

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2008年12月11日 (11.12.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/150016 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 26/10 (2006.01) B81C 1/00 (2006.01)
B81B 3/00 (2006.01) H04N 1/113 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/060630
- (22) 国際出願日: 2008年6月4日 (04.06.2008)
- (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2007-152399 2007年6月8日 (08.06.2007) JP
特願2008-105650 2008年4月15日 (15.04.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 大日本印刷株式会社 (DAI NIPPON PRINTING CO., LTD.)
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 前川 慎志 (MAEKAWA, Shinji) [JP/JP]; 〒1628001 東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 米田 潤三, 外 (YONEDA, Junzo et al.); 〒1010043 東京都千代田区神田富山町2番地2 松井ビル4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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN,

[続葉有]

(54) Title: PIEZOELECTRIC MIRROR DEVICE, OPTICAL DEVICE USING THE PIEZOELECTRIC MIRROR DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING PIEZOELECTRIC MIRROR DEVICE

(54) 発明の名称: 圧電ミラーデバイスとこれを用いた光学機器および圧電ミラーデバイスの製造方法

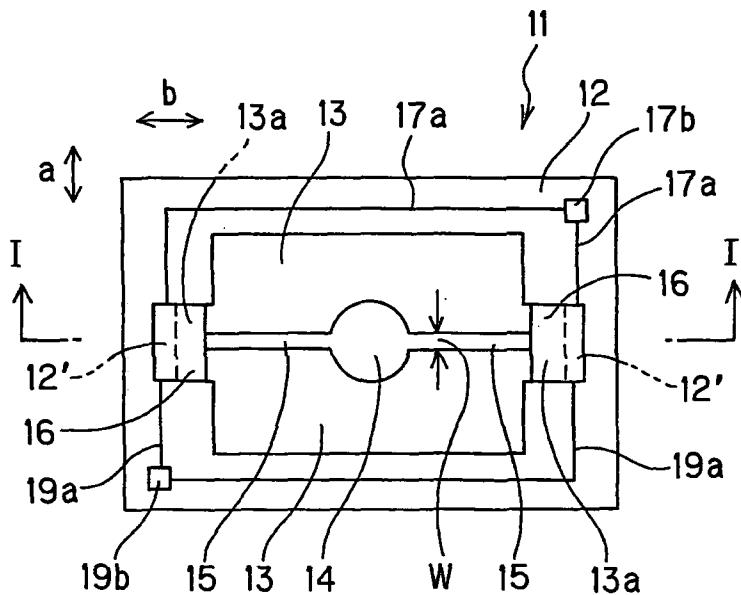


FIG. 1

(57) Abstract: A piezoelectric mirror device (11) is provided with a frame section (12) having an opening section (13) at the center; a mirror section (14) positioned at the opening section (13); a pair of mirror supporting sections (15) which turnably support the mirror section (14) to the frame section (12); and a pair of driving sections (16), each of which is a laminated body of a lower electrode (17), a piezoelectric element (18) and an upper electrode (19). The mirror supporting section (15) is composed of a material having a Young's modulus of 160 GPa or less. The frame section (12) has a notched section (13a) at a part of an area where the driving section (16) is positioned, and the notched section (13a) is brought into contact with the opening section (13).

(57) 要約: 圧電ミラーデバイス (11) は、中央に開口部 (13) を有するフレーム部 (12) と、開口部 (13)

に位置するミラー部 (14) と、ミラー部 (14) をフレーム部 (12) に対して回動可能に支持する一対のミラー支持部 (15) と、下部電極 (17) と圧電素子 (18) と上部電極 (19) との積層体である一対の駆動部 (16) と、を備えたものとし、ミラー支持部 (15) はヤング率が 160 GPa 以下の材料からなり、フレーム部 (12) は駆動部 (16) が位置する部位の一部に切欠き部 (13a) を有し、この切欠き部 (13a) は開口部 (13) に接するものとする。

WO 2008/150016 A1



KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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,

添付公開書類:
— 国際調査報告書

明 細 書

圧電ミラーデバイスとこれを用いた光学機器および圧電ミラーデバイスの製造方法

5 技術分野

本発明は、ミラーデバイスに係り、特にミラー部の駆動に圧電素子を利用する圧電ミラーデバイスと、この圧電ミラーデバイスを用いた光学機器と、圧電ミラーデバイスの製造方法に関する。

10 背景技術

ミラーデバイスは、ミラー面を駆動して、その回動角によって光の反射経路を変更するものであり、従来から、例えば、レーザを用いたプリンタ、複写機、ディスプレイ、プロジェクタ等の光学機器に使用されている。ミラーデバイスのミラー面の駆動には、静電気力を利用する静電駆動型、圧電素子を利用する圧電駆動型、電磁力を利用する電磁駆動型がある（特開2001-13443号公報、特開2002-311376号公報、特開2003-15064号公報）。

従来のミラーデバイスのうち、圧電駆動型である圧電ミラーデバイスは、他の駆動型に比べて駆動力が大きいという利点があり、例えば、MEMS（Micro Electro Mechanical System）技術を用いて作製され、SOI基板をエッチングすることによりミラー部と、このミラー部を回動可能に支持するミラー支持部が形成されていた。

しかしながら、従来の圧電ミラーデバイスは、ミラー支持部が高剛性のシリコン層（Si）（ヤング率=166GPa）からなっているので、ミラー部の変位量が小さいという問題があった。また、ミラー支持部等を製造するために、エッチングストッパーとなる酸化シリコン層を有するSOI基板を使用する必要があり、このSOI基板のコストが高いため製造コストの低減に限界があった。

発明の開示

本発明の目的は、ミラー部の変位量が大きい圧電ミラーデバイスと、このような圧電ミラーデバイスを簡便に製造するための製造方法、および、このような圧電ミラーデバイス

を使用した光学機器を提供することにある。

このような目的を達成するために、本発明の圧電ミラーデバイスは、中央に開口部を有するフレーム部と、下部電極と圧電素子と上部電極との積層体であり前記フレーム部に配設されている一対の駆動部と、前記開口部に位置するミラー部と、前記駆動部の駆動に応じて前記ミラー部を前記フレーム部に対して回動可能に支持する一対のミラー支持部と、
5 を備え、前記ミラー支持部はヤング率が160GPa以下の材料からなり、前記フレーム部は前記駆動部が位置する部位の一部に切欠き部あるいは薄肉部を有し、該切欠き部、薄肉部は前記開口部に接しているような構成とした。

本発明の他の態様として、前記ミラー支持部は前記駆動部を構成する下部電極と一体に
10 形成されているような構成とした。

本発明の他の態様として、前記ミラー支持部の端部は前記駆動部を構成する下部電極に係止されているような構成とした。

本発明の他の態様として、前記ミラー支持部の端部は前記フレーム部の薄肉部に係止されているような構成とした。

15 本発明の他の態様として、前記ミラー支持部は前記駆動部を構成する上部電極と一体に形成されているような構成とした。

本発明の他の態様として、前記ミラー部と前記ミラー支持部とが一体に形成されているような構成とした。

20 本発明の他の態様として、前記ミラー部は前記ミラー支持部と異なる材質からなるミラー一面を有するような構成とした。

本発明の他の態様として、前記ミラー支持部は前記ミラー部を介して反対方向で、かつ、同軸上に位置するように配設されているような構成とした。

本発明の他の態様として、前記ミラー支持部の軸心は前記ミラー部の中心から外れているような構成とした。

25 本発明の他の態様として、前記フレーム部を内側フレーム部とし、前記ミラー支持部をX軸ミラー支持部とし、前記駆動部をX軸駆動部とし、さらに、開口部を介して前記内側フレーム部を包囲するように位置する外側フレーム部と、下部電極と圧電素子と上部電極との積層体であり前記外側フレーム部に配設されている一対のY軸駆動部と、該Y軸駆動部の駆動に応じて前記内側フレーム部を前記外側フレーム部に対して回動可能に支持する

一对のY軸ミラー支持部と、を備え、前記Y軸ミラー支持部はヤング率が160GPa以下の材料からなり、前記外側フレーム部はY軸駆動部が位置する部位の一部に切欠き部あるいは薄肉部を有し、該切欠き部、薄肉部は前記開口部に接し、前記X軸と前記Y軸は直交するものであり、前記ミラー部は二軸で回動変位可能であるような構成とした。

- 5 本発明の光学機器は、光源と、投影スクリーンと、前記光源からの出射光を前記投影スクリーンへ導く光学系と、を備え、前記光学系は上述のいずれかの圧電ミラーデバイスを有するような構成とした。

本発明の圧電ミラーデバイスの製造方法は、シリコンウエハを多面付けに区画し、該シリコンウエハの一方の面において各面付け毎に一对の下部電極と、該下部電極間に位置するミラー部と、該ミラー部と前記下部電極とを連結する一对のミラー支持部を、ヤング率が160GPa以下で、かつ、融点が後工程で形成する圧電素子の融点より高い導電性材料で作製する工程と、前記下部電極上に圧電素子と上部電極をこの順に積層して、下部電極と圧電素子と上部電極との積層体である一对の駆動部を作製する工程と、前記シリコンウエハの他方の面から各面付け毎にシリコンウエハを所望のパターンで除去し開口部を形成してフレーム部を作製し、前記開口部に前記ミラー部が前記ミラー支持部によって回動可能に支持されるものとし、かつ、前記フレーム部の前記駆動部が位置する部位の一部に、切欠き部あるいは薄肉部を前記開口部に接するように形成して、多面付けの圧電ミラーデバイスとする工程と、多面付けの圧電ミラーデバイスをダイシングして個片化する工程と、を有するような構成とした。

20 また、本発明の圧電ミラーデバイスの製造方法は、シリコンウエハを多面付けに区画し、該シリコンウエハの一方の面において各面付け毎に一对の下部電極と、該下部電極上に圧電素子と上部電極をこの順に積層して、下部電極と圧電素子と上部電極との積層体である一对の駆動部を作製する工程と、前記駆動部間に位置するミラー部と、該ミラー部から前記駆動部方向に延設された一对のミラー支持部とを、該ミラー支持部の端部が前記駆動部を構成する下部電極に係止されるように、ヤング率が160GPa以下の材料で作製する工程と、前記シリコンウエハの他方の面から各面付け毎にシリコンウエハを所望のパターンで除去し開口部を形成してフレーム部を作製し、前記開口部に前記ミラー部が前記ミラー支持部によって回動可能に支持されるものとし、かつ、前記フレーム部の前記駆動部が位置する部位の一部に、切欠き部あるいは薄肉部を前記開口部に接するように形成して、

25

多面付けの圧電ミラーデバイスとする工程と、多面付けの圧電ミラーデバイスをダイシングして個片化する工程と、を有するような構成とした。

また、本発明の圧電ミラーデバイスの製造方法は、シリコンウエハを多面付けに区画し、該シリコンウエハの一方の面において各面付け毎に一对の下部電極と、該下部電極間に位置するミラー部と、該ミラー部から前記下部電極方向に延設された一对のミラー支持部を、ヤング率が160GPa以下で、かつ、融点が後工程で形成する圧電素子の融点より高い導電性材料で作製する工程と、前記下部電極上に圧電素子と上部電極をこの順に積層して、下部電極と圧電素子と上部電極との積層体である一对の駆動部を作製する工程と、前記シリコンウエハの他方の面から各面付け毎にシリコンウエハを所望のパターンで除去し開口部を形成してフレーム部を作製し、前記開口部に前記ミラー部が前記ミラー支持部によって回動可能に支持されるものとし、かつ、前記フレーム部の前記駆動部が位置する部位の一部に、前記開口部に接するとともに前記ミラー支持部の端部を係止するように薄肉部を形成して、多面付けの圧電ミラーデバイスとする工程と、多面付けの圧電ミラーデバイスをダイシングして個片化する工程と、を有するような構成とした。

また、本発明の圧電ミラーデバイスの製造方法は、シリコンウエハを多面付けに区画し、該シリコンウエハの一方の面において各面付け毎に一对の下部電極と、該下部電極上に圧電素子と上部電極をこの順に積層して、下部電極と圧電素子と上部電極との積層体である一对の駆動部を作製する工程と、前記駆動部間に位置するミラー部と、該ミラー部から前記駆動部方向に延設された一对のミラー支持部とを、ヤング率が160GPa以下の材料で作製する工程と、前記シリコンウエハの他方の面から各面付け毎にシリコンウエハを所望のパターンで除去し開口部を形成してフレーム部を作製し、前記開口部に前記ミラー部が前記ミラー支持部によって回動可能に支持されるものとし、かつ、前記フレーム部の前記駆動部が位置する部位の一部に、前記開口部に接するとともに前記ミラー支持部の端部を係止するように薄肉部を形成して、多面付けの圧電ミラーデバイスとする工程と、多面付けの圧電ミラーデバイスをダイシングして個片化する工程と、を有するような構成とした。

また、本発明の圧電ミラーデバイスの製造方法は、シリコンウエハを多面付けに区画し、該シリコンウエハの一方の面において各面付け毎に一对の下部電極と、該下部電極上に圧電素子を形成する工程と、前記圧電素子の表面が露出するようにレジスト層を形成して平

坦化した後、前記圧電素子上に位置する上部電極と、前記圧電素子間に位置するミラー部と、該ミラー部と前記上部電極とを連結する一対のミラー支持部とを、ヤング率が160 GPa以下の導電材料で形成して、下部電極と圧電素子と上部電極との積層体である一対の駆動部を作製し、その後、前記レジストを除去する工程と、前記シリコンウエハの他方の面から各面付け毎にシリコンウエハを所望のパターンで除去し開口部を形成してフレーム部を作製し、前記開口部に前記ミラー部が前記ミラー支持部によって回動可能に支持されるものとし、かつ、前記フレーム部の前記駆動部が位置する部位の一部に、切欠き部あるいは薄肉部を前記開口部に接するように形成して、多面付けの圧電ミラーデバイスとする工程と、多面付けの圧電ミラーデバイスをダイシングして個片化する工程と、を有するような構成とした。

このような本発明の圧電ミラーデバイスは、ミラー支持部がヤング率160 GPa以下の材料からなり、かつ、フレーム部のうち、駆動部が位置する部位の一部に切欠き部あるいは薄肉部を有するので、従来の圧電ミラーデバイスに比べて、圧電素子によるミラー部の変位量が大きいものとなり、例えば、プリンタ、複写機、プロジェクタ等のレーザ光走査装置における走査範囲を拡大することができる。

また、本発明の製造方法は、シリコンウエハを使用するものであり、酸化シリコン層を有するSOIウエハを使用する必要がないので、製造コストの低減が可能である。

図面の簡単な説明

- 図1は、本発明の圧電ミラーデバイスの一実施形態を示す平面図である。
- 図2は、図1に示される圧電ミラーデバイスのI-I線における矢視断面図である。
- 図3は、図1に示される圧電ミラーデバイスのフレーム部を説明するための図である。
- 図4は、本発明の圧電ミラーデバイスの他の実施形態を示す平面図である。
- 図5は、図4に示される圧電ミラーデバイスのII-II線における矢視断面図である。
- 図6は、図4に示される圧電ミラーデバイスのフレーム部を説明するための図である。
- 図7は、本発明の圧電ミラーデバイスの他の実施形態を示す平面図である。
- 図8は、図7に示される圧電ミラーデバイスのIII-III線における矢視断面図である。
- 図9は、本発明の圧電ミラーデバイスの他の実施形態を示す平面図である。
- 図10は、図9に示される圧電ミラーデバイスのIV-IV線における矢視断面図である。

- 図11は、本発明の圧電ミラーデバイスの他の実施形態を示す平面図である。
- 図12は、図11に示される圧電ミラーデバイスのV-V線における矢視断面図である。
- 図13は、本発明の圧電ミラーデバイスの他の実施形態を示す平面図である。
- 図14は、図13に示される圧電ミラーデバイスのVI-VI線における矢視断面図である。
- 5 図15は、本発明の圧電ミラーデバイスの他の実施形態を示す平面図である。
- 図16は、図15に示される圧電ミラーデバイスのVII-VII線における矢視断面図である。
- 図17は、本発明の圧電ミラーデバイスの他の実施形態を示す平面図である。
- 図18は、図17に示される圧電ミラーデバイスの断面図であり、図18AはVIII-VIII線における矢視断面図、図18BはIX-IX線における矢視断面図である。
- 10 図19は、本発明の圧電ミラーデバイスの他の実施形態を示す平面図である。
- 図20は、図19に示される圧電ミラーデバイスの断面図であり、図20AはX-X線における矢視断面図、図20BはXI-XI線における矢視断面図である。
- 図21は、本発明の圧電ミラーデバイスの他の実施形態を示す平面図である。
- 15 図22は、図21に示される圧電ミラーデバイスのXII-XII線における矢視断面図である。
- 図23は、本発明の圧電ミラーデバイスの他の実施形態を示す平面図である。
- 図24は、図23に示される圧電ミラーデバイスのXIII-XIII線における矢視断面図である。
- 20 図25は、本発明の圧電ミラーデバイスの他の実施形態を示す平面図である。
- 図26は、図25に示される圧電ミラーデバイスの断面図であり、図26AはXIV-XIV線における矢視断面図、図26BはXV-XV線における矢視断面図、図26CはXVI-XVI線における矢視断面図である。
- 図27は、図25に示される圧電ミラーデバイスの下部電極を説明するための図である。
- 25 図28は、図25に示される圧電ミラーデバイスの圧電素子を説明するための図である。
- 図29は、図25に示される圧電ミラーデバイスの上部電極を説明するための図であり、図29Aは平面図、図29Bは図29Aの鎖線で囲まれた部位の拡大断面図である。
- 図30A~図30Eは、本発明の圧電ミラーデバイスの製造方法の一実施形態を示す工程図である。

図31A～図31Cは、本発明の圧電ミラーデバイスの製造方法の一実施形態を示す工程図である。

図32A～図32Dは、本発明の圧電ミラーデバイスの製造方法の他の実施形態を示す工程図である。

5 図33A～図33Bは、本発明の圧電ミラーデバイスの製造方法の他の実施形態を示す工程図である。

図34A～図34Cは、本発明の圧電ミラーデバイスの製造方法の他の実施形態を示す工程図である。

10 図35A～図35Bは、本発明の圧電ミラーデバイスの製造方法の他の実施形態を示す工程図である。

図36A～図36Cは、本発明の圧電ミラーデバイスの製造方法の他の実施形態を示す工程図である。

図37A～図37Eは、本発明の圧電ミラーデバイスの製造方法の他の実施形態を示す工程図である。

15 図38A～図38Cは、本発明の圧電ミラーデバイスの製造方法の他の実施形態を示す工程図である。

図39は、本発明の光学機器の一実施形態を説明するための構成図である。

発明を実施するための最良の形態

20 以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

[圧電ミラーデバイス]

(1) 図1は、本発明の圧電ミラーデバイスの一実施形態を示す平面図であり、図2は図1に示される圧電ミラーデバイスの1-1線における矢視断面図である。図1および図2において、本発明の圧電ミラーデバイス11は、中央に開口部13を有するフレーム部12と、開口部13に位置するミラー部14と、ミラー部14をフレーム部12に対して
25 回動可能に支持する一対のミラー支持部15と、下部電極17と圧電素子18と上部電極19との積層体でありフレーム部12に配設されている一対の駆動部16と、を備えている。そして、本発明では、ミラー支持部15はヤング率が160GPa以下、好ましくは30～150GPa、より好ましくは60～130GPaの範囲である材料からなる。ま

た、フレーム部12は駆動部16が位置する部位の一部に切欠き部13aを有しており、この切欠き部13aは開口部13に接している。ミラー支持部15のヤング率が160GPaを超えると、ミラー支持部15の剛性が高くなり、駆動部16によるミラー部14の変位量が小さくなり好ましくない。

- 5 尚、上記の下部電極17は、配線17aを介して端子17bに接続されており、また、上部電極19は、配線19aを介して端子19bに接続されている。

圧電ミラーデバイス11を構成するフレーム部材12は、シリコンからなり、厚みは、例えば、300 μ m~1mm程度の範囲で適宜設定することができる。

- 10 フレーム12に形成されている開口部13は、一对のミラー支持部15によって支持されたミラー部14が位置し、駆動部16によってミラー部14がフレーム部12に対して回転されるための空間である。このような開口部13の形状は、図示例では長方形であるが、ミラー部14の回転に支障を来たさない形状、寸法であれば特に制限はない。

- また、フレーム部12が有する切欠き部13aは、図3に示すように、開口部13に接するようにして形成されている。この切欠き部13aの形状、寸法は、駆動部16の変形
15 によるミラー支持部15とミラー部14の変位を阻害しないものであれば、特に制限はない。図示例での切欠き部13aは、幅方向（図1、図3に矢印aで示す方向）では、駆動部16と略同じであり、長さ方向（図1、図3に矢印bで示す方向）では、駆動部16を支持するための支持部位12'をフレーム部12に残すような形状となっている。この場合、支持部位12'の面積は、駆動部16を構成する圧電素子18の厚み方向への投影面積の50%以下、好ましくは10~30%の範囲となるように設定することができる。
20

- 圧電ミラーデバイス11では、ミラー部14、ミラー支持部15および下部電極17は、ヤング率が160GPa以下、好ましくは30~150GPa、より好ましくは60~130GPaの範囲である導電性材料により一体に形成されている。ミラー部14の形状、面積は適宜設定することができる。また、ミラー支持部15は、ミラー部14を介して反
25 対方向、かつ、同軸上に位置するように配設されている。このようなミラー部14とミラー支持部15は、上記の開口部13に浮いた状態で位置するので、構造的耐性をもたせるために、厚みTは500nm以上、好ましくは1~100 μ mの範囲で設定することができる。また、ミラー支持部15の幅Wは、構造的耐性とミラー部14の回転を考慮して適宜設定することができ、例えば、1~50 μ mの範囲で適宜設定することができる。

ヤング率が160GPa以下の導電性材料としては、例えば、Al(70.3GPa)、Au(78.0GPa)、Ag(82.7GPa)、Cu(130GPa)、Zn(108.0GPa)、Ti(115.7GPa)等を挙げることができ、これらを単独で、あるいは積層構造となるように組み合わせて使用することができる。また、ヤング率が160GPaを超える導電性材料、例えば、Pt(168GPa)、Ni(199GPa)、鉄鋼(201.0GPa)、Fe(211.4GPa)等の導電性材料であっても、上記のようなヤング率が160GPa以下の導電性材料と組み合わせて構成された積層構造体のヤング率が160GPa以下となる場合には、使用可能である。ここで、本発明では、各導電材料毎のヤング率と厚みの積の総和を、各導電材料の厚みの総和で除すことによって、積層構造体におけるヤング率とする。以下の本発明の説明においても同様である。例えば、ヤング率が E_1 、厚みが T_1 である導電材料1と、ヤング率が E_2 、厚みが T_2 である導電材料2とからなる積層構造体におけるヤング率 E は、下記の式で算出することができる。

$$E = [(E_1 \times T_1) + (E_2 \times T_2)] / (T_1 + T_2)$$

尚、ミラー支持部15の軸心は、図示例では、ミラー部14の中心と一致しているが、ミラー支持部15の軸心とミラー部14の中心とを外して、ミラー部の回動性を更に向上させてもよい。

また、ミラー部14、ミラー支持部15および下部電極17に使用する導電性材料の光反射率が不十分な場合、ミラー部14は光反射率の高い材料、例えば、Al、Ag、Rh、Au、Cu、Ni等からなる反射層を備えるものであってもよい。

駆動部16を構成する圧電素子18は、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)、チタン酸バリウム(BTO)、チタン酸鉛(PTO)、ニオブ酸リチウム(LiNbO₃)、タンタル酸リチウム(LiTaO₃)、リチウムテトラボレート(Li₂B₄O₇)等の従来公知の圧電材料からなるものであってもよい。また、圧電素子18の厚みは、例えば、5~100μmの範囲で適宜設定することができる。

駆動部16を構成する上部電極19は、Pt、Au、Ag、Pd、Cu、Sn等を単独で、あるいは組み合わせて使用することができ、また、Cr、Ti、Mo、Ta等の下地金属層上に上記の金属からなる表面層を形成した積層構造であってもよい。この上部電極19の厚みは、例えば、300nm~5μmの範囲で適宜設定することができる。

図4は、本発明の圧電ミラーデバイスの他の実施形態を示す平面図であり、図5は図4

に示される圧電ミラーデバイスのII-II線における矢視断面図である。図4および図5において、本発明の圧電ミラーデバイス11'は、フレーム部12のうち、駆動部16の位置する部位の一部に、上記の切欠き部13aの代わりに薄肉部12aを有している点を除いて、上述の圧電ミラーデバイス11と同様である。したがって、同じ部材には同じ部材番号を付して示し、説明は省略する。

フレーム12が有する薄肉部12aは、図6に示すように、開口部13に接するようにして形成されている。この薄肉部12aの形状、寸法は、駆動部16の変形によるミラー支持部15とミラー部14の変位を阻害しないものであれば、特に制限はない。図示例での薄肉部12aは、駆動部16の略下方全域に位置するような形状となっている。また、薄肉部12aの厚みは、例えば、50 μ m以下、好ましくは1~30 μ mの範囲で適宜設定することができる。

このような圧電ミラーデバイス11、11'は、例えば、端子17b（下部電極17）側をGND電位とし、端子19bを介して所望の交流電圧を上部電極19に印加することにより、所望の共振周波数でミラー部14を変位させることができる。そして、ミラー支持部15がヤング率160GPa以下の材料からなり、かつ、フレーム部12が、駆動部16の位置する部位の一部に切欠き部13a、あるいは薄肉部12aを有するので、従来の圧電ミラーデバイスに比べて、圧電素子によるミラー部の変位量が大幅に大きいものとなる。

(2) 図7は、本発明の圧電ミラーデバイスの他の実施形態を示す平面図であり、図8は図7に示される圧電ミラーデバイスのIII-III線における矢視断面図である。図7および図8において、本発明の圧電ミラーデバイス21は、中央に開口部23を有するフレーム部22と、開口部23に位置するミラー部24と、ミラー部24をフレーム部22に対して回動可能に支持する一对のミラー支持部25と、下部電極27と圧電素子28と上部電極29との積層体でありフレーム部22に配設されている一对の駆動部26と、を備えている。上記のミラー支持部25はヤング率が160GPa以下、好ましくは30~150GPa、より好ましくは60~130GPaの範囲である材料からなり、また、フレーム部22は駆動部26が位置する部位の一部に切欠き部23aを有しており、この切欠き部23aは開口部23に接している。ミラー支持部25のヤング率が160GPaを超えると、ミラー支持部25の剛性が高くなり、駆動部26によるミラー部24の変位量が小

さくなり好ましくない。

尚、上記の下部電極27は、配線27aを介して端子27bに接続されており、また、上部電極29は、配線29aを介して端子29bに接続されている。

5 圧電ミラーデバイス21を構成するフレーム部材22は、上述の実施形態のフレーム部12と同様であり、開口部23と切欠き部23aは、上述の開口部13と切欠き部13aと同様に設定することができる。

10 圧電ミラーデバイス21では、ミラー部24およびミラー支持部25は、ヤング率が160GPa以下、好ましくは30~150GPa、より好ましくは60~130GPaの範囲である材料により一体に形成されている。ミラー部24の形状、面積は適宜設定することができる。また、ミラー支持部25は、ミラー部24を介して反対方向、かつ、同軸上に位置するように配設され、各ミラー支持部25の端部は、駆動部26を構成する下部電極27に係止されている。このようなミラー部24とミラー支持部25は、上記の開口部23に浮いた状態で位置するので、構造的耐性をもたせるために、厚みTは500nm以上、好ましくは1~100μmの範囲で設定することができる。また、ミラー支持部25の幅Wは、構造的耐性とミラー部24の回動を考慮して適宜設定することができ、例え
15 ば、1~50μmの範囲で適宜設定することができる。

ヤング率が160GPa以下の材料としては、上述の実施形態で挙げた導電性材料を使用することができ、また、ポリエチレン、ポリスチレン、ポリアイミド等の絶縁性材料も使用することができる。これらの材料は単独で使用してもよく、また、積層構造となるよう
20 に組み合わせて使用することができる。さらに、ヤング率が160GPaを超える材料であっても、ヤング率が160GPa以下の材料と組み合わせた積層構造体のヤング率が160GPa以下となる場合には、使用可能である。

尚、ミラー支持部25の軸心は、図示例では、ミラー部24の中心と一致しているが、ミラー支持部25の軸心とミラー部24の中心とを外して、ミラー部の回動性を更に向上
25 させてもよい。

また、ミラー部24およびミラー支持部25に使用する材料の光反射率が不十分な場合、ミラー部24は光反射率の高い材料からなる反射層を備えるものであってもよい。このような反射層には、上述の実施形態で挙げた材料と同様のものを使用することができる。

駆動部26を構成する下部電極27は、圧電素子28や上部電極29よりも開口部23

側に突出したものとなっており、この突出部位にミラー支持部25の端部が係止されている。このような下部電極27は、Pt、Au、Ag、Pd、Cu、Sn等を単独で、あるいは組み合わせて使用することができ、また、Cr、Ti、Mo、Ta等の下地金属層上に上記の金属からなる表面層を形成した積層構造であってもよい。この下部電極27の厚みは、例えば、300nm～5μmの範囲で適宜設定することができる。

駆動部26を構成する圧電素子28、上部電極29は、上述の実施形態の駆動部16を構成する圧電素子18、上部電極19と同様とすることができる。

図9は、本発明の圧電ミラーデバイスの他の実施形態を示す平面図であり、図10は図9に示される圧電ミラーデバイスのIV-IV線における矢視断面図である。図9および図10において、本発明の圧電ミラーデバイス21'は、フレーム部22が駆動部26の位置する部位の一部に、切欠き部23aの代わりに薄肉部22aを有しており、この薄肉部22aは開口部23に接している点を除いて、上述の圧電ミラーデバイス21と同様である。したがって、同じ部材には同じ部材番号を付して示し、説明は省略する。

フレーム22が有する薄肉部22aの形状、寸法は、駆動部26の変形によるミラー支持部25とミラー部24の変位を阻害しないものであれば、特に制限はない。図示例での薄肉部22aは、駆動部26の略下方全域に位置するような形状となっている。また、薄肉部22aの厚みは、例えば、50μm以下、好ましくは1～30μmの範囲で適宜設定することができる。

このような圧電ミラーデバイス21、21'は、例えば、端子27b（下部電極27）側をGND電位とし、端子29bを介して所望の交流電圧を上部電極29に印加することにより、所望の共振周波数でミラー部24を変位させることができる。そして、ミラー支持部25がヤング率160GPa以下の材料からなり、かつ、フレーム部22が、駆動部26の位置する部位の一部に切欠き部23a、あるいは薄肉部22aを有するので、従来の圧電ミラーデバイスに比べて、圧電素子によるミラー部の変位量が大幅に大きいものとなる。

(3) 図11は、本発明の圧電ミラーデバイスの他の実施形態を示す平面図であり、図12は図11に示される圧電ミラーデバイスのV-V線における矢視断面図である。図11および図12において、本発明の圧電ミラーデバイス31は、中央に開口部33を有するフレーム部32と、開口部33に位置するミラー部34と、ミラー部34をフレーム部

3 2に対して回動可能に支持する一対のミラー支持部3 5と、下部電極3 7と圧電素子3 8と上部電極3 9との積層体でありフレーム部3 2に配設されている一対の駆動部3 6と、を備えている。上記のミラー支持部3 5はヤング率が1 6 0 G P a以下、好ましくは3 0 ~1 5 0 G P a、より好ましくは6 0 ~1 3 0 G P aの範囲である材料からなり、また、

5 フレーム部3 2は駆動部3 6が位置する部位の一部に薄肉部3 2 aを有しており、この薄肉部3 2 aは開口部3 3に接している。ミラー支持部3 5のヤング率が1 6 0 G P aを超えると、ミラー支持部3 5の剛性が高くなり、駆動部3 6によるミラー部3 4の変位量が小さくなり好ましくない。

尚、上記の下部電極3 7は、配線3 7 aを介して端子3 7 bに接続されており、また、

10 上部電極3 9は、配線3 9 aを介して端子3 9 bに接続されている。

圧電ミラーデバイス3 1を構成するフレーム部材3 2は、シリコンからなり、厚みは、例えば、3 0 0 μ m~1 mm程度の範囲で適宜設定することができる。

フレーム3 2に形成されている開口部3 3は、一対のミラー支持部3 5によって支持されたミラー部3 4が位置し、駆動部3 6によってミラー部3 4がフレーム部3 2に対して

15 回動されるための空間である。このような開口部3 3の形状は、図示例では長方形であるが、ミラー部3 4の回動に支障を来たさない形状、寸法であれば特に制限はない。

また、フレーム部3 2が有する薄肉部3 2 aの形状、寸法は、駆動部3 6の変形によるミラー支持部3 5とミラー部3 4の変位を阻害しないものであれば、特に制限はない。図示例での薄肉部3 2 aは、駆動部3 6の略下方に位置し、かつ、駆動部3 6よりも開口部

20 3 3側に突出したものとなっており、この突出部位にミラー支持部2 5の端部が係止されている。このような薄肉部3 2 aの厚みは、例えば、5 0 μ m以下、好ましくは1 ~3 0 μ mの範囲で適宜設定することができる。

圧電ミラーデバイス3 1では、ミラー部3 4およびミラー支持部3 5は、ヤング率が1 6 0 G P a以下、好ましくは3 0 ~1 5 0 G P a、より好ましくは6 0 ~1 3 0 G P aの

25 範囲である材料により一体に形成されている。ミラー部3 4の形状、面積は適宜設定することができる。また、ミラー支持部3 5は、ミラー部3 4を介して反対方向、かつ、同軸上に位置するように配設され、各ミラー支持部3 5の端部は、フレーム部3 2の薄肉部3 2 aに係止されている。このようなミラー部3 4とミラー支持部3 5は、上記の開口部3 3に浮いた状態で位置するので、構造的耐性をもたせるために、厚みTは5 0 0 nm以上、

好ましくは $1 \sim 100 \mu\text{m}$ の範囲で設定することができる。また、ミラー支持部35の幅Wは、構造的耐性とミラー部34の回動を考慮して適宜設定することができ、例えば、 $1 \sim 50 \mu\text{m}$ の範囲で適宜設定することができる。

ヤング率が 160 GPa 以下の材料としては、上述の実施形態で挙げた導電性材料を使用することができ、また、上述の実施形態で挙げた絶縁性材料も使用することができる。これらの材料は単独で使用してもよく、また、積層構造となるように組み合わせて使用することができる。さらに、ヤング率が 160 GPa を超える材料であっても、ヤング率が 160 GPa 以下の材料と組み合わせた積層構造体のヤング率が 160 GPa 以下となる場合には、使用可能である。

10 尚、ミラー支持部35の軸心は、図示例では、ミラー部34の中心と一致しているが、ミラー支持部35の軸心とミラー部34の中心とを外して、ミラー部の回動性を更に向上させてもよい。

また、ミラー部34およびミラー支持部35に使用する材料の光反射率が不十分な場合、ミラー部34は光反射率の高い材料からなる反射層を備えるものであってもよい。このよ
15 うな反射層には、上述の実施形態で挙げた材料と同様のものを使用することができる。

駆動部36を構成する下部電極37、圧電素子38、上部電極39は、上述の駆動部26を構成する下部電極27、圧電素子28、上部電極29と同様の材料を使用することができる。

このような圧電ミラーデバイス31は、例えば、端子37b（下部電極37）側をGN
20 D電位とし、端子39bを介して所望の交流電圧を上部電極39に印加することにより、所望の共振周波数でミラー部34を変位させることができる。そして、ミラー支持部35がヤング率 160 GPa 以下の材料からなり、かつ、フレーム部32が、駆動部36の位置する部位の一部に薄肉部32aを有するので、従来の圧電ミラーデバイスに比べて、圧電素子によるミラー部の変位量が大幅に大きいものとなる。

25 (4) 図13は、本発明の圧電ミラーデバイスの他の実施形態を示す平面図であり、図14は図13に示される圧電ミラーデバイスのVI-VI線における矢視断面図である。図13および図14において、本発明の圧電ミラーデバイス41は、中央に開口部43を有するフレーム部42と、開口部43に位置するミラー部44と、このミラー部44をフレーム部42に対して回動可能に支持する一対のミラー支持部45と、下部電極47と圧電素子

48と上部電極49との積層体でありフレーム部42に配設されている一対の駆動部46と、を備えている。上記のミラー支持部45はヤング率が160GPa以下、好ましくは30~150GPa、より好ましくは60~130GPaの範囲である導電性材料からなり、また、フレーム部42は駆動部46が位置する部位の一部に切欠き部43aを有しており、この切欠き部43aは開口部43に接している。ミラー支持部45のヤング率が160GPaを超えると、ミラー支持部45の剛性が高くなり、駆動部46によるミラー部44の変位量が小さくなり好ましくない。

尚、上記の下部電極47は、配線47aを介して端子47bに接続されており、また、上部電極49は、配線49aを介して端子49bに接続されている。

10 圧電ミラーデバイス41を構成するフレーム部材42は、上述の実施形態のフレーム部12と同様であり、開口部43と切欠き部43aは、上述の開口部13と切欠き部13aと同様に設定することができる。

15 圧電ミラーデバイス41では、ミラー部44、ミラー支持部45および上部電極49は、ヤング率が160GPa以下、好ましくは30~150GPa、より好ましくは60~130GPaの範囲である導電性材料により一体に形成されている。ミラー部44の形状、面積は適宜設定することができ、また、ミラー支持部45は、ミラー部44を介して反対方向、かつ、同軸上に位置するように配設されている。このようなミラー部44とミラー支持部45は、開口部43上に浮いた状態で位置するので、構造的耐性をもたせるために、厚みTは500nm以上、好ましくは1~100 μ mの範囲で設定することができる。また、ミラー支持部45の幅Wは、構造的耐性とミラー部44の回動を考慮して適宜設定することができ、例えば、1~50 μ mの範囲で適宜設定することができる。

25 ヤング率が160GPa以下の導電性材料としては、上述の実施形態で挙げた導電性材料を使用することができ、これらの材料は単独で使用してもよく、また、積層構造となるように組み合わせて使用することができる。さらに、ヤング率が160GPaを超える材料であっても、ヤング率が160GPa以下の材料と組み合わせた積層構造体のヤング率が160GPa以下となる場合には、使用可能である。

尚、ミラー支持部45の軸心は、図示例では、ミラー部44の中心と一致しているが、ミラー支持部45の軸心とミラー部44の中心とを外して、ミラー部の回動性を更に向上させてもよい。

また、ミラー部44、ミラー支持部45および上部電極49に使用する導電性材料の光反射率が不十分な場合、ミラー部44は光反射率の高い材料からなる反射層を備えるものであってもよい。このような反射層には、上述の実施形態で挙げた材料と同様のものを使用することができる。

- 5 駆動部46を構成する下部電極47、圧電素子48は、上述の実施形態における駆動部16を構成する下部電極17、圧電素子18と同様の材料を使用することができる。

図15は、本発明の圧電ミラーデバイスの他の実施形態を示す平面図であり、図16は図15に示される圧電ミラーデバイスのVII-VII線における矢視断面図である。図15および図16において、本発明の圧電ミラーデバイス41'は、フレーム部42が駆動部46の位置する部位の一部に、切欠き部43aの代わりに薄肉部42aを有しており、この薄肉部42aは開口部43に接している点を除いて、上述の圧電ミラーデバイス41と同様である。したがって、同じ部材には同じ部材番号を付して示し、説明は省略する。

15 フレーム部42が有する薄肉部42aの形状、寸法は、駆動部46の変形によるミラー支持部45とミラー部44の変位を阻害しないものであれば、特に制限はない。図示例での薄肉部42aは、駆動部46の略下方全域に位置するような形状となっている。また、薄肉部42aの厚みは、例えば、50 μ m以下、好ましくは1~30 μ mの範囲で適宜設定することができる。

このような圧電ミラーデバイス41、41'は、例えば、端子47b(下部電極47)側をGND電位とし、端子49bを介して所望の交流電圧を上部電極49に印加することにより、所望の共振周波数でミラー部44を変位させることができる。そして、ミラー支持部45がヤング率160GPa以下の材料からなり、かつ、フレーム部42の駆動部46が位置する部位の一部に切欠き部43a、あるいは薄肉部42aを有するので、従来の圧電ミラーデバイスに比べて、圧電素子によるミラー部の変位量が大幅に大きいものとなる。

25 (5) 図17は、本発明の圧電ミラーデバイスの他の実施形態を示す平面図であり、図18Aは図17に示される圧電ミラーデバイスのVIII-VIII線における矢視断面図であり、図18Bは図17に示される圧電ミラーデバイスのIX-IX線における矢視断面図である。図17および図18A、図18Bにおいて、本発明の圧電ミラーデバイス51は、中央に開口部53を有するフレーム部52と、開口部53に位置するミラー部54と、ミラ

一部5 4をフレーム部5 2に対して回動可能に支持する一対のミラー支持部5 5と、下部電極5 7と圧電素子5 8と上部電極5 9との積層体でありフレーム部5 2に配設されている一対の駆動部5 6と、を備えている。そして、ミラー支持部5 5はヤング率が1 6 0 GPa以下、好ましくは3 0~1 5 0 GPa、より好ましくは6 0~1 3 0 GPaの範囲である材料からなる。また、フレーム部5 2は駆動部5 6が位置する部位の一部に切欠き部5 3 aを有しており、この切欠き部5 3 aは開口部5 3に接している。ミラー支持部5 5のヤング率が1 6 0 GPaを超えると、ミラー支持部5 5の剛性が高くなり、駆動部5 6によるミラー部5 4の変位量が小さくなり好ましくない。

尚、上記の下部電極5 7は、配線5 7 aを介して端子5 7 bに接続されており、また、上部電極5 9は、配線5 9 aを介して端子5 9 bに接続されている。

このような圧電ミラーデバイス5 1は、フレーム部5 2が有する切欠き部5 3 aの形状、駆動部5 6の形状が異なる他は、上述の圧電ミラーデバイス1 1と同様である。すなわち、圧電ミラーデバイス5 1では、コ字形状の一対の駆動部5 6が開口部5 3を囲むように配設されており、切欠き部5 3 aもコ字形状（図1 7に鎖線で囲んで示している）となっている。

また、図1 9は、本発明の圧電ミラーデバイスの他の実施形態を示す平面図であり、図2 0 Aは図1 9に示される圧電ミラーデバイスのX-X線における矢視断面図であり、図2 0 Bは図1 9に示される圧電ミラーデバイスのXI-XI線における矢視断面図である。図1 9および図2 0 A、図2 0 Bにおいて、本発明の圧電ミラーデバイス5 1'は、フレーム部5 2が、駆動部5 6の位置する部位の一部に、切欠き部5 3 aの代わりに薄肉部5 2 aを有しており、この薄肉部5 2 aが開口部5 3に接している点を除いて、上述の圧電ミラーデバイス5 1と同様である。したがって、同じ部材には同じ部材番号を付して示している。

フレーム5 2が有する薄肉部5 2 aは、図1 9に斜線を付して示すように、駆動部5 6の略下方全域に位置するような形状となっている。また、薄肉部5 2 aの厚みは、例えば、5 0 μm以下、好ましくは1~3 0 μmの範囲で適宜設定することができる。

このような圧電ミラーデバイス5 1、5 1'は、例えば、端子5 7 b（下部電極5 7）側をGND電位とし、端子5 9 bを介して所望の交流電圧を上部電極5 9に印加することにより、所望の共振周波数でミラー部5 4を変位させることができる。そして、ミラー支

持部55がヤング率160GPa以下の材料からなり、かつ、フレーム部52は駆動部56の位置する部位の一部に切欠き部53a、あるいは薄肉部52aを有するので、従来の圧電ミラーデバイスに比べて、圧電素子によるミラー部の変位量が大幅に大きいものとなる。

- 5 尚、上述の圧電ミラーデバイス21、21'、31、41、41'においても、駆動部の形状をコ字形状とし、フレーム部の切欠き部あるいは薄肉部の形状もコ字形状としてもよく、また、駆動部やフレーム部の切欠き部あるいは薄肉部をその他の形状としてもよいことは勿論である。

(6) 図21は、本発明の圧電ミラーデバイスの他の実施形態を示す平面図であり、図
10 22は図21に示される圧電ミラーデバイスのXII-XII線における矢視断面図である。図21および図22において、本発明の圧電ミラーデバイス61は、中央に開口部63を有するフレーム部62と、開口部63に位置するミラー部64と、ミラー部64をフレーム部62に対して回動可能に支持する一対のミラー支持部65と、下部電極67と圧電素子68と上部電極69との積層体でありフレーム部62に配設されている一対の駆動部66
15 と、を備えている。そして、ミラー支持部65はヤング率が160GPa以下、好ましくは30~150GPa、より好ましくは60~130GPaの範囲である材料からなる。また、フレーム部62は駆動部66が位置する部位の一部に切欠き部63aを有し、この切欠き部63aは開口部63に接している。ミラー支持部65のヤング率が160GPaを超えると、ミラー支持部65の剛性が高くなり、駆動部66によるミラー部64の変位
20 量が小さくなり好ましくない。

尚、上記の下部電極67は、配線67aを介して端子67bに接続されており、また、上部電極69は、配線69aを介して端子69bに接続されている。

このような圧電ミラーデバイス61は、フレーム部62が有する切欠き部63aの形状、駆動部66の形状が異なる他は、上述の圧電ミラーデバイス11と同様である。すなわち、
25 圧電ミラーデバイス61では、一対の駆動部66が開口部63に突出するように配設されており、駆動部66の駆動によるミラー部64の変位がより効率的なものとなっている。

また、図23は、本発明の圧電ミラーデバイスの他の実施形態を示す平面図であり、図24は図23に示される圧電ミラーデバイスのXIII-XIII線における矢視断面図である。図23および図24において、本発明の圧電ミラーデバイス61'は、フレーム部62が、

駆動部66の位置する部位の一部に、切欠き部63aの代わりに薄肉部62aを有しており、この薄肉部62aが開口部63に接している点を除いて、上述の圧電ミラーデバイス61と同様である。したがって、同じ部材には同じ部材番号を付して示している。

5 フレーム62が有する薄肉部62aは、駆動部66の下方全域に位置するような形状となっている。また、薄肉部62aの厚みは、例えば、50 μ m以下、好ましくは1~30 μ mの範囲で適宜設定することができる。

このような圧電ミラーデバイス61、61'は、例えば、端子67b（下部電極67）側をGND電位とし、端子69bを介して所望の交流電圧を上部電極69に印加することにより、所望の共振周波数でミラー部64を変位させることができる。そして、ミラー支持部65がヤング率160GPa以下の材料からなり、かつ、フレーム部62は駆動部66の位置する部位の一部に切欠き部63a、あるいは薄肉部62aを有するので、従来の圧電ミラーデバイスに比べて、圧電素子によるミラー部の変位量が大幅に大きいものとなる。

15 尚、上述の圧電ミラーデバイス21、21'、31、41、41'においても、駆動部を開口部に突出させるように、フレーム部の切欠き部あるいは薄肉部を形成することができる。

(7) 図25は、本発明の圧電ミラーデバイスの他の実施形態を示す平面図であり、図26Aは図25に示される圧電ミラーデバイスのXIV-XIV線における矢視断面図、図26Bは同じくXV-XV線における矢視断面図、図26Cは同じくXVI-XVI線における矢視断面図である。図25および図26A~図26Cにおいて、本発明の圧電ミラーデバイス71は、二軸タイプの圧電ミラーデバイスであり、中央に円形の内側開口部73Aを有する環状の内側フレーム部72Aと、この内側フレーム部72Aの外側に環状の外側開口部73Bを介して位置する外側フレーム部72Bとからなるフレーム部72と、内側開口部73Aに位置するミラー部74と、ミラー部74を内側フレーム部72Aに対して回動可能に支持する一対のX軸ミラー支持部75と、下部電極77と圧電素子78と上部電極79との積層体であり内側開口部73A内に位置する一対のX軸駆動部76と、を備えている。上記のX軸ミラー支持部75はX軸駆動部76を構成する下部電極77と一体で形成されており、半環状の一対のX軸駆動部76はX軸ミラー支持部75を挟んで対向するように構成されている。また、外側開口部73Bには、内側フレーム部72Aを外側フレーム部

7 2 Bに対して回動可能に支持する一対のY軸ミラー支持部8 5が掛け渡されて配設されているとともに、この外側開口部7 3 Bには、下部電極8 7と圧電素子8 8と上部電極8 9との積層体である一対のY軸駆動部8 6が位置している。上記のY軸ミラー支持部8 5はY軸駆動部8 6を構成する下部電極8 7と一体で形成されており、半環状の一対のY軸
5 駆動部8 6はY軸ミラー支持部8 5を挟んで対向するように構成されている。そして、半環状の一対のX軸駆動部7 6から、X軸駆動部7 6 aがY軸ミラー支持部8 5と同軸方向に内側フレーム部7 2 Aまで延設されており、また、半環状の一対のY軸駆動部8 6から、Y軸駆動部8 6 aがX軸ミラー支持部7 5と同軸方向に外側フレーム部7 2 Bまで延設されている。尚、図示例では、X軸ミラー支持部7 5の軸方向とY軸ミラー支持部8 5の軸
10 方向は90°の角度をなすように設定されている。

そして、本発明では、X軸ミラー支持部7 5、および、Y軸ミラー支持部8 5はヤング率が160GPa以下、好ましくは30~150GPa、より好ましくは60~130GPaの範囲である導電性材料からなる。X軸ミラー支持部7 5、および、Y軸ミラー支持部8 5のヤング率が160GPaを超えると、各ミラー支持部の剛性が高くなり、X軸駆
15 動部7 6、Y軸駆動部8 6によるミラー部7 4の変位量が小さくなり好ましくない。

ここで、上述の圧電ミラーデバイス7 1を、図2 7乃至図2 9を参照して更に詳細に説明する。図2 7は図2 5に示される圧電ミラーデバイス7 1から上部電極7 9、8 9、圧電素子7 8、8 8を除去し、下部電極7 7、8 7とX軸ミラー支持部7 5、Y軸ミラー支持部8 5を露出させた図であり、ミラー部7 4、X軸ミラー支持部7 5、下部電極7 7、
20 8 7、Y軸ミラー支持部8 5には斜線を付して示している。また、図2 8は図2 5に示される圧電ミラーデバイス7 1から上部電極7 9、8 9を除去し、圧電素子7 8、8 8を露出させた図であり、圧電素子7 8、8 8には斜線を付して示している。さらに、図2 9 Aは図2 5に示される圧電ミラーデバイス7 1の上部電極7 9、8 9に斜線を付して示した図であり、図2 9 Bは図2 9 Aの鎖線で囲まれた部位の拡大部分断面図である。

図2 7に示されるように、環状の下部電極7 7は内側開口部7 3 A内に位置し、環状の下部電極8 7は外側開口部7 3 B内に位置している。また、下部電極7 7の内側にミラー部7 4が位置し、このミラー部7 4を下部電極8 7に連結するように、一対のX軸ミラー支持部7 5がミラー部7 4を介して反対方向、かつ、同軸上に位置するように配設されている。そして、このX軸ミラー支持部7 5は環状の下部電極7 7の外側まで延設され、そ

の端部は内側フレーム部72Aに係止されている。また、環状の下部電極87からは、Y軸ミラー支持部85が内外反対方向、かつ、同軸上に位置するように配設され、その端部は内側フレーム部72Aと外側フレーム部72Bに係止されている。さらに、このY軸ミラー支持部85と同軸となるように、環状の下部電極77から下部電極77aが内側フレーム部72Aまで延設されている。一方、X軸ミラー支持部75と同軸に、環状の下部電極87から下部電極87aが外側フレーム部72Bまで延設されている。このように、下部電極77、77a、下部電極87、87a、ミラー部74、X軸ミラー支持部75およびY軸ミラー支持部85は、ヤング率が160GPa以下、好ましくは30~150GPa、より好ましくは60~130GPaの範囲である導電性材料によって一体的に形成されている。

ヤング率が160GPa以下の導電性材料としては、上述の実施形態で挙げた導電性材料を使用することができ、これらの材料は単独で使用してもよく、また、積層構造となるように組み合わせて使用することができる。さらに、ヤング率が160GPaを超える材料であっても、ヤング率が160GPa以下の材料と組み合わせた積層構造体のヤング率が160GPa以下となる場合には、使用可能である。尚、使用する導電性材料の光反射率が不十分な場合、ミラー部74は光反射率の高い材料からなる反射層を備えるものであってもよい。このような反射層には、上述の実施形態で挙げた材料と同様のものを使用することができる。

上記のX軸ミラー支持部75はミラー部74を支持し、Y軸ミラー支持部85は内側フレーム部72Aを支持するので、構造的耐性が必要であり、X軸ミラー支持部75の厚みT1（図26A参照）は500nm以上、好ましくは1~100 μ mの範囲、Y軸ミラー支持部85の厚みT2（図26C参照）は500nm以上、好ましくは1~100 μ mの範囲で設定することができる。また、X軸ミラー支持部75の幅W1、Y軸ミラー支持部85の幅W2（図27参照）は、ミラー部74や内側フレーム部72Aの回動性、および、構造的耐性とを考慮して適宜設定することができる。

尚、上記のように下部電極87と導通状態にある一对のY軸ミラー支持部85は、それぞれ配線90aを介して端子90bに接続されている。

また、図28に示されるように、半環状の一对の圧電素子78は、X軸ミラー支持部75を挟んで対向するように下部電極77上に配設されている。また、この圧電素子78か

ら下部電極 77a を被覆するように圧電素子 78a が形成されている。一方、半環状の一
対の圧電素子 88 は、Y 軸ミラー支持部 85 を挟んで対向するように下部電極 87 上に配
設されている。また、この圧電素子 88 から下部電極 87a を被覆するように圧電素子 8
8a が形成されている。このような圧電素子 78, 88 は、チタン酸ジルコン酸鉛 (PZ
5 T)、チタン酸バリウム (BTO)、チタン酸鉛 (PTO)、ニオブ酸リチウム (LiNbO₃)、
タンタル酸リチウム (LiTaO₃)、リチウムテトラボレート (Li₂B₄O₇) 等の従来
公知の圧電材料からなるものであってよい。また、圧電素子 78, 88 の厚みは、例えば、
5~100 μm の範囲で適宜設定することができる。

さらに、図 29A に示されるように、上記の圧電素子 78, 78a, 88, 88a を被
10 覆するように上部電極 79, 79a, 89, 89a が配設されている。また、圧電素子 7
8a を被覆する上部電極 79a は、図 29B に示されるように、内側フレーム部 72A に
係止されている Y 軸ミラー支持部 85 の一部を被覆する位置まで延設されている。これに
より、Y 軸ミラー支持部 85 (下部電極 77) と上部電極 79 とが導通された状態となる。
このような上部電極 79, 79a, 89, 89a は、Pt, Au, Ag, Pd, Cu, S
15 n 等を単独で、あるいは組み合わせて使用することができ、また、Cr, Ti, Mo, T
a 等の下地金属層上に上記の金属からなる表面層を形成した積層構造であってもよい。こ
の上部電極の厚みは、例えば、300 nm~5 μm の範囲で適宜設定することができる。

尚、上部電極 89a は、それぞれ配線 91a を介して端子 91b に接続されている。

このような二軸タイプの圧電ミラーデバイス 71 は、例えば、下部電極 77 を GND 電
20 位とし、端子 90b から Y 軸ミラー支持部 85、上部電極 79a を介して上部電極 79 に
所望の交流電圧を印加することにより、X 軸駆動部 76 を所望の共振周波数で駆動させて
ミラー部 74 を変位させることができる。また、下部電極 87 を GND 電位とし、端子 9
1b から上部電極 89a を介して所望の交流電圧を上部電極 89 に印加することにより、
Y 軸駆動部 86 を所望の共振周波数で駆動させて内側フレーム部 72A を変位させること
25 ができる。そして、X 軸ミラー支持部 75 および Y 軸ミラー支持部 85 がヤング率 160
GPa 以下の材料からなり、かつ、X 軸駆動部 76 と Y 軸駆動部 76 が開口部 (切欠き部)
73A, 73B に位置するので、従来の圧電ミラーデバイスに比べて、圧電素子によるミ
ラー部の変位量が大幅に大きいものとなる。

上述の圧電ミラーデバイスの実施形態は例示であり、本発明の圧電ミラーデバイスはこ

れらに限定されるものではない。

[圧電ミラーデバイスの製造方法]

次に、本発明の圧電ミラーデバイスの製造方法について説明する。

(1) 図30A~図30Eおよび図31A~図31Cは上述の図1乃至図6に示す圧電
5 ミラーデバイス11、11'を例として本発明の製造方法の一実施形態を説明するための
工程図である。

まず、シリコンウエハ1を多面付け(図では各面付け部を1Aで示す)に区画し、この
シリコンウエハ1の一方の面において各面付け毎に一对の下部電極17と、この下部電極
17間に位置するミラー部14と、このミラー部14と下部電極17とを連結する一对の
10 ミラー支持部15を、ヤング率が160GPa以下の導電性材料で作製する(図30A、
図31A)。ヤング率が160GPa以下の導電性材料は、例えば、Al(70.3GPa)、
Au(78.0GPa)、Ag(82.7GPa)、Cu(130GPa)、Zn(108.
0GPa)、Ti(115.7GPa)等を挙げることができ、後工程の圧電素子18形成
の焼成時に、ミラー部14、ミラー支持部15、下部電極17が溶融しないように、上記
15 の導電性材料の中から、形成する圧電素子18の融点より高い導電性材料を使用するこ
とができる。上記の導電性材料は単独で、あるいは積層構造となるように組み合わせて使用
することができる。また、ヤング率が160GPaを超える導電性材料、例えば、Pt(1
68GPa)、Ni(199GPa)、鉄鋼(201.0GPa)、Fe(211.4GPa)
等の導電性材料であっても、上記のようなヤング率が160GPa以下の導電性材料と組
20 み合わせた積層構造体のヤング率が160GPa以下となる場合には、使用可能である。

ミラー部14、ミラー支持部15、下部電極17は、例えば、シリコンウエハ1上に所
望のレジストパターンを形成し、このレジストパターンを被覆するように上述の導電性材
料を使用してスパッタリング法等により電極膜を形成し、その後、レジストパターンを除
去すると同時に不要な電極膜を除去(リフトオフ)することにより、一体で形成すること
25 ができる。また、シリコンウエハ1上に上述の導電性材料を使用してスパッタリング法等
により電極膜を形成し、この上に所望のレジストパターンを形成し、このレジストパター
ンをマスクとして電極膜をエッチングした後、不要なレジストパターンを除去すること
により、ミラー部14、ミラー支持部15、下部電極17を一体で形成することもできる。
さらに、上述の導電性材料を含有した感光性の導電性ペーストをスクリーン印刷によって

シリコンウエハ1上に印刷し、所望のマスクを介して導電性ペースト膜を露光、現像し、その後、焼成することにより、ミラー部14、ミラー支持部15、下部電極17を一体で形成してもよい。

5 尚、この工程では、配線17a、端子17b（図1、図4参照）も同時に形成することができる。

次に、下部電極17上に圧電素子18を形成し（図30B、図31B）、さらに、圧電素子18上に上部電極19を形成して、下部電極17と圧電素子18と上部電極19との積層体である一对の駆動部16を形成する（図30C、図31C）。

10 圧電素子18は、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛（PZT）、チタン酸バリウム（BTO）、チタン酸鉛（PTO）、ニオブ酸リチウム（ LiNbO_3 ）、タンタル酸リチウム（ LiTaO_3 ）、リチウムテトラボレート（ $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ）等の従来公知の圧電材料を用いて、マスクを介したスパッタリング法等により所望のパターンで成膜し、その後、焼成することにより形成できる。形成する圧電素子18の厚みは、例えば、5~100 μm の範囲で適宜設定することができる。

15 また、上部電極19は、Pt、Au、Ag、Pd、Cu、Sn等を単独で、あるいは組み合わせて使用し形成することができる。また、Cr、Ti、Mo、Ta等の下地金属層上に上記の金属からなる表面層を形成した積層構造であってもよい。この上部電極19の形成は、上述の下部電極17の形成と同様の方法で行うことができ、形成する上部電極の厚みは、例えば、300nm~5 μm の範囲で適宜設定することができる。この工程では、
20 配線19a、端子19b（図1、図4参照）も同時に形成することができる。

尚、ミラー部14、ミラー支持部15および下部電極17に使用する導電性材料の光反射率が不十分な場合、圧電素子18の形成（焼成工程）が完了した後に、ミラー部14に光反射率の高い材料、例えば、Al、Ag、Rh、Au、Cu、Ni等からなる反射層を形成してもよい。

25 次に、シリコンウエハ1の他方の面から、各面付け毎にシリコンウエハ1の所望部位を除去し開口部13を形成して、フレーム部12形成する。この際、駆動部16が位置する部位の一部に、切欠き部13aを開口部13に接するように形成する。これにより、多面付けで圧電ミラーデバイス11が作製される（図30D）。また、切欠き部13aを形成する代わりに、駆動部16が位置する部位の一部に、薄肉部12aを開口部13に接するよ

うに形成することにより、多面付けで圧電ミラーデバイス11'が作製される(図30E)。

シリコンウエハ1への開口部13と切欠き部13aの形成は、例えば、シリコンウエハ1の他方の面(ミラー部14、ミラー支持部15および駆動16が形成されていない面)に開口部13と切欠き部13aに対応した開口を有するレジストパターンを形成し、この
5 レジストパターンをマスクとしてDRIE(Deep Reactive Ion Etching)法を用いたエッチングにより行うことができる。この場合、下部電極17が存在する部位では、この下部電極17がエッチングストッパーとして作用することにより切欠き部13aが形成され、他の部位では、貫通穴がシリコンウエハ1に形成されて開口部13が形成される。

また、シリコンウエハ1への開口部13と薄肉部12aの形成は、例えば、シリコンウエハ1の他方の面(ミラー部14、ミラー支持部15および駆動16が形成されていない面)に、まず、開口部13を形成するためのレジストパターンを形成し、このレジストパターンをマスクとしてDRIE法を用いたエッチングにより薄肉部12aの厚みに相当する深さまでエッチングする。その後、上記のレジストパターンを除去し、開口部13と薄肉部12aに対応した開口を有するレジストパターンを形成し、このレジストパターンを
15 マスクとしてDRIE法を用いたエッチングにより貫通穴が形成されるまでエッチングして、開口部13と薄肉部12aを形成することができる。

次に、多面付けの圧電ミラーデバイス11をダイシングすることにより、図1乃至図3に示されるような圧電ミラーデバイス11が得られ、多面付けの圧電ミラーデバイス11'をダイシングすることにより、図4乃至図6に示されるような圧電ミラーデバイス11'が得られる。
20

尚、図17乃至図20に示されるような圧電ミラーデバイス51、51'、および、図21乃至図24に示されるような圧電ミラーデバイス61、61'は、上述の本発明の製造方法により形成することができる。

また、図25乃至図29に示されるような圧電ミラーデバイス71も、上述の本発明の製造方法により形成することができる。この場合、シリコンウエハ1上に、図27から図29に示される順に、まず、ミラー部74、X軸ミラー支持部75、下部電極77、87、Y軸ミラー支持部85を形成し、次いで、圧電素子78、78を形成し、さらに、上部電極79、89を形成し、その後、シリコンウエハ1をエッチングして内側開口部73A、外側開口部73Bを形成し、ダイシングすることにより圧電ミラーデバイス71が得られ
25

る。

(2) 図32A~図32Dおよび図33A、図33Bは上述の図7乃至図10に示す圧電ミラーデバイス21、21'を例として本発明の製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

- 5 まず、シリコンウエハ1を多面付け(図では各面付け部を1Aで示す)に区画し、このシリコンウエハ1の一方の面において各面付け毎に一对の下部電極27と、この下部電極27上に圧電素子28と上部電極29をこの順に積層して、下部電極27と圧電素子28と上部電極29との積層体である一对の駆動部26を作製する(図32A、図33A)。この一对の駆動部26を構成する下部電極27は、後工程でのミラー支持部25の係止を可能とするために、互いに他方の駆動部26方向に突出したものとする。

- 10 下部電極27は、Pt、Au、Ag、Pd、Cu、Sn等を単独で、あるいは組み合わせて使用し形成することができる。また、Cr、Ti、Mo、Ta等の下地金属層上に上記の金属からなる表面層を形成した積層構造であってもよい。この下部電極27の形成は、上述の実施形態での下部電極17の形成と同様の方法で行うことができ、形成する下部電極27の厚みは、例えば、300nm~5μmの範囲で適宜設定することができる。

また、圧電素子28の形成は、上述の実施形態での圧電素子18の形成と同様の方法で行うことができ、形成する圧電素子28の厚みは、例えば、5~100μmの範囲で適宜設定することができる。

- 20 さらに、上部電極29の形成は、上述の実施形態での上部電極19の形成と同様の方法で行うことができ、形成する上部電極29の厚みは、例えば、300nm~5μmの範囲で適宜設定することができる。

尚、この工程では、配線27a、端子27bおよび配線29a、端子29b(図7、図9参照)も同時に形成することができる。

- 25 次に、一对の駆動部26間に位置するようにミラー部24と、このミラー部24と下部電極27とを連結する一对のミラー支持部25を、ヤング率が160GPa以下の材料で作製する(図32B、図33B)。ヤング率が160GPa以下の材料は、上述の実施形態で挙げた導電性材料を使用することができ、また、ポリエチレン、ポリスチレン、ポリイミド等の絶縁性材料も使用することができる。これらの材料は単独で使用してもよく、また、積層構造となるように組み合わせて使用することができる。さらに、ヤング率が16

0 GPaを超える材料であっても、ヤング率が160 GPa以下の材料と組み合わせた積層構造体のヤング率が160 GPa以下となる場合には、使用可能である。尚、前工程において、圧電素子28が形成されているので、使用するヤング率が160 GPa以下の材料は、その融点を特に考慮する必要がない。

- 5 ミラー部24およびミラー支持部25の形成は、上述の実施形態におけるミラー部14、ミラー支持部15の形成方法と同様の方法で行うことができる。但し、ミラー支持部25の端部は、駆動部26を構成する下部電極27の突出部に係止するように形成する。

尚、ミラー部24、ミラー支持部25に使用する材料の光反射率が不十分な場合、ミラー部24に光反射率の高い材料からなる反射層を形成してもよい。このような反射層の形成は、上述の実施形態で挙げた材料と同様のものを使用することができる。

- 10 次に、シリコンウエハ1の他方の面から、各面付け毎にシリコンウエハ1の所望部位を除去し開口部23を形成して、フレーム部22形成する。このとき、駆動部26が位置する部位の一部に、切欠き部23aを開口部23に接するように形成することにより、多面付けで圧電ミラーデバイス21が作製される(図32C)。また、駆動部26が位置する部位の一部に、薄肉部22aを開口部23に接するように形成することにより、多面付けで圧電ミラーデバイス21'が作製される(図32D)。

- 20 シリコンウエハ1への開口部23と切欠き部23aの形成、および、シリコンウエハ1への開口部23と薄肉部22aの形成は、上述の実施形態における開口部13と切欠き部13aの形成、あるいは、開口部13と薄肉部12aの形成と同様の方法で行うことができる。

次に、多面付けの圧電ミラーデバイス21をダイシングすることにより、図7および図8に示されるような圧電ミラーデバイス21が得られ、多面付けの圧電ミラーデバイス21'をダイシングすることにより、図9および図10に示されるような圧電ミラーデバイス21'が得られる。

- 25 (3) 図34A~図34Cおよび図35A、図35Bは上述の図11および図12に示す圧電ミラーデバイス31を例として本発明の製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

まず、シリコンウエハ1を多面付け(図では各面付け部を1Aで示す)に区画し、このシリコンウエハ1の一方の面において各面付け毎に一对の下部電極37と、この下部電極

37間に位置するミラー部34と、このミラー部34を支持するための一対のミラー支持部35を、ヤング率が160GPa以下の材料で作製する(図34A、図35A)。この下部電極37とミラー部34とミラー支持部35の形成は、上述の実施形態の下部電極17とミラー部14とミラー支持部15の形成と同様に行うことができる。但し、ミラー支持部35の端部は、後工程で形成する薄肉部32aに係止可能な位置となるように形成する。また、使用するヤング率が160GPa以下の材料は、後工程の圧電素子38形成の焼成時に、ミラー部34、ミラー支持部35、下部電極37が溶融しないように、その融点が後工程で形成する圧電素子38の融点よりも高い材料を使用する。

尚、この工程では、配線37a、端子37b(図11参照)も同時に形成することができる。また、ミラー部34、ミラー支持部35に使用する材料の光反射率が不十分な場合、ミラー部34に光反射率の高い材料からなる反射層を形成してもよい。このような反射層の形成は、上述の実施形態で挙げた材料と同様のものを使用することができる。

次に、下部電極37上に圧電素子38と上部電極39を形成して、下部電極37と圧電素子38と上部電極39との積層体である一対の駆動部36を形成する(図34B、図35B)。圧電素子38と上部電極39の形成は、上述の実施形態の圧電素子18と上部電極19の形成と同様の方法で行うことができる。

尚、この工程では、配線39a、端子39b(図11参照)も同時に形成することができる。

次に、シリコンウエハ1の他方の面から、各面付け毎にシリコンウエハ1の所望部位を除去して開口部33を形成しフレーム部32形成するとともに、駆動部36が位置する部位の一部に、薄肉部32aを開口部33に接するように形成する。これにより、多面付けで圧電ミラーデバイス31が作製される(図34C)。

シリコンウエハ1への開口部33と薄肉部32aの形成は、上述の実施形態における開口部13と薄肉部12aの形成と同様の方法で行うことができる。

次に、多面付けの圧電ミラーデバイス31をダイシングすることにより、図11および図12に示されるような圧電ミラーデバイス31が得られる。

また、図36A~図36Cは上述の図11および図12に示す圧電ミラーデバイス31を例として本発明の製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

まず、シリコンウエハ1を多面付け(図では各面付け部を1Aで示す)に区画し、この

シリコンウエハ1の一方の面において各面付け毎に一对の下部電極37と、この下部電極37上に圧電素子38と上部電極39をこの順に積層して、下部電極37と圧電素子38と上部電極39との積層体である一对の駆動部36を作製する(図36A)。この駆動部36の形成は、上述の実施形態の駆動部26の形成と同様に行うことができる。

- 5 尚、この工程では、配線37a、端子37bおよび配線39a、端子39b(図11参照)も同時に形成することができる。

次に、一对の駆動部36間に位置するようにミラー部34と、このミラー部34を支持するための一对のミラー支持部35を、ヤング率が160GPa以下の材料で一体的に作成する(図36B)。ヤング率が160GPa以下の材料は、上述の実施形態で挙げた材料を使用することができる。さらに、ヤング率が160GPaを超える材料であっても、ヤング率が160GPa以下の材料と組み合わせた積層構造体のヤング率が160GPa以下となる場合には、使用可能である。尚、前工程において、圧電素子38が形成されているので、使用するヤング率が160GPa以下の材料は、その融点を特に考慮する必要がない。

- 15 ミラー部34およびミラー支持部35の形成は、上述の実施形態におけるミラー部34、ミラー支持部35の形成方法と同様の方法で行うことができる。但し、ミラー支持部35の端部は、後工程で形成する薄肉部32aに係止可能な位置となるように形成する。

尚、ミラー部34、ミラー支持部35に使用する材料の光反射率が不十分な場合、ミラー部34に光反射率の高い材料からなる反射層を形成してもよい。このような反射層の形成は、上述の実施形態で挙げた材料と同様のものを使用することができる。

次に、シリコンウエハ1の他方の面から、各面付け毎にシリコンウエハ1の所望部位を除去して開口部33を形成しフレーム部32形成するとともに、駆動部36が位置する部位の一部に、薄肉部32aを開口部33に接するように形成する。これにより、多面付けで圧電ミラーデバイス31が作製される(図36C)。

- 25 シリコンウエハ1への開口部33と薄肉部32aの形成は、上述の実施形態における開口部13と薄肉部12aの形成と同様の方法で行うことができる。

次に、多面付けの圧電ミラーデバイス31をダイシングすることにより、図11および図12に示されるような圧電ミラーデバイス31が得られる。

(4) 図37A~図37Eおよび図38A~図38Cは上述の図13乃至図16に示す

圧電ミラーデバイス41、41'を例として本発明の製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

まず、シリコンウエハ1を多面付け（図では各面付け部を1Aで示す）に区画し、このシリコンウエハ1の一方の面において各面付け毎に一对の下部電極47と、この下部電極
5 47上に圧電素子48を形成する（図37A、図38A）。この下部電極47と圧電素子48の形成は、上述の実施形態の下部電極27と圧電素子28の形成と同様の方法で行うことができる。

尚、この工程では、配線47a、端子47b（図13、図15参照）も同時に形成することができる。

10 次に、上述のように形成した圧電素子48の上面が露出するようにレジスト層3を形成して平坦面を形成する（図37B、図38B）。

次いで、露出している圧電素子48上に位置する上部電極49と、上部電極49間に位置するミラー部44と、このミラー部44と上部電極49とを連結する一对のミラー支持部45を、ヤング率が160GPa以下の導電性材料で一体的に作成し、その後、不要
15 になったレジスト層3を除去する（図37C、図38C）。これにより、下部電極47と圧電素子48と上部電極49との積層体である一对の駆動部46が形成されるとともに、駆動部46間にミラー部44とミラー支持部45が架設される。ヤング率が160GPa以下の導電性材料は、上述の実施形態で挙げた導電性材料を使用することができる。これらの材料は単独で使用してもよく、また、積層構造となるように組み合わせ使用することができる。
20 さらに、ヤング率が160GPaを超える材料であっても、ヤング率が160GPa以下の材料と組み合わせた積層構造体のヤング率が160GPa以下となる場合には、使用可能である。尚、前工程において、圧電素子48が形成されているので、使用するヤング率が160GPa以下の導電性材料は、その融点を特に考慮する必要がない。

ミラー部44、ミラー支持部45および上部電極49の一体的形成は、上述の実施形態
25 におけるミラー部14、ミラー支持部15および下部電極17の形成方法と同様の方法で行うことができる。

尚、この工程では、配線49a、端子49b（図13、図15参照）も同時に形成することができる。

次に、シリコンウエハ1の他方の面から、各面付け毎にシリコンウエハ1の所望部位を

除去し開口部4 3を形成して、フレーム部4 2形成する。このとき、駆動部4 6が位置する部位の一部に、切欠き部4 3 aを開口部4 3に接するように形成することにより、多面付けで圧電ミラーデバイス4 1が作製される(図3 7 D)。また、駆動部4 6が位置する部位の一部に、薄肉部4 2 aを開口部4 3に接するように形成することにより、多面付けで

5 圧電ミラーデバイス4 1' が作製される(図3 7 E)。

シリコンウエハ1への開口部4 3と切欠き部4 3 aの形成、および、シリコンウエハ1への開口部4 3と薄肉部4 2 aの形成は、上述の実施形態における開口部1 3と切欠き部1 3 aの形成、あるいは、開口部1 3と薄肉部1 2 aの形成と同様の方法で行うことができる。

10 次に、多面付けの圧電ミラーデバイス4 1をダイシングすることにより、図1 3および図1 4に示されるような圧電ミラーデバイス4 1が得られ、多面付けの圧電ミラーデバイス4 1' をダイシングすることにより、図1 5および図1 6に示されるような圧電ミラーデバイス4 1' が得られる。

上述のような本発明の製造方法は、シリコンウエハを使用するものであり、酸化シリコン層を有するSOIウエハを使用する必要がないので、製造コストの低減が可能である。

尚、上述の圧電ミラーデバイスの製造方法は例示であり、本発明はこれらの実施形態に限定されるものではない。

[光学機器]

次に、本発明の光学機器について説明する。

20 図3 9は、本発明の光学機器の一実施形態として、ディスプレイ、プロジェクタ等の画像表示装置としての光学機器を説明するための構成図である。図3 9において、本発明の光学機器1 0 1は、レーザ光源1 0 2と、投影スクリーン1 0 3と、レーザ光源1 0 2からの出射光を投影スクリーン1 0 3へ導く光学系1 0 5と、を備えている。この光学機器1 0 1の光学系1 0 5は、集光用レンズ群1 0 6、圧電ミラーデバイス1 0 7、投影用

25 レンズ群1 0 8を有しており、圧電ミラーデバイス1 0 7は本発明の圧電ミラーデバイスである。使用する本発明の圧電ミラーデバイスとしては、例えば、2軸タイプの圧電ミラーデバイスを挙げることができ、この場合、集光用レンズ群1 0 6からの入射光を投影用レンズ群1 0 8へ反射する際に、X/Y(水平/垂直)方向に走査することができる。そして、このように走査されたレーザ光によって、投影用レンズ群1 0 8を通して投影スクリ

ーン103上に画像を表示することができる。

尚、上述の光学機器は例示であり、本発明はこの実施形態に限定されるものではない。

次に、より具体的な実施例を示して本発明を更に詳細に説明する。

[実施例1]

- 5 厚み625 μm のシリコンウエハを準備し、一辺が5.5 mmである正方形で多面付けに区画した。このシリコンウエハの一方の面に感光性レジスト（東京応化工業（株）製 LA900）をスピコート法で塗布し、マスクを介して露光し、その後、現像して、多面付けでレジストパターンを形成した。このレジストパターンを被覆するようにスパッタリング法によりヤング率が115.7 GPaであるTi薄膜（厚み30 nm）と、ヤング率
- 10 が78.0 GPaであるAu薄膜（厚み1 μm （1000 nm））とを積層して電極膜を形成した。この電極膜（積層構造体）のヤング率の計算値は79.1となる。次いで、AZエレクトロニックマテリアルズ（株）製 AZリムーバーを用い、超音波をかけることで上記のレジストパターンを除去すると同時に、レジストパターン上の電極膜を除去（リフトオフ）することにより、一对の下部電極と、この下部電極間に位置するミラー部と、こ
- 15 のミラー部と下部電極とを連結する一对のミラー支持部を一体で形成した。形成したミラー支持部の幅は10 μm であった。また、この工程では、下部電極に接続する配線と端子も同時に形成した。

- 次に、一对の下部電極上に、チタン酸ジルコン酸鉛（PZT）を用いて、マスクを介したスパッタリング法により薄膜を形成し、その後、焼成（600°C、120分間）することにより圧電素子（厚み10 μm ）を形成した。
- 20

- 次いで、このように圧電素子を形成したシリコンウエハ上に感光性レジスト（東京応化工業（株）製 LA900）をスピコート法で塗布し、マスクを介して露光し、その後、現像して、上部電極形成用のレジストパターンを形成した。このレジストパターンを被覆するようにスパッタリング法によりCr薄膜（厚み50 nm）とAu薄膜（厚み300 nm）とを積層して電極膜を形成した。次いで、AZエレクトロニックマテリアルズ（株）製 AZリムーバーを用い、超音波をかけることで上記のレジストパターンを除去すると同時に、レジストパターン上の電極膜を除去（リフトオフ）することにより、一对の上部電極を、上記の圧電素子上に形成した。また、この工程では、上部電極に接続する配線と端子も同時に形成した。
- 25

これにより、下部電極、圧電素子、上部電極の積層体からなる駆動部を形成した。

次に、シリコンウエハの他方の面に、感光性レジスト（東京応化工業（株）製 LA900）をスピコート法で塗布し、マスクを介して露光し、その後、現像して、開口部と切欠き部を形成するためのレジストパターンを形成した。次いで、このレジストパターンをマスクとしてDRIE（Deep Reactive Ion Etching）法を用いたエッチングを行った。これにより、下部電極が存在する部位では、この下部電極がエッチングストッパーとして作用することにより切欠き部が形成され、他の部位では、貫通穴がシリコンウエハに形成されて開口部が形成された。これにより、多面付けで圧電ミラーデバイスを作製した。

次に、上記の多面付け圧電ミラーデバイスをダイシングして、図1乃至図3に示されるような圧電ミラーデバイスを得た。

[実施例2]

厚み625 μ mのシリコンウエハを準備し、一辺が5.5mmである正方形で多面付けに区画した。このシリコンウエハの一方の面に感光性レジスト（東京応化工業（株）製 LA900）をスピコート法で塗布し、マスクを介して露光し、その後、現像して、多面付けで下部電極用のレジストパターンを形成した。このレジストパターンを被覆するようにスパッタリング法によりTi薄膜（厚み50nm）とPt薄膜（厚み300nm）とを積層して電極膜を形成した。次いで、AZエレクトロニックマテリアルズ（株）製 AZリムーバーを用い、超音波をかけることで上記のレジストパターンを除去すると同時に、レジストパターン上の電極膜を除去（リフトオフ）することにより、一対の下部電極を形成した。また、この工程では、下部電極に接続する配線と端子も同時に形成した。

次に、一対の下部電極上に、チタン酸ジルコン酸鉛（PZT）を用いて、マスクを介したスパッタリング法により薄膜を形成し、その後、焼成（600 $^{\circ}$ C、120分間）することにより圧電素子（厚み10 μ m）を形成した。尚、この圧電素子は、上記の下部電極を、対向する他方の下部電極方向に1000 μ m露出させるように、下部電極面よりも小さい面積で形成した。

次いで、このように圧電素子を形成したシリコンウエハ上に感光性レジスト（東京応化工業（株）製 LA900）をスピコート法で塗布し、マスクを介して露光し、その後、現像して、上部電極形成用のレジストパターンを形成した。このレジストパターンを被覆するようにスパッタリング法によりCr薄膜（厚み50nm）とAu薄膜（厚み300nm）

m) とを積層して電極膜を形成した。次いで、AZエレクトロニックマテリアルズ(株)製 AZリムーバーを用い、超音波をかけることで上記のレジストパターンを除去すると同時に、レジストパターン上の電極膜を除去(リフトオフ)することにより、一对の上部電極を、上記の圧電素子上に形成した。また、この工程では、上部電極に接続する配線と

5 端子も同時に形成した。

これにより、下部電極、圧電素子、上部電極の積層体からなる駆動部を形成した。

次に、一对の駆動部を形成したシリコンウエハに感光性レジスト(東京応化工業(株)製 LA900)をスピコート法で塗布し、マスクを介して露光し、その後、現像して、ミラー部とミラー支持部を形成するためのレジストパターンを形成した。このレジストパ

10 ターンを被覆するようにスパッタリング法によりヤング率が115.7GPaであるTi薄膜(厚み30nm)と、ヤング率が78.0GPaであるAu薄膜(厚み1 μ m(1000nm))とを積層して薄膜を形成した。この薄膜(積層構造体)のヤング率の計算値は79.1となる。次いで、AZエレクトロニックマテリアルズ(株)製 AZリムーバーを用い、超音波をかけることで上記のレジストパターンを除去すると同時に、レジストパ

15 ターン上の薄膜を除去(リフトオフ)することにより、一对の駆動部間に位置するミラー部と、このミラー部と下部電極とを連結する一对のミラー支持部を一体で形成した。形成したミラー支持部の幅は10 μ mであった。

次に、シリコンウエハの他方の面に、感光性レジスト(東京応化工業(株)製 LA900)をスピコート法で塗布し、マスクを介して露光し、その後、現像して、まず、開口部を形成するためのレジストパターンを形成した。次いで、このレジストパターンをマスクとしてDRIE(Deep Reactive Ion Etching)法を用いて、深さ605 μ mまでエッチングを行った。次いで、上記のレジストパターンを除去し、再度、感光性レジストをスピコート法で塗布し、マスクを介して露光し、その後、現像して、開口部と薄肉部を形成するためのレジストパターンを形成した。次いで、このレジストパターンをマスクとし

25 てDRIE(Deep Reactive Ion Etching)法を用いて、開口部が形成されるまでエッチングを行った。これにより、下部電極が存在する部位には、厚みが20 μ mの薄肉部が形成された。これにより、多面付けで圧電ミラーデバイスを作製した。

次に、上記の多面付け圧電ミラーデバイスをダイシングして、図9および図10に示されるような圧電ミラーデバイスを得た。

[実施例 3]

厚み $625\ \mu\text{m}$ のシリコンウエハを準備し、一辺が $5.5\ \text{mm}$ である正方形で多面付けに区画した。このシリコンウエハの一方の面に感光性レジスト（東京応化工業（株）製 LA900）をスピコート法で塗布し、マスクを介して露光し、その後、現像して、多面付けでレジストパターンを形成した。このレジストパターンを被覆するようにスパッタリング法によりヤング率が $115.7\ \text{GPa}$ である Ti 薄膜（厚み $30\ \text{nm}$ ）と、ヤング率が $78.0\ \text{GPa}$ である Au 薄膜（厚み $1\ \mu\text{m}$ ($1000\ \text{nm}$)) とを積層して電極膜を形成した。この電極膜（積層構造体）のヤング率の計算値は 79.1 となる。次いで、AZ エレクトロニックマテリアルズ（株）製 AZリムーバーを用い、超音波をかけることで上記のレジストパターンを除去すると同時に、レジストパターン上の電極膜を除去（リフトオフ）することにより、一对の下部電極と、この下部電極間に位置するミラー部と、このミラー部に連結した一对のミラー支持部を形成した。形成したミラー支持部の幅は $10\ \mu\text{m}$ であり、ミラー支持部の端部と下部電極との間には $500\ \mu\text{m}$ の距離を設けた。また、この工程では、下部電極に接続する配線と端子も同時に形成した。

次に、一对の下部電極上に、チタン酸ジルコン酸鉛（PZT）を用いて、マスクを介したスパッタリング法により薄膜を形成し、その後、焼成（ 600°C 、 120 分間）することにより圧電素子（厚み $10\ \mu\text{m}$ ）を形成した。

次いで、このように圧電素子を形成したシリコンウエハ上に感光性レジスト（東京応化工業（株）製 LA900）をスピコート法で塗布し、マスクを介して露光し、その後、現像して、上部電極形成用のレジストパターンを形成した。このレジストパターンを被覆するようにスパッタリング法により Cr 薄膜（厚み $50\ \text{nm}$ ）と Au 薄膜（厚み $300\ \text{nm}$ ）とを積層して電極膜を形成した。次いで、AZ エレクトロニックマテリアルズ（株）製 AZリムーバーを用い、超音波をかけることで上記のレジストパターンを除去すると同時に、レジストパターン上の電極膜を除去（リフトオフ）することにより、一对の上部電極を、上記の圧電素子上に形成した。また、この工程では、上部電極に接続する配線と端子も同時に形成した。

これにより、下部電極、圧電素子、上部電極の積層体からなる駆動部を形成した。

次に、シリコンウエハの他方の面に、感光性レジスト（東京応化工業（株）製 LA900）をスピコート法で塗布し、マスクを介して露光し、その後、現像して、まず、開

口部を形成するためのレジストパターンを形成した。次いで、このレジストパターンをマスクとしてDRIE (Deep Reactive Ion Etching) 法を用いて、深さ605 μm までエッチングを行った。次いで、上記のレジストパターンを除去し、再度、感光性レジストをスピコート法で塗布し、マスクを介して露光し、その後、現像して、開口部と薄肉部を形成するためのレジストパターンを形成した。次いで、このレジストパターンをマスクとしてDRIE (Deep Reactive Ion Etching) 法を用いて、開口部が形成されるまでエッチングを行った。これにより、下部電極が存在する部位と、ミラー支持部の端部からミラー部方向に1000 μm まで達する領域に、厚みが20 μm の薄肉部が形成され、この薄肉部にミラー支持部の端部が係止された状態で、ミラー支持部とミラー部が開口部に架設された。これにより、多面付けで圧電ミラーデバイスを作製した。

次に、上記の多面付け圧電ミラーデバイスをダイシングして、図11および図12に示されるような圧電ミラーデバイスを得た。

[実施例4]

厚み625 μm のシリコンウエハを準備し、一辺が5.5mmである正方形で多面付けに区画した。このシリコンウエハの一方の面に感光性レジスト(東京応化工業(株)製 LA900)をスピコート法で塗布し、マスクを介して露光し、その後、現像して、多面付けで下部電極用のレジストパターンを形成した。このレジストパターンを被覆するようにスパッタリング法によりTi薄膜(厚み50nm)とPt薄膜(厚み300nm)とを積層して電極膜を形成した。次いで、AZエレクトロニックマテリアルズ(株)製 AZリムーバーを用い、超音波をかけることで上記のレジストパターンを除去すると同時に、レジストパターン上の電極膜を除去(リフトオフ)することにより、一对の下部電極を形成した。また、この工程では、下部電極に接続する配線と端子も同時に形成した。

次に、一对の下部電極上に、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)を用いて、マスクを介したスパッタリング法により成膜し、その後、焼成(600 $^{\circ}\text{C}$ 、120分間)することにより圧電素子(厚み10 μm)を形成した。

次いで、このように下部電極、圧電素子を形成したシリコンウエハ上にポジ型の感光性レジスト(AZエレクトロニックマテリアルズ(株)製 AZ5218)をスピコート法で塗布し、圧電素子間を除く領域を露光し、その後、現像して、圧電素子の表面が露出し、かつ、圧電素子とその間の部位が平坦となるようにした。次に、感光性レジスト(東

京応化工業（株）製 LA900）をスピコート法で塗布し、マスクを介して露光し、その後、現像して、レジストパターンを形成した。このレジストパターンを被覆するようにスパッタリング法によりヤング率が115.7 GPaであるTi薄膜（厚み50 nm）と、ヤング率が78.0 GPaであるAu薄膜（厚み5 μm（5000 nm））とを積層して電極膜を形成した。この電極膜（積層構造体）のヤング率の計算値は78.4となる。次いで、AZエレクトロニックマテリアルズ（株）製 AZリムーバーを用い、超音波をかけることで上記の全てのレジストパターンを除去すると同時に、レジストパターン上の電極膜を除去（リフトオフ）することにより、圧電素子上に位置する一対の上部電極と、この上部電極間に位置するミラー部と、このミラー部と上部電極とを連結する一対のミラー支持部を一体で形成した。これにより、下部電極、圧電素子、上部電極の積層体からなる駆動部が形成され、ミラー支持部の幅は10 μmであった。尚、この工程では、上部電極に接続する配線と端子も同時に形成した。

次に、シリコンウエハの他方の面に、感光性レジスト（東京応化工業（株）製 LA900）をスピコート法で塗布し、マスクを介して露光し、その後、現像して、開口部と切欠き部を形成するためのレジストパターンを形成した。次いで、このレジストパターンをマスクとしてDRIE（Deep Reactive Ion Etching）法を用いたエッチングを行った。これにより、下部電極が存在する部位では、この下部電極がエッチングストッパーとして作用することにより切欠き部が形成され、他の部位では、貫通穴がシリコンウエハに形成されて開口部が形成された。これにより、多面付けで圧電ミラーデバイスを作製した。

次に、上記の多面付け圧電ミラーデバイスをダイシングして、図13および図14に示されるような圧電ミラーデバイスを得た。

[実施例5]

スパッタリング法によりヤング率が115.7 GPaであるTi薄膜（厚み200 nm）と、ヤング率が78.0 GPaであるAu薄膜（厚み1 μm（1000 nm））とを積層して電極膜を形成した他は、実施例1と同様にして、図1乃至図3に示されるような圧電ミラーデバイスを得た。この場合の電極膜（積層構造体）のヤング率の計算値は84.2となる。

[実施例6]

スパッタリング法によりヤング率が78.0 GPaであるAu薄膜（厚み1 μm（10

00 nm)) を成膜して電極膜とした他は、実施例 1 と同様にして、図 1 乃至図 3 に示されるような圧電ミラーデバイスを得た。

[実施例 7]

5 スパッタリング法によりヤング率が 115.7 GPa である Ti 薄膜 (厚み 400 nm) と、ヤング率が 168 GPa である Pt 薄膜 (厚み 1 μm (1000 nm)) とを積層して電極膜を形成した他は、実施例 1 と同様にして、図 1 乃至図 3 に示されるような圧電ミラーデバイスを得た。この場合の電極膜 (積層構造体) のヤング率の計算値は 152.9 となる。

[実施例 8]

10 スパッタリング法によりヤング率が 130 GPa である Cu 薄膜 (厚み 2 μm (2000 nm)) を成膜して電極膜とした他は、実施例 1 と同様にして、図 1 乃至図 3 に示されるような圧電ミラーデバイスを得た。

[実施例 9]

15 スパッタリング法によりヤング率が 82.7 GPa である Au 薄膜 (厚み 1 μm (1000 nm)) を成膜して電極膜とした他は、実施例 1 と同様にして、図 1 乃至図 3 に示されるような圧電ミラーデバイスを得た。

[比較例]

ミラー部とミラー支持部を、ヤング率が 166.0 GPa である Si を用いて形成した他は、実施例 2 と同様にして、圧電ミラーデバイスを得た。

20 [評価]

実施例 1 ~ 9、および、比較例の各圧電ミラーデバイスにおいて、下部電極を GND 電位とし、上部電極に下記の条件で交流電圧 (±25 V、50 Hz) を印加したときのミラー一部の振れ角度を測定し、その結果を下記の表 1 に示した。

【表 1】

表 1

圧電ミラーデバイス	ミラー支持部				振れ角度 (度)
	材質	ヤング率 (GPa)	厚み (nm)	積層構造体のヤング率 (計算値) (GPa)	
実施例1	Ti Au	115 78	30 1000	79.1	±20~25
実施例2	Ti Au	115 78	30 1000	79.1	±20~25
実施例3	Ti Au	115 78	30 1000	79.1	±20~25
実施例4	Ti Au	115 78	50 5000	78.4	±20~25
実施例5	Ti Au	115 78	200 1000	84.2	±20~25
実施例6	Au	78	1000	—	±20~25
実施例7	Ti Pt	115 168	400 1000	152.9	±15~20
実施例8	Cu	130	2000	—	±17~25
実施例9	Ag	82.7	1000	—	±20~25
比較例	Si	166	1000	—	±7~10

- 表1に示されるように、実施例1~9の各圧電ミラーデバイスのミラー部振れ角度は、
5 比較例の圧電ミラーデバイスのミラー部の振れ角度に比べて格段に大きいものであった。

産業上の利用可能性

ミラー部の駆動に圧電素子を利用する圧電ミラーデバイスの製造等において利用可能である。

請求の範囲

1. 中央に開口部を有するフレーム部と、下部電極と圧電素子と上部電極との積層体であり前記フレーム部に配設されている一対の駆動部と、前記開口部に位置するミラー部と、
5 前記駆動部の駆動に応じて前記ミラー部を前記フレーム部に対して回動可能に支持する一対のミラー支持部と、を備え、前記ミラー支持部はヤング率が160GPa以下の材料からなり、前記フレーム部は前記駆動部が位置する部位の一部に切欠き部あるいは薄肉部を有し、該切欠き部、薄肉部は前記開口部に接していることを特徴とする圧電ミラーデバイス。
10
2. 請求項1に記載の圧電ミラーデバイスにおいて、前記ミラー支持部は前記駆動部を構成する下部電極と一体に形成されている。
3. 請求項1に記載の圧電ミラーデバイスにおいて、前記ミラー支持部の端部は前記駆
15 動部を構成する下部電極に係止されている。
4. 請求項1に記載の圧電ミラーデバイスにおいて、前記ミラー支持部の端部は前記フレーム部の薄肉部に係止されている。
- 20 5. 請求項1に記載の圧電ミラーデバイスにおいて、前記ミラー支持部は前記駆動部を構成する上部電極と一体に形成されている。
6. 請求項1に記載の圧電ミラーデバイスにおいて、前記ミラー部と前記ミラー支持部とが一体に形成されている。
25
7. 請求項1に記載の圧電ミラーデバイスにおいて、前記ミラー部は前記ミラー支持部と異なる材質からなるミラー面を有する。
8. 請求項1に記載の圧電ミラーデバイスにおいて、前記ミラー支持部は前記ミラー部

を介して反対方向で、かつ、同軸上に位置するように配設されている。

9. 請求項8に記載の圧電ミラーデバイスにおいて、前記ミラー支持部の軸心は前記ミラー部の中心から外れている。

5

10. 請求項1に記載の圧電ミラーデバイスにおいて、前記フレーム部を内側フレーム部とし、前記ミラー支持部をX軸ミラー支持部とし、前記駆動部をX軸駆動部とし、さらに、開口部を介して前記内側フレーム部を包囲するように位置する外側フレーム部と、下部電極と圧電素子と上部電極との積層体であり前記外側フレーム部に配設されている一対のY軸駆動部と、該Y軸駆動部の駆動に応じて前記内側フレーム部を前記外側フレーム部に対して回動可能に支持する一対のY軸ミラー支持部と、を備え、前記Y軸ミラー支持部はヤング率が160GPa以下の材料からなり、前記外側フレーム部はY軸駆動部が位置する部位の一部に切欠き部あるいは薄肉部を有し、該切欠き部、薄肉部は前記開口部に接し、前記X軸と前記Y軸は直交するものであり、前記ミラー部は二軸で回動変位可能である。

15

11. 光源と、投影スクリーンと、前記光源からの出射光を前記投影スクリーンへ導く光学系と、を備え、前記光学系は請求項1乃至請求項10のいずれかに記載の圧電ミラーデバイスを有することを特徴とする光学機器。

20

12. シリコンウエハを多面付けに区画し、該シリコンウエハの一方の面において各面付け毎に一対の下部電極と、該下部電極間に位置するミラー部と、該ミラー部と前記下部電極とを連結する一対のミラー支持部を、ヤング率が160GPa以下で、かつ、融点の後工程で形成する圧電素子の融点より高い導電性材料で作製する工程と、

25 前記下部電極上に圧電素子と上部電極をこの順に積層して、下部電極と圧電素子と上部電極との積層体である一対の駆動部を作製する工程と、

前記シリコンウエハの他方の面から各面付け毎にシリコンウエハを所望のパターンで除去し開口部を形成してフレーム部を作製し、前記開口部に前記ミラー部が前記ミラー支持部によって回動可能に支持されるものとし、かつ、前記フレーム部の前記駆動部が位置す

る部位の一部に、切欠き部あるいは薄肉部を前記開口部に接するように形成して、多面付けの圧電ミラーデバイスとする工程と、

多面付けの圧電ミラーデバイスをダイシングして個片化する工程と、を有することを特徴とする圧電ミラーデバイスの製造方法。

5

1 3. シリコンウエハを多面付けに区画し、該シリコンウエハの一方の面において各面付け毎に一对の下部電極と、該下部電極上に圧電素子と上部電極をこの順に積層して、下部電極と圧電素子と上部電極との積層体である一对の駆動部を作製する工程と、

10 前記駆動部間に位置するミラー部と、該ミラー部から前記駆動部方向に延設された一对のミラー支持部とを、該ミラー支持部の端部が前記駆動部を構成する下部電極に係止されるように、ヤング率が160 GPa以下の材料で作製する工程と、

15 前記シリコンウエハの他方の面から各面付け毎にシリコンウエハを所望のパターンで除去し開口部を形成してフレーム部を作製し、前記開口部に前記ミラー部が前記ミラー支持部によって回動可能に支持されるものとし、かつ、前記フレーム部の前記駆動部が位置する部位の一部に、切欠き部あるいは薄肉部を前記開口部に接するように形成して、多面付けの圧電ミラーデバイスとする工程と、

多面付けの圧電ミラーデバイスをダイシングして個片化する工程と、を有することを特徴とする圧電ミラーデバイスの製造方法。

20 1 4. シリコンウエハを多面付けに区画し、該シリコンウエハの一方の面において各面付け毎に一对の下部電極と、該下部電極間に位置するミラー部と、該ミラー部から前記下部電極方向に延設された一对のミラー支持部を、ヤング率が160 GPa以下で、かつ、融点が後工程で形成する圧電素子の融点より高い導電性材料で作製する工程と、

25 前記下部電極上に圧電素子と上部電極をこの順に積層して、下部電極と圧電素子と上部電極との積層体である一对の駆動部を作製する工程と、

前記シリコンウエハの他方の面から各面付け毎にシリコンウエハを所望のパターンで除去し開口部を形成してフレーム部を作製し、前記開口部に前記ミラー部が前記ミラー支持部によって回動可能に支持されるものとし、かつ、前記フレーム部の前記駆動部が位置する部位の一部に、前記開口部に接するとともに前記ミラー支持部の端部に係止するように

薄肉部を形成して、多面付けの圧電ミラーデバイスとする工程と、

多面付けの圧電ミラーデバイスをダイシングして個片化する工程と、を有することを特徴とする圧電ミラーデバイスの製造方法。

- 5 15. シリコンウエハを多面付けに区画し、該シリコンウエハの一方の面において各面付け毎に一对の下部電極と、該下部電極上に圧電素子と上部電極をこの順に積層して、下部電極と圧電素子と上部電極との積層体である一对の駆動部を作製する工程と、
- 前記駆動部間に位置するミラー部と、該ミラー部から前記駆動部方向に延設された一对のミラー支持部とを、ヤング率が160GPa以下の材料で作製する工程と、
- 10 前記シリコンウエハの他方の面から各面付け毎にシリコンウエハを所望のパターンで除去し開口部を形成してフレーム部を作製し、前記開口部に前記ミラー部が前記ミラー支持部によって回動可能に支持されるものとし、かつ、前記フレーム部の前記駆動部が位置する部位の一部に、前記開口部に接するとともに前記ミラー支持部の端部を係止するように薄肉部を形成して、多面付けの圧電ミラーデバイスとする工程と、
- 15 多面付けの圧電ミラーデバイスをダイシングして個片化する工程と、を有することを特徴とする圧電ミラーデバイスの製造方法。
16. シリコンウエハを多面付けに区画し、該シリコンウエハの一方の面において各面付け毎に一对の下部電極と、該下部電極上に圧電素子を形成する工程と、
- 20 前記圧電素子の表面が露出するようにレジスト層を形成して平坦化した後、前記圧電素子上に位置する上部電極と、前記圧電素子間に位置するミラー部と、該ミラー部と前記上部電極とを連結する一对のミラー支持部とを、ヤング率が160GPa以下の導電材料で形成して、下部電極と圧電素子と上部電極との積層体である一对の駆動部を作製し、その後、前記レジストを除去する工程と、
- 25 前記シリコンウエハの他方の面から各面付け毎にシリコンウエハを所望のパターンで除去し開口部を形成してフレーム部を作製し、前記開口部に前記ミラー部が前記ミラー支持部によって回動可能に支持されるものとし、かつ、前記フレーム部の前記駆動部が位置する部位の一部に、切欠き部あるいは薄肉部を前記開口部に接するように形成して、多面付けの圧電ミラーデバイスとする工程と、

多面付けの圧電ミラーデバイスをダイシングして個片化する工程と、を有することを特徴とする圧電ミラーデバイスの製造方法。

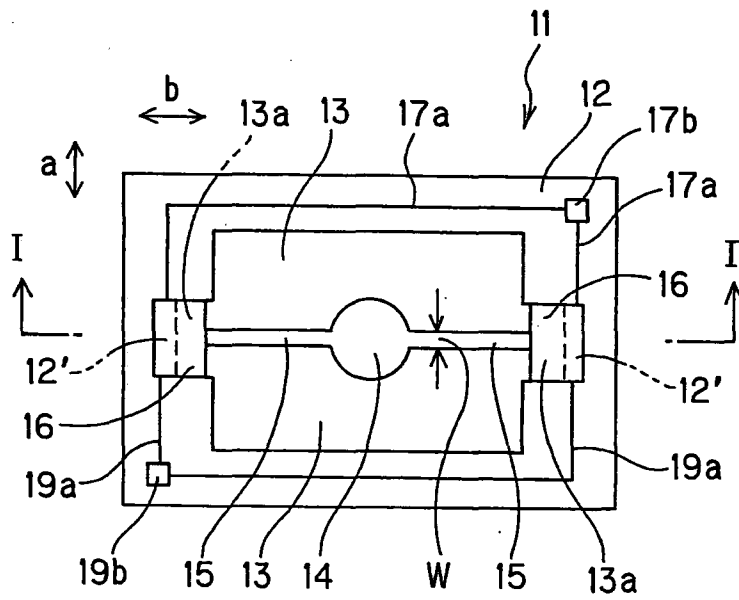


FIG. 1

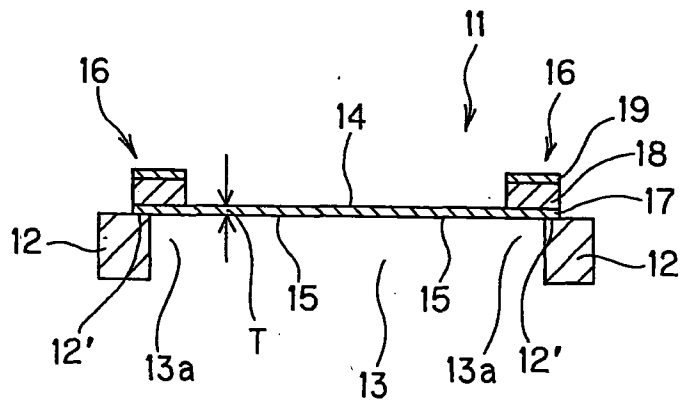


FIG. 2

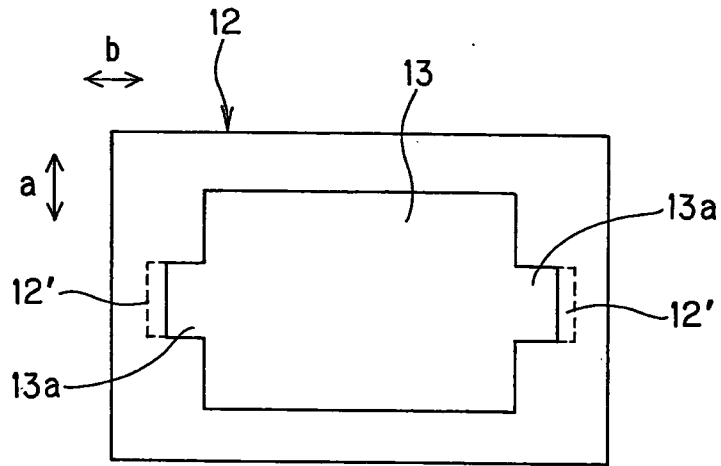


FIG. 3

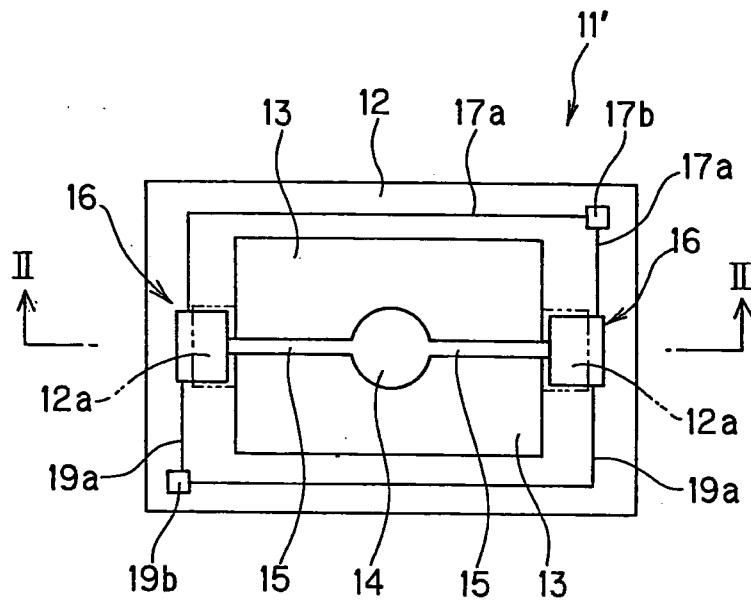


FIG. 4

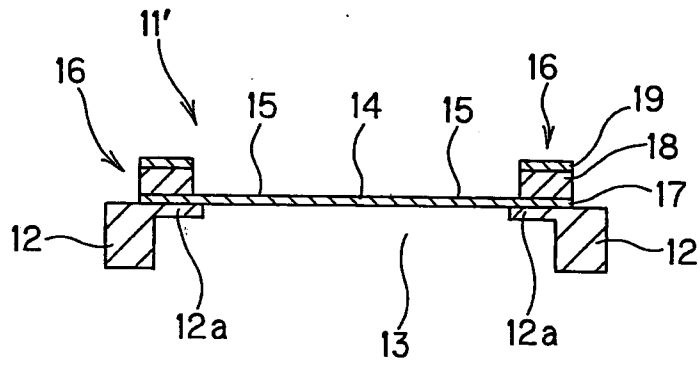


FIG. 5

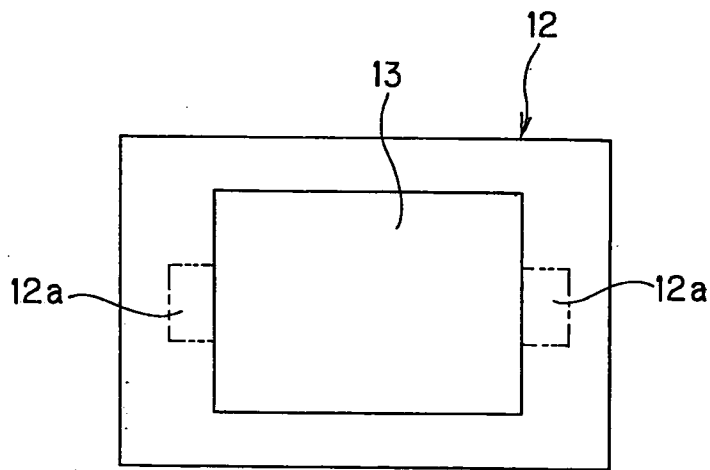


FIG. 6

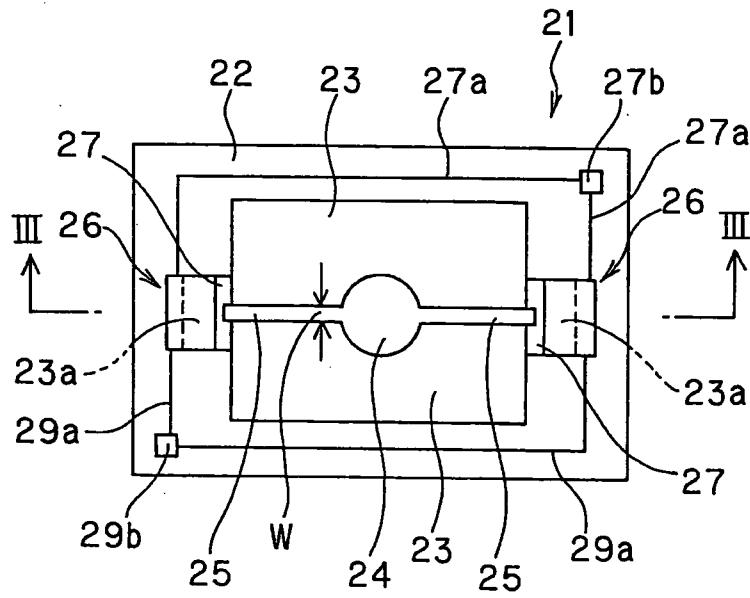


FIG. 7

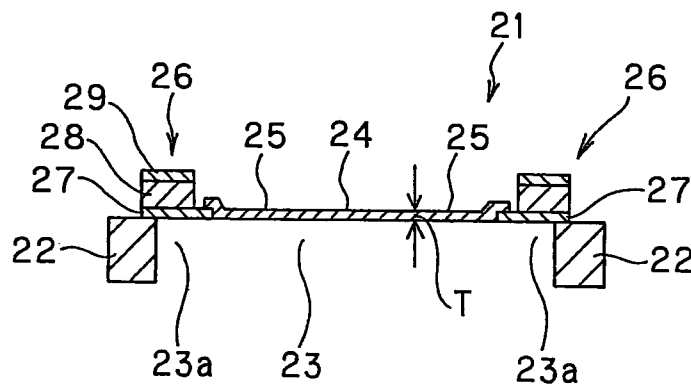


FIG. 8

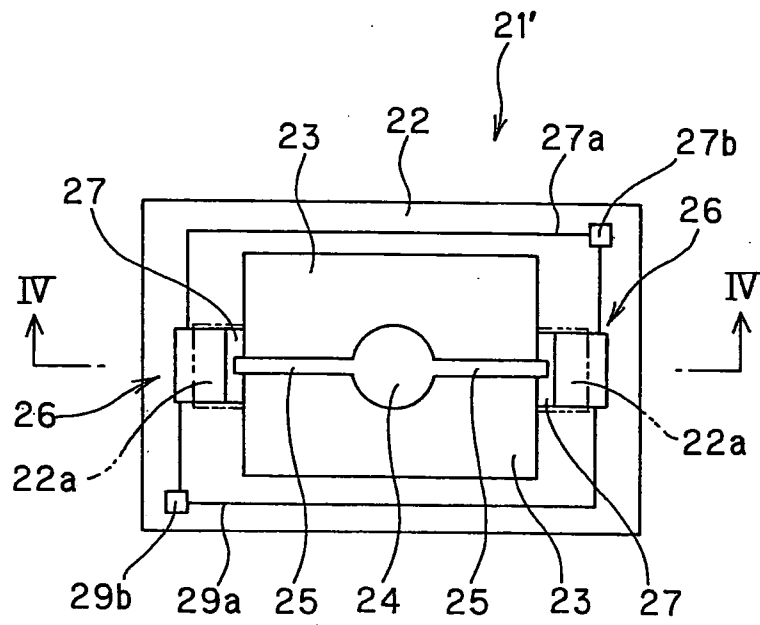


FIG. 9

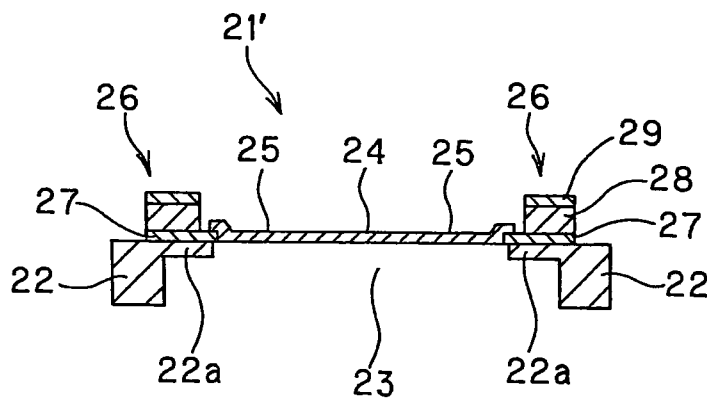


FIG. 10

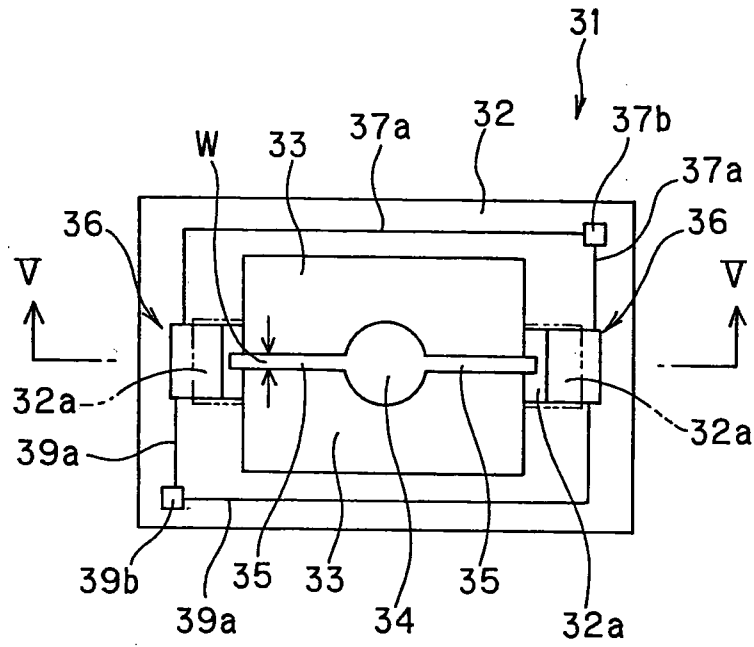


FIG. 11

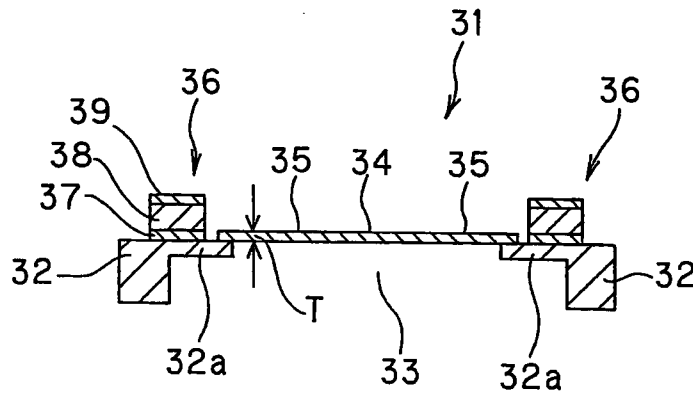


FIG. 12

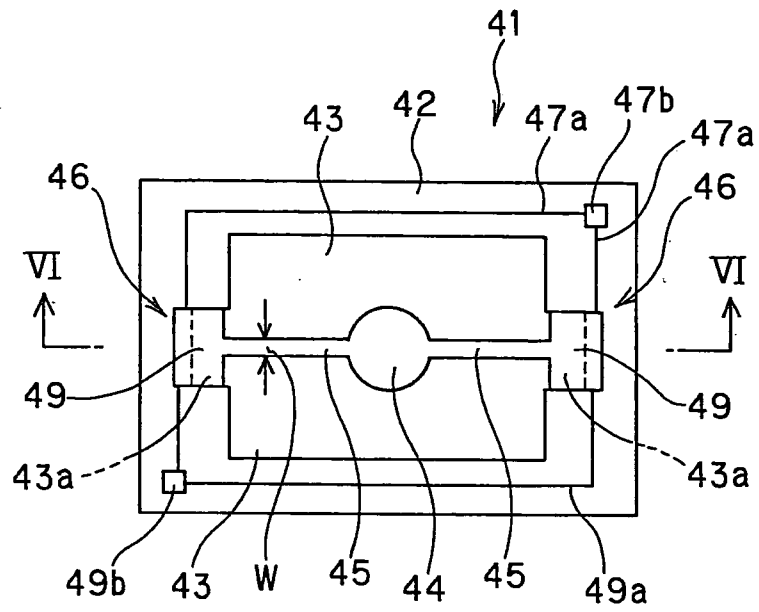


FIG. 13

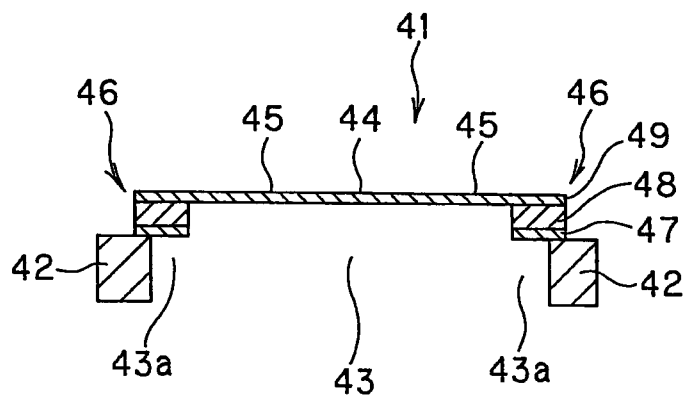


FIG. 14

8/27

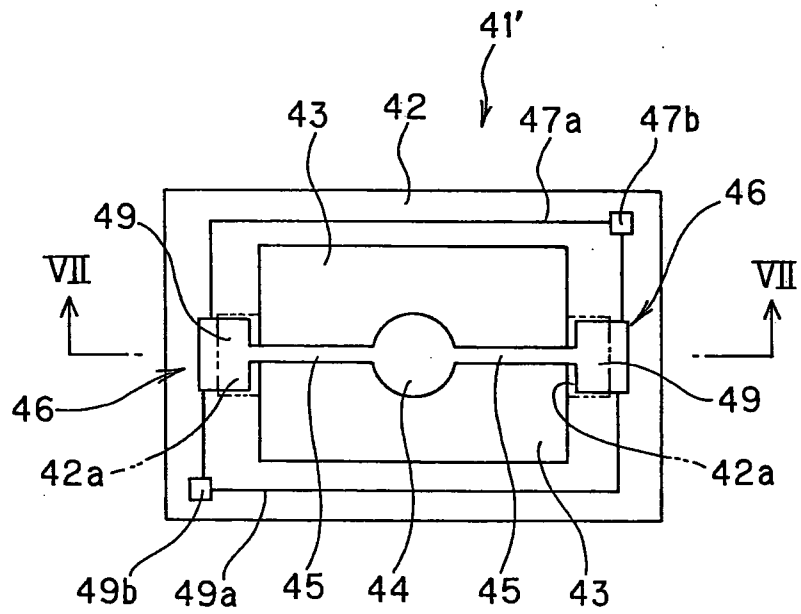


FIG. 15

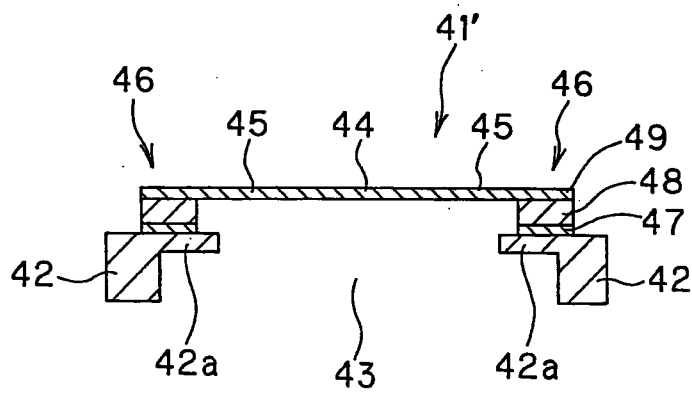


FIG. 16

9/27

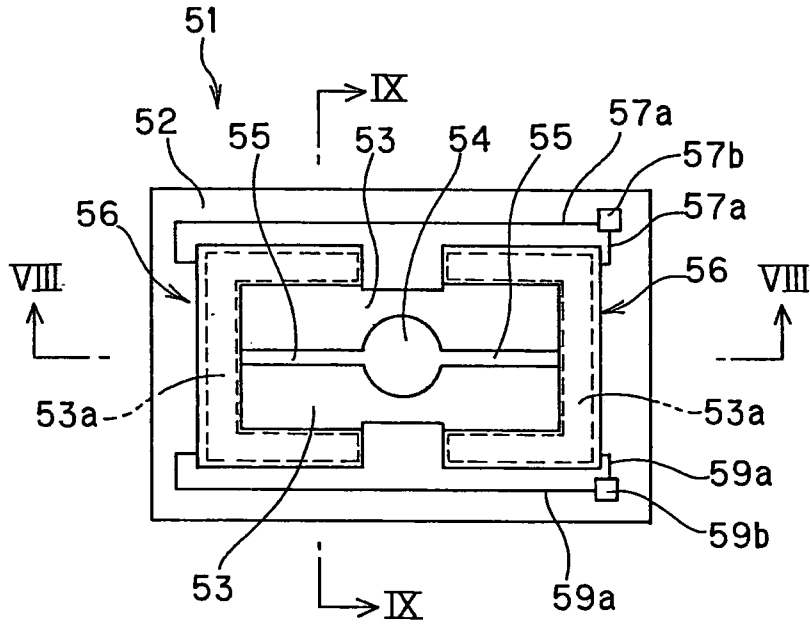


FIG. 17

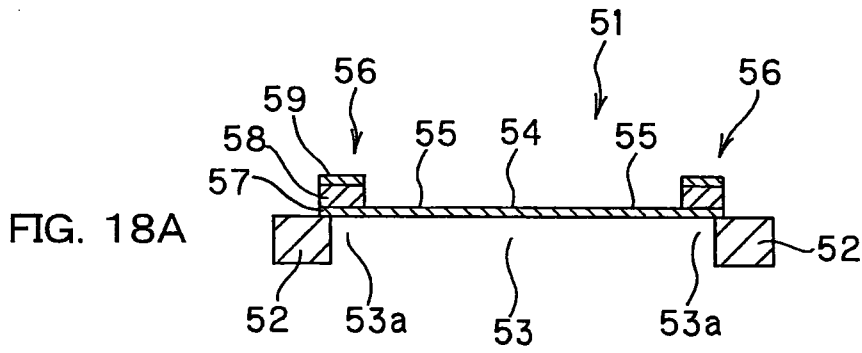


FIG. 18A

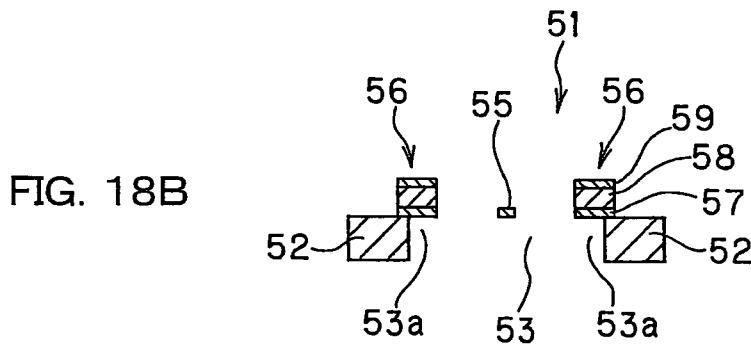


FIG. 18B

10/27

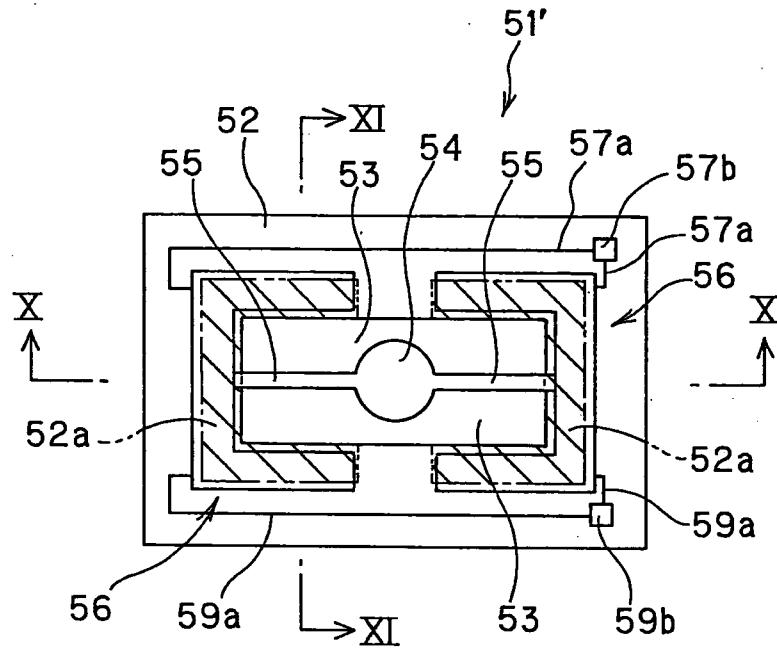


FIG. 19

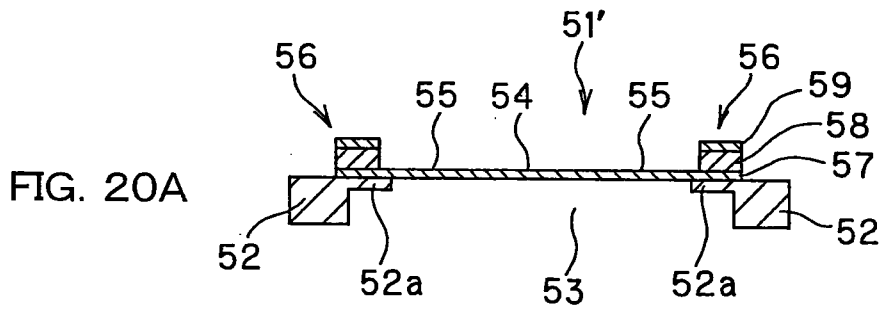


FIG. 20A

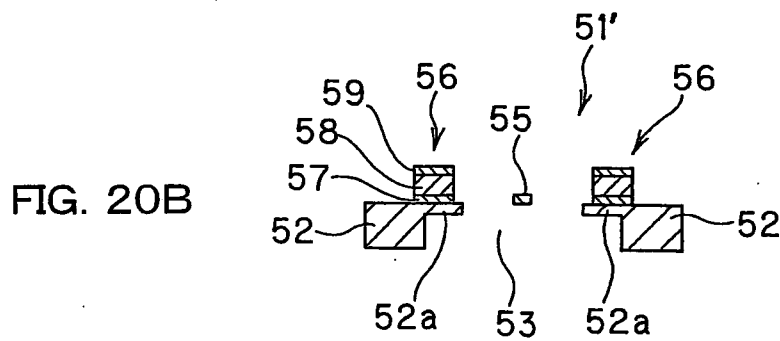


FIG. 20B

11/27

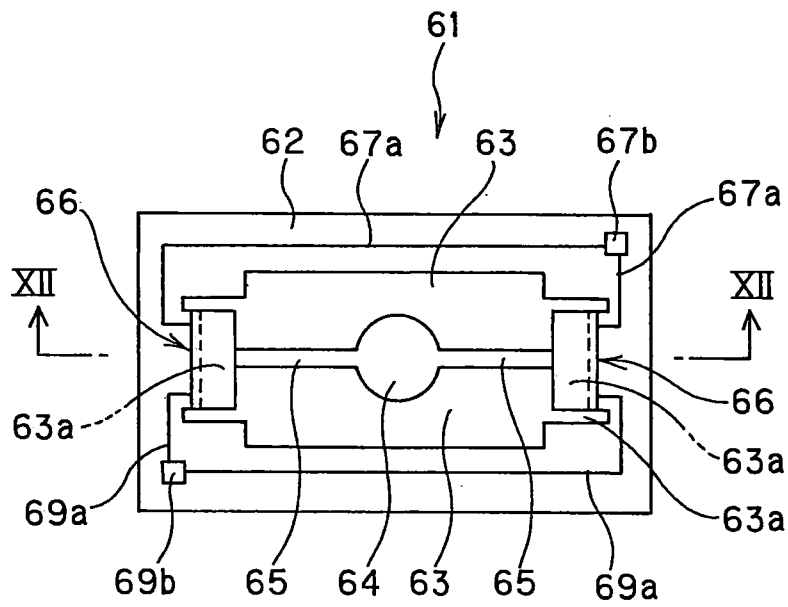


FIG. 21

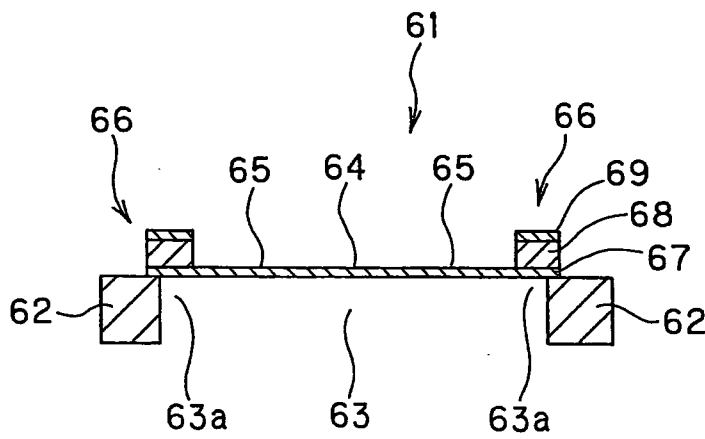


FIG. 22

12/27

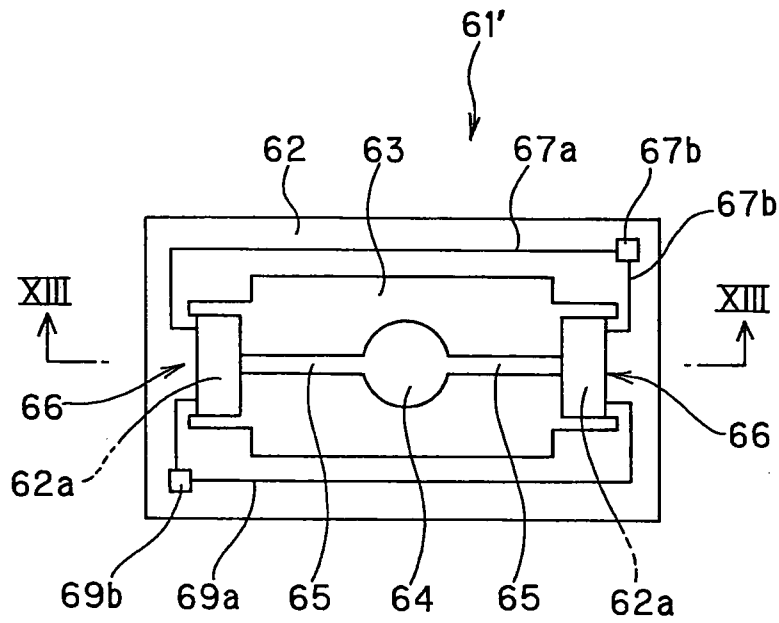


FIG. 23

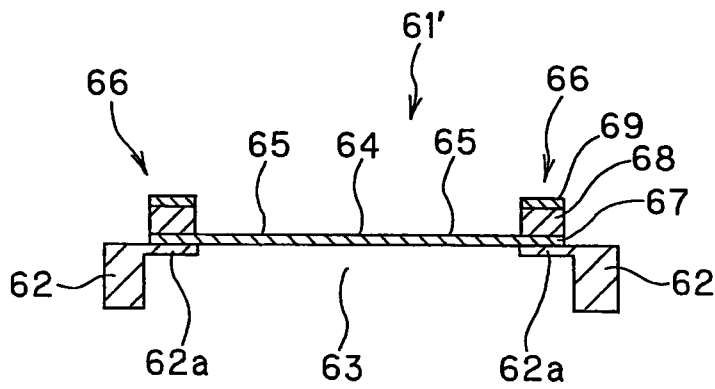


FIG. 24

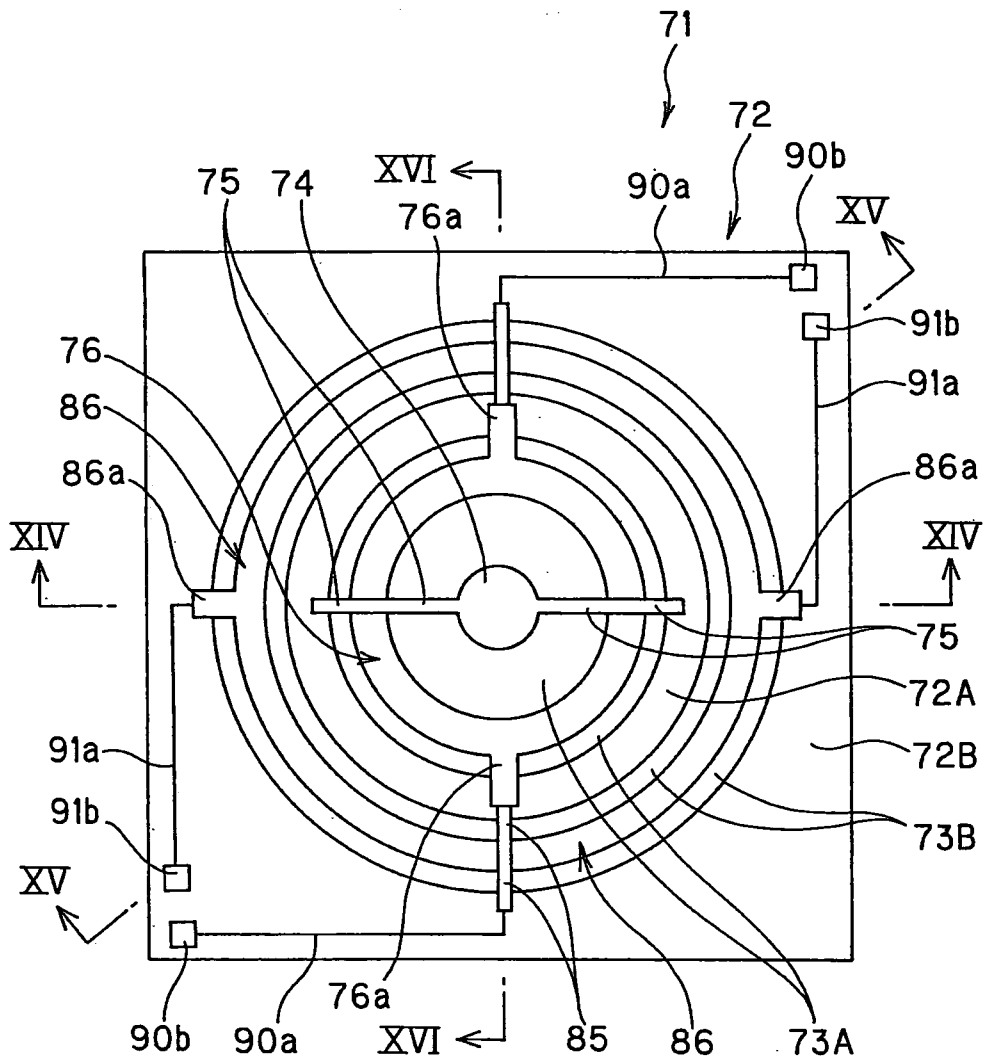


FIG. 25

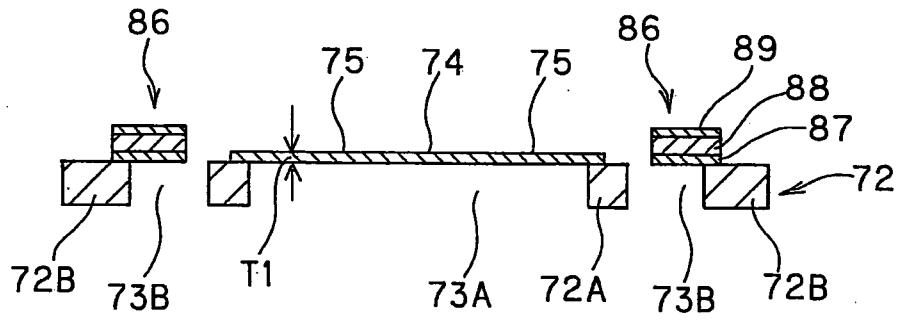


FIG. 26A

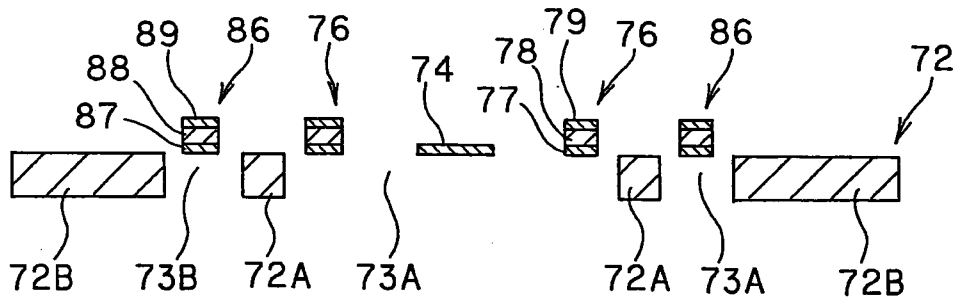


FIG. 26B

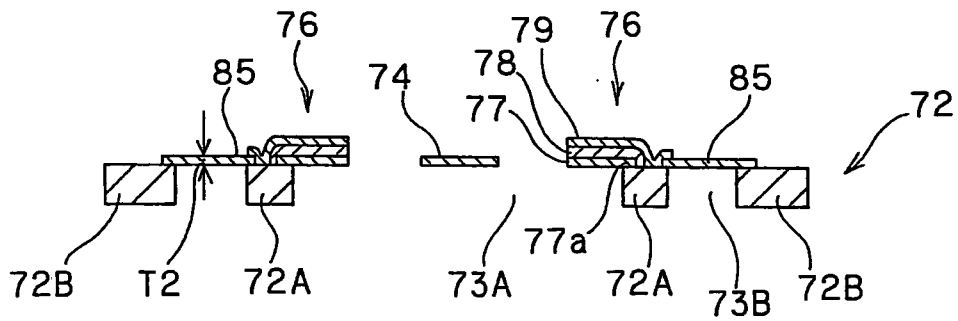


FIG. 26C

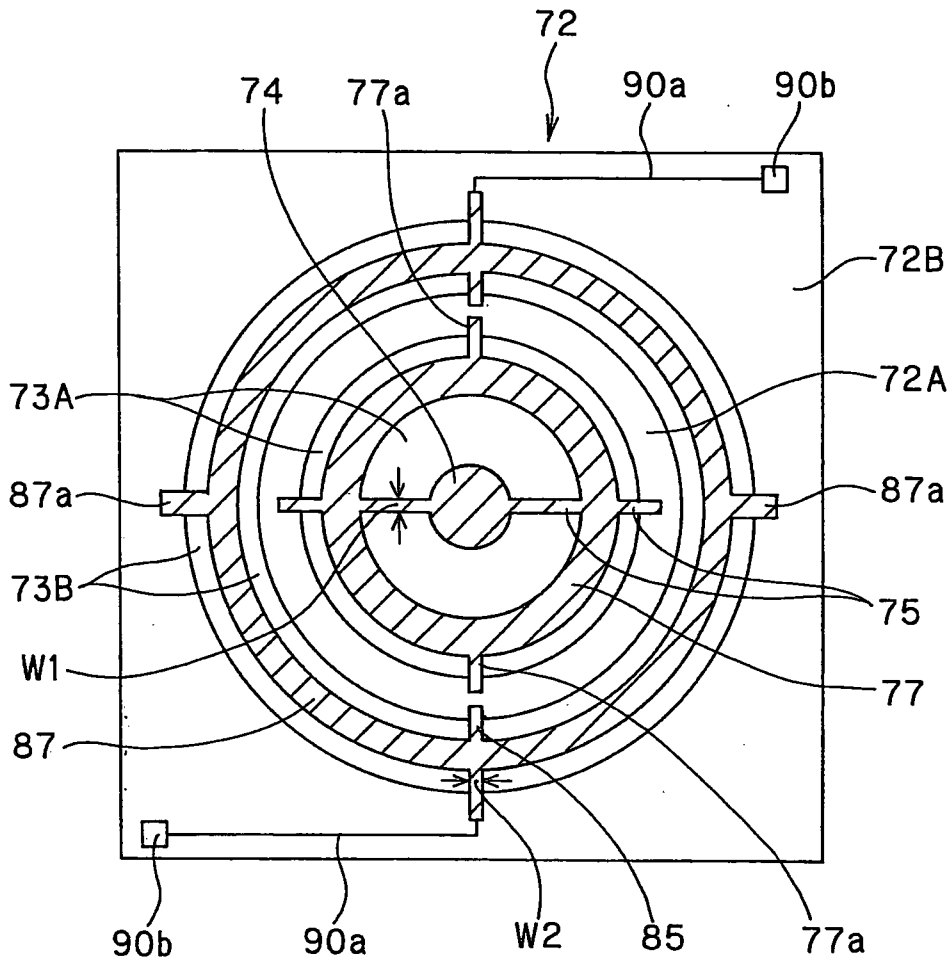


FIG. 27

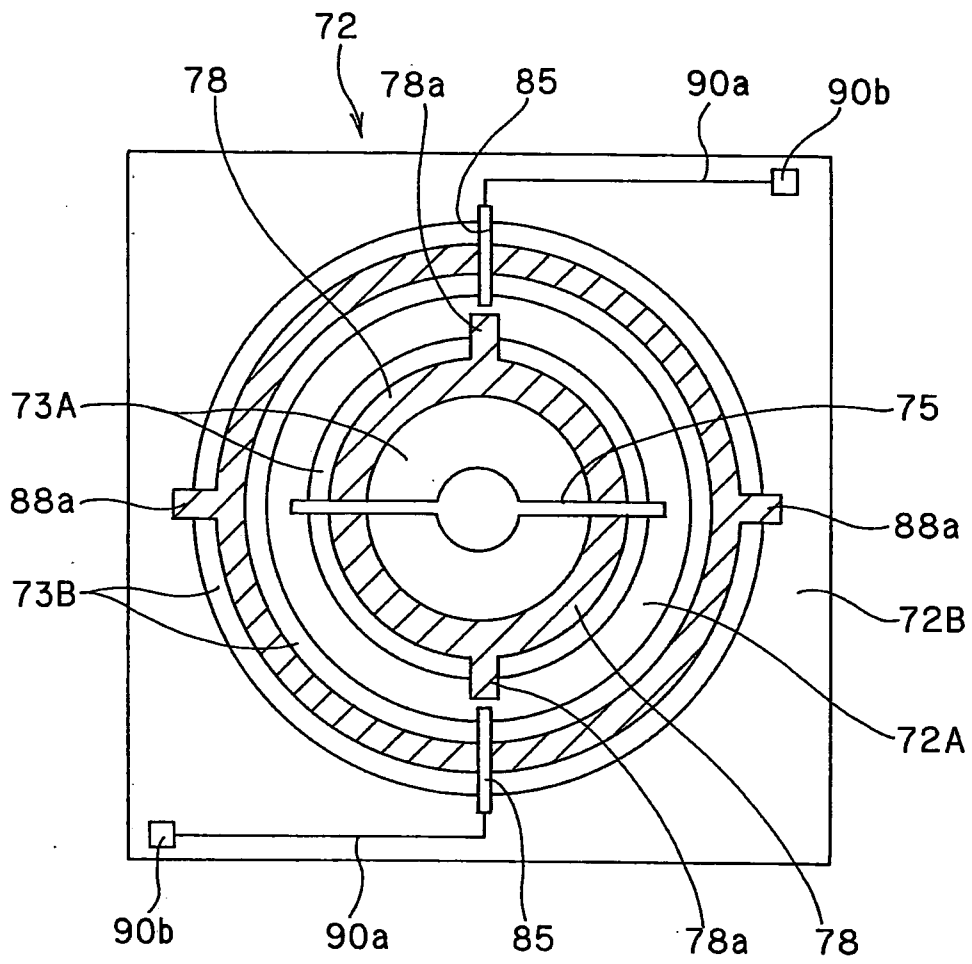


FIG. 28

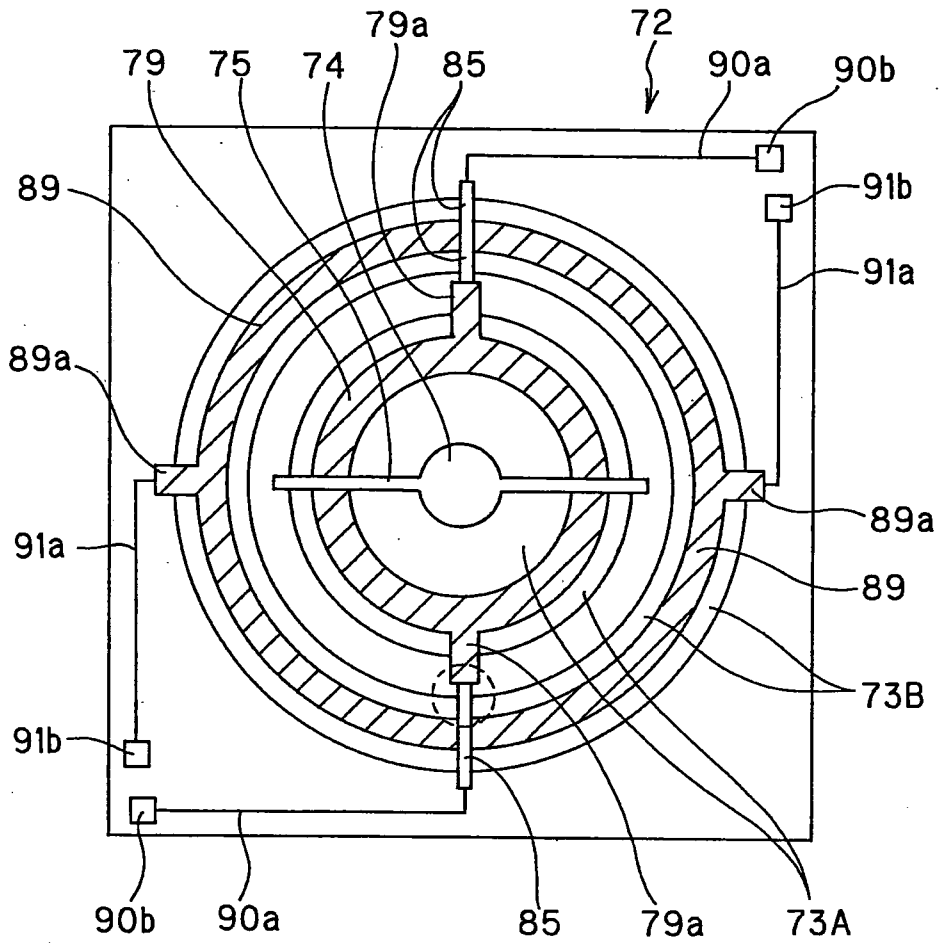


FIG. 29A

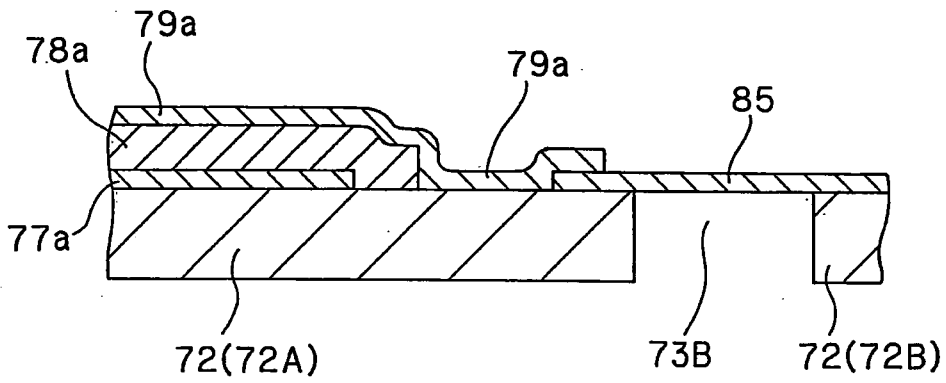
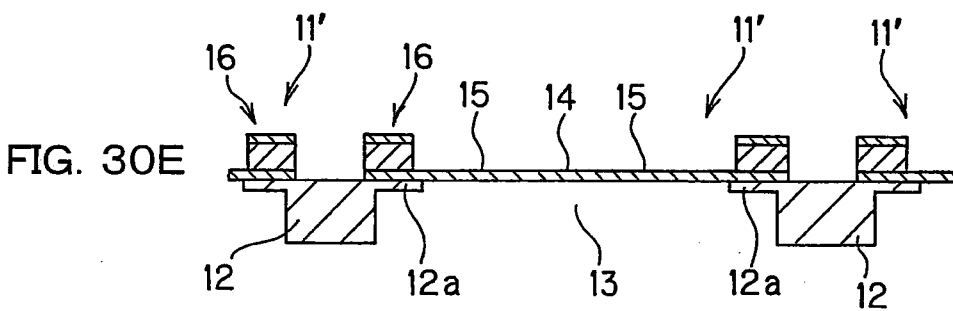
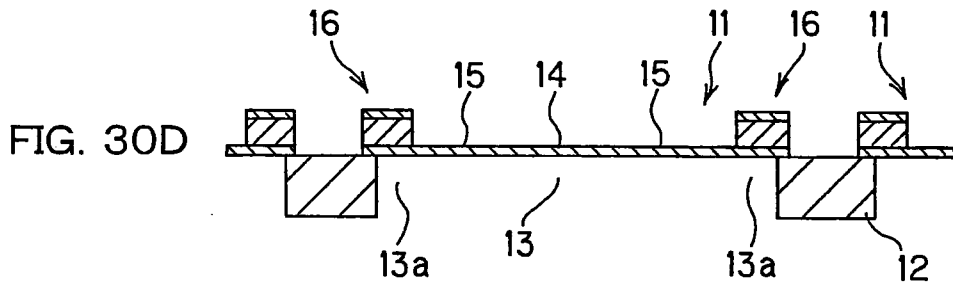
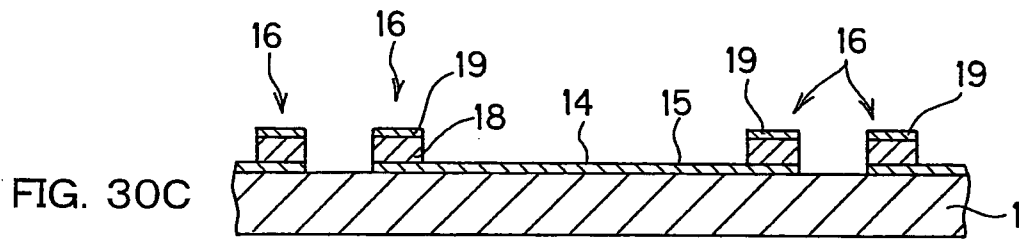
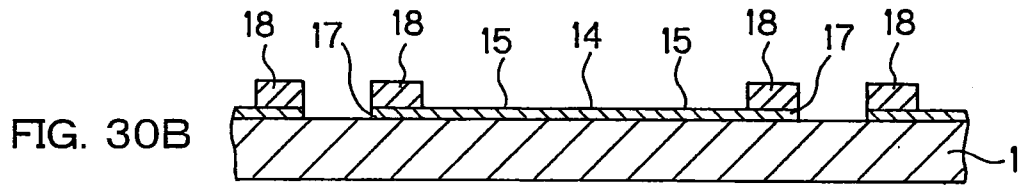
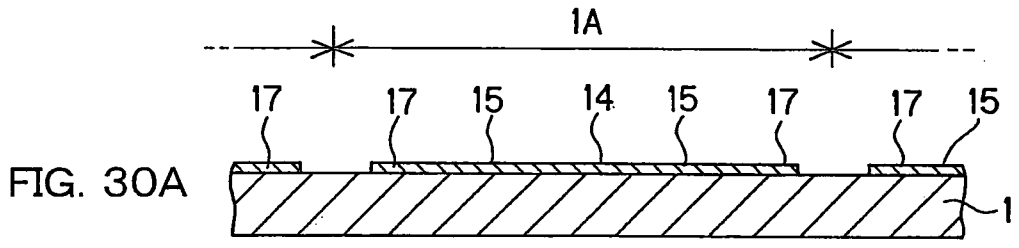
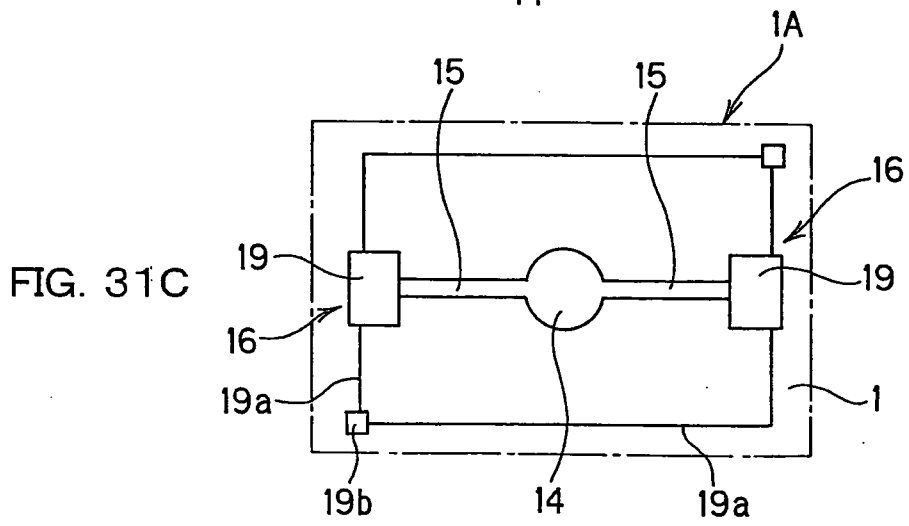
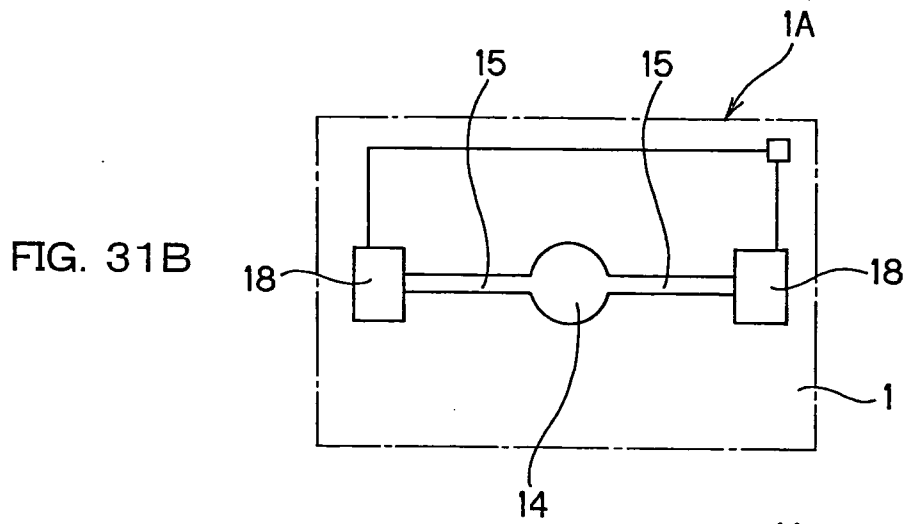
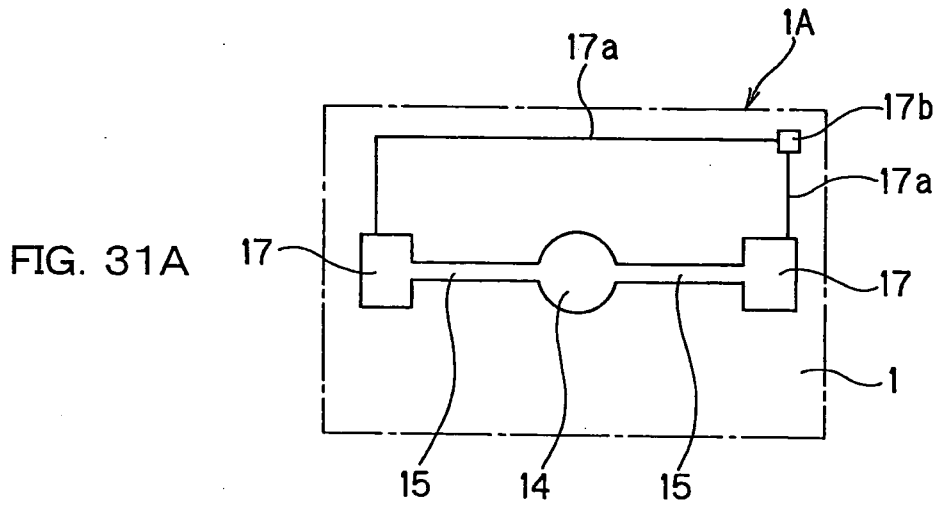
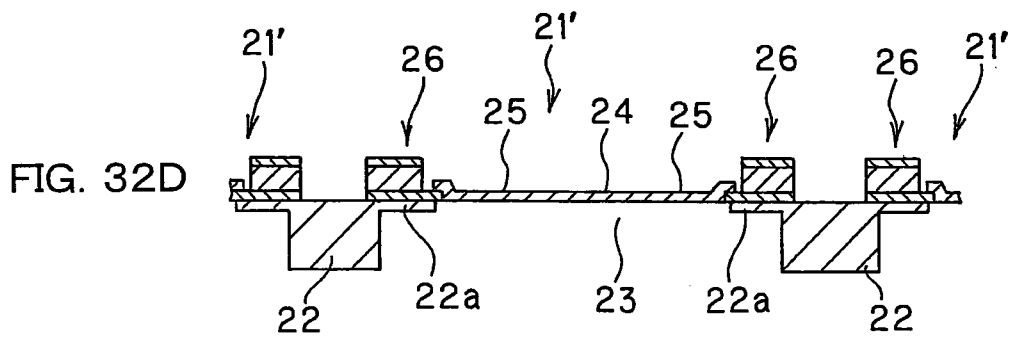
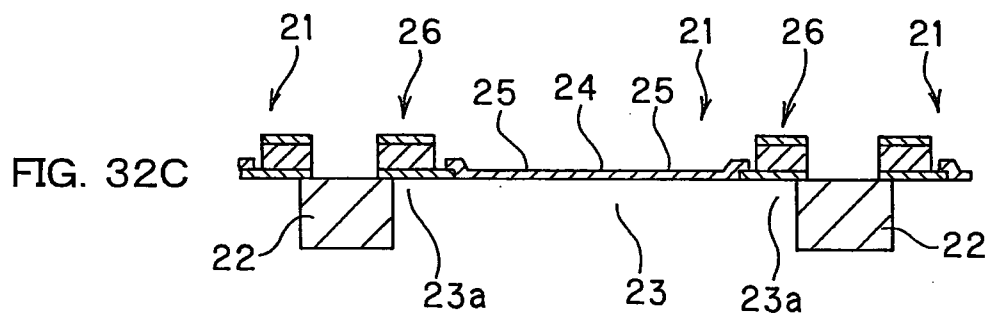
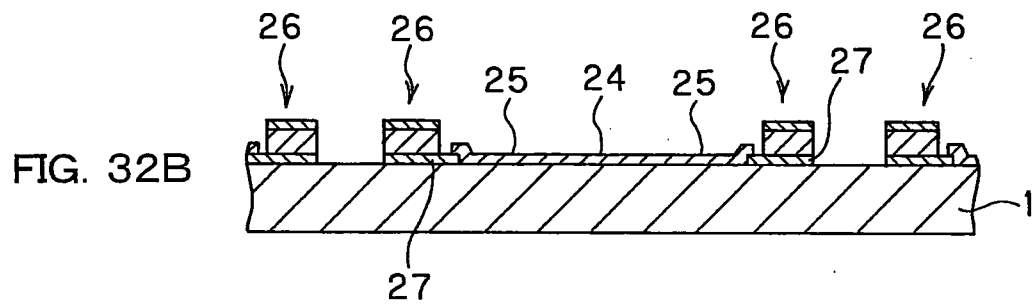
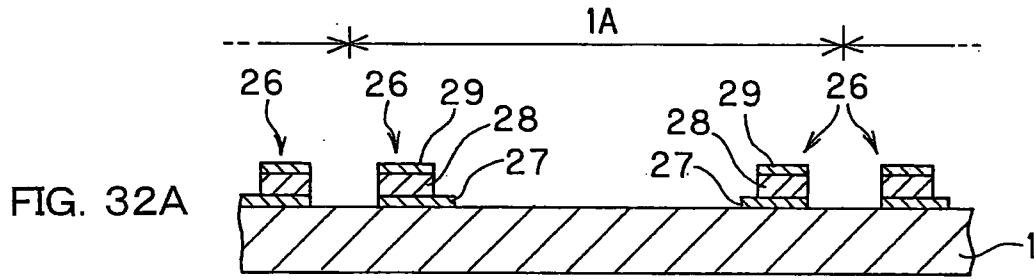


FIG. 29B







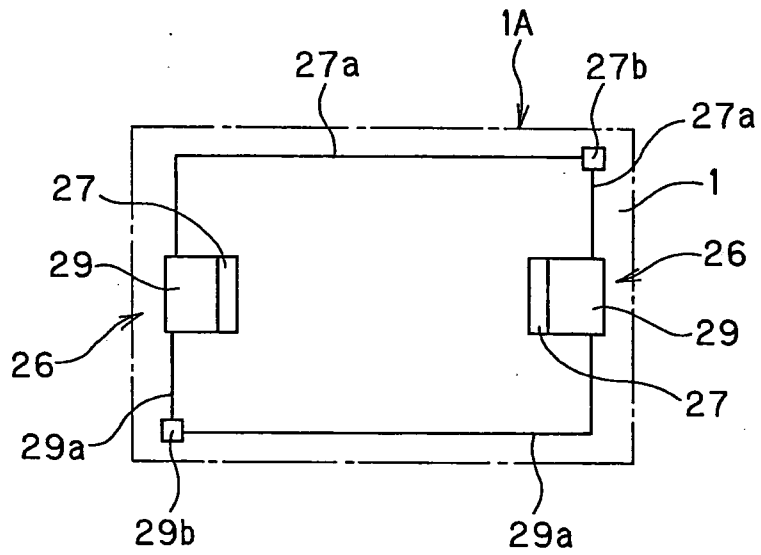


FIG. 33A

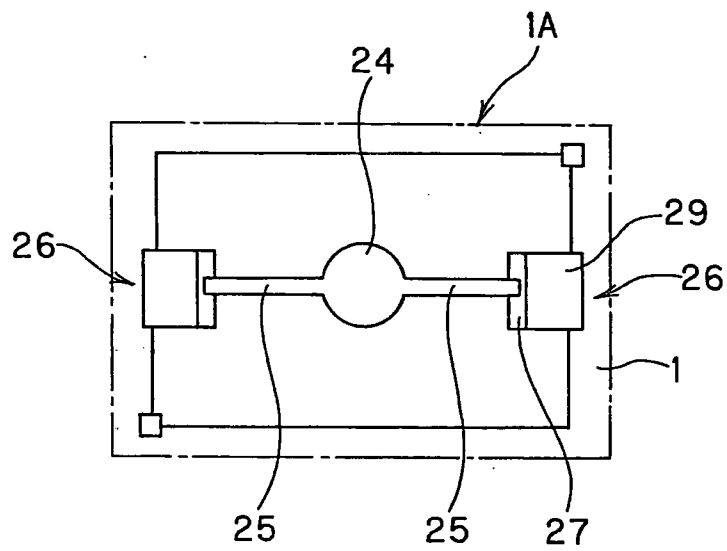


FIG. 33B

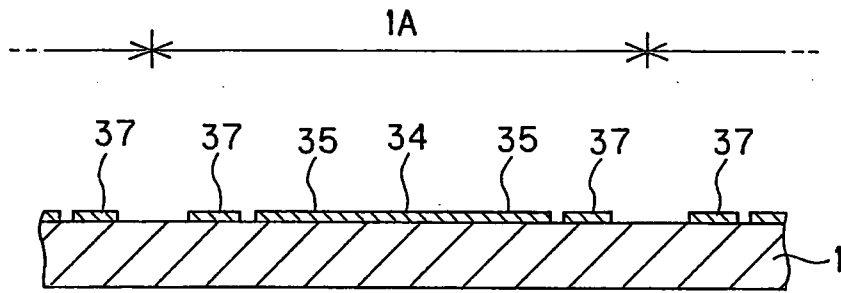


FIG. 34A

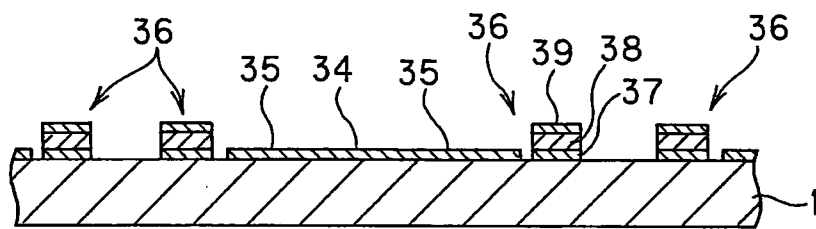


FIG. 34B

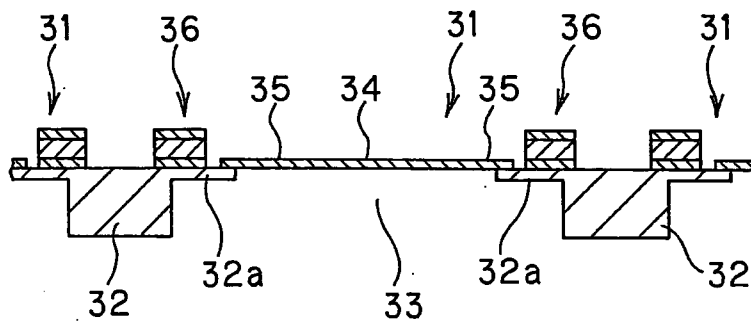


FIG. 34C

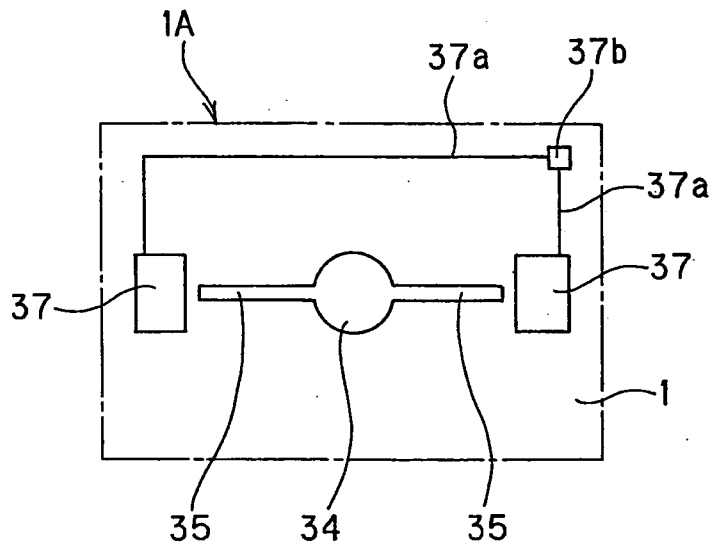


FIG. 35A

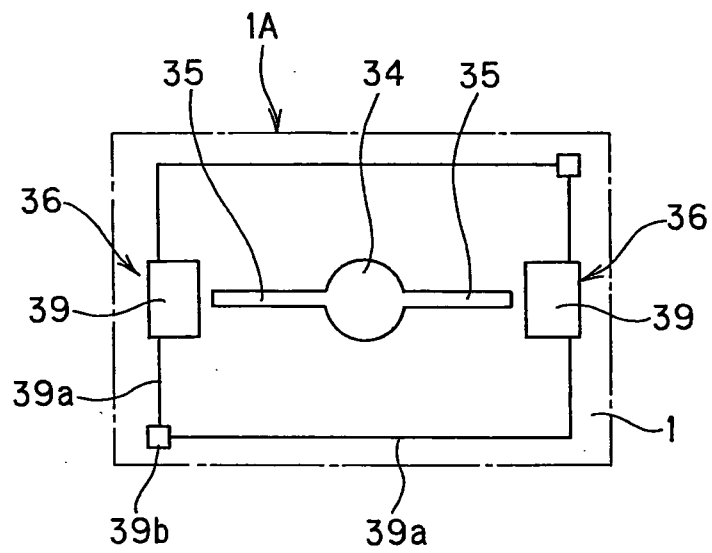


FIG. 35B

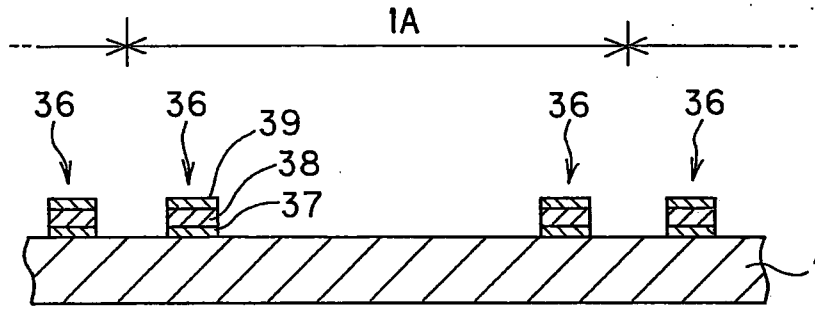


FIG. 36A

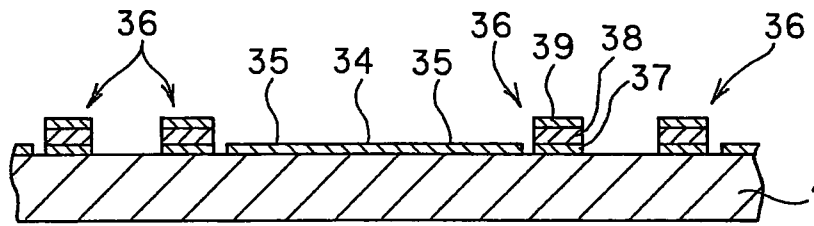


FIG. 36B

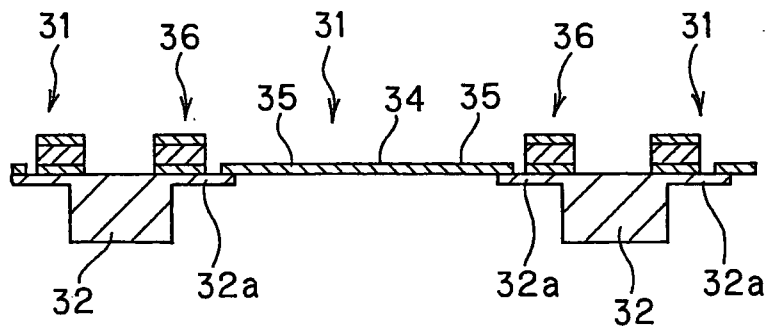
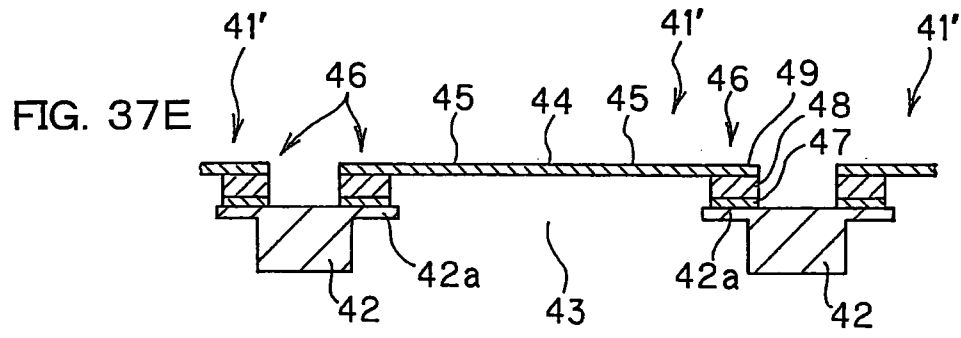
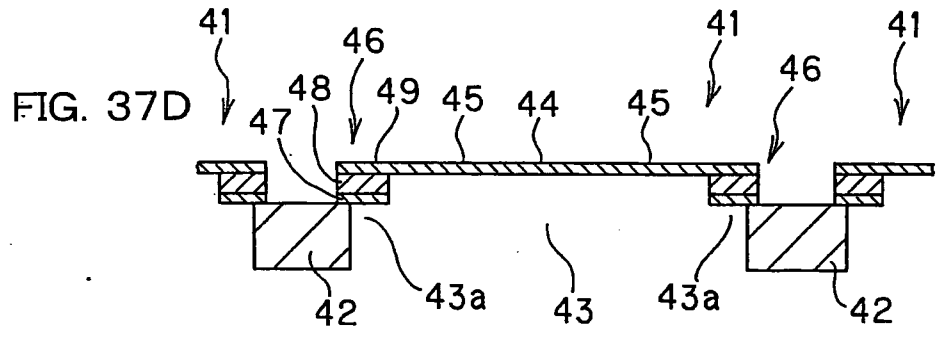
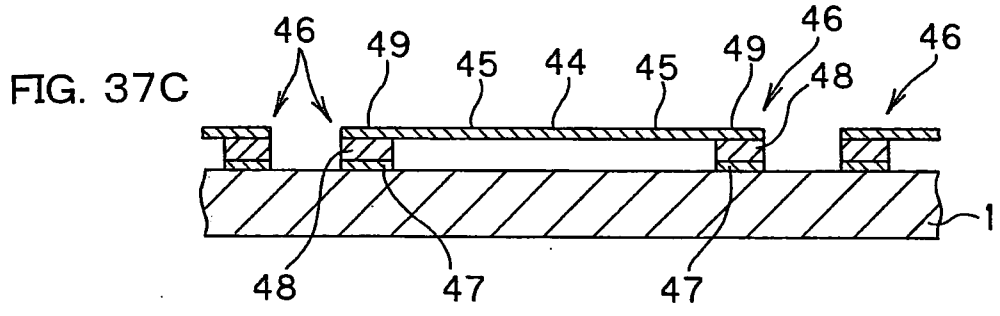
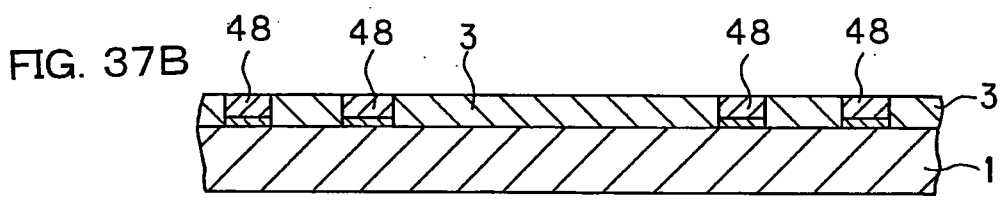
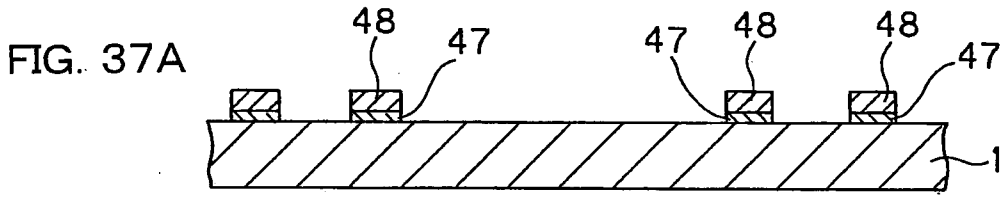
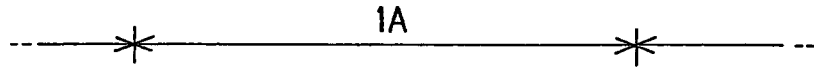
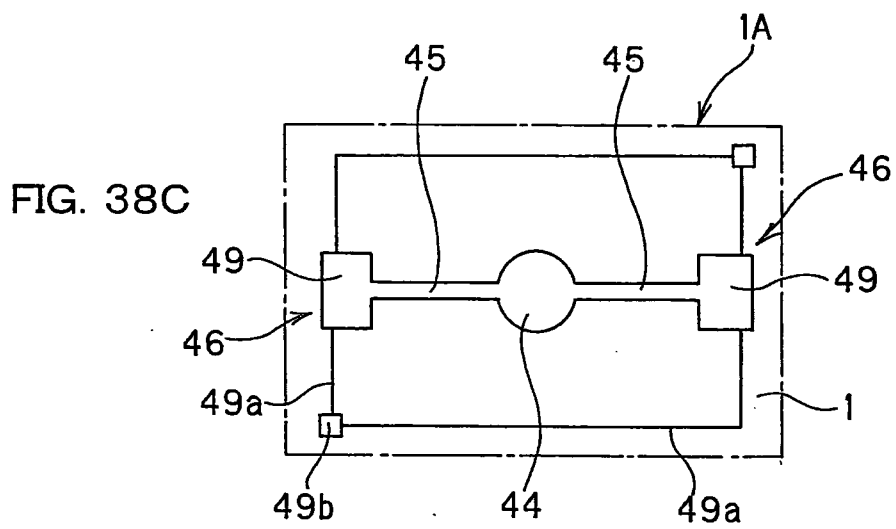
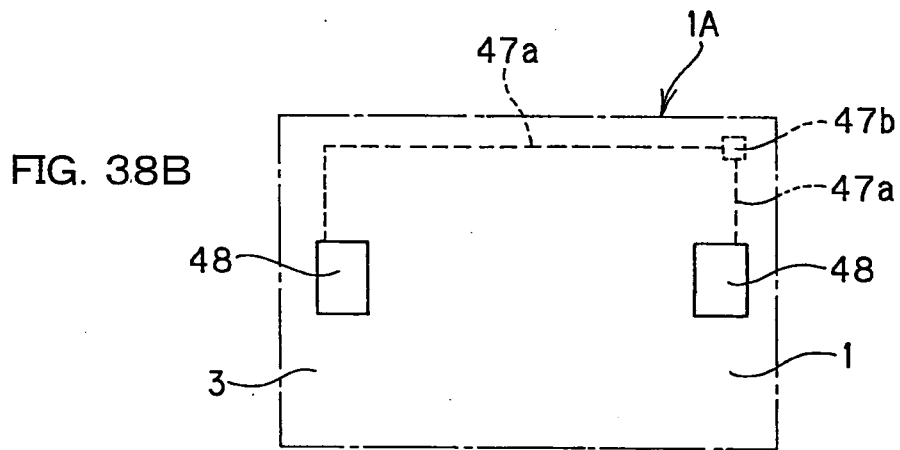
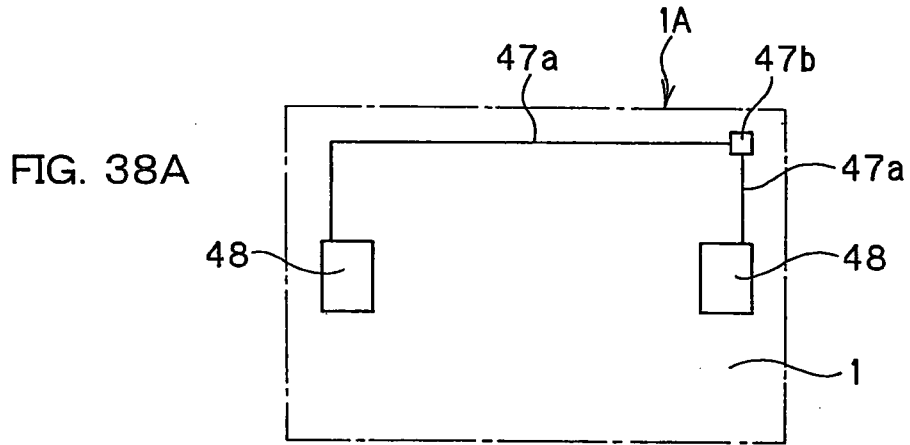


FIG. 36C





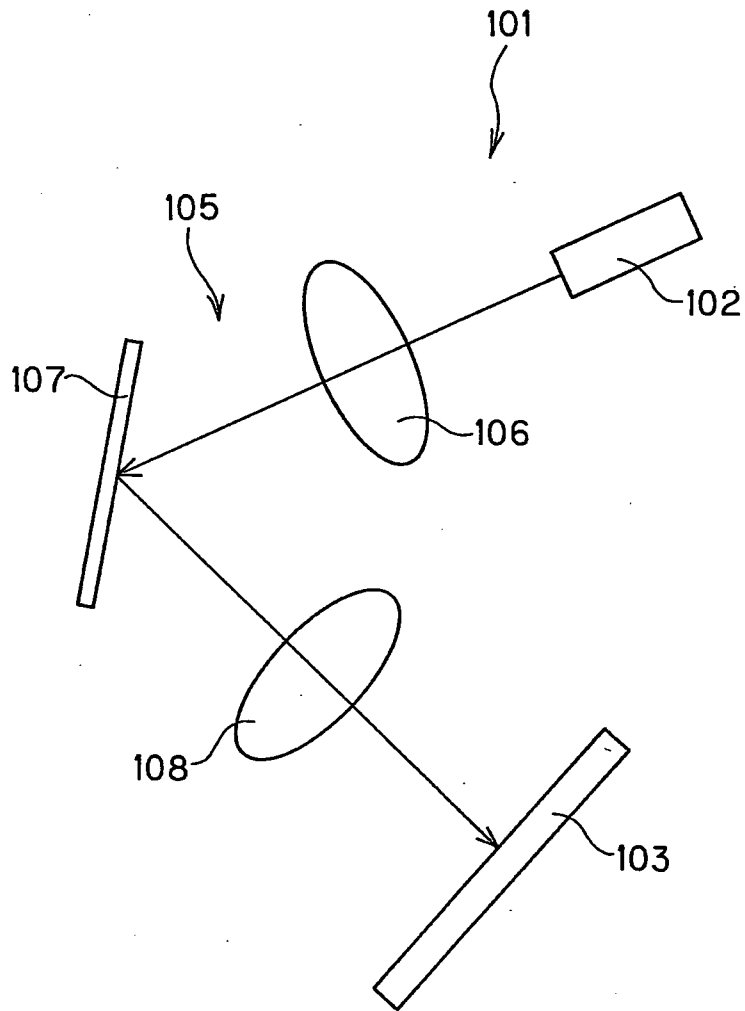


FIG. 39

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/060630

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G02B26/10(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i, B81C1/00(2006.01)i, H04N1/113 (2006.01)i		
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) G02B26/08-26/10, B81B3/00, B81C1/00, H04N1/113		
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 1996-2008 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2008 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2008		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) JSTPlus (JDreamII), JST7580 (JDreamII)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-94146 A (Brother Industries, Ltd.), 12 April, 2007 (12.04.07), Par. Nos. [0025], [0027]; Figs. 1, 2 (Family: none)	1, 2, 4, 6-11
Y	JP 2003-66361 A (Ricoh Co., Ltd.), 05 March, 2003 (05.03.03), Par. Nos. [0023], [0024] & US 2003/0053156 A1	1, 2, 4, 6-11
Y	WO 2004/017119 A1 (Fujitsu Ltd.), 26 February, 2004 (26.02.04), Page 8, lines 40 to 43 & EP 1542059 A1	1, 2, 4, 6-11
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 07 July, 2008 (07.07.08)		Date of mailing of the international search report 15 July, 2008 (15.07.08)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/060630

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 2924200 B1 (Fuji Electric Co., Ltd.), 07 May, 1999 (07.05.99), Par. No. [0009] (Family: none)	1, 2, 4, 6-11
Y	JP 7-84196 A (Canon Inc.), 31 March, 1995 (31.03.95), Par. Nos. [0049], [0052] (Family: none)	11
Y	JP 2006-293116 A (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), 26 October, 2006 (26.10.06), Claim 10; Par. Nos. [0011], [0013]; Fig. 5 & US 2006/0245023 A1	7, 9
Y	JP 2007-65649 A (LG Electronics Inc.), 15 March, 2007 (15.03.07), Par. Nos. [0045] to [0047], [0055]; Figs. 9, 11 & US 2007/0047046 A1 & EP 1757972 A1 & KR 2007-0024141 A	10
A	JP 2006-320089 A (Brother Industries, Ltd.), 24 November, 2006 (24.11.06), Par. No. [0073]; Fig. 9 (Family: none)	12-16

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G02B26/10(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i, B81C1/00(2006.01)i, H04N1/113(2006.01)i		
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. G02B26/08-26/10, B81B3/00, B81C1/00, H04N1/113		
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 1971-2008年 日本国実用新案登録公報 1996-2008年 日本国登録実用新案公報 1994-2008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） JSTPlus(JDreamII), JST7580(JDreamII)		
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
Y	JP 2007-94146 A（ブラザー工業株式会社）2007.04.12, 段落【0025】，【0027】，図1，2（ファミリーなし）	1, 2, 4, 6-11
Y	JP 2003-66361 A（株式会社リコー）2003.03.05, 段落【0023】，【0024】 & US 2003/0053156 A1	1, 2, 4, 6-11
Y	WO 2004/017119 A1（富士通株式会社）2004.02.26, 第8頁第40-43行 & EP 1542059 A1	1, 2, 4, 6-11
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 07.07.2008	国際調査報告の発送日 15.07.2008	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 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） 早川 貴之 電話番号 03-3581-1101 内線 3294	2X 4085

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
Y	JP 2924200 B1 (富士電機株式会社) 1999.05.07, 段落【0009】 (ファミリーなし)	1, 2, 4, 6-11
Y	JP 7-84196 A (キヤノン株式会社) 1995.03.31, 段落【0049】, 【0052】 (ファミリーなし)	11
Y	JP 2006-293116 A (独立行政法人産業技術総合研究所) 2006.10.26, 請求項 10, 段落【0011】, 【0013】, 図 5 & US 2006/0245023 A1	7, 9
Y	JP 2007-65649 A (エルジー エレクトロニクス インコーポレイテ ッド) 2007.03.15, 段落【0045】 - 【0047】, 【0055】, 第 9, 11 図 & US 2007/0047046 A1 & EP 1757972 A1 & KR 2007-0024141 A	10
A	JP 2006-320089 A (ブラザー工業株式会社) 2006.11.24, 段落【0073】, 第 9 図 (ファミリーなし)	12-16