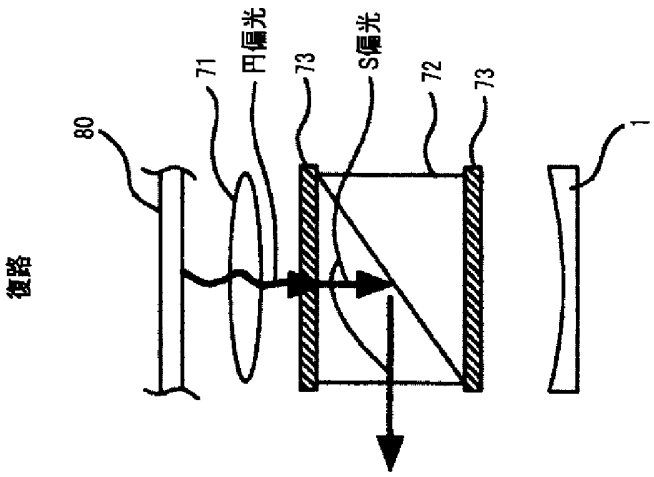


FIG.13B

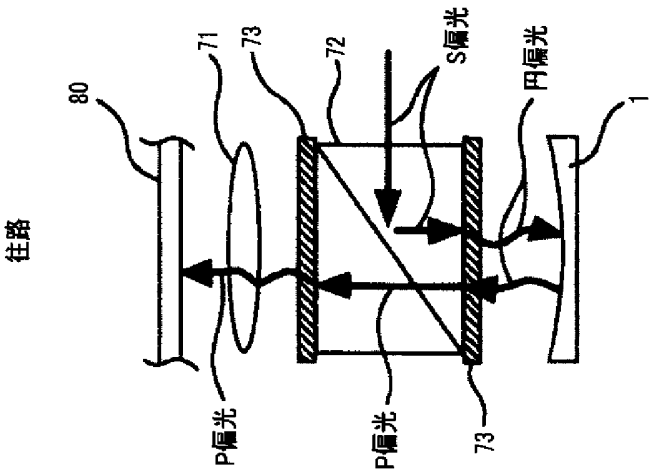


FIG.13A

[図14]

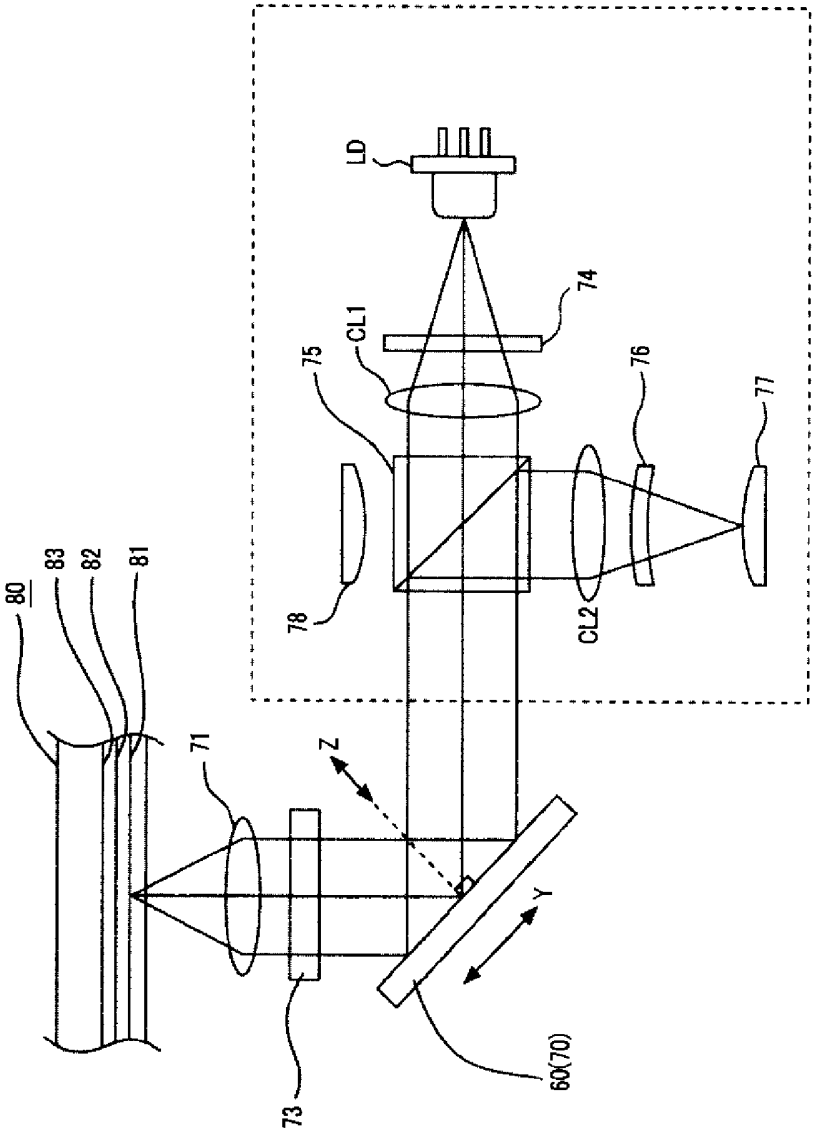


FIG.14

[図15]

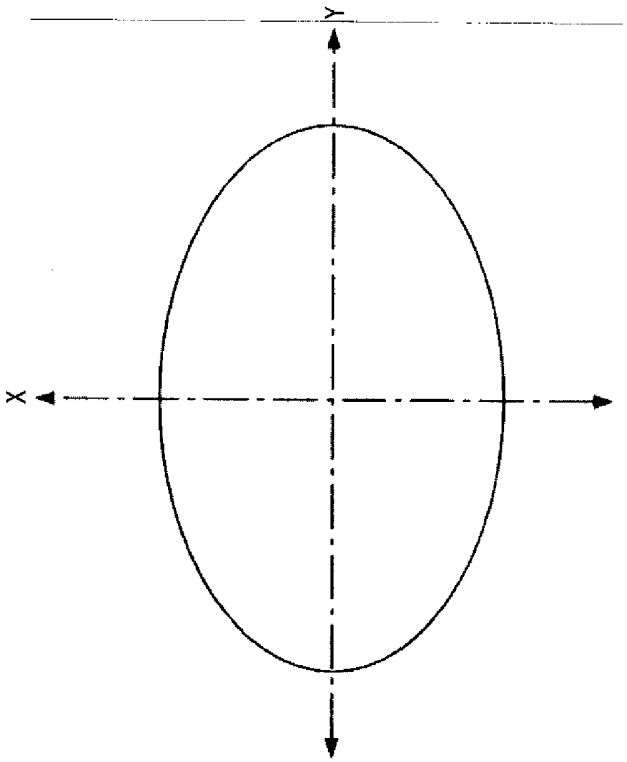


FIG.15

[図16]

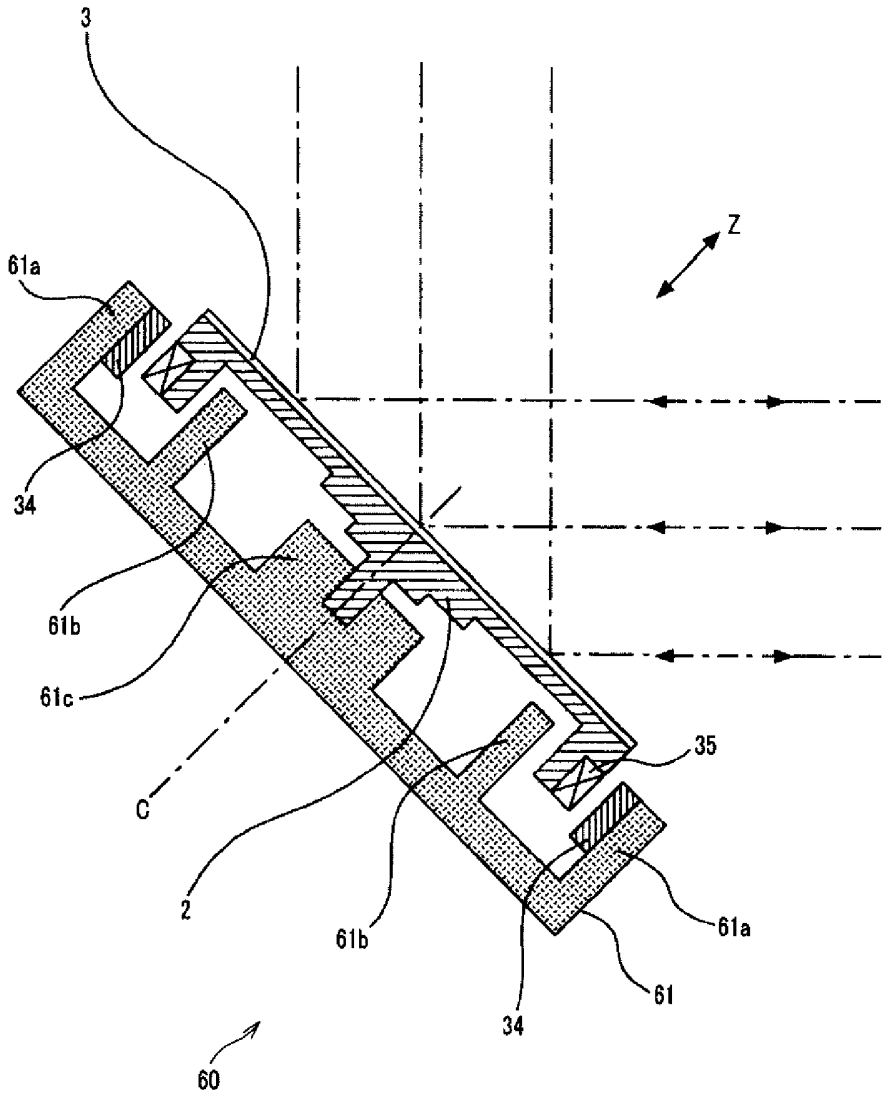


FIG.16

[図17]

FIG.17A

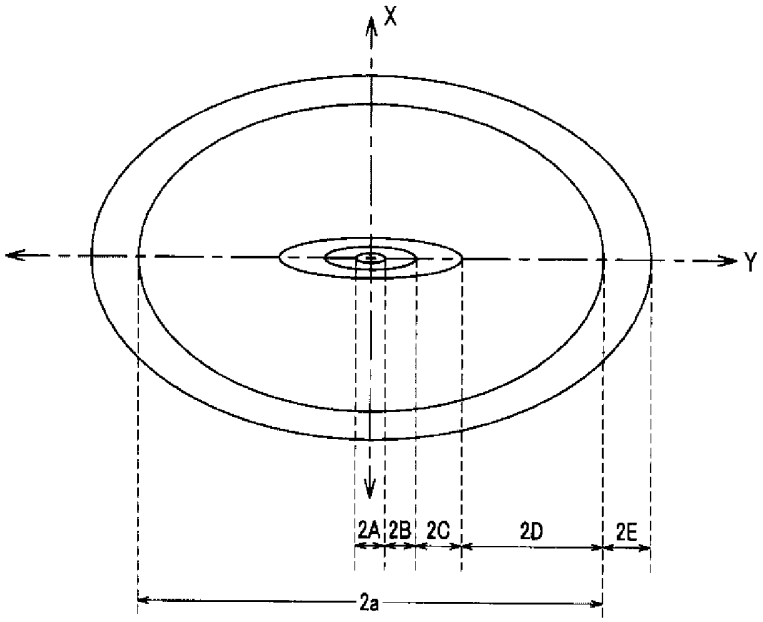
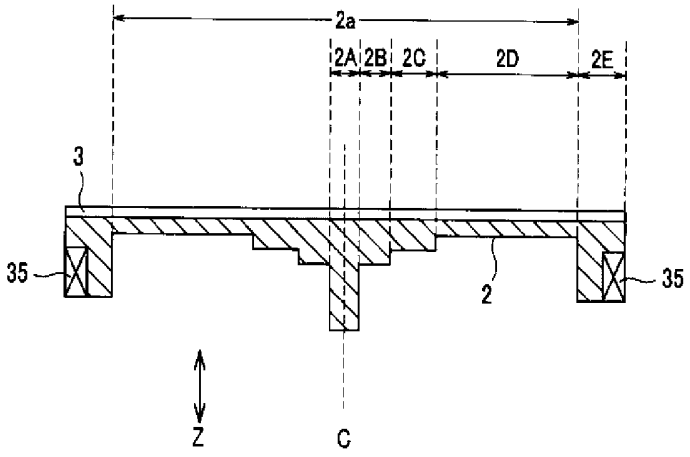


FIG.17B



[図18]

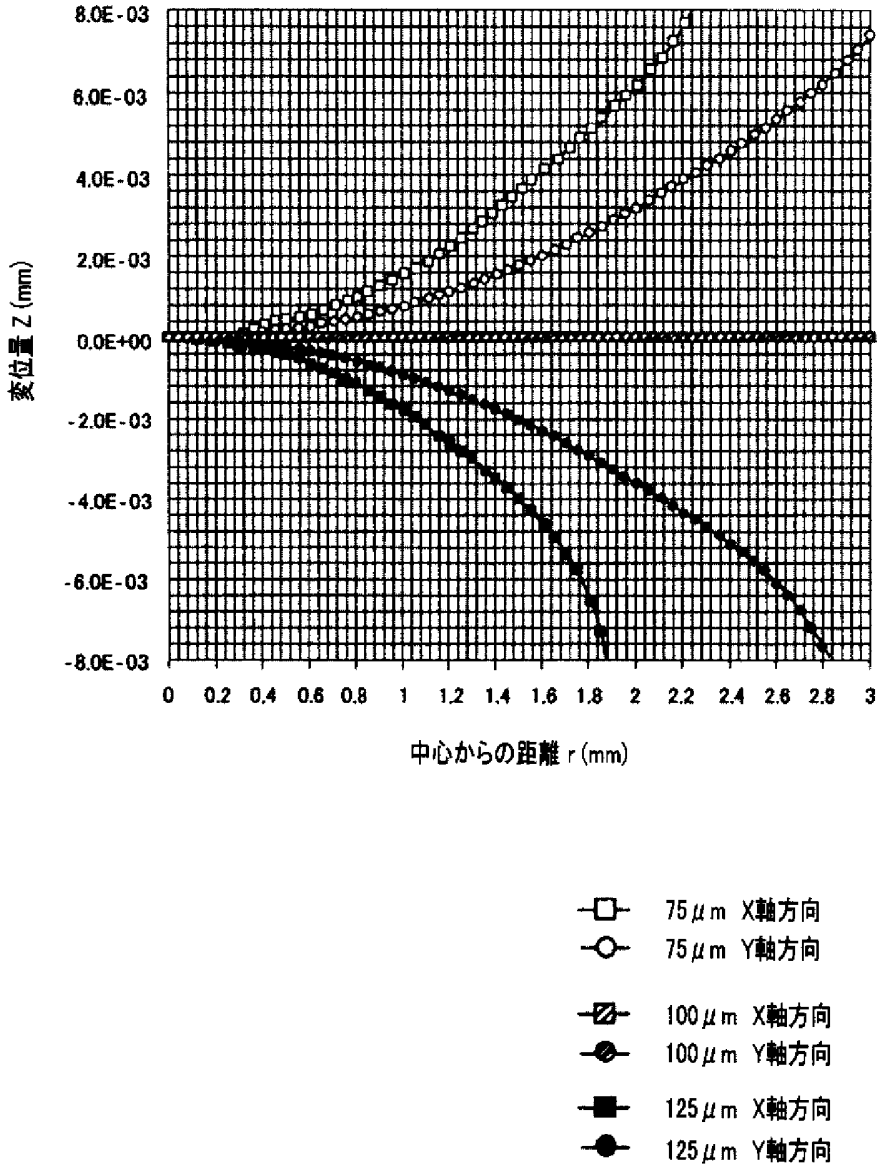

8.0E-03
6.0E-03
4.0E-03
2.0E-03
0.0E+00
-2.0E-03
-4.0E-03
-6.0E-03
-8.0E-03
変位量 Z (mm)
0 0.2 0.4 0.6 0.8 1 1.2 1.4 1.6 1.8 2 2.2 2.4 2.6 2.8 3
中心からの距離 r (mm)
75μm X軸方向
75μm Y軸方向
100μm X軸方向
100μm Y軸方向
125μm X軸方向
125μm Y軸方向

FIG.18

[図19]

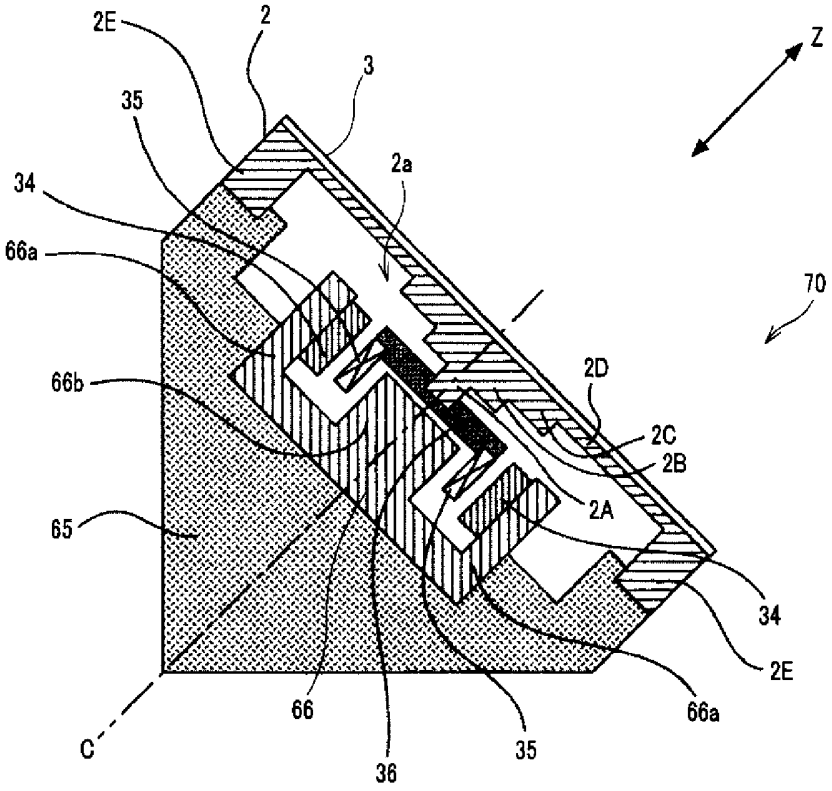


FIG.19

[図20]

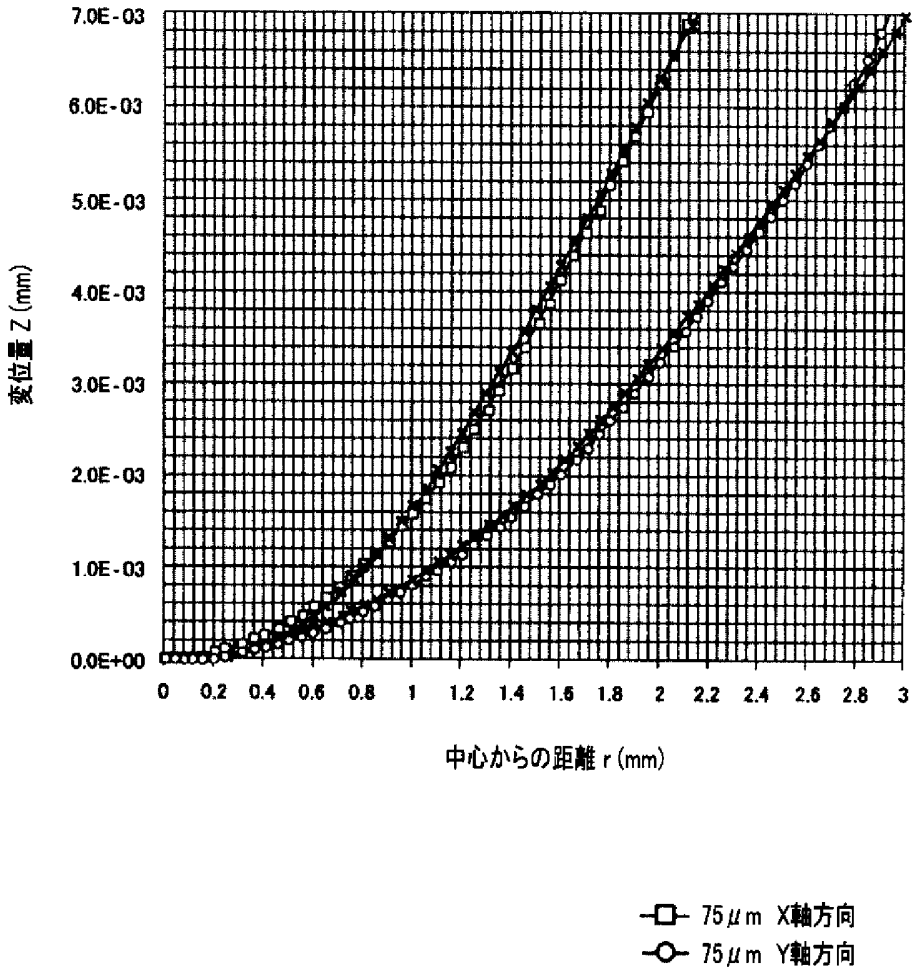

7.0E-03
6.0E-03
5.0E-03
4.0E-03
3.0E-03
2.0E-03
1.0E-03
0.0E+00
変位量 Z (mm)
0 0.2 0.4 0.6 0.8 1 1.2 1.4 1.6 1.8 2 2.2 2.4 2.6 2.8 3
中心からの距離 r (mm)
75μm X軸方向
75μm Y軸方向

FIG.20

[図21]

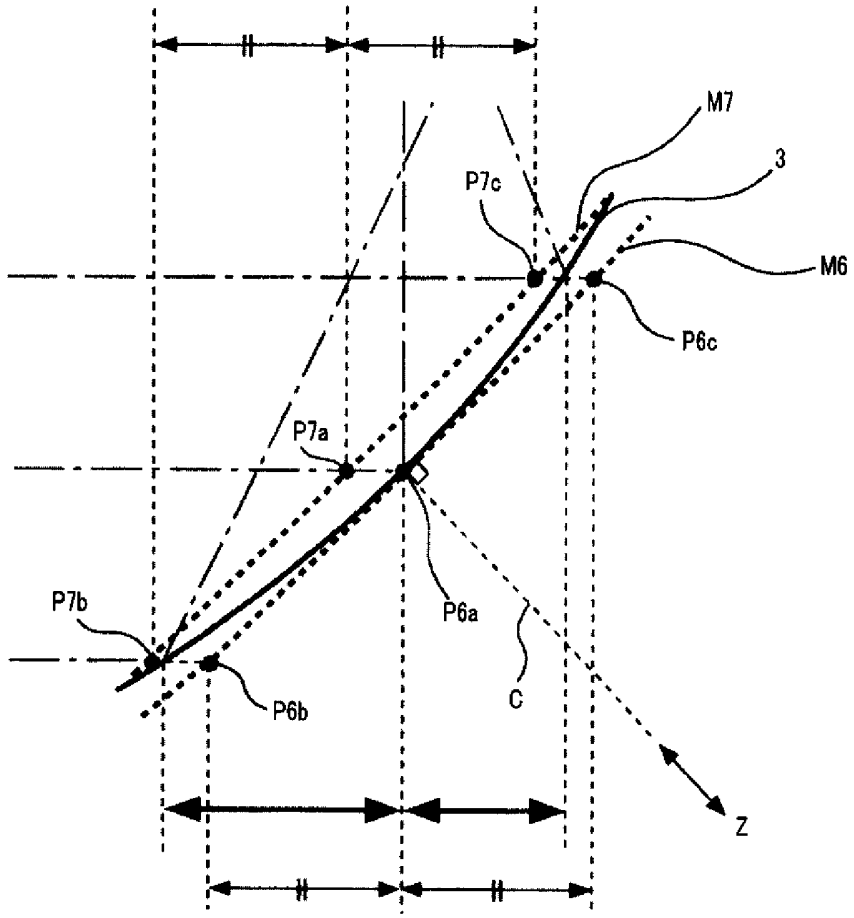


FIG.21

[図22]

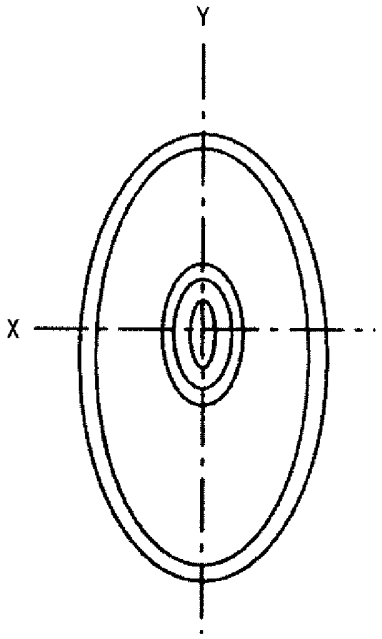


FIG.22

[図23]

FIG.23A

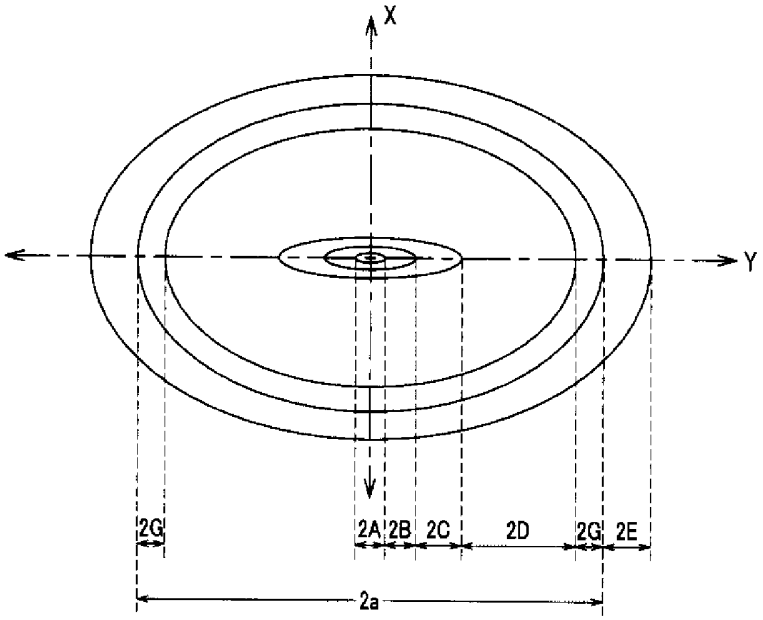
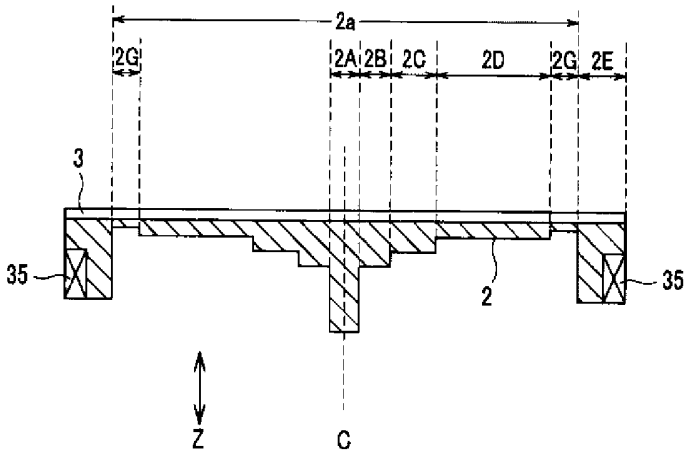


FIG.23B



[図24]

FIG.24A

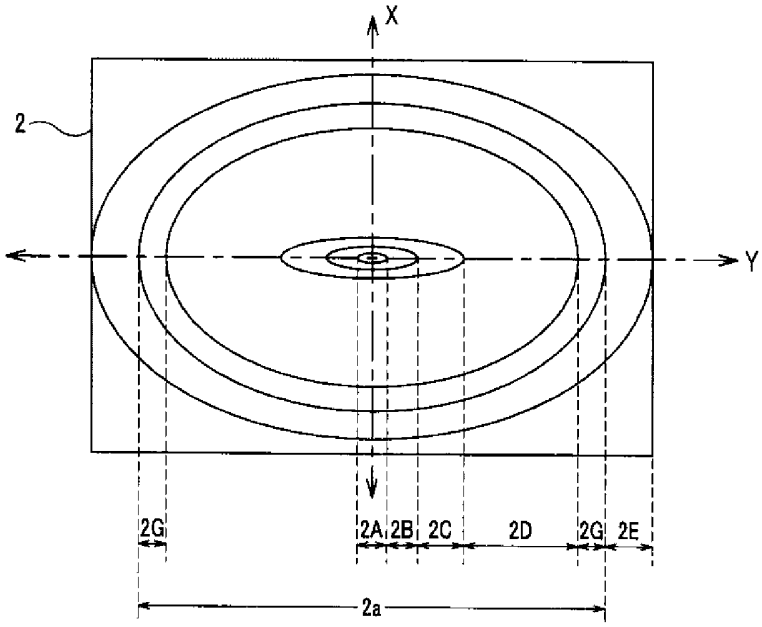
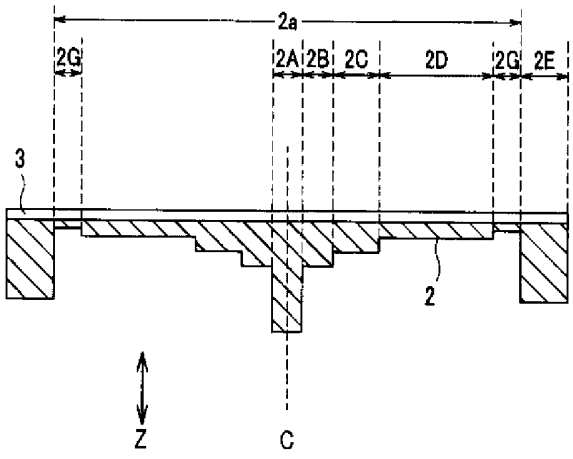


FIG.24B



[図25]

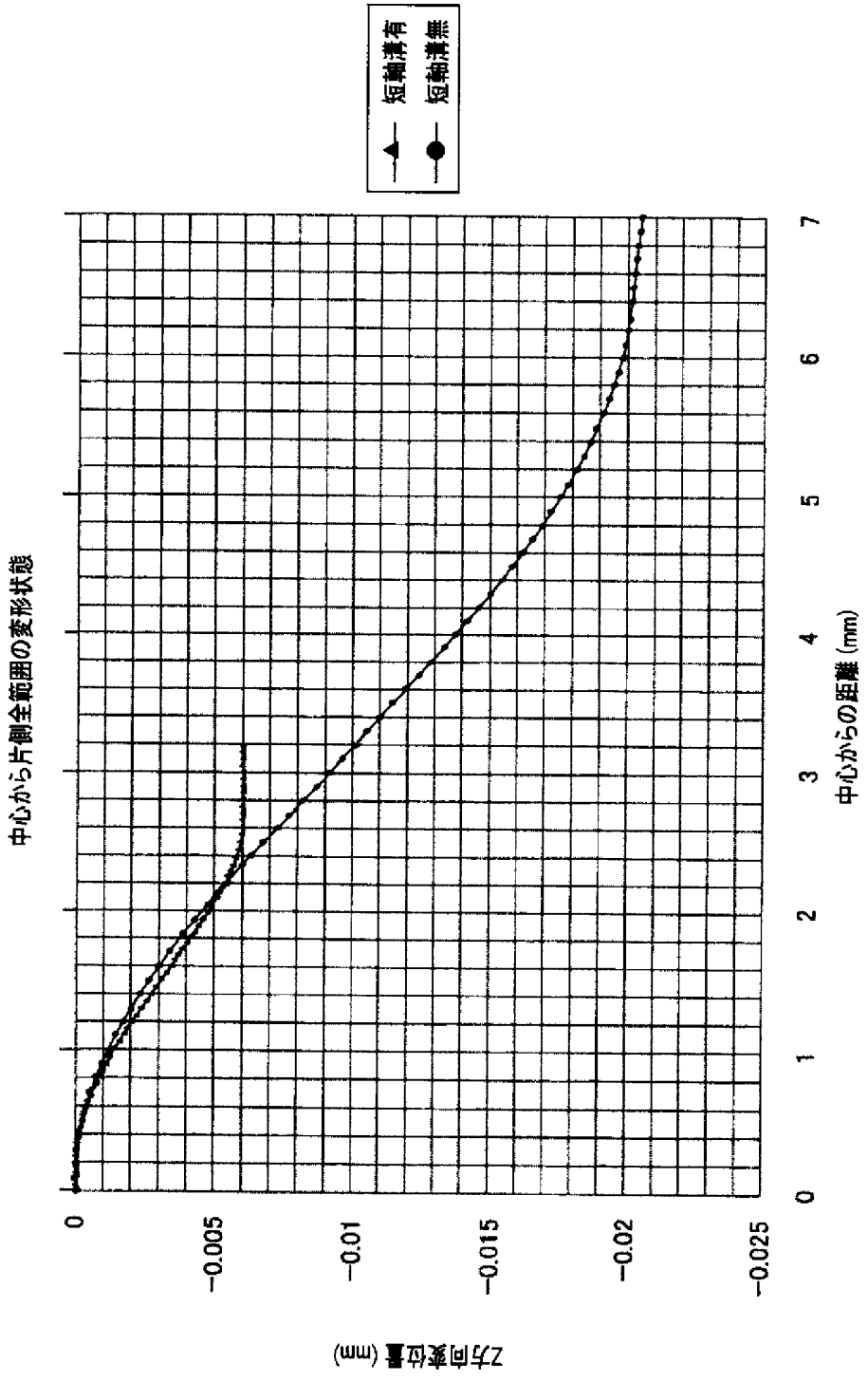

短軸溝有
短軸溝無
中心から片側全範囲の変形状態
Z方向変位量 (mm)
0
−0.005
−0.01
−0.015
−0.02
−0.025
中心からの距離 (mm)
0
1
2
3
4
5
6
7

FIG.25

[図26]

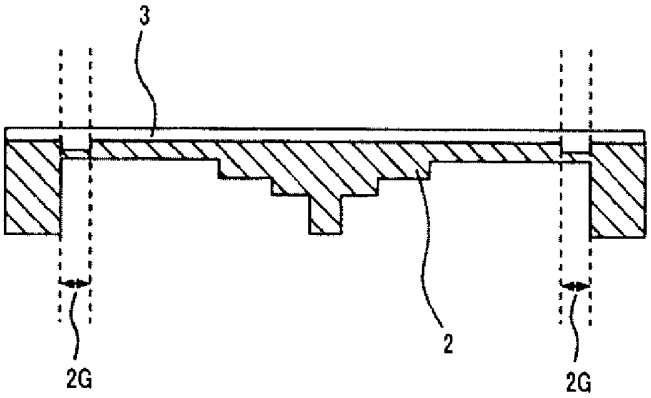


FIG.26

[図27]

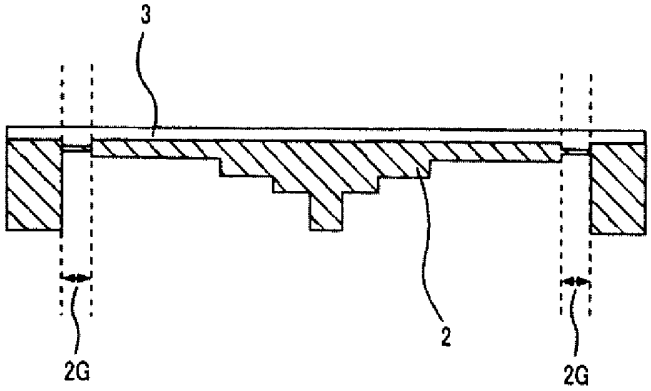


FIG.27

[図28]

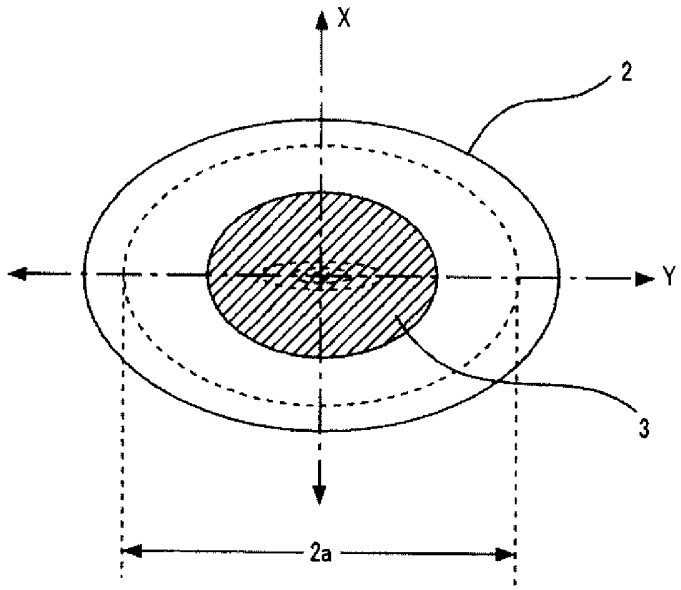


FIG.28

[図29]

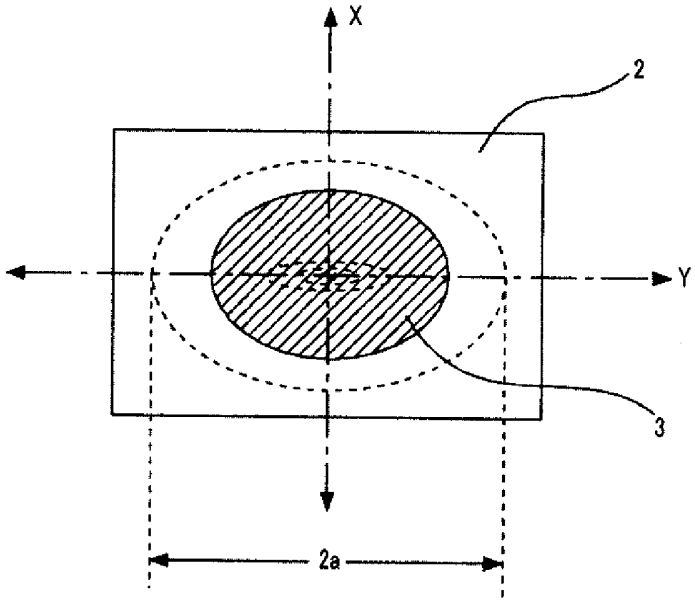


FIG.29

[図30]

FIG.30A

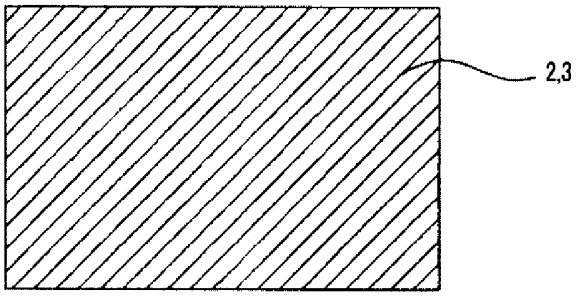
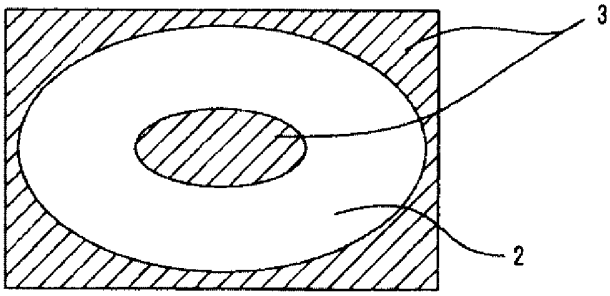


FIG.30B



[図31]

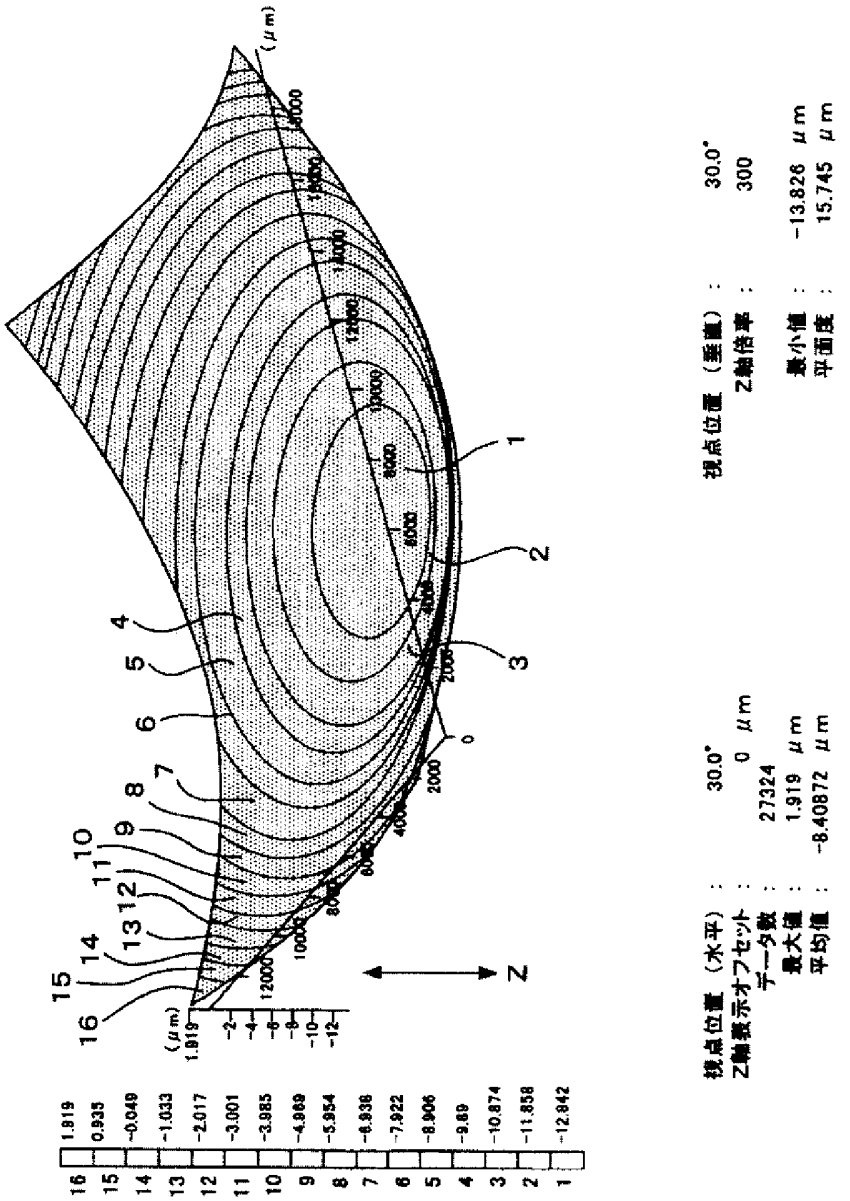

(μm)
1.819
0.935
-0.049
-1.033
-2.017
-3.001
-3.985
-4.969
-5.954
-6.938
-7.922
-8.906
-9.89
-10.874
-11.858
-12.842
Z
視点位置（水平） : 30.0°
Z軸表示オフセット : 0 μm
データ数 : 27324
最大値 : 1.919 μm
平均値 : -8.40872 μm
視点位置（垂直） : 30.0°
Z軸倍率 : 300
最小値 : -13.826 μm
平面度 : 15.745 μm

FIG.31

[図32]

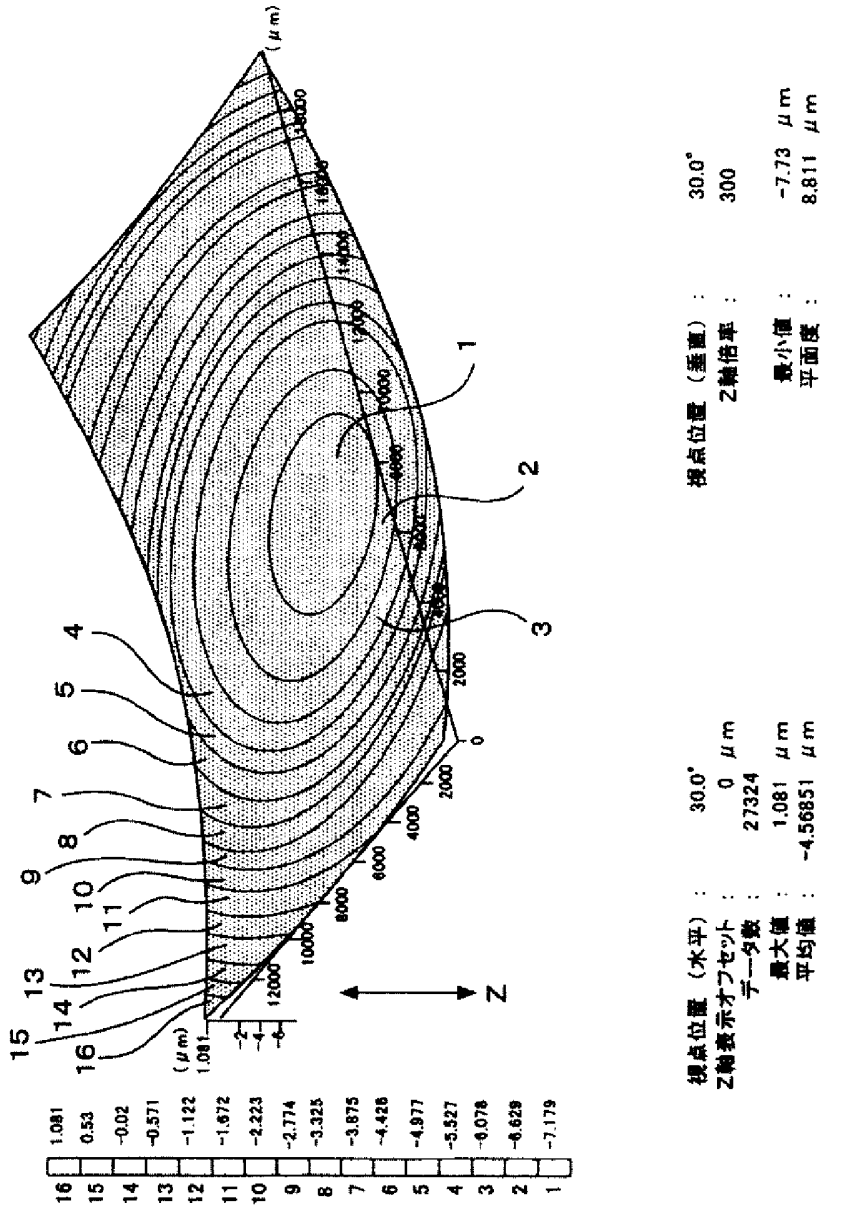

(μm)
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
Z
視点位置（水平） : 30.0°
Z軸表示オフセット : 0 μm
データ数 : 27324
最大値 : 1.081 μm
平均値 : -4.56851 μm
視点位置（垂直） : 30.0°
Z軸倍率 : 300
最小値 : -7.73 μm
平面度 : 8.811 μm

FIG.32

[図33]

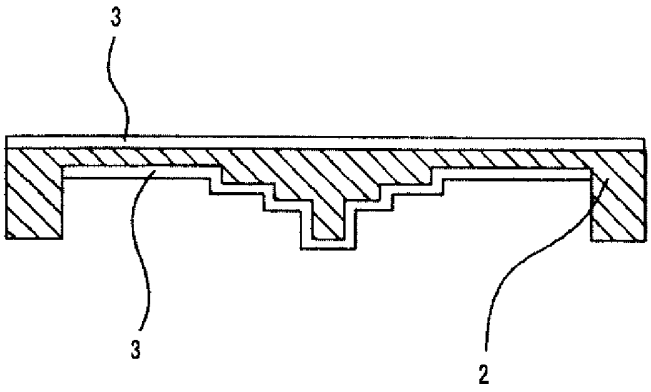


FIG.33

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2005/013934

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl[7] G02B26/06, 5/10, 26/08, G11B7/135

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl[7] G02B26/06, 5/10, 26/08, G11B7/135

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 5-157903 A (Nippondenso Co., Ltd.), 25 June, 1993 (25.06.93), Par. Nos. [0007], [0008]; Figs. 1, 3 (Family: none)	1,2,4,11,13, 15,16,18,19, 21,23,24 14,22
X Y	JP 2004-12895 A (Olympus Corp.), 15 January, 2004 (15.01.04), Par. Nos. [0042] to [0050]; Fig. 4 (Family: none)	1,4,11,13, 16,18,21,24 14,22
X Y	JP 7-306367 A (Omron Corp.), 21 November, 1995 (21.11.95), Par. Nos. [0042], [0045]; Figs. 5, 8 (Family: none)	1,2,4,13,15, 16,18,19,21, 23,24 14,22

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
25 October, 2005 (25.10.05)	01 November, 2005 (01.11.05)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2005/013934

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-79117 A (Olympus Corp.), 11 March, 2004 (11.03.04), Par. Nos. [0036] to [0038]; Figs. 5, 9 (Family: none)	14,22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2005/013934

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Document 1: JP 5-157903 A (Nippondenso Co., Ltd.), 25 June, 1993 (25.06.93), Paragraphs 7, 8, Figs. 1, 3, Family; none

Document 2: JP 2004-12895 A (Olympus Corp.), 15 January, 2004 (15.01.04), Paragraphs 42-50, Fig. 4, Family; none

Document 3: JP 7-306367 A (Omron Corp.), 21 December, 1995 (21.11.95) Paragraphs 42, 45, Figs. 5, 8, Family; none

(Continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
1, 2, 4, 11, 13-16, 18, 19, 21-24

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee..

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

A matter common to claims 1-25 is a deformable mirror device provided with a flexible member formed on the surface thereof with a mirror surface and with a portion providing different deforming schemes by concentric shapes, and a driving means for applying a drive force to the flexible member to deform the shape of the mirror.

However, this common matter, our search has found, is disclosed in documents 1-3, and therefore is not clearly novel. Consequently the common matter is not a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence, since it makes no contribution over the prior art.
Therefore, there is no matter common to all the claims.

Claims 1-25 can be classified as follows.

Claims 1, 2, 4, 11, 13-16, 18, 19, 21-24
These make no contribution over the prior art in documents 1-3, use an elliptical shape, or provide an installation that uses that shape to reflect an incident light at 90°.

Claims3, 20
These provide a sectional shape in which a thickness shrinks step-wise.

Claims 5-10, 12
These provide a driving means having features.

Claims 17, 25
These provide a mirror surface formed also on the rear surface.

Therefore, there exists no other common matter to be considered to be a special technical feature among claims 1, 2, 4, 11, 13-16, 18, 19, 21-24, claims 3 and 20, claims 5-10 and 12, claims 17 and 25 within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence, therefore no technical relationship within the meaning of PCT Rule 13 can be found among those different inventions.

Accordingly, claims 1, 2, 4, 11, 13-16, 18, 19, 21-24, claims 3 and 20, claims 5-10 and 12, claims 17 and 25 do not clearly fulfill the requirement of unity of invention mutually.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００５／０１３９３４

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.[7]　G02B26/06, 5/10, 26/08, G11B7/135

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.[7]　G02B26/06, 5/10, 26/08, G11B7/135

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２００５年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００５年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００５年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
X	JP 5-157903 A（日本電装株式会社）1993.06.25, 第7,8段落，図1,3 ファミリーなし	1, 2, 4, 11, 13, 15, 16, 18, 19, 21, 23, 24
Y		14, 22
X	JP 2004-12895 A（オリンパス株式会社）2004.01.15, 第42-50段落，図4	1, 4, 11, 13, 16, 18, 21, 24
Y	ファミリーなし	14, 22

☑ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 ２５．１０．２００５	国際調査報告の発送日 ０１．１１．２００５
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｘ　９４１２ 三橋　健二 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２９４

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
X	JP 7-306367 A（オムロン株式会社）1995.11.21, 第42,45段落，図5,8 ファミリーなし	1,2,4,13,15, 16,18,19,21, 23,24
Y		14,22
Y	JP 2004-79117 A（オリンパス株式会社）2004.03.11, 第36-38段落,図5,9 ファミリーなし	14,22

国際調査報告

国際出願番号 ＰＣＴ／ＪＰ２００５／０１３９３４

第Ⅱ欄　請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第１ページの２の続き）

法第8条第3項（ＰＣＴ17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1．☐ 請求の範囲＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、

2．☐ 請求の範囲＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

3．☐ 請求の範囲＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿ は、従属請求の範囲であってＰＣＴ規則6.4(a)の第２文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

文献１：JP 5-157903 A（日本電装株式会社）1993.06.25,
第7,8段落，図1,3　ファミリーなし

文献２：JP 2004-12895 A（オリンパス株式会社）2004.01.15,
第42-50段落，図4　ファミリーなし

特別ページに続く。

1．☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。

2．☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。

3．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。

4．☑ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

請求の範囲１、２、４、１１、１３－１６、１８、１９、２１－２４

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。

☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。

☐ 追加調査手数料の納付を伴う異議申立てがなかった。

文献３：JP 7-306367 A（オムロン株式会社）1995.11.21,
第42,45段落，図5,8　ファミリーなし

請求の範囲１－２５に共通な事項は、表面にミラー面が形成されているとともに、それぞれ同じ中心をもつ形状により、変形態様についての状態が異なるようにされた部分が形成された可撓性部材と、上記可撓性部材に対して駆動力を印加して、上記ミラーの形状を変形させる駆動手段とを備える変形可能ミラー装置である。

しかしながら、調査の結果、この共通な事項は、文献１乃至３に開示されているから、新規でないことが明らかになった。結果として、前記共通の事項は先行技術の域を出ないから、ＰＣＴ規則１３．２の第２文の意味において、この共通事項は特別な技術的特徴ではない。
それ故、請求の範囲全てに共通な事項はない。

そして、請求の範囲１－２５は以下のように分けることができる。

請求の範囲１，２，４，１１，１３－１６，１８，１９，２１－２４
文献１－３に記載されている先行技術の域を出ないか、楕円の形状を用いたもの、または、それによりにより入射光を９０°反射するように設置したもの。

請求の範囲３，２０
断面形状として厚さが階段状に薄くなるように構成したもの。

請求の範囲５－１０，１２
駆動手段に特徴を有するもの。

請求の範囲１７，２５
ミラー面が裏面に対しても形成されるもの。

したがって、請求の範囲１、２、４、１１、１３－１６、１８、１９、２１－２４、請求の範囲３および２０、請求の範囲５－１０および１２、請求の範囲１７および２５の間には、ＰＣＴ規則１３．２の第２文の意味において特別な技術的特徴と考えられる他の共通な事項は存在しないので、それらの相違する発明の間にＰＣＴ規則１３の意味における技術的な関連を見いだすことはできない。

よって、請求の範囲１、２、４、１１、１３－１６、１８、１９、２１－２４、請求の範囲３および２０、請求の範囲５－１０および１２、請求の範囲１７および２５は、互いに発明の単一性の条件を満たしていないことが明らかである。