(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
2008 年4 月17 日 (17.04.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/044470 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 26/10 (2006.01) *G02B 26/08* (2006.01)
B81B 3/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2007/068699

(22) 国際出願日: 2007 年9 月26 日 (26.09.2007)

(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 2006-279202
2006 年10 月12 日 (12.10.2006) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 独立行政法人産業技術総合研究所 (**NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY**) [JP/JP]; 〒1008921 東京都千代田区霞が関１丁目３番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

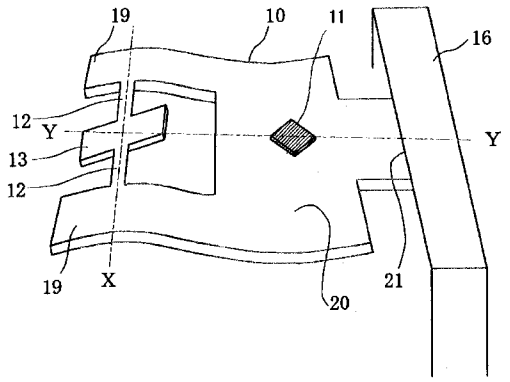
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 明渡 純 (**AKEDO, Jun**) [JP/JP]; 〒3058564 茨城県つくば市並木１－２－１ 独立行政法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP). 佐藤 治道 (**SATO, Harumichi**) [JP/JP]; 〒3058564 茨城県つくば市並木１－２－１ 独立行政法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP). 朴 載赫 (**PARK, Jaehyuk**) [KR/JP]; 〒3058564 茨城県つくば市並木１－２－１ 独立行政法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP).

(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, 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, JP, KE, KG, KM, KN, KP,

[続葉有]

(54) **Title:** OPTICAL SCANNING DEVICE

(54) 発明の名称: 光走査装置



(57) **Abstract:** Intended is to provide an optical scanning device, which is enabled to generate torsional vibrations efficiently in a mirror portion with a simple structure, by forming a piezoelectric film actuator on a substrate having a torsional beam portion for supporting a mirror portion, using a thin film forming technique such as an aerosol deposition method (as may be abbreviated into the "AD method"), a sputtering method or a sol-gel method, and by generating the torsional vibrations at the mirror portion, using the vibrations of the substrate. The optical scanning device comprises a substrate body, two cantilever beam portions protruding from the two side portions of one side of the substrate body, a mirror portion supported on its two sides between those cantilever beam portions by torsional beam portions, a drive source for vibrating the substrate body, and a light source for projecting a light to the mirror portion. This mirror portion vibrates resonantly with the vibrations applied to the substrate by the drive source, so that the direction of the reflected light of the light projected from the light source to the mirror portion changes in accordance with the vibrations of the mirror portion. The optical scanning device is characterized in that the fixed end portion of the substrate body on the side opposed to the mirror portion side is fixed on a support member, and in that the drive source is disposed at a portion of the substrate body.

(57) 要約: 【課題】本発明は、ミラー部を支持する捻れ梁部を有する基板にエアロゾルデポジション法（以下、「ＡＤ法」と略す場合がある。）、スパッタリング法あるいはゾルーゲル法等の薄膜形成技術を用いて圧電膜アクチュエータを形成し、基板の振動を利用してミラー部に捻れ振動を生じさせることにより、簡単な構造で効率的にミラー部に捻れ振動を発生することができる光走査装置を提供することを目的とするものである。【解決手段】

[続葉有]

WO 2008/044470 A1

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.

(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, MT, 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

本発明の光走査装置は、基板本体と、基板本体の一側の両側部から突出した２つの片持ち梁部と、これら片持ち梁部間に捻れ梁部により両側を支持されるミラー部と、基板本体を振動させる駆動源と、ミラー部に光を投射する光源とを備え、ミラー部は駆動源によって基板に加えられる振動に応じて共振振動し光源からミラー部に投射される光の反射光の方向がミラー部の振動に応じて変化する光走査装置において、基板本体のミラー部側と反対側の固定端部を支持部材に固定するとともに、基板本体の一部に駆動源を設けることを特徴としている。

明 細 書

光走査装置

技術分野

[0001] 本発明は、光ビームの走査によりスキャンを行う光スキャナに関し、特に捻れ梁(トーションバー)に支持された微小なミラーを揺動させて光ビームを偏光させる構成の光走査装置に関するものである。

背景技術

[0002] 近年におけるレーザ光等の光ビームを走査する光スキャナは、バーコードリーダ、レーザープリンタ、ヘッドマウントディスプレー等の光学機器、あるいは赤外線カメラ等入力デバイスの光取り入れ装置として用いられている。この種の光スキャナとして、シリコンマイクロマシニング技術を利用した微小ミラーを揺動させる構成のものが提案されている。例えば、図22は、特開平11－52278号公報(特許文献1)に開示されたシリコンマイクロミラーを有する光スキャナを示している(以下「従来技術1」という。)。この光スキャナはシリコンマイクロマシニング技術を用いて作製され全体サイズは数ミリ角に形成される。支持基板1は矩形の厚板で形成され、その中央部分には凹部1aが形成され、この凹部1a内にシリコン薄板で形成されたミラー2が内装支持されている。このミラー2には一体的に形成された2本のトーションバー3a、3bが両端方向に突出されており、これらトーションバー3a、3bの先端部は前記支持基板1に固定され、それぞれパッド4a、4bに接続されている。これにより、前記ミラー2は、トーションバー3a、3bの捻れにより、ミラーの平面方向と垂直な方向に揺動することが可能とされている。そして、前記ミラー2の少なくとも周辺領域あるいは表面には不純物イオンの打ち込みや拡散が行われ、あるいは、アルミニウムや銀あるいは導電性を有する有機薄膜などが被着されており、これらの領域が導電性を有する電極部5として構成されている。

[0003] 一方、前記支持基板1は、前記凹部1aを挟む両側位置の表面上に、絶縁体6を介してそれぞれ固定電極7a、7bが配置されている。これらの固定電極7a、7bは半導体あるいは有機材料からなる導電性材料で形成されており、かつそれぞれの内側縁

部は前記ミラー2の両側縁の電極部5に近接配置され、これら電極部5と前記各固定電極7a、7bとの間でコンデンサが形成されている。

一方の固定電極7aのパッド8aと、トーションバー3a、3bのパッド4a、4bとの間に所定の電圧を印加すると、これらパッド4a、4bにつながるミラー電極部5に電圧が印加され、固定電極7aとミラー電極部5の表面にお互いに逆の極性の電荷が蓄積してコンデンサが構成され、固定電極7aとミラー電極部5との間に静電引力が働き、ミラー2は回転が開始される。次に、ミラー2が元の位置に復帰された後は、今度は反対側の固定電極7bとミラー電極部5との間に電圧を印加することにより、今度は、回転方向は逆であるがミラー2が回転される。このような動作を繰り返して行うことにより、ミラー2は版と警報光及び時計方向のそれぞれの最大回転位置にまで回転する動作を繰り返す揺動動作が行われることになる。

[0004] また、シリコンマイクロマシニング技術を利用した微小ミラーを揺動させるための光スキャナとして特開平10－197819号公報（特許文献2）に記載のものが知られている（以下「従来技術2」という。）。

この光スキャナは、図23に示すように、光を反射するための板状のマイクロミラー1と、一直線上に位置してマイクロミラー1の両側を支持する一対の回転支持体2と、一対の回転支持体2が接続され、ミラー1の周辺を囲う枠部3と、枠部3に並進運動を加える圧電素子4とを備え、かつ、一対の回転支持体2を結ぶ直線上以外の場所にミラー1の重心を位置させた構成となっている。

圧電素子4に電圧を加えると、圧電素子4は伸縮を行い、Z軸方向に振動し、この振動は枠部3に伝達される。マイクロミラー1は、駆動された枠部3に対して相対運動を起こし、Z軸方向の振動成分がマイクロミラー1に伝えられると、マイクロミラー1はX軸回転支持体2で成す軸線に対して左右非対称の質量成分を持つので、X軸回転支持体2を中心にマイクロミラー1に回転モーメントが生じる。このようにして、圧電素子4によって枠部3に加えられた並進運動は、マイクロミラー1のX軸回転支持体2を中心とした回転運動に変換される。

[0005] また、図24に示すように、振動子1において可動部2の両側からはり部3、3が互いに反対方向にのび、固定部6の2つの腕部4、4につながっており、固定部6の腕部4

、4にはそれぞれ圧電薄膜5、5が設けられ、これらの圧電薄膜5、5は高次振動周波数を含む同じ信号により駆動されるようにした光走査装置が特開平10－104543号公報（特許文献3参照。以下「従来技術3」という。）に記載されている。

特許文献1：特開平11－52278号公報

特許文献2：特開平10－197819号公報

特許文献3：特開平10－104543号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0006] 上記した従来技術1の光スキャナでは、シリコンマイクロマシニング技術を用いて数ミリ角に作製されるものであり、ミラー2の少なくとも周辺領域あるいは表面に電極部5を形成するとともにトーションバー3a、3bにパッド4a、4bを設け、さらに、支持基板1の両側位置の表面上に絶縁体6を介してそれぞれ固定電極7a、7b及びパッド8a、8bを配置する必要があった。

このように、ミラー2の少なくとも周辺領域あるいは表面に電極部5を、また、トーションバー3a、3bにパッド4a、4bを、さらに、支持基板1の両側位置の表面上に絶縁体6を介してそれぞれ固定電極7a、7b及びパッド8a、8bを、形成するため、構造が複雑になり、故障発生の要因が増加するだけでなく、製造に時間がかかり、コストアップにつながるという問題があった。

[0007] また、上記した従来技術2の光スキャナでは、圧電素子4によって枠部3に加えられる並進運動をマイクロミラー1のX軸回転支持体2を中心とした回転運動に変換する構造であるため、マイクロミラー1の重心位置を捻れ梁に対してずらす必要があった。

また、装置がX－Y軸方向だけでなくZ軸方向にも厚みが必要であり、薄型化が困難であった。

[0008] また、上記した従来技術3の光走査装置では、可動部2の振れ角が大きくとれないという欠点があった。

すなわち、フレーム部から出た2本の捻じれ梁を支持する2本の幅の細い片持ち梁部分に圧電膜を形成すると、この部分の剛性が増加し、圧電膜に誘起された振動が、効率よく捻り梁部に伝達されず、結果、ミラーの捻じれ振動が小さくなる。また、2つ

の片持ち梁部とその上に形成される圧電膜とで構成される振動源部分の振動特性を正確に一致させないと、ミラーの捻じれ振動の振動振幅が抑制されるのと同時に、捻じれ振動以外の振動モードが重畳し、正確なレーザービームの走査が実現できない。さらに、ミラーの駆動力を増加させるため圧電膜部分の面積を大きくするには、上記片持ち梁部の幅を大きくする必要が有り、このため同片持ち梁部に2次元的な不要の振動モードを発生させ、ミラーの捻じれ振動の振動振幅が抑制されるのと同時に、捻じれ振動以外の振動モードが重畳し、正確なレーザービームの走査が実現できないなどの問題がある。また、上記片持ち梁の幅が細く制限されるため、この部位に形成された圧電膜を駆動するための上部電極の形成は、幅が細いため容易でなく、量産時の歩留まりに大きく影響するなどの問題点がった。

[0009] 図25は、従来技術3の場合と同様のもので、フレーム部から出た2本の捻じれ梁を支持する2本の幅の細い片持ち梁部分に圧電膜を形成する構成となっており、ミラー部走査角度の駆動効率をシミュレーション計算により調べたものである。y=0の面を対称面とし，半分のみモデル化した。

図26に、図25に示すフレーム部から出た2本の捻じれ梁を支持する2本の幅の細い片持ち梁部分に圧電膜を形成する構成のミラーの振れ角を示す。駆動電圧は1Vとし、圧電体の電気特性は、典型的なパラメータであるPZT－5Aの特性、スキャナーフレーム本体の材質はSUS304の特性を用いた。ミラー部の振れ角は、0．63度であった。

[0010] 本発明は、ミラー部を支持する捻れ梁部を有する基板にエアロゾルデポジション法（以下、「AD法」と略す場合がある。）、スパッタリング法あるいはゾルーゲル法等の薄膜形成技術を用いて圧電膜アクチュエータを形成し、基板の振動を利用してミラー部に捻れ振動を生じさせることにより、簡単な構造で効率的にミラー部に捻れ振動を発生することができる光走査装置を提供することを目的とするものである。

課題を解決するための手段

[0011] 上記目的を達成するための本発明のミラー部における捻れ振動の発生原理および装置の基本的事項について図を参照しながら以下に説明する。

〔ミラー部における捻れ振動の発生原理〕

本発明の光走査装置の基本構成は、図1に示すとおり、基板本体20と基板本体の両側部から突出した2つの片持ち梁部19、19からなる基板10と、片持ち梁部19、19間にミラー部13を両側から支持するように設けられた捻れ梁部12、12と、基板本体20に設けられた圧電膜等からなる駆動源11と、基板本体のミラー部13側と反対側の固定端部21を固定する支持部材16とからなっている。ミラー部13を支持する捻れ梁部12は、片持ち梁部19の軸方向に対し垂直方向(X軸方向)に設けられている。

図2に示すように、駆動源11である圧電膜に電圧を印加すると、圧電膜直下の基板本体20は圧電膜と一緒に曲げたわみを生じ、基板本体20に振動を発生する。すなわち、図2(a)に示すように圧電膜側にプラスの電圧を印加すると圧電膜は延び、逆に図2(b)に示すように圧電膜側にマイナスの電圧を印加すると圧電膜は縮み、基板10に振動を発生する。

この時、基板本体20上に発生された振動は、基板本体20から片持ち梁部19を伝搬し、図1に示す捻れ梁部12で支持された水平状態にあるミラー部13に回転モーメントを与える力を作用させることができ、捻れ振動を誘起する。

[0012] 〔駆動源の配置〕

従来技術3において説明したように、駆動源11をミラー部13に近い捻れ梁部12及び片持ち梁部19に設けた場合、大きな捻れ角度でミラー部13を振動させることはできない。

これに対して、本発明では、振動源11である圧電膜を基板本体20に1つ形成することにより、2つの片持ち梁部19、19の剛性を下げ、効率よくミラー部13の捻じれ振動を誘起すると同時に、ミラー部13を駆動する駆動源11を1つにすることで、上記、駆動源11の不均等などに起因する不要な振動モードの誘起ならびに振幅低下の問題を解消する。また、このように駆動源11となる圧電膜形成部分と、ミラー部13ならびにミラー部13を支持する捻れ梁部12から構成されるミラー捻れ振動部を上記2つの片持ち梁部19、19で分離することにより、駆動源11の圧電膜の面積を片持ち梁部19の幅に関係なく自由に設定でき、ミラー捻れ振動部により効率的に大きな駆動力を投入することが可能となり、さらに、圧電膜駆動用の電極形成も容易になり、工業

的生産における歩留まりを向上することが可能となる。

図3は、本発明に係る振動源11である圧電膜を基板本体20に1つ形成する構成の光走査装置を、y=0の面を対称面とし，半分のみモデル化した平面図である。光走査装置の基本構成となるミラー部13の寸法やねじれ梁12の寸法、捻れ梁12のミラー部13への取り付け位置（ミラー部の重心位置）、基板10の形状ならびにその支持方法、さらに圧電体の厚みや膜面積の合計値は、図19に示した従来技術3と同じにしてある。違いは、駆動源11である圧電膜の形成位置だけである。

図4に、図3に示す装置のミラー部13の振れ角を示す。駆動電圧は1Vとし、圧電体の電気特性は、典型的なパラメータであるPZT－5Aの特性、スキャナーフレーム本体の材質はSUS304の特性を用いた。基本的に、図25に示す従来技術3と図3に示す本発明の共振周波数はほぼ同じだが、ミラー部13の振れ角は、従来技術3のものでは0．63度であるのに対し、図3に示す本発明によるものでは2．69度(30V換算で80.7度)と、4．3倍程度大きく振れることが確認された。

尚、ミラーの走査振幅を大きくするために、基板に配置される振動源を複数もう於けることも可能であるが、この場合、振動源の特性や取り付け位置、接着、成膜による取り付け状態のバラツキのため、基板部にミラー部を支持する捻れ梁に垂直方向の対称軸に対し非対称な2次元振動が誘起され易くなり、ミラーの捻れ振動による光ビームの走査精度は低下する。これに対し本発明では、振動源が一つでも効率よくミラー部に捻れ振動を誘起し、光ビームの走査ジッターの低減と製品のバラツキを大幅に抑えることができる。

[0013] また、一定の駆動電圧下でミラー部13の捻れ角度の最大振幅を得るためには、ミラー部13に対する駆動源11の配置が重要である。ミラー部13を支持する捻れ梁部12と片持ち梁部19の接続位置から離れた位置、すなわち、基板本体20の一部、例えば基板本体20の中央部に駆動源11を配置すると大きな捻れ角度でミラー部13を振動させることができる。

さらに、ミラー部13を支持する捻れ梁部12と片持ち梁部19の接続位置から離れた位置に駆動源11を設けて振動を発生する場合、ミラー部13を支持している捻れ梁部12と片持ち梁部19の接続箇所の近傍において基板振動の最小振幅（振動の節）

が得られる様に配置する。

また、片持ち梁部19と基板本体20の接続部が、駆動源11により基板本体20に励起される基板振動の最大振幅の近傍に位置するように設定するとより大きな捻れ角度でミラー部13を振動させることができる。

なお、ミラー部13を両側から支持する捻れ梁部12、12の振動モードを一致させるには、例えば、駆動源11を基板本体20の幅方向の中心（図1のY軸）に配置し、駆動源11から左右の捻れ梁部12、12までの距離を同じくするのも1つの手法である。

[0014] 〔共振周波数〕

図1に示す本発明のようなミラー部13から離れた位置で発生させた振動エネルギーを効率よくミラー部13の捻り振動になるエネルギーとして伝達するには、主にミラー部13の重量と捻り梁12のバネ定数で決定されるミラー部13の共振周波数（fm）と基板10自体の分割振動モードも含めた共振周波数（fb）とを大きくずらす必要が有る。ミラー部13の捻れ振動の共振周波数（fm）に合うように光走査装置の駆動源11を駆動したとき、基板10にも共振モードが誘起されると、駆動源11で発生された振動エネルギーは、エネルギー保存則からミラー部13の捻れ振動と基板10の2次元分割振動に分配されることになる。従って、基板10の2次元分割振動に駆動源11からの振動エネルギーが消費された分だけ、ミラー部13の捻れ振動の振幅（捻れ角度）は小さくなり、効率よく光走査装置を駆動することができない。

また、基板10に不要な2次元分割振動が誘起されると、その先端に位置するミラー部13にも捻れ梁12を回転軸とする純粋なねじれ振動以外の振動モードが重畳される場合もあり、直進走査性にすぐれた高精度の光走査を実現することができない。これに対して、本発明では、図5に示すようにミラー部に誘起される高次まで含む捻れ共振周波数a（fm（n）：n＝0，1，2，・・・・）がフレーム部に誘起される高次まで含む共振周波数b（fb（n）：n＝0，1，2，・・・・）と重ならないように設計される。

[0015] 〔駆動源となる圧電膜等の膜体の厚み及び面積〕

ミラー部13を振動させる駆動源11となる圧電膜等の膜体の厚みと、大きさは、基板本体20の厚みと大きさに応じて最適なサイズを取る必要がある。

光走査装置の使用条件を考えると、駆動電圧（圧電膜印加電圧）一定のもとでは、

膜体の厚さが薄くなればなるほど、大きな変位が得られることになる。実際には、特にAD法により形成された膜で金属基板上に形成した圧電膜の特性、膜厚に関して依存性があり、薄すぎると圧電特性の低下やリーク電流の増加などの膜特性が低下し、厚すぎると分極処理が困難になる。また、基板10の厚みに関しては、動作中のミラーの平坦性やプロジェクターデバイスなどへの応用で要求されるミラーサイズを考慮し、Si、ステンレス材の基板を想定すると、少なくとも10μm以上の厚みが要求される。以上のような点を考慮し、光走査装置の駆動に適した最適な圧電膜等の膜体の厚みは、基板本体20の厚さの6倍以下が適しており、膜体の厚さの下限は、おおよそ1μmで、このとき同一面積の膜厚に対し、最小の駆動電圧、消費電力で最大のミラー部走査角度を得ることができる。

また、駆動源11となる圧電膜等の面積については、上記、膜厚範囲に於いて、基板上での振動の伝搬方向に対して、膜体の長さが、おおよそ光走査装置を駆動する共振周波数と基板材料の音速で決まる振動の1／2波長より小さい範囲であれば効率的に駆動できる。さらにその範囲に於いて、消費電力も考慮すると、駆動源11の面積は、基板本体20と同じかあるいは、より小さいことが望まれる。より好ましくは基板本体20の面積の3／4以下である方がよい。

[0016] 〔ミラー部の重心位置〕

光走査装置のミラー部13を支持する捻り梁12の取り付け位置であるが、捻れ梁部12の軸に対し垂直方向のミラー部13の重心位置からずれた場合、図6に示すように梁の軸（X軸）を中心とする捻れ共振モードとミラー部13の重心位置（Xm）を中心とする捻れ共振モードの2つの共振f1、f2が存在する。このときに二つの共振周波数f1、f2の差はわずかで、駆動周波数が低周波数側から共振周波数に近づくときと、高周波側から共振周波数に近づく場合で、共振周波数近傍でのミラーの捻れ振動の角度の振幅（光走査角度）は同一にならず、大きなヒステリシス（履歴）が発生する。このヒステリシスは実用上大きな問題になる。例えば、環境温度の変動などにより光スキャナーの機械定数が変化し、これに応じて共振周波数が変化、光走査角度が変動する場合が考えられるが、この様な変動は、通常、圧電膜11に印加する駆動周波数を変化させ補償制御するが、上述のようなヒステリシスが存在すると、その非線形性の

ために非常に複雑な制御が必要となり、実用的でない。これに対して、ミラー部13の重心位置と、捻り梁の支持位置を一致させると、上述したようなヒステリシスは現れず、良好な共振特性を得ることができる。

[0017] 〔捻れ梁部の断面〕

ミラー部13を支持する捻れ梁部12の断面は、理想的には軸対象な円形であることが好ましいが、実際の加工では板材から形成されるので、有限の幅を持ち、その断面は矩形状である。このため、梁の幅(W)が大きくなりすぎると、僅かな加工誤差などに於いて、梁の幅(W)内で共振時の捻れ梁部12の軸の位置が移動するなどの現象を起こし、先述したような共振周波数近傍での駆動周波数に対し、捻れ角度の振幅(光走査角度)にヒステリシス現象を生じ駆動制御を困難にする。この様な問題を解決するためには、捻れ梁部の幅についてもある幅以下にする必要がある。実験的には、捻れ梁部の長さ(T_1)、基板厚み(T_2)に対し、$W/T_1 \leqq 0.4$または$0.05 \leqq T_2/W \leqq 2$の範囲にあることが必要で、$W/T_1 \leqq 0.2$または$0.1 \leqq T_2/W \leqq 0.5$の範囲にあることが好ましい。

[0018] 〔圧電膜の形成方法〕

圧電膜の形成方法については、エアロゾルデポジション法を用いて形成すれば、低温高速プロセスのため、容易に短時間で数ミクロン以上の厚膜を金属基板上などに直接形成できるが、これに限ったものでなく、例えば、Si基板など耐熱温度のある材料を利用すれば、スパッター法やCVD法、ゾルーゲル法などの従来の薄膜技術を用いて、エピタキシャル成長した高性能の圧電薄膜を形成することも可能で、より微小の光走査装置を構成する場合などに有用である。

[0019] 〔基板の支持〕

基板10は基板本体20のミラー部13側と反対側の固定端部21を支持部材16で片持ち状態で固定・支持した方がミラー部13の捻れ振幅を大きくすることができる。 その際、支持部材16で固定する固定端部21の幅は基板本体20の幅の1／20～3／4の範囲が適している。より好ましくは基板本体20の幅の1／10～1／2の範囲である方がよい。

基板本体20のミラー部13側と反対側にある固定端部21の幅が基板本体20の幅よ

り狭くして支持部材16により片持ち状態で固定・支持した方が駆動源11によって基板本体20に振動をより効率的に発生させることができ、ミラー部13の捻れ振幅を大きくすることができる。

ミラー部13の捻れ角度は，固定端部21の幅が狭いほど大きくなる傾向が確認されている。その際、支持部材16で固定する固定端部21の幅は基板本体20の幅の1／20～3／4の範囲が適している。基板本体20の幅の1／20以下になると、実用的な面で狭くしすぎであり、固定が不安定になり実用的でない。

図7は、種々の基板形状を示したものである。

例えば、図7(a)は固定端部21が基板本体20の幅と同じ場合であり、この場合、ミラー部13の捻れ角度は35° である。一方、図の(b)(c)(d)に示すような固定端部21の全体の幅が基板本体20の幅より狭い場合は、同じ駆動電圧で、ミラー部13の捻れ角度が40° 以上の高いものを得ることができた。

また、固定端部21の全体の幅だけではなく、この形状も重要であることも分かった。

例えば、図7(b)に示す基板本体20の固定端部21近傍に左右から矩形の切り込みを入れて固定端部21の幅を小さくした場合(「エ型形状」という。)、捻れ角度は46° であった。図7(c)に示す基板本体20の固定端部21近傍に左右から三角形の切り込みを入れて固定端部21の幅を小さくした場合(「Y型形状」という)、捻れ角度は54° であり、駆動源11によって基板本体20の振動をより効率的に発生させ、ミラー部13の捻れ振幅を大きくできることができる。その際、固定端部21の全体の幅を基板本体20の幅の1／8～1／2とするのがよい。

また、固定端部21の一部を基板本体20の中央部に配置することが、大きな捻れ角度でミラー部13を振動させることができる。例えば、図7(e)に示す固定端部21の一部の位置が基板本体20の中央に位置しない場合、ミラー部13の捻れ角度が43° であった。しかし、図7(d)に示す固定端部21の一部が基板本体20の中央の位置にもある場合(「眼鏡フレーム形状」という。)、ミラー部13の捻れ角度は54° であった。

[0020] 一方、固定端部21が基板本体20の幅と同一である場合でも、基板本体20の固定端部21を固定する支持部材16による支持形態を変えることで、光走査装置の固定安定性をより高めるためことができる。

図8は、3つの支持形態の例を示したものである。

図8(a)は、基板本体20の一側全面を支持部材16により支持した例であり、この場合、ミラー部13の捻れ角度が45°であった。

図8(b)は、基板本体20の一側全面及びそれに続く両側も支持部材16により支持した例であり、この場合、ミラー部の捻れ角度が43°であった。駆動源11によって基板本体20に発生される振動は、基板本体20のミラー部13側と反対側においてその両側部分ではあまり大きくないので(図12参照)、固定端部21の両側部分を支持部材16で固定してもミラー部13の捻れ振幅にはほとんど影響がない。図8(b)の場合、基板10を固定する長さが長くなるので、実用的に光走査装置の固定安定性をより高めるためことができる。その際、平面内で、支持部材16の開口する三角形の角度θを30°～300°の範囲にするのがよい。

また、基板10を支持部16に固定する手段として基板本体20を上下で挟み込むと安定した固定が可能となるが、この挟み込み部が平面の場合は、基板本体の固定端部に均等な接触圧がかからず、不要な共鳴が発生し十分な固定ができない場合がある。そこで、挟み込み部の断面形状を図8(c)に示すように曲面状にしておくと、基板本体部20の固定端部近傍にわずかに曲げ張力が作用することで、基板本体部20と支持部16との接触面に均一の圧力が加わり押さえられることで、より安定した固定が可能となる。実験では、挟み込み部が平面の場合は、ミラー部13の捻れ角度が30°であったものが、図8(c)の曲面形状をとった場合、共振周波数は安定化し、ミラー部13の捻れ角度も54°まで増加させることができた。

なお、挟み込み部の断面形状は、上記の曲線形状だけでなく、基板本体部をわずかに折り曲げるような三角形状でもよい。

[0021] 本発明による光走査装置は、基本構造として、図1に示す基板本体20がミラー部13と反対側で、支持部材16に片持ち支持された構造になっており、このため光走査装置の全体に上下の外乱振動が加わると、光走査装置全体が振動し、ミラー部13で反射、走査される光ビームは、この振動の影響を受け不安定に振動し、正確な光走査が保証できない問題点があった。従って、携帯機器などでの実用的な応用を想定すると、この光走査装置全体が片持ち構造で不安定なことを改善する必要が有る。

そこで、本発明では、図9に示すように、片持ち支持されている光走査装置全体を囲むように配置された剛性の高い基板固定フレーム22に、幅の細い基板接続用梁23で、光走査装置を固定端部21から離れた位置でも固定する。

このとき、基板接続用梁23の固定位置によって光走査装置自体の共振状態が変化し、ミラー部13の走査角度や共振周波数が影響を受ける。

[0022] 図10、図11は、この様子を調べたもので、図10－aに示すように、ミラー部13が捻り共振している時に振動の腹に近い振動振幅が大きい片持ち梁部12の付け根で、基板接続用梁23により光走査装置を固定すると、ミラー部13の走査振幅は、固定されていない場合の約53° の走査振幅に対し、約17° と大幅に低下する。これは、光走査装置の外縁部で振動振幅の大きな箇所を固定し、その振動を抑制すると、光走査装置基板10全体の振動モードを変化させ、結果、ミラー部13の捻れ振動に効率よくエネルギーを伝えられなくなるためである。

これに対して、図11で示す基板接続用梁23で接続されていない状況で、ミラー部13が捻り共振している時に、光走査装置基板10の縁部分（図11の符号24で示された箇所）のZ軸方向の振動振幅が最小となる節25近傍の箇所で、図10－dに示すように基板接続用梁23で接続固定した場合は、ミラー部13の走査振幅は、約55° と基板固定フレーム22に固定しない場合よりもむしろ若干大きな走査振幅となる。この場合は、光走査装置基板10全体の振動モードを変化させないので、固定していない場合とほぼ等価な共振状態を維持でき、基板接続用梁23による光走査装置基板10固定のミラー部13の走査振幅への影響は、最小となる。

従って、光走査装置の外縁部で、ミラー共振時に振動の節あるいは、振動振幅が最も小さく、かつなるべく光走査装置支持部材16から遠い箇所で、基板接続用梁23により光走査装置を固定すると、ミラー部13の走査振幅を減衰させることなく、光走査装置を外乱振動に対し安定に支持することができる。

[0023] 以上の本発明による光走査装置の光ビームの走査ジッタと走査ウォブル（ビーム走査速度の安定性）を、エーエルティー株式会社製：MEMSスキャナ計測システム[ALT－9A44]で評価したところ、従来のシリコン製MEMS光スキャナー（日本信号製）が走査ジッタが、Jp-p：0.2～0.3%であるのに対し、本発明の光走査装置は、金属材

料で構成されているにもかかわらず、走査共振周波数6kHz、16kHz、24kHzに対し、Jp-p:0.06%以下 と一桁小さく、従来ポリゴンミラー方式に相当する高精度な光ビーム走査を実現できている。また、従来ポリゴンミラー方式では、走査ウォブルが、Wp-p :30～40秒程度有り、f－Θレンズなどで補正をかけ、値を1桁下げる必要が有るが、本発明による光走査装置では、走査ウォブルが、Wp-p :5秒以下と、一桁低い値となっており、補正レンズ系なしで高安定なビーム走査速度を実現できており、小型、低コスト化を容易に可能とする。以上の測定結果から、本発明による光走査装置は、レーザプリンターなどに使用できる高い光ビーム走査精度が得られていることが明らかである。

[0024] 本発明は、上記の知見に基づいて成されたもので、その要旨とするところは次のとおりである。

(1)本発明の光走査装置は、基板本体と、基板本体の一側の両側部から突出する2つの片持ち梁部と、これら片持ち梁部間に捻れ梁部により両側を支持されるミラー部と、基板本体を振動させる駆動源と、ミラー部に光を投射する光源とを備え、ミラー部は駆動源によって基板に加えられる振動に応じて共振振動し光源からミラー部に投射される光の反射光の方向がミラー部の振動に応じて変化する光走査装置において、基板本体のミラー部側と反対側の固定端部を支持部材に固定するとともに、基板本体の一部に駆動源を設けることを特徴としている。

(2)また、本発明の光走査装置は、上記(1)において、基板本体の固定端部の幅を基板本体の幅の1／20～3／4の範囲とすることを特徴としている。

(3)また、本発明の光走査装置は、上記(1)又は(2)において、基板本体の固定端部を少なくとも基板本体の幅方向の中央部を残して形成することを特徴としている。

(4)また、本発明の光走査装置は、上記(1)乃至(3)において、基板本体の固定端部を上下から挟み込んで固定するとともに、固定端部の断面形状を曲面状あるいは折り曲げ状にすることを特徴としている。

(5)また、本発明の光走査装置は、上記(1)乃至(4)において、駆動源を、圧電膜、磁歪膜または永久磁石膜からなる膜体を直接基板上に形成することにより構成し、膜体の厚さを基板の厚さの6倍以下とすることを特徴としている。

(6)また、本発明の光走査装置は、上記(1)乃至(5)のいずれかにおいて、膜体の面積を基板本体の面積の3／4以下とすることを特徴としている。

(7)また、本発明の光走査装置は、上記(1)乃至(6)のいずれかにおいて、ミラー部を支持している捻れ梁部と片持ち梁部の接続部は、駆動源により基板本体に励起される基板振動の最小振幅(振動の節)の近傍に設けられることを特徴としている。

(8)また、本発明の光走査装置は、上記(1)乃至(7)のいずれかにおいて、片持ち梁部と基板本体の接続部が、駆動源により基板本体に励起される基板振動の最大振幅(振動の腹)の近傍に位置するように設定されることを特徴としている。

(9)また、本発明の光走査装置は、上記(1)乃至(8)のいずれかにおいて、ミラー部の重量と捻り梁のバネ定数で決定されるミラー部の共振周波数と基板の共振周波数とを大きくずらすことを特徴としている。

(10)また、本発明の光走査装置は、上記(1)乃至(9)のいずれかにおいて、基板本体及び片持ち梁部を囲むように基板固定フレームを配置して基板本体の固定端部側で固定するとともに、基板本体と基板固定フレームとを支持部材から離れた位置で、かつ、基板振動の最小振幅の近傍において基板接続用梁で接続することを特徴としている。

上記の特徴を有する本発明は、ミラー部を支持する基板に駆動源によって誘起された振動を発生させ、この振動によりミラー部に回転モーメントを生じさせ、共振現象を利用してミラー部に大きな捻れ振幅を発生させるものである。

発明の効果

[0025] 本発明は、以下のような優れた効果を奏する。

(1)基板本体の両側部から突出した2つの片持ち梁部間に捻れ梁部によりミラー部の両側を支持し、基板本体のミラー部側と反対側の端部を固定するとともに、基板本体の一部に駆動源を設けることにより、5kHz以上の高速走査速度及び20° 以上の大振幅光学走査角を有する高性能な光走査装置を提供できる。また、ミラー部を、重心及び重心から外れた位置のどちらで支持してもミラー部の捻れ振動を可能とする。さらにまた、構造の単純化、製造コストの低減を図ることができる。また、小型の振動

源でミラー部に大きな振動を与えることができる。さらにまた、振動源となる圧電膜の消費電力を大幅に低減できる。また、圧電膜の配置に自由度が増すため、光走査装置の小型、薄型化を図ることができる。

(2)基板本体のミラー部側と反対側の固定端部を基板本体の幅の1／20～3／4の範囲で固定すること、固定端部の断面形状を曲面状あるいは折り曲げ状にすること、膜体の厚さを基板の厚さの6倍以下とすること、または、膜体の面積を基板本体の面積の3／4以下とすることにより、高速走査速度及び大振幅光学走査角においてより優れた光走査装置を得ることができる。

(3)ミラー部を支持している捻れ梁部と片持ち梁部の接続部を、膜体により基板本体に励起される基板振動の最小振幅(振動の節)の近傍に設けることにより、ミラー部に大きな回転モーメントを与え、捻れ振動を効率的に励振することができる。

このとき上記記載の基板振動の最小振幅である振動の節と上記接続部との近傍距離は、ミラー部に捻じれ振動を誘起するには、板波の波長(λ)の±1／4以下にすることが必要であり、また、ミラー部を支持する捻れ梁部の軸が上下に振動することによる光学系の光路の変動を実用的なレベルで最小に抑え、大きなミラー部の捻れ振動を得るためには、好ましくは±1／6以下におさえることが望ましい。さらに好ましくは±1／8以下におさえることが望ましい。

(4)さらに、ミラー部13に接続されている捻れ梁部12を支持している片持ち梁部19と基板部との接続部は、駆動源により基板本体に励起される基板振動の最大振幅(振動の腹)の近傍に設けることで、片持ち梁部に効率的に振動エネルギーを伝えられ、ミラー部に大きな回転モーメントを与え、捻れ振動を効率的に励振することができる。

(5)ミラー部の重量と捻り梁のバネ定数で決定されるミラー部の共振周波数と基板の共振周波数とを大きくずらすことにより、ミラー部から離れた位置で発生させた振動エネルギーを効率よくミラー部の捻り振動になるエネルギーとして伝達することができる。

(6)基板本体及び片持ち梁部を囲むように基板固定フレームを配置して基板本体の固定端部側で固定するとともに、基板本体と基板固定フレームとを支持部材から離

れた位置で、かつ、基板振動の最小振幅の近傍において基板接続用梁で接続することにより、ミラー部の走査振幅を減衰させることなく、光走査装置を外乱振動に対し安定に支持することができる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]本発明の基本的事項を説明する概念図である。

[図2]本発明の振動発生原理を説明するための概念図である。

[図3]本発明に係る圧電膜を基板本体に1つ形成する構成の光走査装置を、y=0の面を対称面とし，半分のみモデル化した平面図である。

[図4]図3に示す装置のミラー部の振れ角を示す図である。

[図5]本発明に係る光走査装置の基板及びミラー部の共振周波数を示す図である。

[図6]捻れ梁部の軸に対し垂直方向にミラー部の重心位置がずれた場合に、駆動周波数が低周波数側から共振周波数に近づくときと、高周波側から共振周波数に近づく場合で、大きなヒステリシス(履歴)が発生する状況を説明した図である。

[図7]種々の基板形状を示したものである。

[図8]基板支持形態の3つの例を示したものである。

[図9]本発明に係る基板本体及び片持ち梁部を囲むように基板固定フレームを配置した装置の平面図である。

[図10]基板と基板固定フレームとを接続する基板接続用梁の位置を変化させた場合のミラー振角を説明する図である。

[図11]基板と基板固定フレームとが基板接続用梁で接続されていない状況で、ミラー部が捻り共振している時の基板の縁部分の振動振幅の状態を説明する説明図である。

[図12]本発明の実施の形態に係る実施例1を示す斜視図である。

[図13]本発明の実施の形態に係る実施例1の操作ビームの投影像を示す図である。

[図14]本発明の実施の形態に係る実施例1の駆動に用いたAD法により作製されたPZT膜の強誘電特性を示す図である。

[図15]本発明の実施の形態に係る実施例1の光走査装置をスキャナーとして用いる場合の周波数特性を示す図である。

[図16]駆動電圧に対する走査ビームの振れ角を示す図である。

[図17]本発明の実施の形態に係る実施例1において、基板振動の最小振幅箇所を捻れ梁部の軸より僅かにずれた位置に形成した場合の動作説明図である。

[図18]図11記載の光走査装置表面に誘起される振動を示すものであり、(a)は平面図、(b)は斜視図である。

[図19]本件発明及び従来技術3における共振周波数とミラー部の捻れ角度についての計算結果を示したものである。

[図20]本発明による光走査装置の動作を有限要素法(FEM)を用いて、シミュレーションした結果を説明するための各々の光走査装置の平面形状を示したものである。

[図21]図14に示した3種類のモデルにおけるミラー部の捻じれ共振周波数と走査角度を比較したものである。

[図22]従来技術1を示すもので、上側が平面図、下側が正面断面図である。

[図23]従来技術2を示す斜視図である。

[図24]従来技術3を示す平面図である。

[図25]従来技術3の場合と同様のものであって、y=0の面を対称面とし、半分のみモデル化した図である。

[図26]図25に示す構成の装置のミラー部の振れ角を示したものである。

符号の説明

[0027]

10 基板

11 圧電膜

12 捻れ梁部

13 ミラー部

14 上部電極

15 電源

16 支持部材

17 レーザビーム

18 レーザ光

19 片持ち梁部

20 基板本体

21 固定端部

22 基板固定フレーム

23 基板接続用梁

24 基板の縁部分

25 基板振動の振幅最小位置

発明を実施するための最良の形態

[0028] 本発明に係る光走査装置を実施するための最良の形態を実施例に基づいて図面を参照して以下に説明する。

実施例 1

[0029] 図12は、実施例1に係る光走査装置の斜視図である。

基板10は、厚さ30あるいは50μmのSUS304の方形をした板材をエッチングあるいはプレス加工により、捻れ梁部12及びミラー部13を残して中抜きされた形状に作製されている。基板10は、基板本体20及び基板本体20の一側の両側から平行に張り出した片持ち梁部19、19からなる。ミラー部13を支持する捻れ梁部12は、2本の片持ち梁部19、19の軸方向に対し直交する方向に設けられている。

また、基板本体20のミラー部13側と反対側の固定端部21は支持部材16により固定されており、基板10が支持部材16により片持ち状に支持される構造となっている。本例では、基板本体20の両側が三角形に切り取られた状態で中央部に固定端部21が形成されており、基板10がY字形状になっている。また、固定端部21の幅は基板本体20の幅の1／20～3／4の範囲とするのがよい。

[0030] 基板10上の中央部には、本発明の発明者により発明された公知のAD法によるマスク成膜法で圧電膜11が接着剤を介さずに直接形成されている。

圧電膜11は、例えば代表的な圧電材料であるチタン酸ジルコン酸鉛（PZT）からなる。

基板10上に公知のAD法により圧電膜11を直接形成する手法を簡単に説明する。

粒径0．5μm前後のチタン酸ジルコン酸鉛（PZT）をガスと混合してエアロゾル化し、ノズルから高速のジエットにして基板10上の所定の個所に吹き付け成膜する。成膜

の際、PZT微粒子の基板1への衝突によってPZT微粒子に大きな機械的衝撃が生じ、PZT微粒子の破壊と新生表面の発生が同時に行われ、緻密な膜が形成される。このようにして形成される圧電膜11は、強誘電特性を有している。圧電膜11の成膜後、大気中において600℃で10分間熱処理した後、圧電膜11の上面に上部電極14を、例えば、金スパッターで形成する。なお、金スパッターに代えて、AD法により圧電膜11の成膜に続いて上部電極14を形成することにより、より小型化、構造の簡素化を図ることができる。

[0031] 圧電膜11は、ミラー部13を支持する捻れ梁部12と片持ち梁部19との接続部から離れた位置、すなわち、基板本体20の一部、例えば、図12に示すように基板本体20の中央部に形成される。さらに、ミラー部13が圧電膜11により基板10上に起こされる振動の最小振幅の近傍、すなわち最小振幅の位置から僅かにずれた位置に圧電膜11が形成されるものである。また、ミラー部13を両側から支持する捻れ梁部12、12の振動モードを一致させるには、例えば、駆動源11を基板本体20の幅方向の中心(図1のY軸)に配置し、駆動源11から左右の捻れ梁部12、12までの距離を同じくするのも1つの手法である。

[0032] 基板10の厚みに関しては、動作中のミラーの平坦性やプロジェクターデバイスなどへの応用で要求されるミラーサイズを考慮し、Si、ステンレス材の基板を想定して、少なくとも10μm以上の厚みにする。光走査装置の駆動に適した最適な圧電膜等の膜体の厚みは、基板本体20の厚さの6倍以下が適しており、膜体の厚さの下限は、おおよそ1μmで、このとき同一面積の膜厚に対し、最小の駆動電圧、消費電力で最大のミラー部走査角度を得ることができる。

また、駆動源11となる圧電膜等の面積については、上記、膜厚範囲に於いて、基板上での振動の伝搬方向に対して、膜体の長さが、おおよそ光スキャナーを駆動する共振周波数と基板材料の音速で決まる振動の1／2波長より小さい範囲であれば効率的に駆動できる。さらにその範囲に於いて、消費電力も考慮すると、駆動源11となる圧電膜等の面積は、基板本体20より小さいことが望まれる。より好ましくは基板本体20の面積の3／4以下である方がよい。

[0033] ミラー部13の重心位置は、図7に示すように、捻り梁部12の支持位置を一致させて

いる。このため、駆動周波数が低周波数側から共振周波数に近づくときと、高周波側から共振周波数に近づく場合でも、ヒステリシスが発生することなく良好な共振特性を得ることができる。

また、ミラー部13を支持する捻れ梁部12の断面は、矩形状である。

捻れ梁部12の幅(W)、捻れ梁部12の長さ(T_1)、基板10の厚み(T_2)とした場合、$W/T_1 \leqq 0.2$または$0.1 \leqq T_2/W \leqq 0.5$の範囲にあるように捻れ梁部12の幅(W)、捻れ梁部12の長さ(T_1)、基板10の厚み(T_2)が設定されている。

[0034] 形成された上部電極14と下部電極としての基板10に、電源15から電圧を印加できるように配線する。

基板10及び上部電極14に電圧を印加すると、圧電膜11は圧電振動し、この振動が基板10に振動を発生させる。この基板10に発生する振動は、捻れ梁部12を介してミラー部13に回転モーメントを生じさせ、共振状態で大きな捻れ振幅を発生させる。

[0035] 図12に示すように、電極である基板10及び上部電極14に電圧を印加した状態でミラー部13にレーザビーム17を照射すると、ミラー部13が捻れ振動するため、ミラー部13で反射したレーザ光18は一定の振れ角αで振動する。

[0036] 図13は、実際の操作ビームの投影像を示すもので、歪みやブレは見られない。

次の表1に、駆動に用いたAD法により作製されたPZT膜の電気特性を示す。

表1：PZT膜の電気特性

permittivity (at 1kHz)	900～1000
dielectric losses－tanδ (at 1kHz)	0.03～0.05
piezoelectric constant, d_{31}	－90pm/V
density	7.9g/cm^3
young's modulus	80GPa

また、図14には、駆動に用いたAD法により作製されたPZT膜の強誘電特性を示す。

[0037] 図15は、上記のようにして製作した光走査装置を光スキャナーとして用いる場合の

周波数特性を示す一例で、捻れ振動1次の共振周波数が23．63kHzと非常に高く、高速動作が可能なことが確認できた。ミラー部13の共振構造のみを考慮した理論計算では、少し高く24．3kHzになる。また、共振形光走査装置の性能指数であるQ値（共振ピークの半値幅を表し、周波数変化に対する敏感性を示す値）もSi－MEMSスキャナーの600以上に比べ、110程度と低く、周囲環境温度の変化に対して共振周波数の変化が変動しても、ミラー部の走査幅の変化が比較的小さく、光スキャナーに適していることが分かる。

[0038] 図16は、駆動電圧に対する走査ビームの振れ角を示している。

厚さが30μmおよび50μmのSUS基板上に膜厚10のμmの圧電膜をAD法により直接形成した場合と、駆動源に積層アクチュエータの接着を用いた場合とを比較した。

AD法で形成した膜厚10のμmの圧電膜を用いた場合、40Vの駆動電圧で約20°の振れ角が得られた。これは、従来のSi－MEMSスキャナーの共振周波数を一桁上回る性能である。

基板の厚みの違いは、ミラー部を支持する捻れ梁部のバネ定数を変化させ、共振周波数は大きく変化するが、ミラー部の振れ角の方は、あまり影響を受けないことが分かる。

また、AD法で形成した圧電膜の代わりに、接着剤で接着した積層圧電アクチュエータを振動源に用いた場合は、AD法で形成した圧電膜の約2倍の圧電定数にもかかわらず、振れ角、すなわちスキャナーの走査角度は半分以下になる。これは、接着剤による振動の吸収の影響が大きいためと考えられ、AD方による圧電膜の直接形成が優れた効果を奏することが確認できた。

[0039] 図17は、図12に示す装置において、ミラー部13近傍に形成される基板振動の最小振幅箇所Aminを、捻れ梁部12の軸X－Xより僅かにずれた位置に形成するようにしたものである。

捻れ梁部12の両端をそれぞれ支持する両側部19、19が片持ち梁の形状であるため、捻れ梁部12を支持する部分がより変形し易くなり、図の（b）及び（c）に示すように効率的にミラー部13に回転モーメントを与えることができ、効率的な駆動を行うことが

可能となる。

また、基板振動の最小振幅箇所Aminを、捻れ梁部12の軸X－Xより僅かにずれた位置に形成しているため、図のようにミラー部13がその重心位置で捻れ梁部12に支持されたものでもミラー部13に大きな回転モーメントを与え捻れ振動を効率的に励振することが可能となる。このとき上記記載の基板本体あるいは片持ち梁部に誘起されている振動の最小振幅である振動の節と上記接続部との近傍距離は、ミラー部に捻れ振動を誘起するために片持ち梁部に誘起されている振動の波長（λ）の±1／4以下にすることが必要であり、また、振動の節と上記接続部とがずれているために、ミラー部支持する捻れ梁の軸が上下に振動することによる光学系の光路の変動を実用的なレベルで最小に抑え大きなミラー部の捻れ振動を得るためには、好ましくは±1／6以下におさえることが望ましい。

さらに、ミラー部13に接続されている捻れ梁部12を支持している片持ち梁部19が基板本体より幅が細く片持ち梁部長手方向に1次元的な振動モードが誘起されやすいため、基板本体に発生した2次元的な振動を効率よく片持ち梁部に伝えるには、片持ち梁部19と基板本体との接続部が、駆動源により基板本体に励起される基板振動の最大振幅（振動の腹）の近傍に設けることが必要である。

このとき、上記基板本体上に誘起されている振動の腹と上記接続部との近傍距離は、片持ち梁部の長さが、上記振動の波長（λ）より短いときは、ミラー部に大きな捻じれ振動を誘起することと、ミラー部を支持する捻れ梁の軸が上下に振動することによる光学系の光路の変動を実用的なレベルで最小に抑えるために、基板本体に誘起される振動の波長（λ）の±1／6以下から±1／8以上にすることが好ましい。

また、片持ち梁部の長さが、上記振動の波長（λ）より長いときは、±1／8以下におさえ、上記片持ち梁部の長さを調整し、片持ち梁部に誘起されている振動の最小振幅である振動の節と上記接続部との近傍距離を±1／6以下にすれば、最も優れた性能が得られる。

これにより片持ち梁部に効率的に振動エネルギーを伝えられ、ミラー部13に大きな回転モーメントを与え、捻れ振動を効率的に励振することができる。

[0040] 図18は、これを実際に確認した確認例であり、圧電膜11に印加する励起信号に同

期してレーザードップラー変位計で、ミラー部13の捻れ振動が共振時に最大となるとき基板表面に発生する振動変位分布を測定したものである。片持ち梁部19と捻れ梁部12の接続部は、基板振動の最小振幅箇所、すなわち節近傍になっており振動変位は最小となっている。

[0041] 図19は、本件発明及び従来技術3における共振周波数とミラー部の捻れ角度についての計算結果を示したものである。この計算に用いたモデルは次のとおりである。

基板の材質:SUS304

基板の厚さ:50μm

駆動源の圧電膜(PZT4)の厚さ:10μm

ミラー部のサイズ:1mm×1mm

捻れ梁部の幅:50μm

捻れ梁部の長さ:2mm

圧電膜の面積:$4mm^2$

図19から、従来技術3のミラー部の捻れ角度は、本件発明のそれの0.6程度しかないことがわかる。

[0042] 次に、本発明による光走査装置の動作を、有限要素法(FEM)を用いて、シミュレーションした結果を説明する。

図20(a)(b)(c)は、各々の光走査装置の平面形状である。これらの図に示すように、前記3つの形状の光走査装置において、ミラー部の大きさ、捻れ梁部の長さと幅、基板の厚み、材質、圧電膜の面積と厚みは同一にしてあり、基板本体の形状と支持部の長さ(基板本体の固定端部の幅)のみを変えている。駆動源(PZT)のサイズは2mm×2mm×10μm(厚さ)、基板(SUS304)の厚さは、50μm、ミラー部のサイズは1mm×1mmであり, 対称性を用いて半分のみモデル化している。

図20(a)に示す基本モデル(No cutモデル)では、シミュレーション上で、基板本体の固定端部の幅を1mm、2mm、6mm(固定端部全体を固定)と変化させた。

また、図20(b)に示すのは固定端部の幅を1mmとし、固定端部からミラー部側に向けて左右に、その一部を斜めにカットしたモデル(Cutモデル)である。

さらに、図20(c)に示すのは、図20(a)の基本モデルにおいて基板本体の長さ(固

定端部から片持ち梁部基部までの長さ)を2mm短くしたモデル(Shortモデル)である。

このような構造の違いを与え、ミラー部の共振周波数と走査角度をシミュレーションした。

図21は、図20(a)(b)(c)に示した3種類のモデルにおけるミラー部の捻じれ共振周波数と走査角度を比較したものである。

図21に示すように、すべてのモデルにおいて、共振時におけるミラー部の走査角度は、固定部の長さが短くなるほど、大きくなる傾向が確認された。このことは、高効率で実用的な光走査装置を構成する上で、非常に重要である。また、共振周波数も大きく変化することが確認された。

図20(a)の基本モデルの固定端部幅が1mmの光走査装置と、図20(b)のCutモデルの固定端部の幅1mmの光走査装置とを比較すると、共振周波数は、7100Hzから7160Hzに増加し、走査角度はほとんど変わらない。

ところが、本発明による光走査装置の構成では、基板本体の長さ(固定端部から片持ち梁部基部までの長さ)、特に駆動源と固定端部間の距離が変わることによって、共振周波数と走査角度が変化する。具体的に、図20(a)の基本モデルと図20(c)のShortモデルで比較すると、基板本体の長さが6mmから4mmまで短くなると、固定端部幅が1mmの場合、共振周波数は7100Hzから7180Hzに増加し、また、固定端部幅が2mmの場合も、共振周波数は7180Hzから7250Hzに増加し、さらに、走査角度は、22.5°から20°にわずかに減少する。

さらに、固定端部幅が、基板幅全体の6mmの場合は、逆に共振周波数は、7270Hzkから7150Hzに減少し、走査角度も18°から15°まで減少する。また、基板本体長さ4mmのShortモデルでは、このとき、さらに低周波数側に7000Hzより小さな周波数にもうひとつの共振点が現れる。

以上のことは、本発明による光走査装置のミラー部の共振周波数と走査角度が、上記ミラー部とこれを両側から支える捻じれ梁部のバネ定数だけで決まるものでなく、基板部の大きさや形状、さらには固定端部の幅などによって決まることを示している。これは、本発明による光走査装置が、従来知られるミラー部とこれを支持する捻じれ梁

で構成された共振原理を用いた光走査装置と原理上も異なることを示している。

一般に共振構造を用いた光走査装置では、共振周波数を微妙に調整、あるは、量産時のばらつきを抑えるため、上記、基板本体長さや形状の違いによる共振周波数や走査角度の変化の要因を正確に把握することは、実用的な光走査装置の設計には非常に重要でかつ有効である。

また、この様な基板本体長さや支持部の長さ(固定端部の幅)の違いにより、駆動源が形成されている基板本体に駆動源により形成される2次元的な振動の腹部や節部の形成位置は変化し、これが、共振状態のときにミラー部の走査角度に大きく影響する。上記ミラー部を両側から支持する捻じれ梁部を支持する片持ち梁部の基板と接続部が、この振動の腹部近傍になると、大きな走査角度が得られる。

請求の範囲

[1] 基板本体と、基板本体の一側の両側部から突出する2つの片持ち梁部と、これら片持ち梁部間に捻れ梁部により両側を支持されるミラー部と、基板本体を振動させる駆動源と、ミラー部に光を投射する光源とを備え、ミラー部は駆動源によって基板に加えられる振動に応じて共振振動し光源からミラー部に投射される光の反射光の方向がミラー部の振動に応じて変化する光走査装置において、基板本体のミラー部側と反対側の固定端部を支持部材に固定するとともに、基板本体の一部に駆動源を設けることを特徴とする光走査装置。

[2] 基板本体の固定端部の幅を基板本体の幅の1／20～3／4の範囲とすることを特徴とする請求項1記載の光走査装置。

[3] 基板本体の固定端部を少なくとも基板本体の幅方向の中央部を残して形成することを特徴とする請求項1又は請求項2記載の光走査装置。

[4] 基板本体の固定端部を上下から挟み込んで固定するとともに、固定端部の断面形状を曲面状あるいは折り曲げ状にすることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれか1項に記載の光走査装置。

[5] 駆動源を、圧電膜、磁歪膜または永久磁石膜からなる膜体を直接基板上に形成することにより構成し、膜体の厚さを基板の厚さの6倍以下とすることを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の光走査装置。

[6] 膜体の面積を基板本体の面積の3／4以下とすることを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれか1項に記載の光走査装置。

[7] 捻れ梁部と片持ち梁部の接続部は、駆動源により基板本体に励起される基板振動の最小振幅の近傍に設けられることを特徴とする請求項1乃至請求項6のいずれか1項に記載の光走査装置。

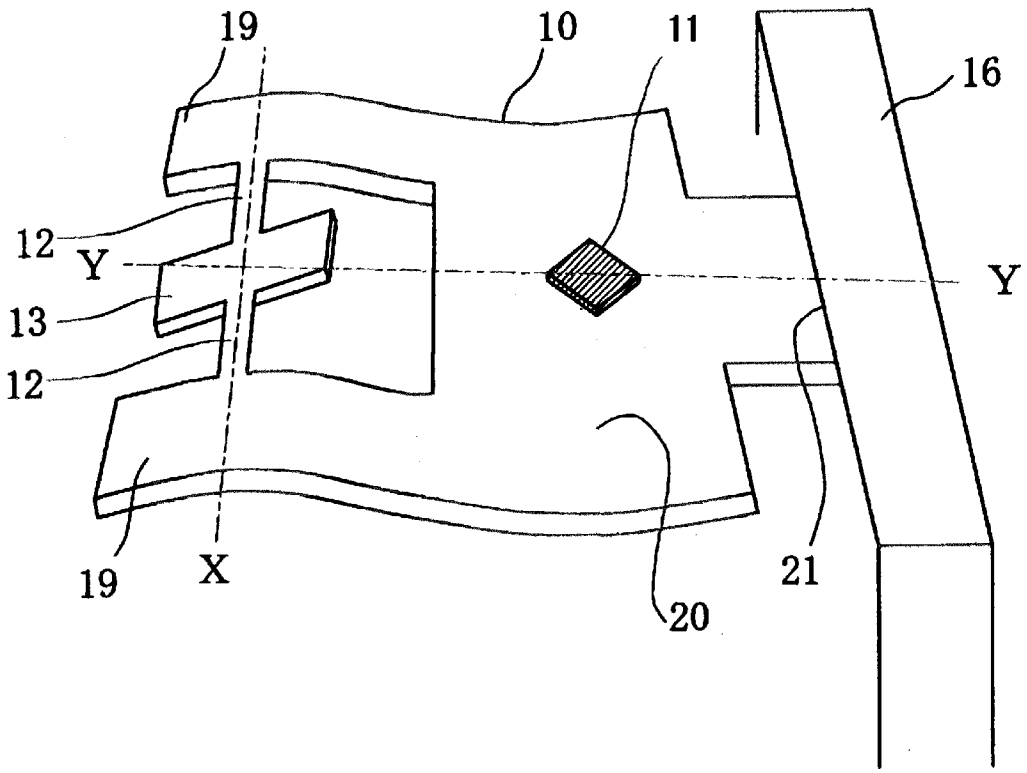
[8] 片持ち梁部と基板本体の接続部が、駆動源により基板本体に励起される基板振動の最大振幅の近傍に位置するように設定されることを特徴とする請求項1乃至請求項7のいずれか1項に記載の光走査装置。

[9] ミラー部の重量と捻り梁のバネ定数で決定されるミラー部の共振周波数と基板の共振周波数とを大きくずらすことを特徴とする請求項1乃至請求項8のいずれか1項に

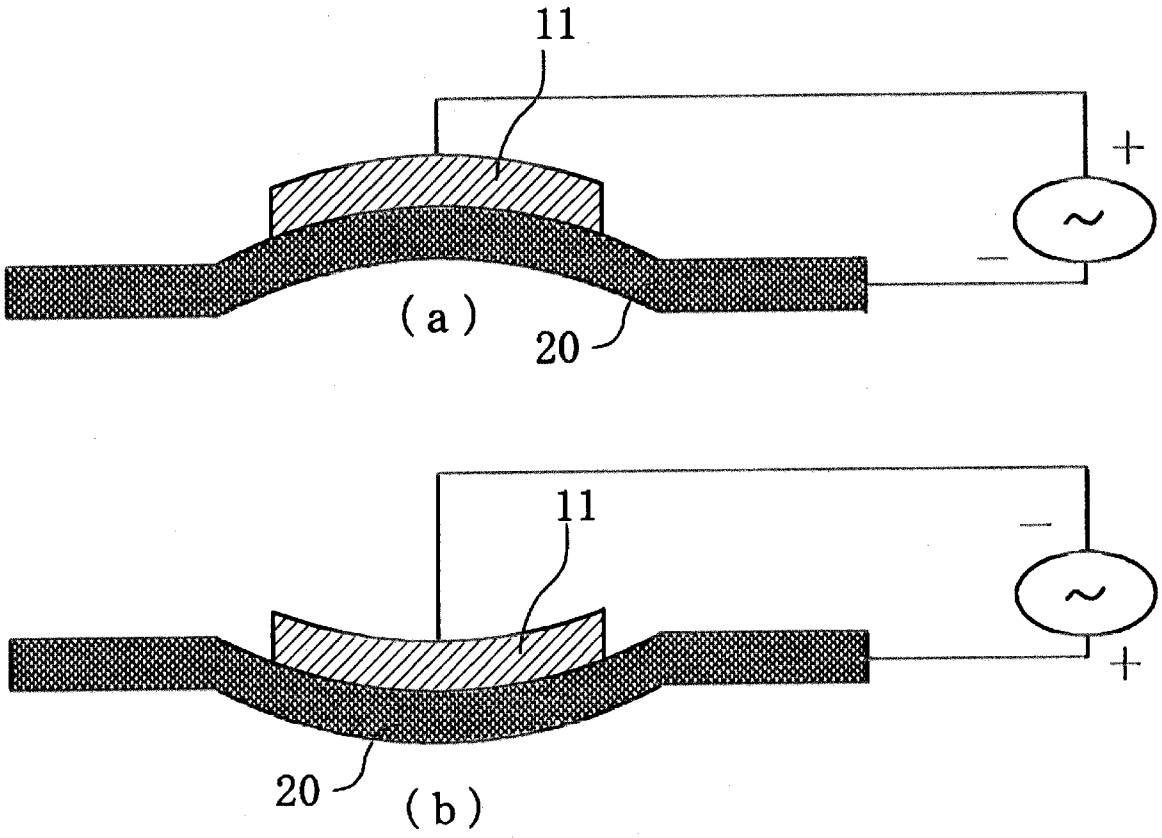
記載の光走査装置。

[10] 基板本体及び片持ち梁部を囲むように基板固定フレームを配置して基板本体の固定端部側で固定するとともに、基板本体と基板固定フレームとを支持部材から離れた位置で、かつ、基板振動の最小振幅の近傍において基板接続用梁で接続することを特徴とする請求項1乃至請求項9のいずれか1項に記載の光走査装置。

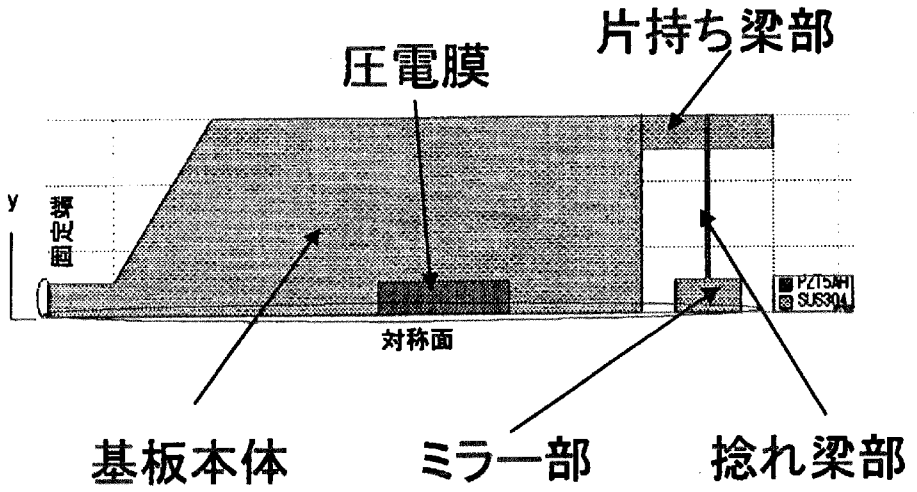
[図1]



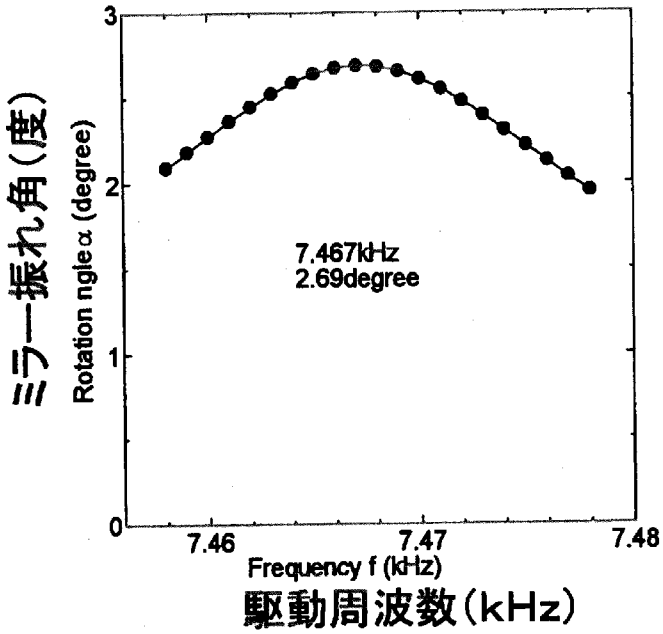
[図2]



[図3]



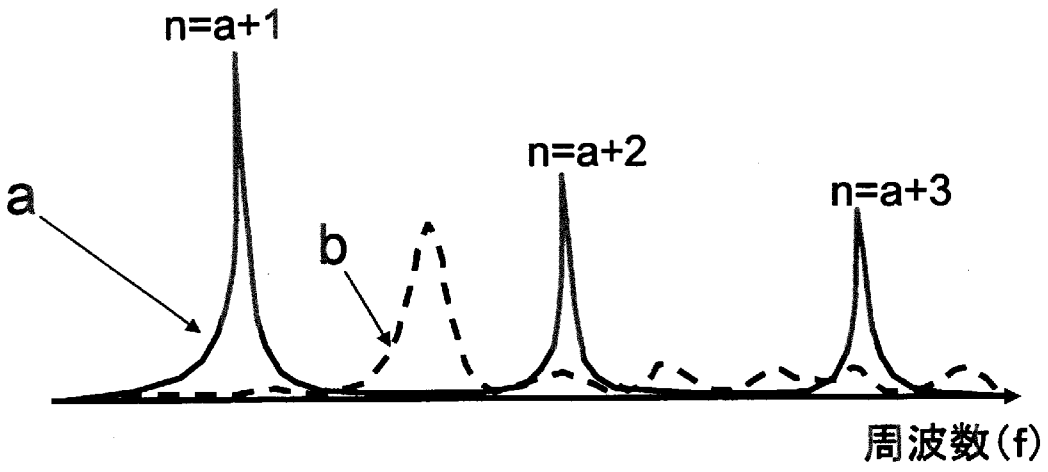
[図4]



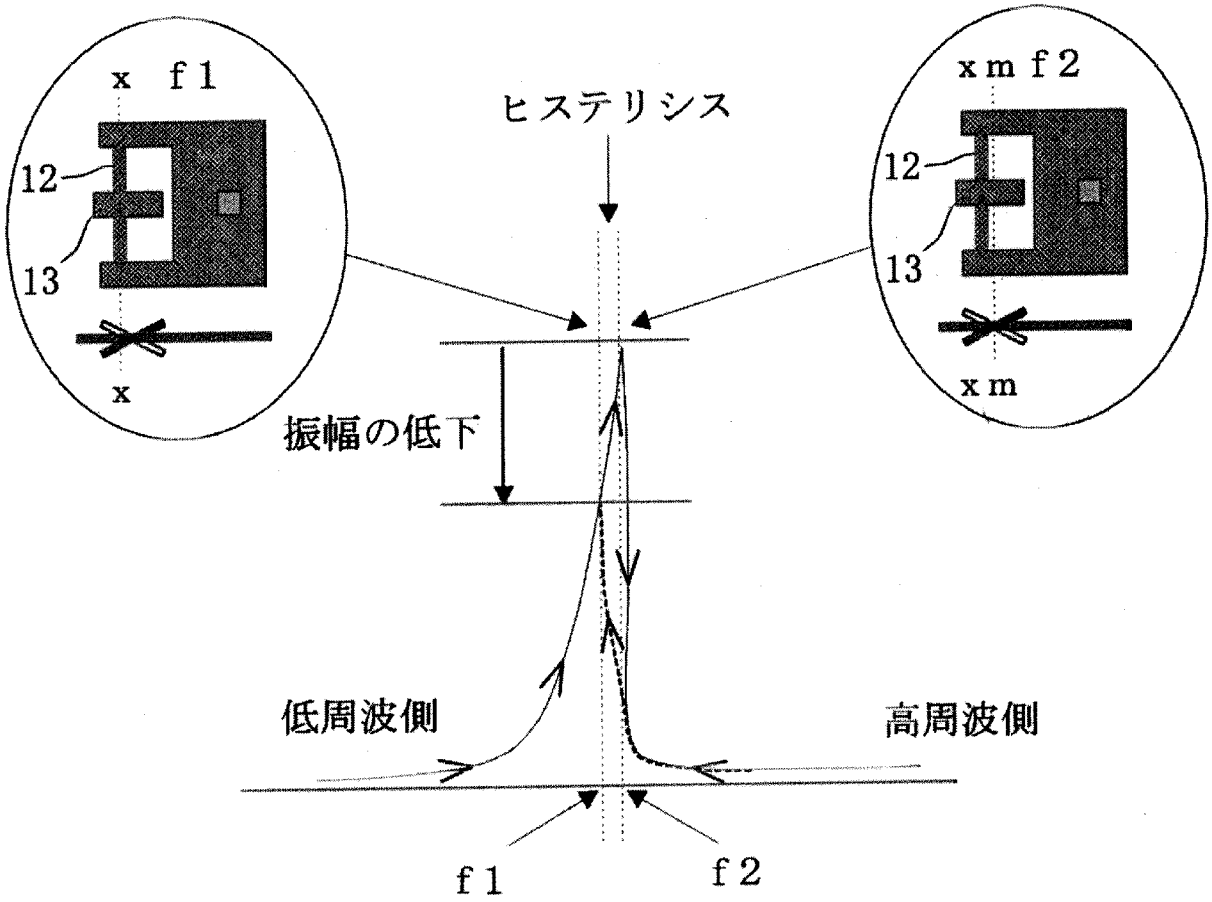
[図5]

a ミラー部の捻れ共振 (fm)

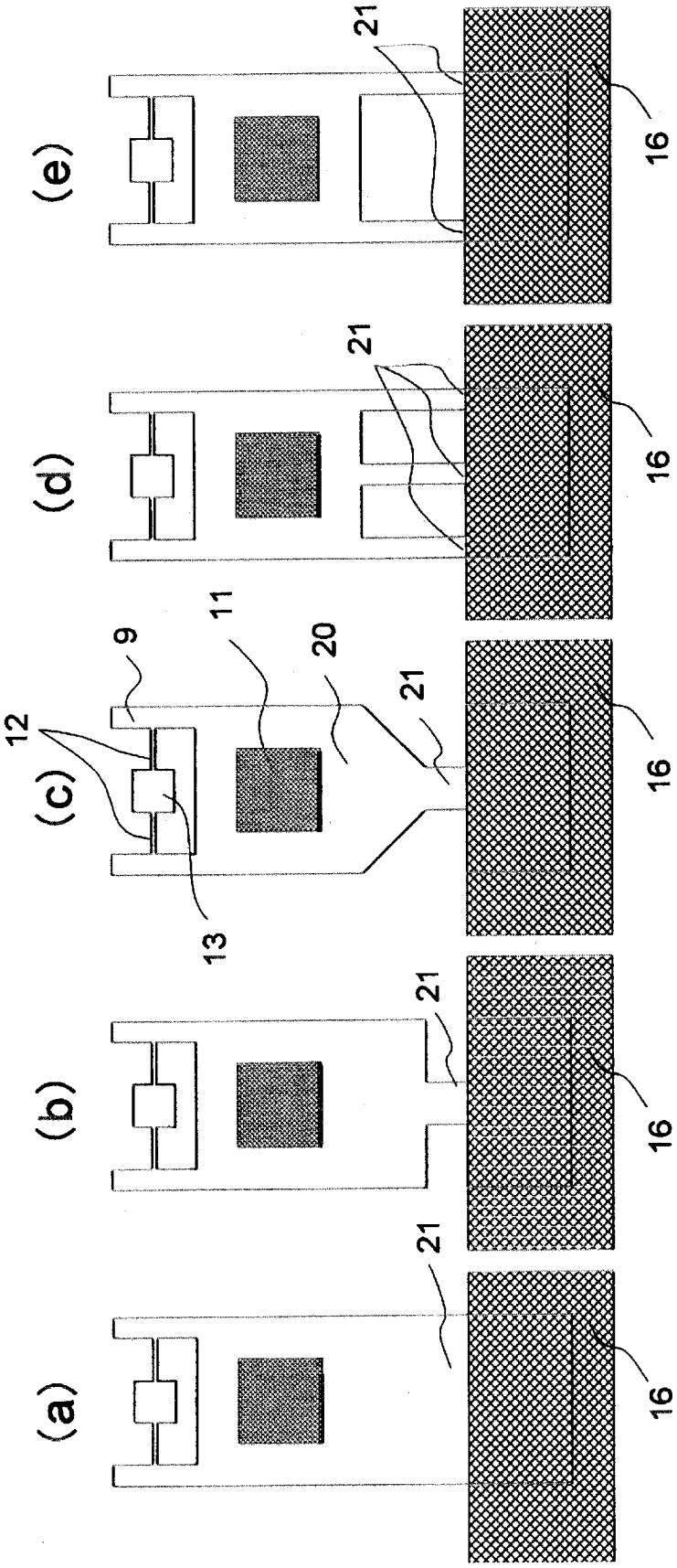
b フレーム部の分割共振振動 (fb)



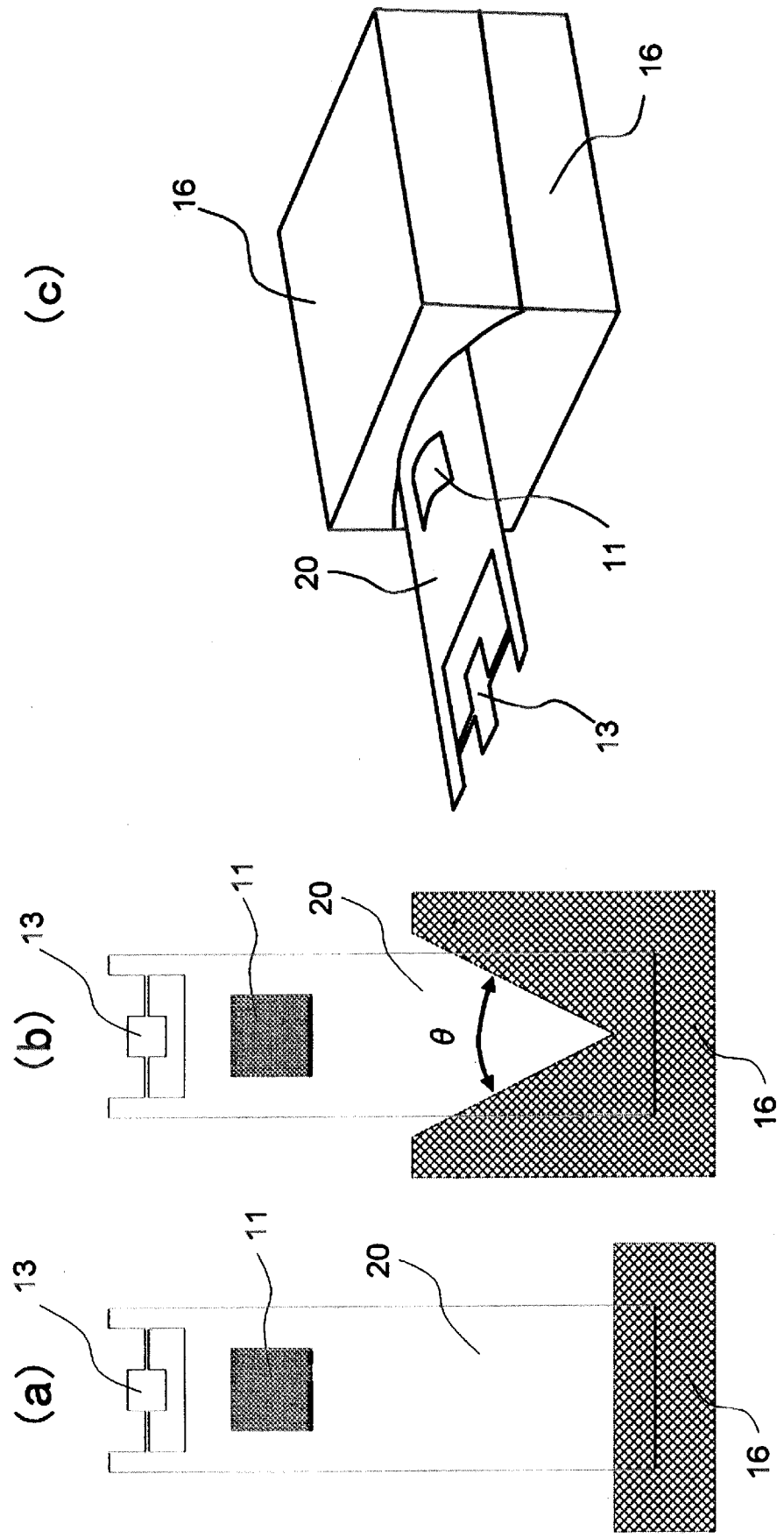
[図6]



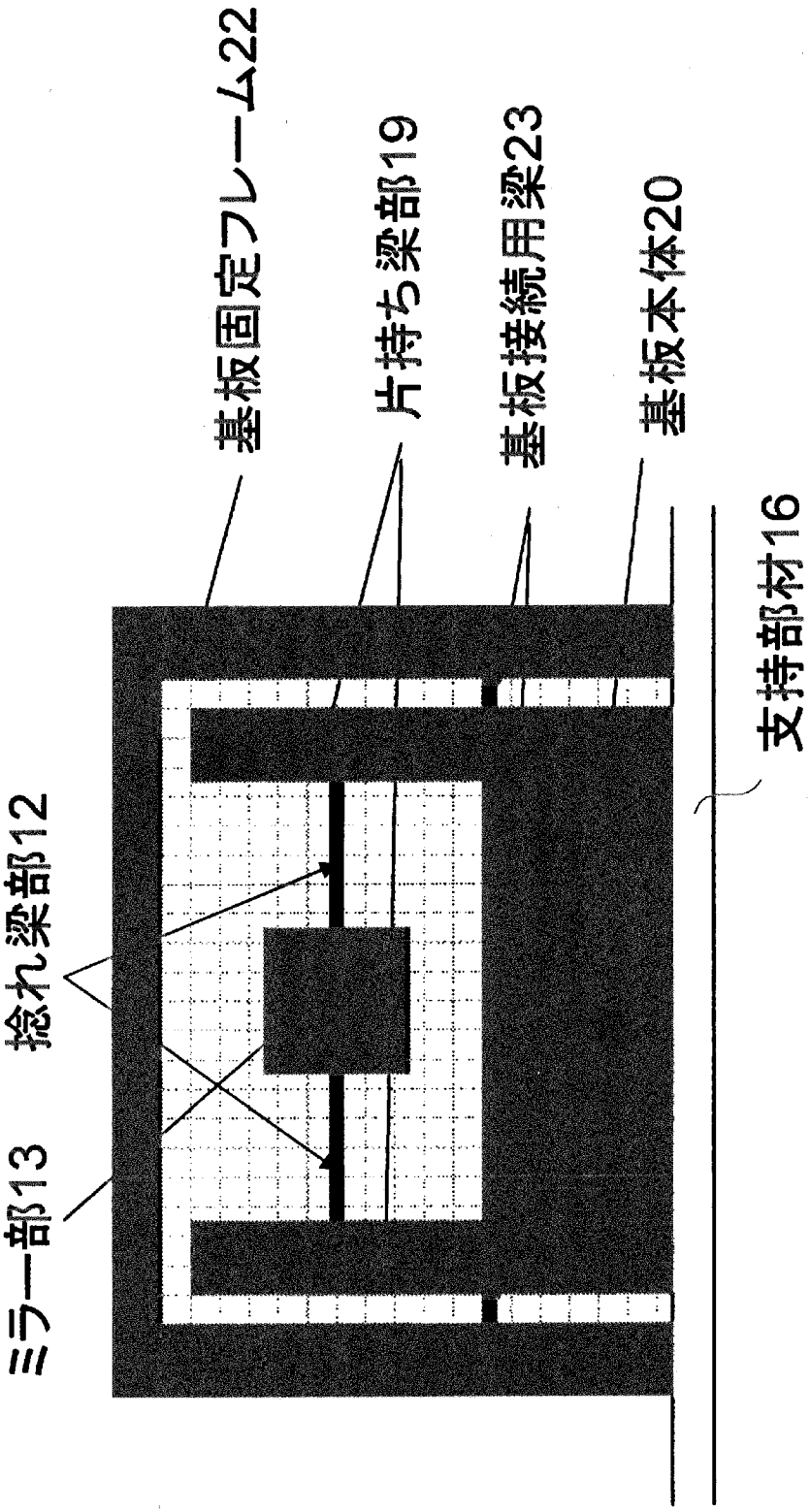
[図7]



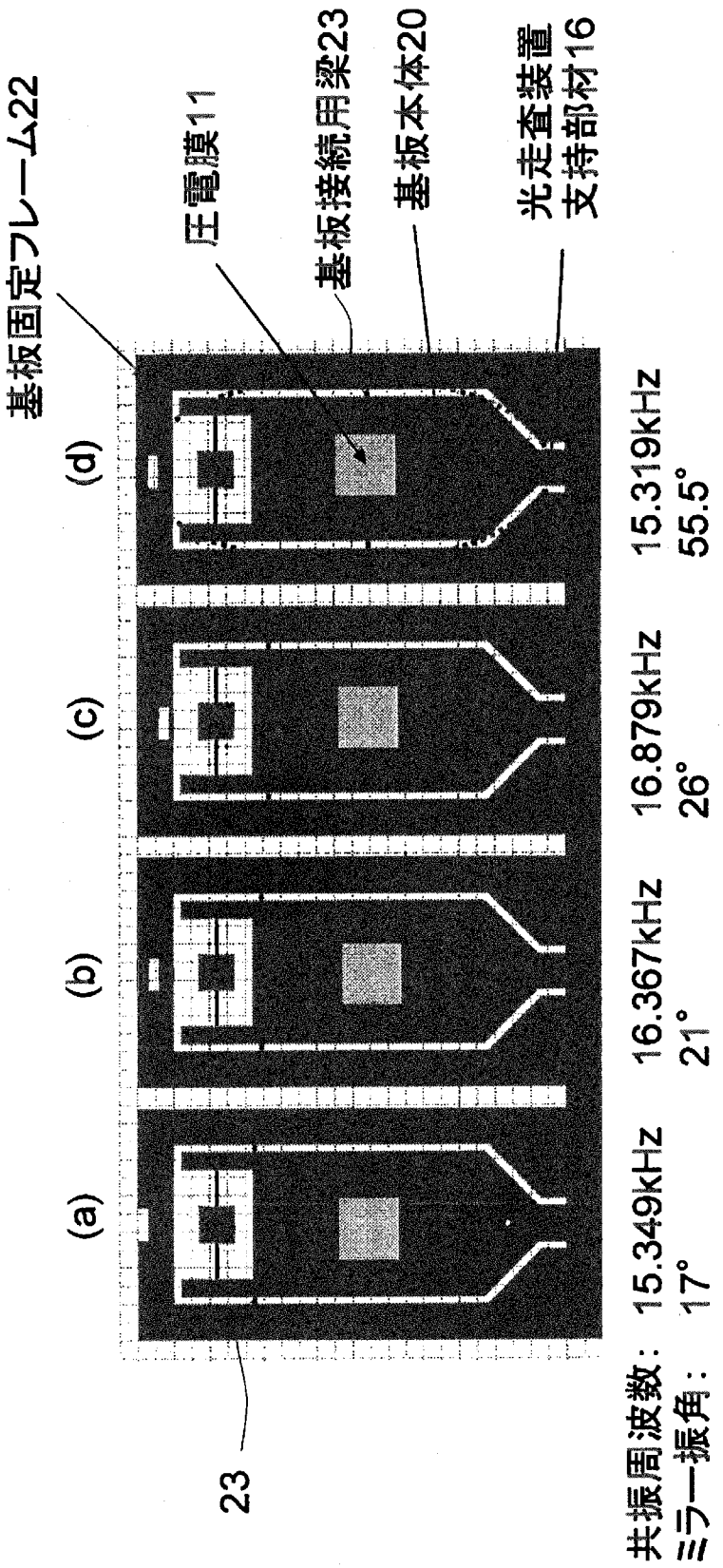
[図8]



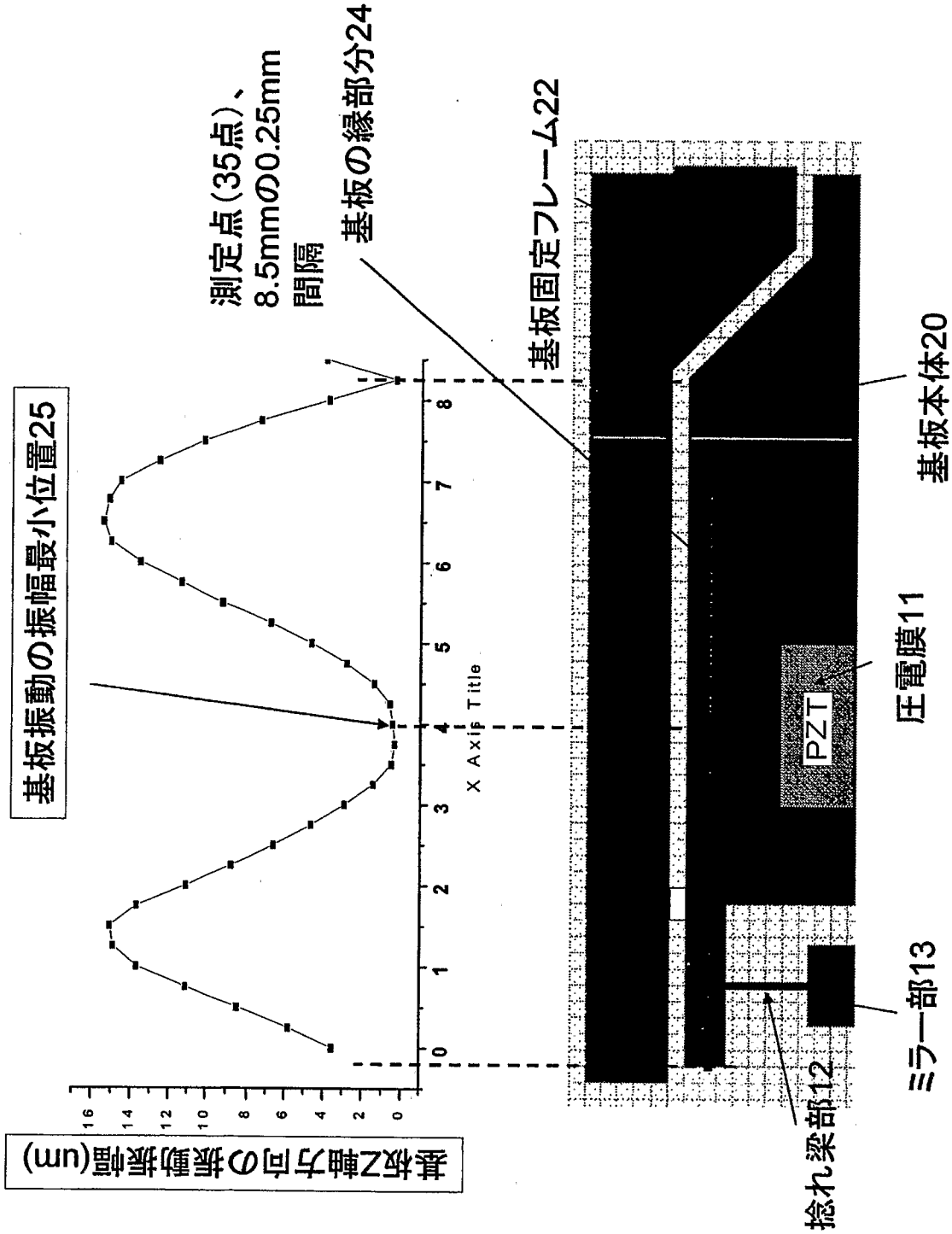
[図9]



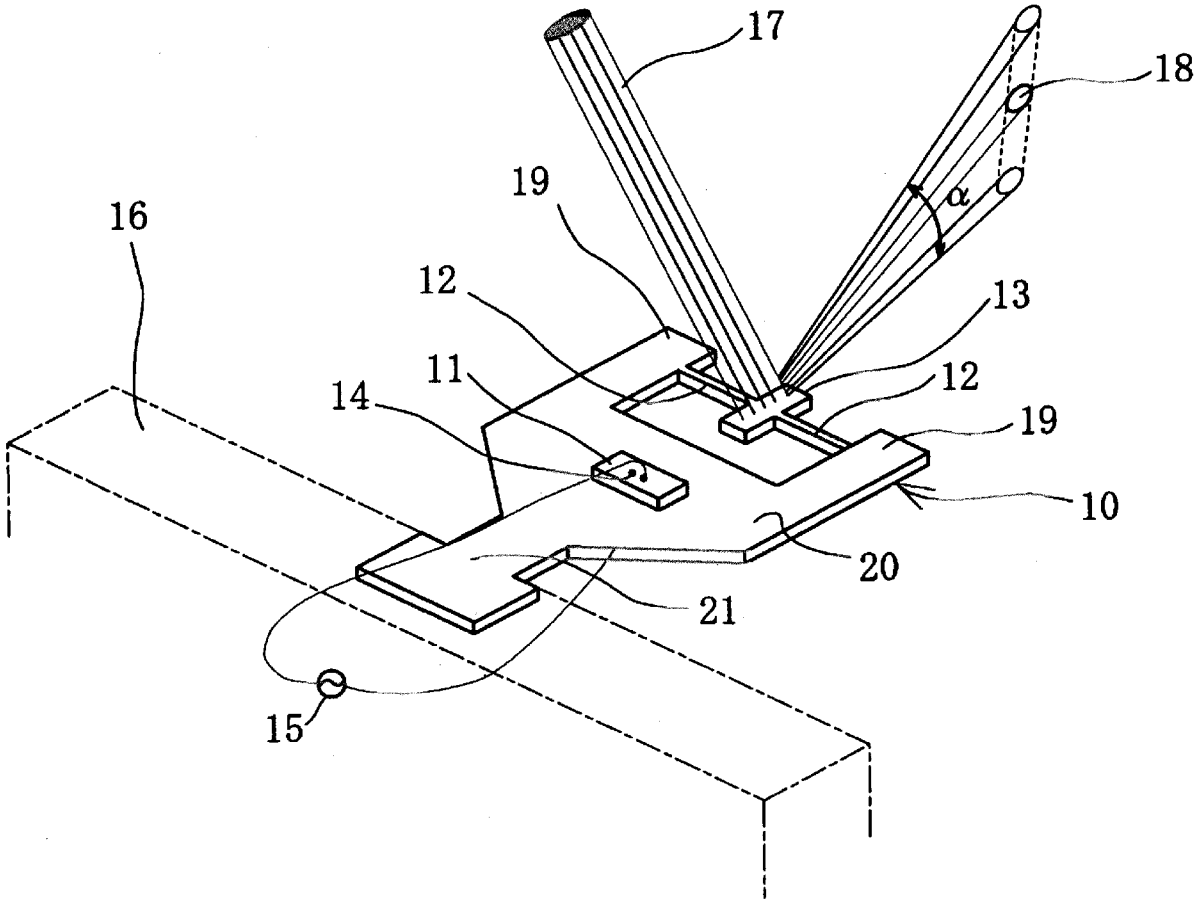
[図10]


基板固定フレーム22
圧電膜11
基板接続用梁23
基板本体20
光走査装置
支持部材16
(a)
(b)
(c)
(d)
23
共振周波数: 15.349kHz 16.367kHz 16.879kHz 15.319kHz
ミラー振角: 17° 21° 26° 55.5°
基板固定フレームに固定(接続)されて無い場合
共振周波数:15.566 kHz
ミラー振角: 53°

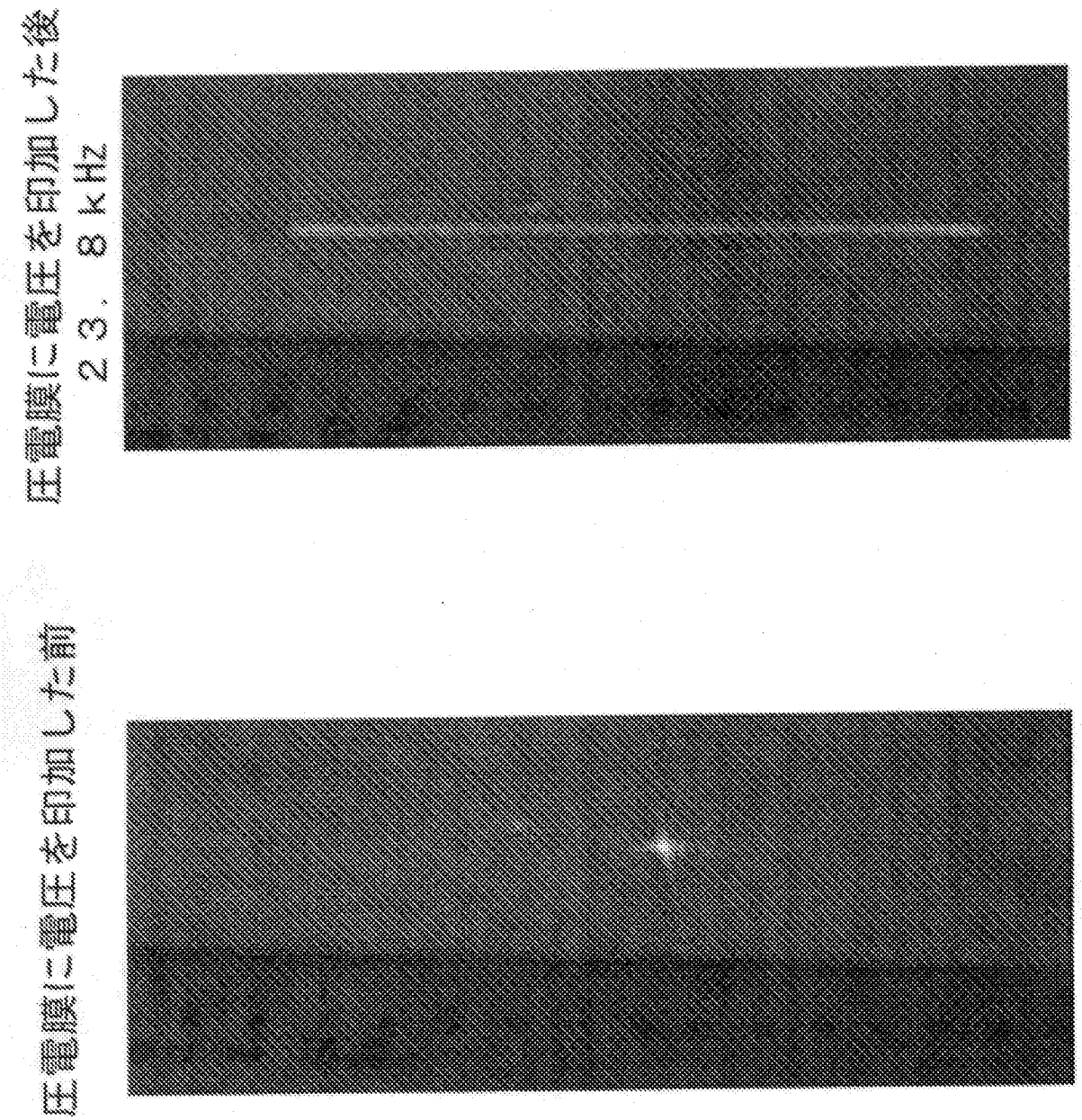
[図11]


基板振動の振幅最小位置25
測定点(35点)、
8.5mmの0.25mm
間隔
基板の縁部分24
基板固定フレーム22
基板本体20
圧電膜11
PZT
ミラー部13
捻れ梁部12
基板Z軸方向の振動振幅(um)
X Axis Title

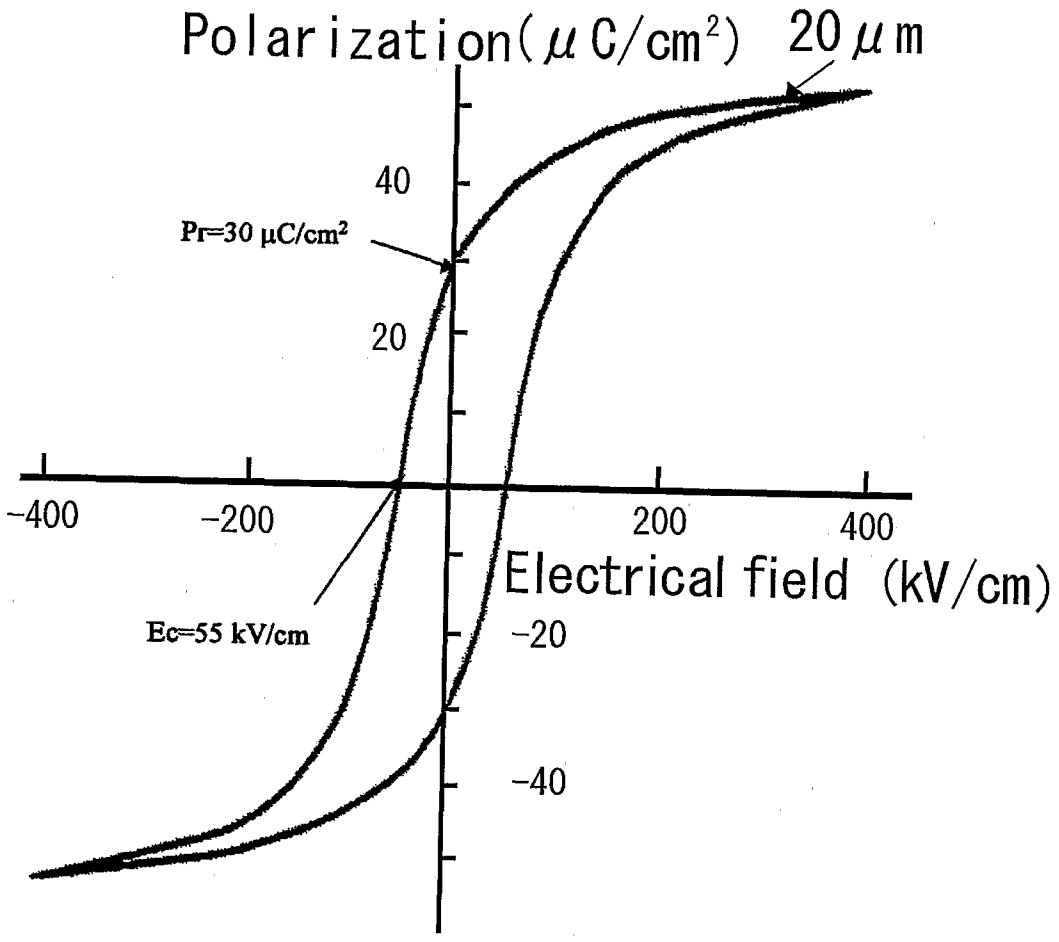
[図12]



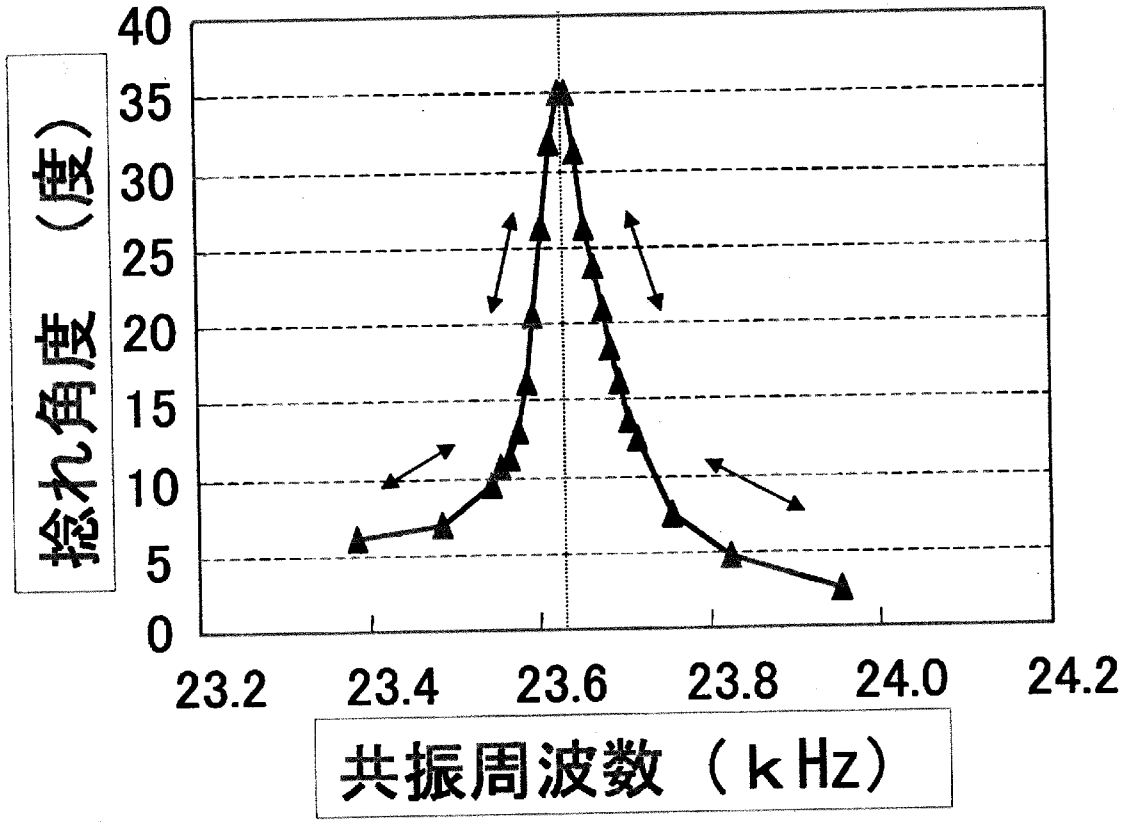
[図13]



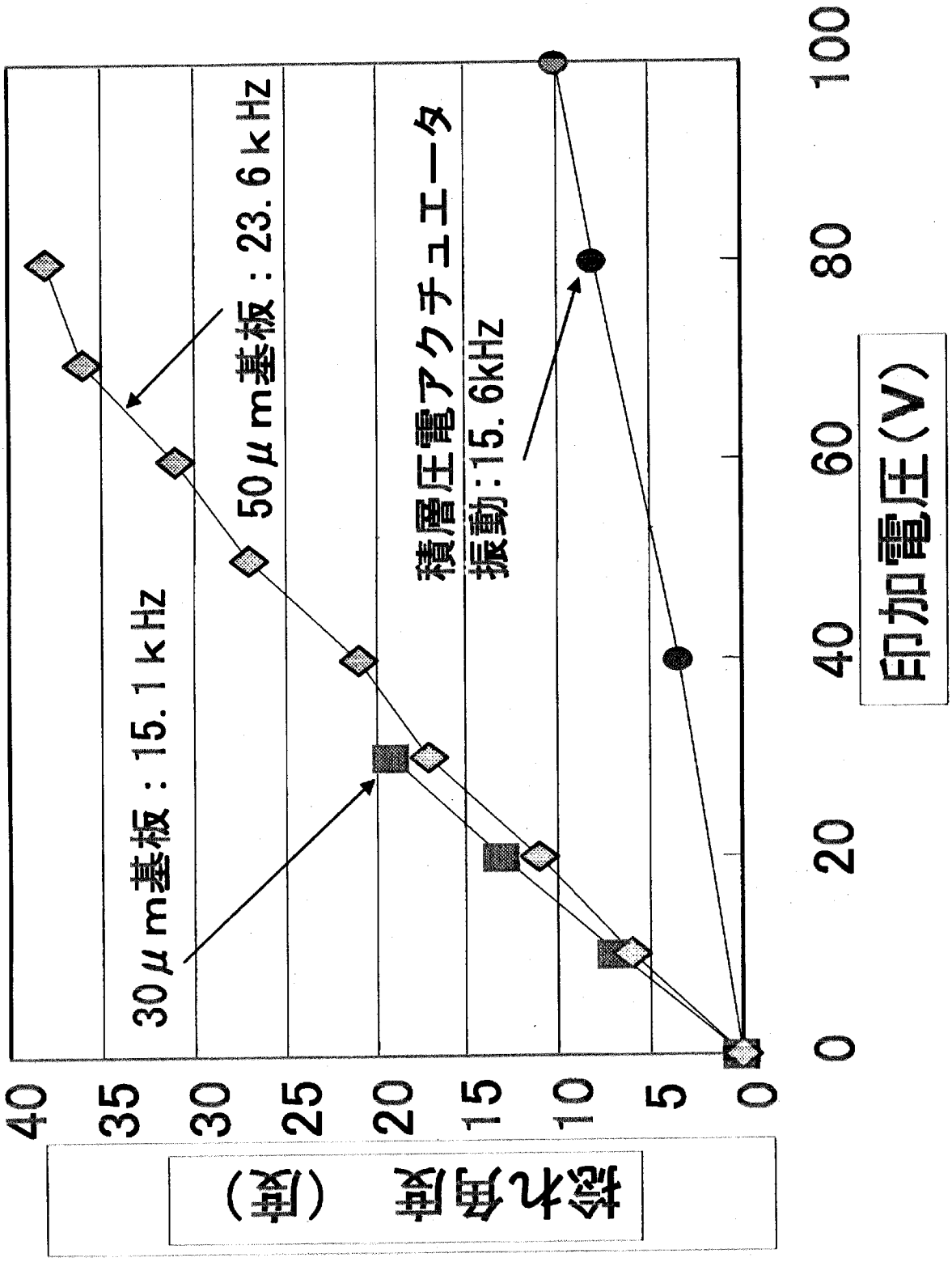
[図14]


Polarization(μC/cm²)
20μm
40
Pr=30 μC/cm²
20
-400
-200
200
400
Electrical field (kV/cm)
Ec=55 kV/cm
-20
-40

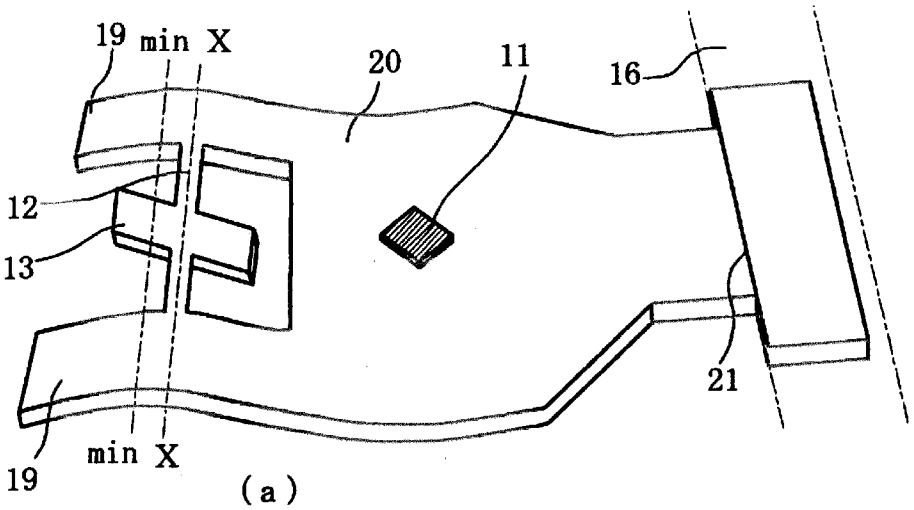
[図15]



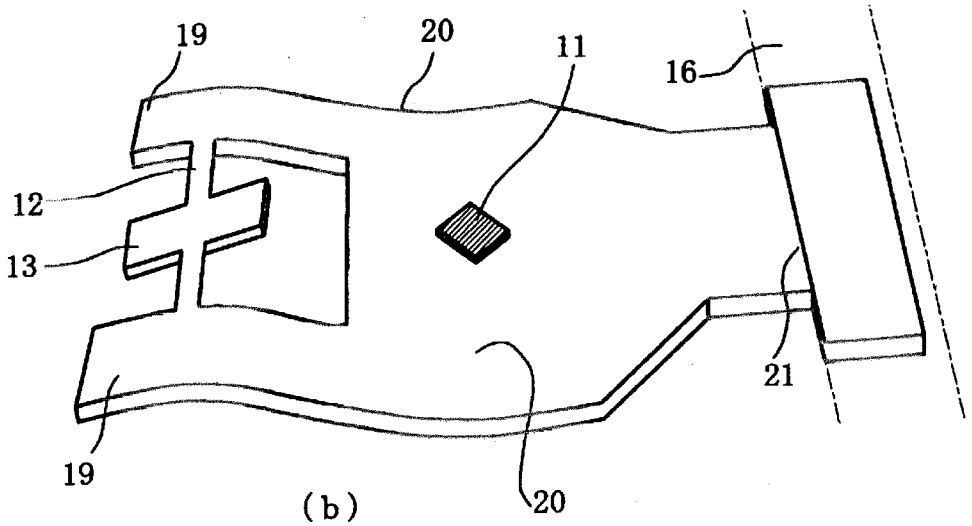
[図16]


積層圧電アクチュエータ
振動：15.6kHz
50μm基板：23.6kHz
30μm基板：15.1kHz
印加電圧(V)
0
20
40
60
80
100
発生音圧 (dB)
0
5
10
15
20
25
30
35
40

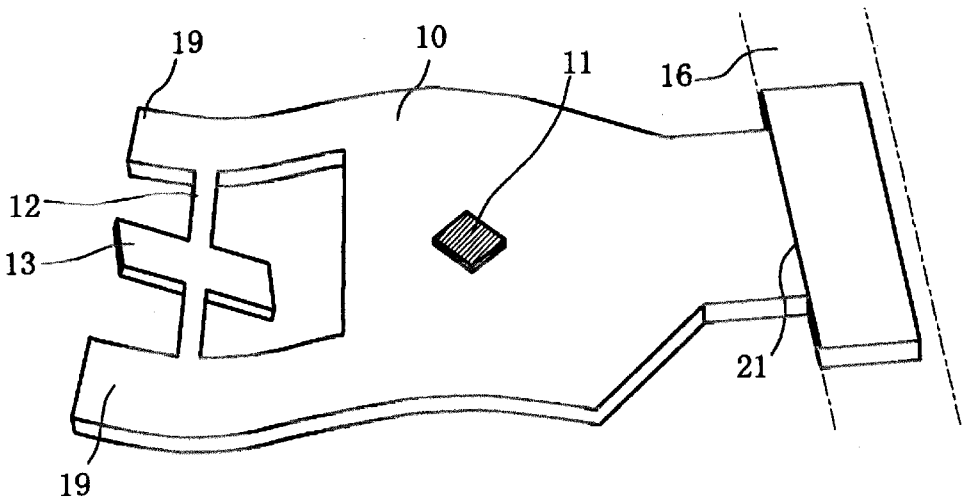
[図17]


19
min X
20
11
16
12
13
21
19
min X

(a)

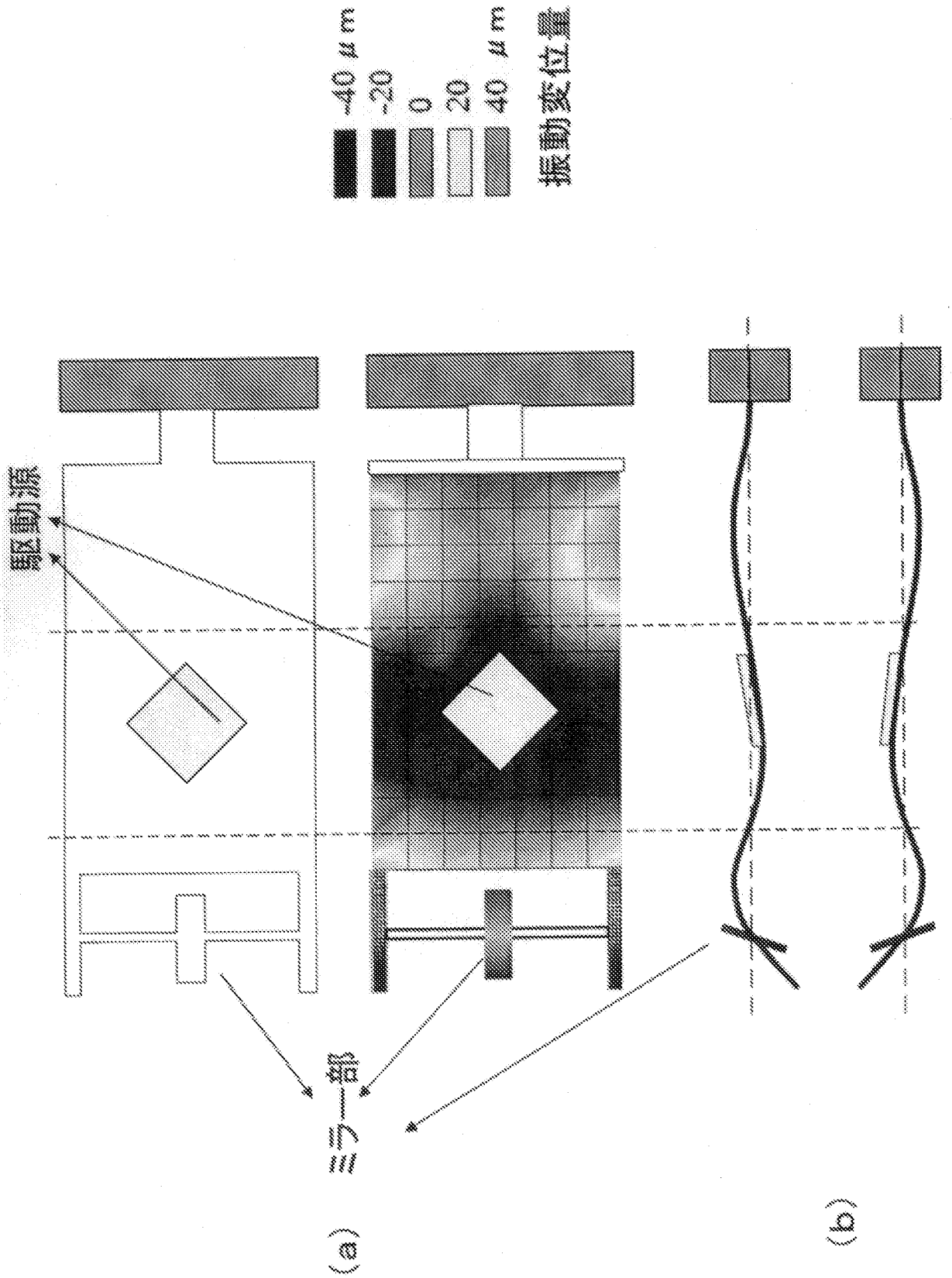

19
20
11
16
12
13
21
19
20

(b)

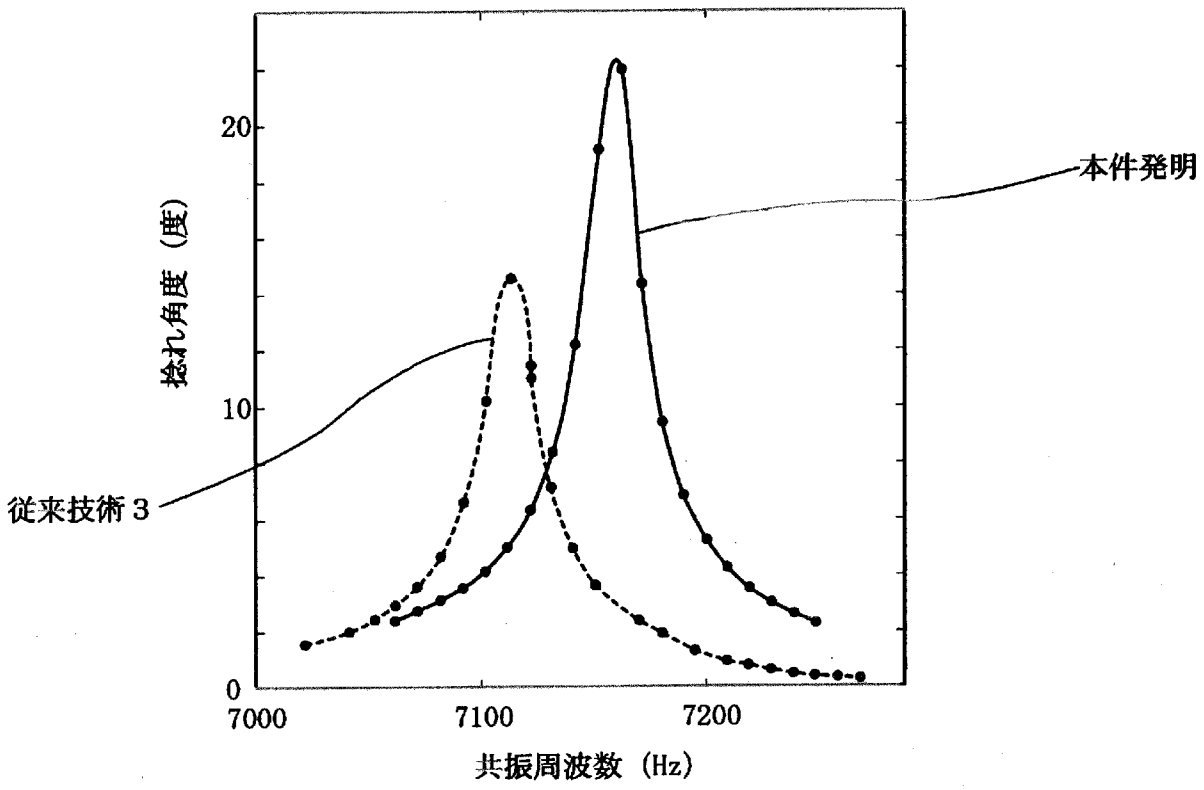

19
10
11
16
12
13
21
19

(c)

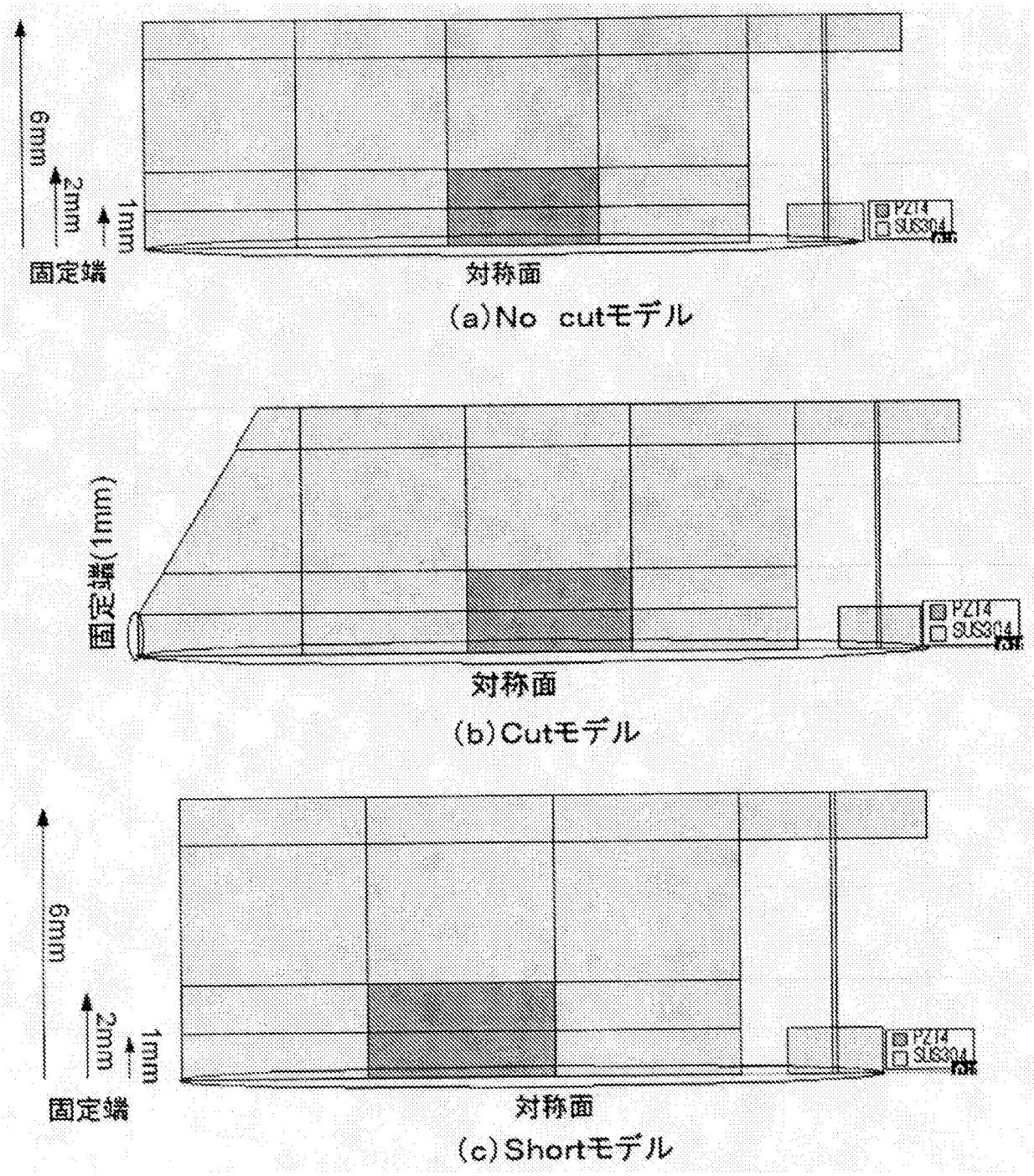
[図18]



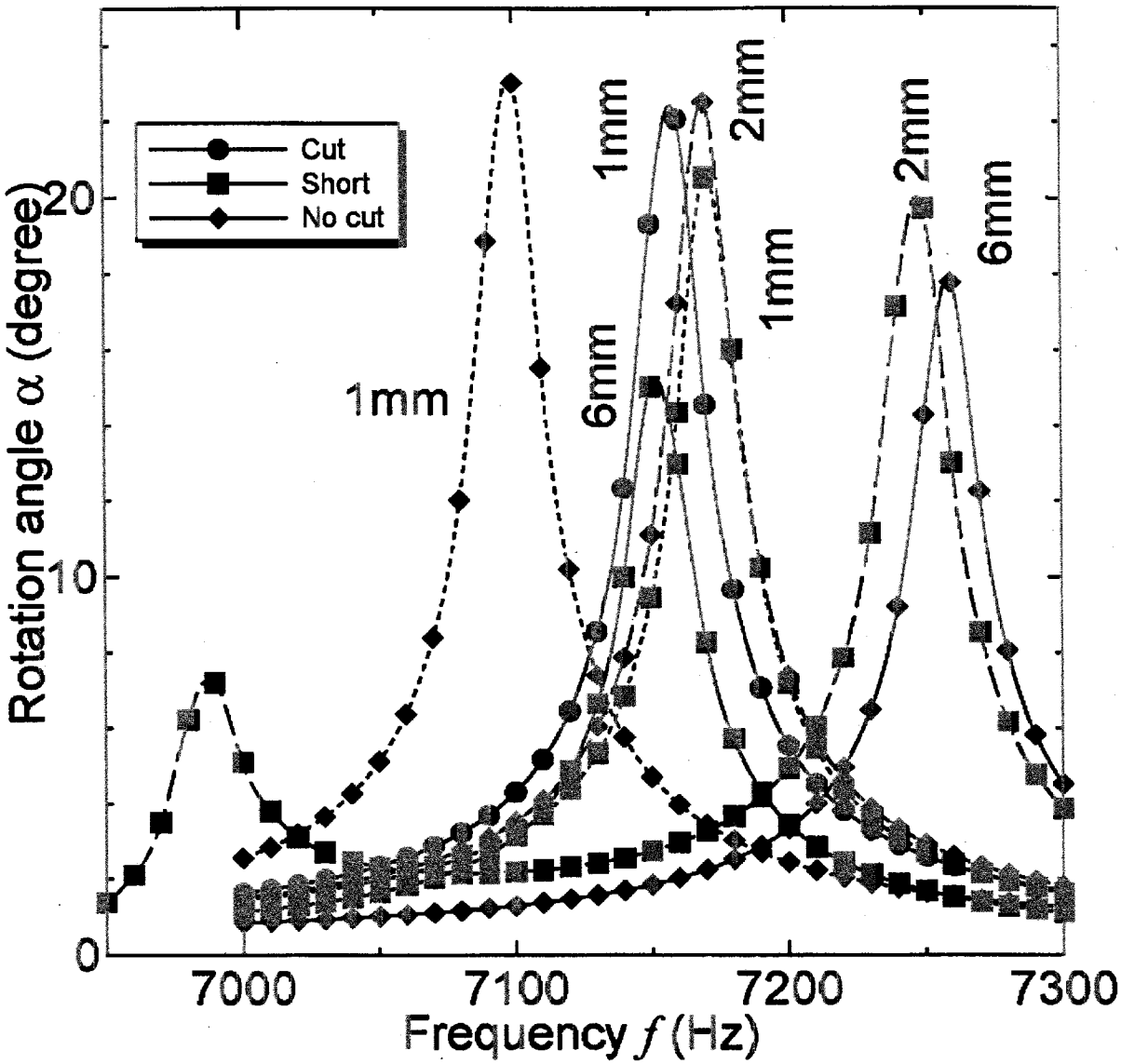
[図19]



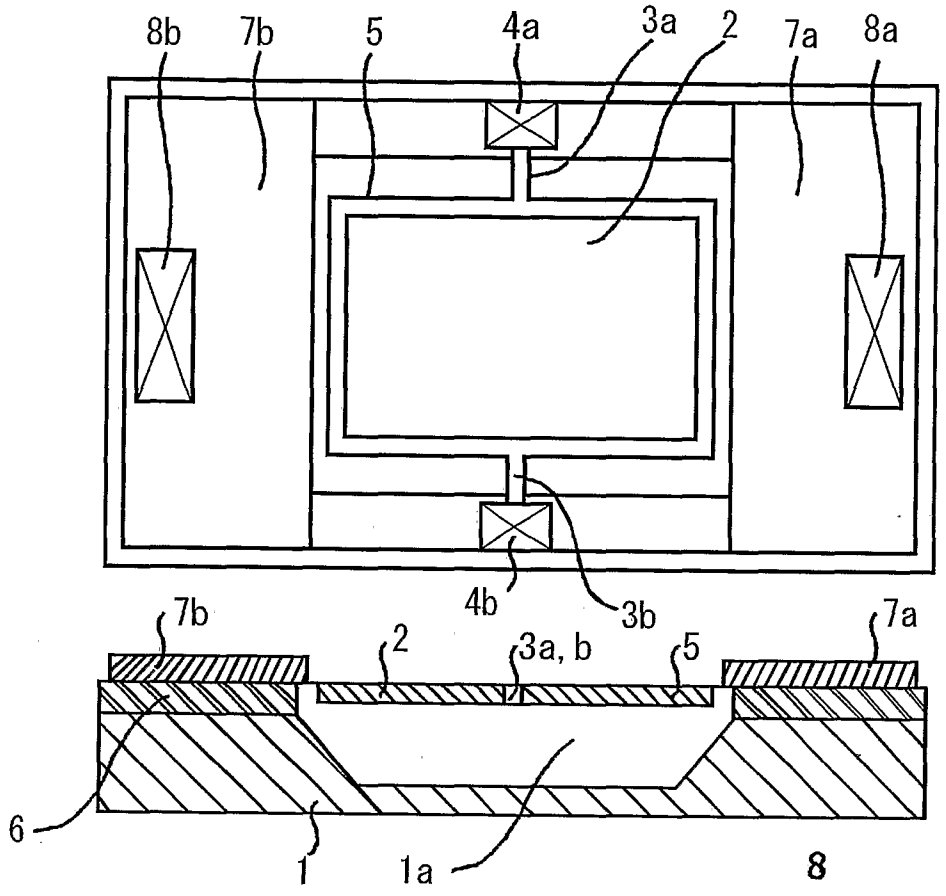
[図20]


6mm
2mm
1mm
固定端
対称面
PZT4
SUS304
(a)No cutモデル
固定端(1mm)
対称面
PZT4
SUS304
(b)Cutモデル
6mm
2mm
1mm
固定端
対称面
PZT4
SUS304
(c)Shortモデル

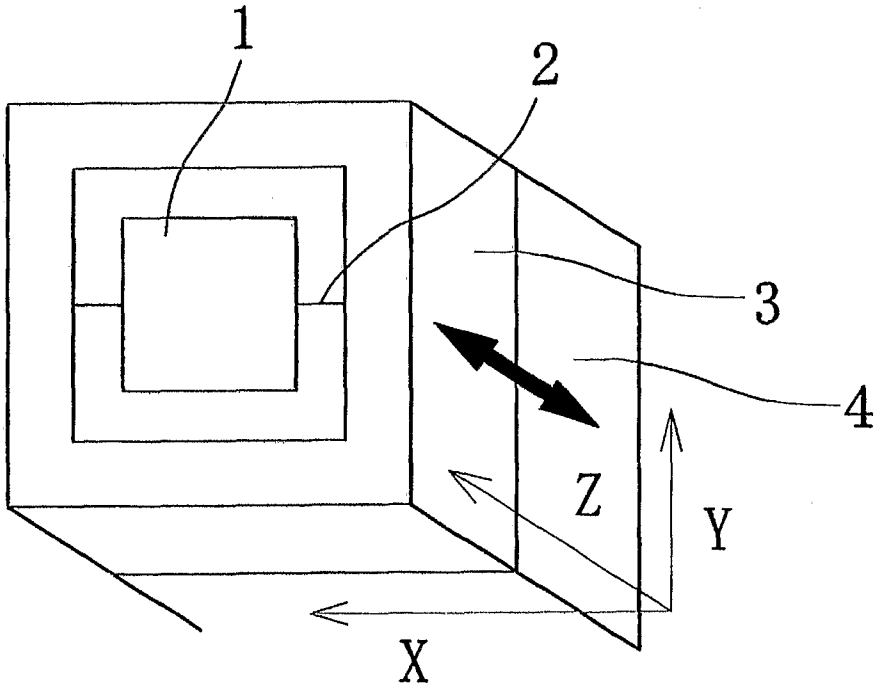
[図21]


Cut
Short
No cut
1mm
6mm
1mm
2mm
1mm
2mm
6mm
Rotation angle α (degree)
0
10
20
7000
7100
7200
7300
Frequency f (Hz)

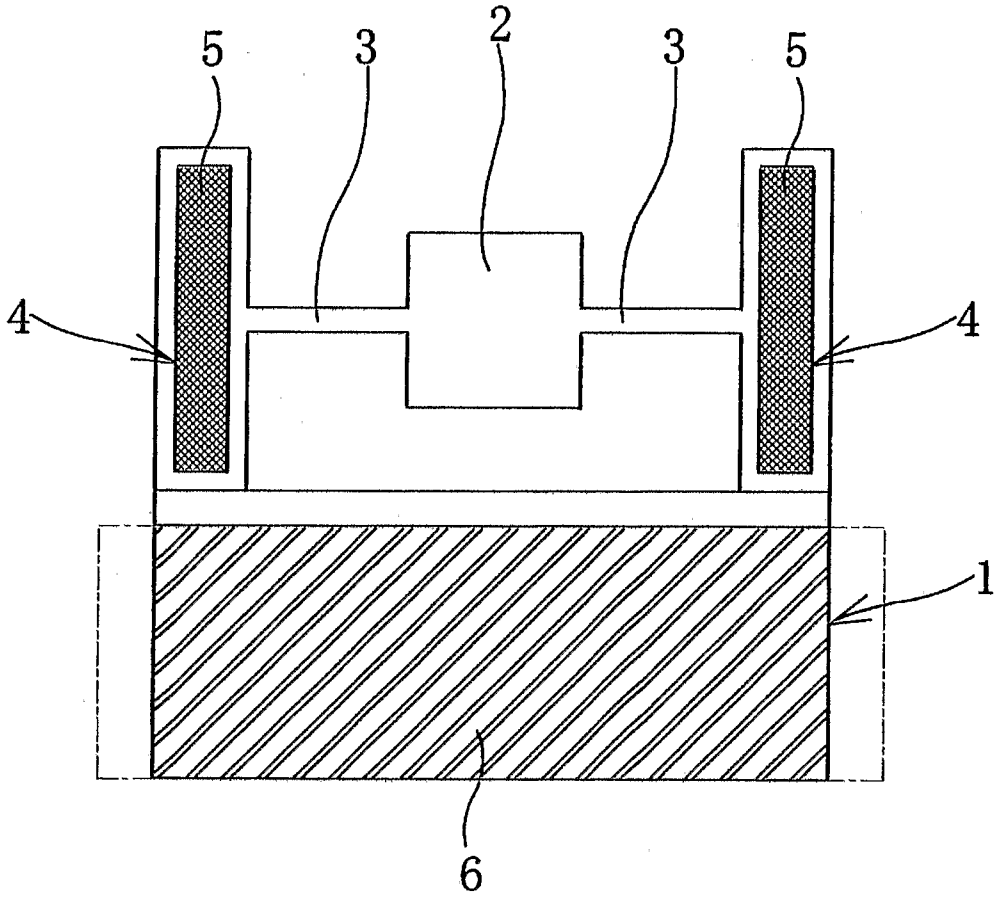
[図22]



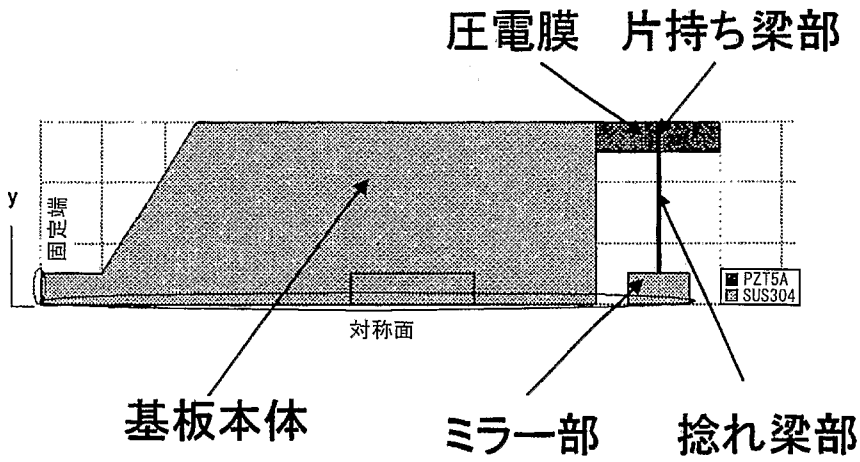
[図23]



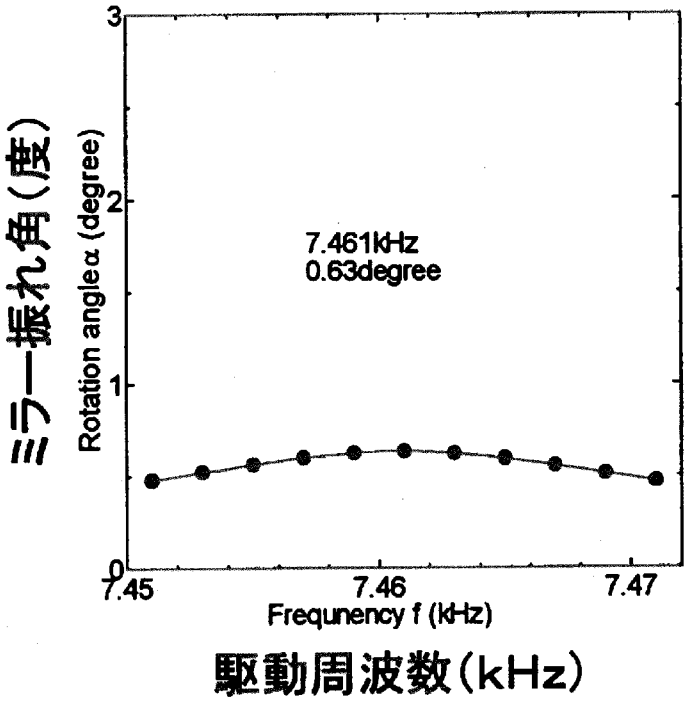
[図24]



[図25]



[図26]


ミラー振れ角(度)
Rotation angle α (degree)
3
2
1
0
7.461kHz
0.63degree
7.45
7.46
7.47
Frequnency f (kHz)
駆動周波数(kHz)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2007/068699

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G02B26/10(2006.01)i, *B81B3/00*(2006.01)i, *G02B26/08*(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)
G02B26/10, B81B3/00, G02B26/08

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 1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2007 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2007

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
IEEE, JST7580(JDream2), JSTPlus(JDream2)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	Jae-Hyuk Park Jun Akedo H. Sato M. Lebedev, Practical High-Speed Metal-Based Optical Microscanning Devices with Low Production Cost, Micro Electro Mechanical Systems, 2006, 2006.01, 730-733	1-6 9 7,8,10
Y	JP 2000-292735 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 20 October, 2000 (20.10.00), Par. No. [0055] (Family: none)	9
A	JP 2001-4952 A (Victor Company Of Japan, Ltd.), 12 January, 2001 (12.01.01), Fig. 1 (Family: none)	1-10

☐ 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
07 December, 2007 (07.12.07)	18 December, 2007 (18.12.07)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2007/068699

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:
See 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 additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
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.:

Remark on Protest

the

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, 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)

The invention of claim 1 is well known in the art, because it is disclosed in document 1: Jae-Hyuk Park, Jun Akedo, H. Sato, and M. Lebedev, Practical High-Speed Metal-Based Optical Microscanning Devices with Low Production Cost, Micro Electro Mechanical Systems, 2006, 2006.01, 730-733.

Hence, the matter common to claims 1 - 10 is well known in the art, and cannot be accepted as the technical feature capable of specifying any contribution over the prior art within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence.

On the other hand, the invention of claims 2 - 6 is also disclosed in document 1 and well known in the art.

Moreover, it is admitted: that the invention of claim 7 relates to the matter "the connecting portion between the torsional beam portions and the cantilever beam portions are disposed near the minimum amplitude of the substrate vibrations which are excited at the substrate body by the drive source";

that the invention of claim 8 relates to the matter "the connecting portion between the cantilever beam portions and the substrate body is so set by the drive source as is positioned near the maximum amplitude of the substrate vibrations excited in the substrate body by the drive source";

that the invention of claim 9 relates to the matter "the resonance frequency of the mirror portion and the resonance frequency of the substrate, which are decided by the weight of the mirror portion and the spring constant of the torsional beam, are largely shifted"; and

that the invention of claim 10 relates to the matter "the substrate fixing frame is arranged to enclose the substrate body and the cantilever beam portion and fixed on the side of the fixed end portion of the substrate body, and the substrate body and the substrate fixing frame are connected by the substrate connecting beam at the position apart from the support member and near the minimum amplitude of the substrate vibrations".

These inventions cannot be considered so relative as to form a single general inventive concept within the meaning of PCT Rule 13, since they are not so technically related as to involve one or two or more of the same or corresponding special technical features.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００７／０６８６９９

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, G02B26/08(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.　G02B26/10, B81B3/00, G02B26/08

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	１９７１－２００７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００７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）

IEEE, JST7580(JDream2), JSTPlus(JDream2)

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 Y A	Jae-Hyuk Park　Jun Akedo　H. Sato　M. Lebedev, Practical High-Speed Metal-Based Optical Microscanning Devices with Low Production Cost, Micro Electro Mechanical Systems, 2006, 2006.01, 730-733	1-6 9 7,8,10
Y	JP 2000-292735 A（オリンパス光学工業株式会社）2000.10.20,【００５５】（ファミリーなし）	9

☑　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	国際調査報告の発送日
０７．１２．２００７	１８．１２．２００７

国際調査機関の名称及びあて先	特許庁審査官（権限のある職員）	
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	早川　貴之 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２９４	２Ｘ　３３１４

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
A	JP 2001-4952 A（日本ビクター株式会社）2001.01.12，図１（ファミリーなし）	1-10

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００７／０６８６９９

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。

特別ページ参照

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。

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はあったが、異議申立てはなかった。

請求の範囲１に係る発明は、文献１：Jae-Hyuk Park　Jun Akedo　H. Sato　M. Lebedev, Practical High-Speed Metal-Based Optical Microscanning Devices with Low Production Cost, Micro Electro Mechanical Systems, 2006, 2006.01, 730-733 に開示され公知であると認められる。

したがって、請求に範囲１～１０の共通事項は公知であり、当該共通事項を、ＰＣＴ規則１３．２の第２文の意味において、先行技術に対して貢献する技術的特徴と認めることはできない。

また、請求の範囲２～６に係る発明も同様に文献１に開示され公知である。

そして、請求の範囲７に記載の発明は「捻れ梁部と片持ち梁部の接続部は、駆動源により基板本体に励起される基板振動の最小振幅の近傍に設けられる」事項に関し、

請求の範囲８に記載の発明は「片持ち梁部と基板本体の接続部が、駆動源により基板本体に励起される基板振動の最大振幅の近傍に位置するように設定されること」に関し、

請求の範囲９に記載の発明は「ミラー部の重量と捻り梁のバネ定数で決定されるミラー部の共振周波数と基板の共振周波数とを大きくずらすこと」に関し、

請求の範囲１０に記載の発明は「基板本体及び片持ち梁部を囲むように基板固定フレームを配置して基板本体の固定端部側で固定するとともに、基板本体と基板固定フレームとを支持部材から離れた位置で、かつ、基板振動の最小振幅の近傍において基板接続用梁で接続すること」に関するものであると認められる。

これらの発明は、一又は二以上の同一又は対応する特別な技術的特徴を含む技術的な関係にないから、ＰＣＴ規則１３の意味における単一の一般的発明概念を形成するように連関しているものとは認められない。