

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6459392号
(P6459392)

(45) 発行日 平成31年1月30日(2019.1.30)

(24) 登録日 平成31年1月11日(2019.1.11)

(51) Int. Cl. F 1
G 0 2 B 26/10 (2006.01) G 0 2 B 26/10 1 0 4 Z
G 0 2 B 26/08 (2006.01) G 0 2 B 26/08 E

請求項の数 6 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2014-218994 (P2014-218994)	(73) 特許権者	000006220
(22) 出願日	平成26年10月28日(2014.10.28)		ミツミ電機株式会社
(65) 公開番号	特開2016-85391 (P2016-85391A)		東京都多摩市鶴牧2丁目11番地2
(43) 公開日	平成28年5月19日(2016.5.19)	(74) 代理人	100107766
審査請求日	平成29年9月4日(2017.9.4)		弁理士 伊東 忠重
		(74) 代理人	100070150
			弁理士 伊東 忠彦
		(72) 発明者	山田 司
			東京都多摩市鶴牧2丁目11番地2 ミツ
			ミ電機株式会社内
		(72) 発明者	関根 久通
			東京都多摩市鶴牧2丁目11番地2 ミツ
			ミ電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光走査装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ミラーを揺動させて入射光を走査する光走査装置であって、
 前記ミラーの振角を検出するセンサ、及び前記センサと接続された配線を備えた光走査部と、

前記光走査部を搭載するパッケージと、

前記パッケージ上に配されて前記光走査部を覆い、前記センサ及び前記配線を前記入射光の迷光及び外乱光から遮光するカバーと、を有し、

前記カバーには、前記ミラーへの入射光、及び前記ミラーからの走査光を遮らない形状の開口部が設けられ、

前記開口部は、前記入射光が通る側に設けられた略半円形状の開口と、前記走査光が通る側に設けられた略矩形形状の開口と、を含むことを特徴とする光走査装置。

【請求項 2】

前記開口部において、前記入射光が通る側は、前記走査光が通る側よりも小さく開口されていることを特徴とする請求項 1 記載の光走査装置。

【請求項 3】

前記入射光はレーザー光であり、

前記入射光の迷光は、前記レーザー光の半値外光であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の光走査装置。

【請求項 4】

前記センサ及び前記配線上に熱バッファ層が設けられていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか一項記載の光走査装置。

【請求項 5】

前記熱バッファ層上に反射膜が設けられていることを特徴とする請求項 4 記載の光走査装置。

【請求項 6】

前記センサ及び前記配線上に絶縁層を介して反射膜が設けられていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか一項記載の光走査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、光走査装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、ミラーを備えた光走査部を有し、ミラーを回転軸回りに回転させてレーザ光等の入射光を反射させる光走査装置が知られている。この光走査装置には、ミラーが駆動され揺動している状態でミラーの振角を検出するセンサが設けられており、このセンサの出力信号に基づいてミラーの傾きが検出されミラーが駆動制御される（例えば、特許文献 1、2 参照）。

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2010 - 26192 号公報

【特許文献 2】特開 2011 - 186124 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記の光走査装置において、ミラーの振角を検出するセンサやそれに接続されるセンサ配線を光走査部に配置する場合がある。この場合、センサやセンサ配線に光（レーザ光の迷光や外乱光）が照射されると、センサの出力信号が変動し、その結果、ミラーの駆動制御を適切に行うことができないという問題があった。

30

【0005】

本発明は、上記の点に鑑みてなされたもので、ミラーの振角を検出するセンサの出力信号の変動を低減可能な光走査装置を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本光走査装置（200、200A）は、ミラー（110）を揺動させて入射光を走査する光走査装置（200、200A）であって、前記ミラー（110）の振角を検出するセンサ（191）、及び前記センサ（191）と接続された配線（199）を備えた光走査部（100）と、前記光走査部（100）を搭載するパッケージ（300）と、前記パッケージ（300）上に配されて前記光走査部（100）を覆い、前記センサ（191）及び前記配線（199）を前記入射光の迷光及び外乱光から遮光するカバー（400、410）と、を有し、前記カバー（400、410）には、前記ミラー（110）への入射光、及び前記ミラー（110）からの走査光を遮らない形状の開口部（400x、410x）が設けられ、前記開口部（400x、410x）は、前記入射光が通る側に設けられた略半円形状の開口と、前記走査光が通る側に設けられた略矩形形状の開口と、を含むことを要件とする。

40

【0007】

なお、上記括弧内の参照符号は、理解を容易にするために付したものであり、一例にす

50

ぎず、図示の態様に限定されるものではない。

【発明の効果】

【0008】

開示の技術によれば、ミラーの振角を検出するセンサの出力信号の変動を低減可能な光走査装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】第1の実施の形態に係る光走査装置の光走査部を例示する表面側の斜視図である。

【図2】第1の実施の形態に係る光走査装置の光走査部を例示する裏面側の斜視図である。 10

【図3】図2のリブ175近傍を例示する部分拡大平面図である。

【図4】第1の実施の形態に係る光走査装置を例示する斜視図（パッケージカバー不図示）である。

【図5】第1の実施の形態に係る光走査装置を例示する斜視図（パッケージカバー図示）である。

【図6】第1の実施の形態に係る光走査装置を例示する斜視断面図である。

【図7】第1の実施の形態に係る光走査装置の開口部近傍を拡大して例示する斜視図である。

【図8】比較例に係る光走査装置の開口部近傍を拡大して例示する斜視図である。 20

【図9】レーザ入射光Liの強度分布を例示する図である。

【図10】実験において直接レーザ光を照射した位置を説明する斜視図である。

【図11】圧電センサの出力信号の変動の実験結果を例示する図（その1）である。

【図12】圧電センサの出力信号の変動の実験結果を例示する図（その2）である。

【図13】圧電センサ上に熱バッファ層及び反射膜を設けた例を示す断面図である。

【図14】圧電センサの出力信号の変動が低減された実験結果を例示する図である。

【図15】第1の実施の形態の変形例に係る光走査装置を例示する斜視図である。

【図16】第1の実施の形態の変形例に係る光走査装置を例示する斜視断面図である。

【図17】第1の実施の形態の変形例に係る光走査装置の開口部近傍を拡大して例示する斜視図である。 30

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面を参照して発明を実施するための形態について説明する。各図面において、同一構成部分には同一符号を付し、重複した説明を省略する場合がある。

【0011】

第1の実施の形態

図1は、第1の実施の形態に係る光走査装置の光走査部を例示する表面側の斜視図である。図1に示す光走査部100は、ミラーを揺動させてレーザ等の光源から照射される入射光を走査する部分であり、例えば圧電素子によりミラーを駆動させるMEMS (Micro Electro Mechanical System) ミラー等である。 40

【0012】

具体的には、光走査部100は、ミラー110と、ミラー支持部120と、捻れ梁130A、130Bと、連結梁140A、140Bと、第1の駆動梁150A、150Bと、可動枠160と、第2の駆動梁170A、170Bと、固定枠180とを有する。又、第1の駆動梁150A、150Bは、それぞれ駆動源151A、151Bを有する。又、第2の駆動梁170A、170Bは、それぞれ駆動源171A、171Bを有する。第1の駆動梁150A、150B、第2の駆動梁170A、170Bは、ミラー110を上下又は左右に揺動してレーザ光を走査するアクチュエータとして機能する。

【0013】

ミラー支持部120には、ミラー110の円周に沿うようにスリット122が形成され 50

ている。スリット122により、ミラー支持部120を軽量化しつつ捻れ梁130A、130Bによる捻れをミラー110へ伝達することができる。

【0014】

光走査部100において、ミラー支持部120の表面にミラー110が支持され、ミラー支持部120は、両側にある捻れ梁130A、130Bの端部に連結されている。捻れ梁130A、130Bは、揺動軸を構成し、軸方向に延在してミラー支持部120を軸方向両側から支持している。捻れ梁130A、130Bが捻れることにより、ミラー支持部120に支持されたミラー110が揺動し、ミラー110に照射された光の反射光を走査させる動作を行う。捻れ梁130A、130Bは、それぞれが連結梁140A、140Bに連結支持され、第1の駆動梁150A、150Bに連結されている。

10

【0015】

第1の駆動梁150A、150B、連結梁140A、140B、捻れ梁130A、130B、ミラー支持部120及びミラー110は、可動枠160に取り囲まれている。第1の駆動梁150A、150Bは、可動枠160にそれぞれの一方の側が支持されている。第1の駆動梁150Aの他方の側は内周側に延びて連結梁140A、140Bと連結している。第1の駆動梁150Bの他方の側も同様に、内周側に延びて連結梁140A、140Bと連結している。

【0016】

第1の駆動梁150A、150Bは、捻れ梁130A、130Bと直交する方向に、ミラー110及びミラー支持部120を挟むように、対をなして設けられている。第1の駆動梁150A、150Bの表面には、駆動源151A、151Bがそれぞれ形成されている。駆動源151A、151Bは、第1の駆動梁150A、150Bの表面上の圧電素子の薄膜の上面に形成された上部電極と、圧電素子の下面に形成された下部電極とにより構成される。駆動源151A、151Bは、上部電極と下部電極に印加する駆動電圧の極性に応じて伸長したり縮小したりする。

20

【0017】

このため、第1の駆動梁150Aと第1の駆動梁150Bとで異なる位相の駆動電圧を交互に印加すれば、ミラー110の左側と右側で第1の駆動梁150Aと第1の駆動梁150Bとが上下反対側に交互に振動する。これにより、捻れ梁130A、130Bを揺動軸又は回転軸として、ミラー110を軸周りに揺動させることができる。ミラー110が捻れ梁130A、130Bの軸周りに揺動する方向を、以後、水平方向と呼ぶ。例えば第1の駆動梁150A、150Bによる水平駆動には、共振振動が用いられ、高速にミラー110を揺動駆動することができる。

30

【0018】

又、可動枠160の外部には、第2の駆動梁170A、170Bの一端が連結されている。第2の駆動梁170A、170Bは、可動枠160を左右両側から挟むように、対をなして設けられている。第2の駆動梁170Aは、第1の駆動梁150Aと平行に延在する梁が、隣接する梁と端部で連結され、全体としてジグザグ状の形状を有する。そして、第2の駆動梁170Aの他端は、固定枠180の内側に連結されている。第2の駆動梁170Bも同様に、第1の駆動梁150Bと平行に延在する梁が、隣接する梁と端部で連結され、全体としてジグザグ状の形状を有する。そして第2の駆動梁170Bの他端は、固定枠180の内側に連結されている。

40

【0019】

第2の駆動梁170A、170Bの表面には、それぞれ曲線部を含まない矩形単位毎に駆動源171A、171Bが形成されている。駆動源171Aは、第2の駆動梁170Aの表面上の圧電素子の薄膜の上面に形成された上部電極と、圧電素子の下面に形成された下部電極とにより構成される。駆動源171Bは、第2の駆動梁170Bの表面上の圧電素子の薄膜の上面に形成された上部電極と、圧電素子の下面に形成された下部電極とにより構成される。

【0020】

50

第2の駆動梁170A、170Bは、矩形単位毎に隣接している駆動源171A、171B同士で、異なる極性の駆動電圧を印加することにより、隣接する矩形梁を上下反対方向に反らせ、各矩形梁の上下動の蓄積を可動枠160に伝達する。第2の駆動梁170A、170Bは、この動作により、平行方向と直交する方向である垂直方向にミラー110を揺動させる。例えば第2の駆動梁170A、170Bによる垂直駆動には、非共振振動を用いることができる。

【0021】

例えば、駆動源171Aを、可動枠160側から右側に向かって並ぶ駆動源171AR、171BR、171CR及び171DRを含むものとする。又、駆動源171Bを、可動枠160側から左側に向かって並ぶ駆動源171AL、171BL、171CL及び171DLを含むものとする。この場合、駆動源171AR、171AL、171CR及び171CLを同波形、駆動源171BR、171BL、171DR及び171DLを前者と位相の異なる同波形で駆動することで垂直方向へ揺動することができる。

10

【0022】

駆動源151Aの上部電極及び下部電極に駆動電圧を印加する駆動配線は、固定枠180に設けられた端子群TAに含まれる所定の端子と接続されている。又、駆動源151Bの上部電極及び下部電極に駆動電圧を印加する駆動配線は、固定枠180に設けられた端子群TBに含まれる所定の端子と接続されている。又、駆動源171Aの上部電極及び下部電極に駆動電圧を印加する駆動配線は、固定枠180に設けられた端子群TAに含まれる所定の端子と接続されている。又、駆動源171Bの上部電極及び下部電極に駆動電圧を印加する駆動配線は、固定枠180に設けられた端子群TBに含まれる所定の端子と接続されている。

20

【0023】

又、光走査部100は、駆動源151A、151Bに駆動電圧が印加されてミラー110が水平方向に揺動している状態におけるミラー110の水平方向の傾き具合（水平方向の振角）を検出する水平振角センサとして圧電センサ191、192を有する。圧電センサ191は連結梁140Bに設けられ、圧電センサ192は連結梁140Aに設けられている。なお、本実施の形態では、圧電センサ192は、連結梁140A、140Bの重量のバランスをとるためのダミーセンサである。

【0024】

30

又、光走査部100は、駆動源171A、171Bに駆動電圧が印加されてミラー110が垂直方向に揺動している状態におけるミラー110の垂直方向の傾き具合（垂直方向の振角）を検出する垂直振角センサとして圧電センサ195、196を有する。圧電センサ195は第2の駆動梁170Aの有する矩形梁の一つに設けられており、圧電センサ196は第2の駆動梁170Bの有する矩形梁の一つに設けられている。

【0025】

圧電センサ191は、ミラー110の水平方向の傾き具合に伴い、捻れ梁130Bから伝達される連結梁140Bの変位に対応する電流値を出力する。圧電センサ195は、ミラー110の垂直方向の傾き具合に伴い、第2の駆動梁170Aのうち圧電センサ195が設けられた矩形梁の変位に対応する電流値を出力する。圧電センサ196は、ミラー110の垂直方向の傾き具合に伴い、第2の駆動梁170Bのうち圧電センサ196が設けられた矩形梁の変位に対応する電流値を出力する。

40

【0026】

本実施の形態では、圧電センサ191の出力を用いてミラー110の水平方向の傾き具合を検出する。又、本実施の形態では、圧電センサ195、196の出力を用いてミラー110の垂直方向の傾き具合を検出する。なお、本実施の形態では、各圧電センサから出力される電流値からミラー110の傾き具合の検出を行う傾き検出部が光走査部100の外部に設けられていても良い。又、本実施の形態では、傾き検出部の検出結果に基づき駆動源151A、151B、駆動源171A、171Bに供給する駆動電圧を制御する駆動制御部が光走査部100の外部に設けられていても良い。

50

【 0 0 2 7 】

圧電センサ 1 9 1、1 9 5、及び 1 9 6 は、圧電素子の薄膜の上面に形成された上部電極と、圧電素子の下面に形成された下部電極とにより構成される。本実施の形態では、各圧電センサの出力は、上部電極と下部電極とに接続されたセンサ配線の電流値となる。

【 0 0 2 8 】

圧電センサ 1 9 1 の上部電極及び下部電極から引き出されたセンサ配線 1 9 9 は、固定枠 1 8 0 に設けられた端子群 T B に含まれる所定の端子と接続されている。又、圧電センサ 1 9 5 の上部電極及び下部電極から引き出されたセンサ配線は、固定枠 1 8 0 に設けられた端子群 T A に含まれる所定の端子と接続されている。又、圧電センサ 1 9 6 の上部電極及び下部電極から引き出されたセンサ配線は、固定枠 1 8 0 に設けられた端子群 T B に含まれる所定の端子と接続されている。ダミーセンサである圧電センサ 1 9 2 にはセンサ配線を接続しなくてよい。

10

【 0 0 2 9 】

図 2 は、第 1 の実施の形態に係る光走査装置の光走査部を例示する裏面側の斜視図である。図 2 において、ミラー支持部 1 2 0 の裏面には、リブ 1 2 5 が設けられている。リブ 1 2 5 を設けることで、駆動中にミラー 1 1 0 に歪みが発生することを抑制し、ミラー 1 1 0 を平坦に保つことができる。リブ 1 2 5 は、ミラー 1 1 0 の形状とほぼ外形が一致するように形成される。これにより、ミラー 1 1 0 を全体に亘って平坦にすることができる。又、ミラー支持部 1 2 0 に形成されたスリット 1 2 2 により、捻れ梁 1 3 0 A、1 3 0 B から伝達される応力をミラー支持部 1 2 0 内で分散させ、リブ 1 2 5 にまで応力が伝達することを防ぐことができる。

20

【 0 0 3 0 】

可動枠 1 6 0 には、肉抜き部 1 6 5 が設けられている。肉抜き部 1 6 5 は、可動枠 1 6 0 を軽量化するために形成された窪みである。可動枠 1 6 0 は、第 1 の駆動梁 1 5 0 A、1 5 0 B を支持する役割を有するため、厚肉部で構成されるが、自らも垂直方向に揺動する駆動対象であるため、重量が大きいと、同じ電圧を印加しても変位が小さくなり、感度が低下してしまう。よって、可動枠 1 6 0 に肉抜き部 1 6 5 を設け、軽量化することにより、感度を向上させることができる。

【 0 0 3 1 】

又、可動枠 1 6 0 が例えば 6 0 H z で駆動される場合、6 0 H z の倍数 (1 2 0 H z、1 8 0 H z、2 4 0 H z・・・) に不要な共振周波数が存在すると、ノイズが大きくなる。つまり、振動特性として、駆動周波数の倍数付近に不要な共振周波数が存在しないことが好ましい。軽量化により、不要な共振周波数を高周波数化することができ、駆動周波数の倍数付近から不要な共振周波数を遠ざけることができる。又、不要な共振周波数が駆動周波数の倍数であった場合でも、6 0 H z から離れた周波数、つまり高周波数側である方が影響は少ない。つまり、可動枠 1 6 0 の軽量化により、不要な共振周波数を高周波数化することができ、ノイズを減少させることができる。

30

【 0 0 3 2 】

第 2 の駆動梁 1 7 0 A、1 7 0 B の裏面において、隣接する駆動梁同士を連結する部分には、リブ 1 7 5、1 7 6 が設けられている。リブ 1 7 5、1 7 6 を設けることで、隣接する駆動梁同士を連結する部分を補強し、剛性を高めて変形を防止している。以下、図 3 を用いて、リブ 1 7 5、1 7 6 について更に説明をする。

40

【 0 0 3 3 】

図 3 は、図 2 のリブ 1 7 5 近傍を例示する部分拡大平面図である。光走査部 1 0 0 は、例えば、支持層、B O X (Buried Oxide: 埋め込み) 層及び活性層を有する S O I (Silicon On Insulator) 基板を用いて形成することができる。その場合、第 2 の駆動梁 1 7 0 A、1 7 0 B において、曲げの起点となる一点鎖線 A で示す部分が、応力集中部分となる。この応力集中部分の外形端面 B に支持層、B O X 層及び活性層が存在すると破壊されやすく、特に S i O₂ からなる B O X 層が破壊されやすい。

【 0 0 3 4 】

50

すなわち、第2の駆動梁170A、170Bの破壊の主な原因は、応力集中部分となる一点鎖線Aで示す曲げの起点上でのBOX層の破壊である。そこで、応力集中部分にリブ175、176を設けているが、リブ175、176の破線Cで囲まれた部分が外形端面よりも内側に位置するようにし、更に角を丸めることで応力を分散している。なお、リブの効果は、幅と高さにより決まるが、体積が大きいと1次共振周波数の低下を招くため、より少ない体積で高い変形防止効果を得る必要がある。リブ175、176では、隣接する駆動梁の隙間部分の端部近傍に半円環状部分を設けることで、より少ない体積で高い変形防止効果を得ている。

【0035】

図4は、第1の実施の形態に係る光走査装置を例示する斜視図（パッケージカバー不図示）である。図5は、第1の実施の形態に係る光走査装置を例示する斜視図（パッケージカバー図示）である。図6は、第1の実施の形態に係る光走査装置を例示する斜視断面図である。図4～図6に示すように、光走査装置200は、光走査部100と、光走査部100を搭載するセラミックパッケージ300と、セラミックパッケージ300上に配されて光走査部100を覆うパッケージカバー400とを有する。光走査装置200は、セラミックパッケージ300の下側に、基板500や制御回路600を備えてもよい。

【0036】

光走査装置200において、パッケージカバー400の略中央部にはミラー110の近傍を露出する開口部400xが設けられている。開口部400xは、ミラー110へのレーザ入射光Li、及びミラー110からのレーザ出射光Lo（走査光）を遮らない形状とされている。なお、開口部400xにおいて、レーザ入射光Liが通る側は、レーザ出射光Loが通る側よりも小さく開口されている。すなわち、レーザ入射光Li側が略半円形状に狭く開口しているのに対し、レーザ出射光Lo側は略矩形形状に広く開口している。これは、レーザ入射光Liは一定の方向から入射するのでその方向のみを開口すればよいのに対し、レーザ出射光Loは2次元に走査されるため、2次元に走査されるレーザ出射光Loを遮らないように、走査される全範囲を開口する必要があるためである。

【0037】

図7に示すように、開口部400xはミラー110の近傍に配置された圧電センサ191と、圧電センサ191の上部電極及び下部電極から引き出されたセンサ配線199を露出していない。つまり、パッケージカバー400が圧電センサ191及びセンサ配線199を覆い、圧電センサ191及びセンサ配線199への光照射を防止している。なお、図7は、第1の実施の形態に係る光走査装置の開口部近傍を拡大して例示する斜視図であり、図7では便宜上開口部400xを破線で示している。破線で囲まれた部分が開口部400x内に露出する部分となる。

【0038】

ここで、比較例を参照しながら、圧電センサ191及びセンサ配線199をパッケージカバー400で覆うことの技術的意義について説明する。図8は、比較例に係る光走査装置の開口部近傍を拡大して例示する斜視図である。図8では、略矩形形状の開口部400zがミラー110を露出すると共に、圧電センサ191及びセンサ配線199を露出するように設けられている。つまり、圧電センサ191及びセンサ配線199は、パッケージカバーで覆われていない。そのため、圧電センサ191及びセンサ配線199にも光が照射される。

【0039】

ところで、レーザ入射光Liの強度分布は図9のようになっている。図9において、Icはレーザ入射光Liの強度中心であり、Whはレーザ入射光Liの強度が強度中心Icの半分になるところの幅（半値）である。半値Whの部分が主にミラー110に照射されるが、その際に半値外光Ls（迷光）が圧電センサ191及びセンサ配線199を含むミラー110の近傍に照射される。又、レーザ入射光Liの半値外光Ls以外に蛍光灯の光や太陽光等の外乱光が照射される場合もある。

【0040】

10

20

30

40

50

発明者らは、圧電センサ 191 やセンサ配線 199 にレーザ入射光 L_i の半値外光 L_s や外乱光が照射されると、圧電センサ 191 の出力信号が変動することを以下の実験結果から発見した。なお、ミラー 110 の水平方向の駆動制御は圧電センサ 191 の出力信号を基準として行う。そのため、圧電センサ 191 の出力信号が変動すると、ミラー 110 の水平方向の振角を正確に検出することができず、ミラー 110 の水平方向の駆動制御を適切に行うことができない。

【0041】

発明者らの行った実験について説明する。まず、パッケージカバー 400 を取り外した状態で、光走査部 100 の図 10・D 部に直接レーザ光を照射し、その時の圧電センサ 191 の出力信号の変動を確認した。その結果、図 11 (a) に示すように、レーザ光を off から on に切り替えた瞬間に圧電センサ 191 の出力信号が一度急激に変動し、それから徐々に変動することがわかった。これは、第 1 の駆動梁 150B 及び駆動源 151B がレーザ光により加熱され、光走査部 100 を構成するシリコンの物性値が変動して共振周波数がシフトすることで、圧電センサ 191 の出力が徐々に変動したと考えられる。

10

【0042】

次に、パッケージカバー 400 を取り外した状態で、光走査部 100 の図 10・E 部に直接レーザ光を照射し、その時の圧電センサ 191 の出力信号の変動を確認した。その結果、図 11 (b) に示すように、レーザ光を off から on に切り替えた瞬間に圧電センサ 191 の出力信号が一度急激に変動し、以降そのままの状態を保つことがわかった。又、図 11 (c) に示すように、図 10・E 部において、100 KHz という高周波でレーザ光を on/off した場合にも、それに追従して圧電センサ 191 の出力信号が変動することがわかった。

20

【0043】

図 10・E 部は圧電センサ 191 から距離が十分に離れているので、図 10・E 部に直接レーザ光を照射した際の図 10・E 部近傍の発熱が圧電センサ 191 に与える影響は無視できると考えられる。又、100 KHz での on/off に追従することからも熱の影響とは考えにくい。この場合、静電容量変動が確認されているため、レーザ光の照射により光走査部 100 を構成するシリコンへのリーク電流が発生し、圧電センサ 191 の出力信号が変動したと考えられる。つまり、圧電センサ 191 の出力信号の急激な変動は、光走査部 100 を構成するシリコン上に形成された配線の寄生成分が光電効果によってリーク電流を発生させることにより生じると考えられる。

30

【0044】

このように、圧電センサ 191 の出力信号が急激に変動するモードと、徐々に変動するモードの 2 種類があり、それぞれの場合で原因が異なる。図 10・D 部に直接レーザ光を照射した場合には、圧電センサ 191 の出力信号が急激に変動するモードと、徐々に変動するモードが同時に発生する。又、図 10・E 部に直接レーザ光を照射した場合には、圧電センサ 191 の出力信号が急激に変動するモードのみが発生する。

【0045】

なお、温度上昇により共振周波数がシフトすることで、圧電センサ 191 の出力信号が徐々に変動することは、以下のようにして確認できる。図 12 (a) は駆動周波数によるミラー 110 の水平方向の振角の変化を示している。例えば、常温で光照射がない場合 (光 off) には駆動周波数 = f_0 [Hz] で水平方向の振角が最大となる (f_0 [Hz] が共振周波数)。又、光照射がある場合には温度上昇により周波数特性がシフトし、駆動周波数 = $f_0 - 15$ [Hz] で水平方向の振角が最大となる ($f_0 - 15$ [Hz] が共振周波数)。この場合、駆動周波数 = $f_0 + 15$ [Hz] で比較すると、光 off の場合よりも水平方向の振角が小さくなる。

40

【0046】

ここで、図 8 に示す開口部 400z を備えたパッケージカバー 400 で覆われた光走査部 100 (比較例) において、ミラー 110 にレーザ光を照射した場合の圧電センサ 191 の出力信号の変動を確認した実験結果を示す。

50

【 0 0 4 7 】

図 1 2 (b) は、常温において光 o f f で駆動周波数 = $f_0 - 15$ [H z] で駆動を開始し、その後光照射を行った場合の圧電センサ 1 9 1 の出力信号の変動を示している。光照射により温度が上昇して共振周波数が f_0 [H z] から $f_0 - 15$ [H z] にシフトすると、図 1 2 (a) に示すように駆動周波数 = $f_0 - 15$ [H z] における振角は増加する。従って、図 1 2 (b) では、圧電センサ 1 9 1 の出力信号の振幅が徐々に増加している。なお、図 1 2 (b) の左上側が圧電センサ 1 9 1 の出力信号、左下側が水平駆動信号、夫々の右側は左側の時間軸を大きくしたものである (図 1 2 (c) 及び図 1 2 (d) についても同様) 。

【 0 0 4 8 】

図 1 2 (c) は、常温において光 o f f で駆動周波数 = f_0 [H z] で駆動を開始し、その後光照射を行った場合の圧電センサ 1 9 1 の出力信号の変動を示している。光照射により温度が上昇して共振周波数が f_0 [H z] から $f_0 - 15$ [H z] にシフトしても、図 1 2 (a) に示すように駆動周波数 = f_0 [H z] における振角は大きく変わらない。従って、図 1 2 (c) では、圧電センサ 1 9 1 の出力信号の振幅の変動は小さい。

【 0 0 4 9 】

図 1 2 (d) は、常温において光 o f f で駆動周波数 = $f_0 + 15$ [H z] で駆動を開始し、その後光照射を行った場合の圧電センサ 1 9 1 の出力信号の変動を示している。光照射により温度が上昇して共振周波数が f_0 [H z] から $f_0 - 15$ [H z] にシフトすると、図 1 2 (a) に示すように駆動周波数 = $f_0 + 15$ [H z] における振角は減少する。従って、図 1 2 (d) では、圧電センサ 1 9 1 の出力信号の振幅が徐々に減少している。

【 0 0 5 0 】

このように、温度上昇によりミラー 1 1 0 の共振周波数がシフトすることで、圧電センサ 1 9 1 の出力信号が徐々に変動する。図 1 1 (a) で示した波形は、図 1 2 (b) ~ 図 1 2 (d) で示した波形と同様である。このことから、光走査部 1 0 0 の図 1 0 ・ D 部に直接レーザ光を照射した時に生じた圧電センサ 1 9 1 の出力信号の変動は、温度上昇によりミラー 1 1 0 の共振周波数がシフトしたことに起因するといえる。

【 0 0 5 1 】

このように、圧電センサ 1 9 1 やセンサ配線 1 9 9 にレーザ入射光 L_i の半値外光 L_s や外乱光が照射されると、圧電センサ 1 9 1 の出力信号が変動することが確認された。特に、圧電センサ 1 9 1 の出力信号が急激に変動するモードは、1 0 0 K H z の光の o n / o f f でも発生する高速変動であるため、電氣的に変動を補正することは困難であり、構造的な対策が必須である。

【 0 0 5 2 】

そこで、本実施の形態では、光走査部 1 0 0 の圧電センサ 1 9 1 及びセンサ配線 1 9 9 をパッケージカバー 4 0 0 で覆うようにしている。つまり、開口部 4 0 0 x を除くパッケージカバー 4 0 0 が遮光部となり、圧電センサ 1 9 1 及びセンサ配線 1 9 9 をレーザ入射光 L_i の半値外光や外乱光から遮光している。これにより、上記実験により示した圧電センサ 1 9 1 の出力信号が急激に変動するモードの発生、及び徐々に変動するモードの発生を防止できる。

【 0 0 5 3 】

なお、光走査部 1 0 0 の圧電センサ 1 9 1 及びセンサ配線 1 9 9 をパッケージカバー 4 0 0 で覆うことは、圧電センサ 1 9 1 の出力信号の変動の防止に十分な効果を奏する。しかし、レーザ入射光 L_i の半値外光 L_s や外乱光が浅い角度で光走査部 1 0 0 とパッケージカバー 4 0 0 との間隙から入り込むことも考えられる。このような隙間から入り込む光によって圧電センサ 1 9 1 の出力信号の変動が生じるおそれを排除するために、熱バフア層及び反射膜を設けることが好ましい。

【 0 0 5 4 】

10

20

30

40

50

図13は、圧電センサ上に熱バッファ層及び反射膜を設けた例を示す断面図である。図13に示すように、光走査部100ではシリコン210上に絶縁膜220を介して圧電センサ191が形成されている。圧電センサ191は、上部電極191A、圧電素子191B及び下部電極191Cを有する。

【0055】

熱バッファ層250は、圧電センサ191及びセンサ配線199（図13では不図示）を覆うように設けることができる。熱バッファ層250を、圧電センサ191及びセンサ配線199を含む光走査部100の表面側の全面を覆うように設けてもよい。熱バッファ層250は、外部からの熱を吸収及び分散する層であり、圧電センサ191及びセンサ配線199に熱が伝導し難くする機能を有する。熱バッファ層250は、熱伝導率が低く、
10 単位体積当たりの熱容量が大きな材料から構成することが好ましい。

【0056】

熱バッファ層250の材料としては、例えば、アルミナ膜（ Al_2O_x ）や酸化チタン膜（ TiO_x ）等の酸化膜、シリコン酸化膜（ SiO_x ）等の非晶質膜を用いることができる。熱バッファ層250の材料として、例えば、エポキシ樹脂、フォトレジスト等を用いてもよい。熱バッファ層250の厚さは、例えば、10～1000nm程度とすることができる。熱バッファ層250は、例えば、ALD（Atomic Layer Deposition）法により形成することができる。

【0057】

なお、熱バッファ層250は、外部からの熱を吸収及び分散する層ではなく、外部からの熱を断熱する層としてもよい。この場合には、熱バッファ層250の材料として、例えば、多孔質アルミナ膜（ Al_2O_x ）や多孔質ガラス膜（ SiO_x ）、多孔質酸化チタン膜（ TiO_x ）等の多孔質膜を用いることができる。
20

【0058】

反射膜260は、熱バッファ層250を覆うように設けることができる。反射膜260は、レーザ入射光Liの半値外光Lsや外乱光を反射し、照射された部分が発熱することを防止する機能を有する。反射膜260は、反射率が高い材料から構成することが好ましい。反射膜260の材料としては、例えば、銀、銀合金、アルミニウム、アルミニウム合金、金、金合金等を用いることができる。反射膜260の厚さは、例えば、10～1000nm程度とすることができる。反射膜260は、例えば、スパッタ法により形成すること
30 ができる。

【0059】

なお、圧電センサ191及びセンサ配線199を覆うように熱バッファ層250のみを設けてもよいし、圧電センサ191及びセンサ配線199を覆うように反射膜260のみを設けてもよい。但し、反射膜260が導電性材料から構成される場合には、圧電センサ191及びセンサ配線199上に絶縁層を介して反射膜260を設ける必要がある。

【0060】

図14は、圧電センサの出力信号の変動が低減された実験結果を例示する図である。具体的には、図7に示す開口部400xを備えたパッケージカバー400で覆われた光走査部100において、ミラー110にレーザ光を照射した場合の圧電センサ191の出力信号の変動を確認した実験結果を示している。なお、実験に用いた光走査部100では、圧電センサ191及びセンサ配線199を覆う熱バッファ層250、及び熱バッファ層250を覆う反射膜260が設けられている。
40

【0061】

図14に示すように、ミラー110に照射するレーザ光をoffからonにしても、圧電センサ191の出力信号が変動しない。つまり、圧電センサ191及びセンサ配線199を覆うパッケージカバー400、熱バッファ層250及び反射膜260を設けることで、ミラー110に照射するレーザ光をoffからonにしても、圧電センサ191の出力信号が変動しないことが確認された。なお、発明者らの検討により、圧電センサ191及びセンサ配線199を覆うパッケージカバー400のみでも圧電センサ191の出力信号
50

の変動は大幅に抑制できるため、熱バッファ層 250 及び反射膜 260 の何れか一方又は双方は、必要に応じて設ければよい。

【0062】

このように、第 1 の実施の形態に係る光走査装置 200 では、パッケージカバー 400 が、水平方向の傾き具合を検出する圧電センサ 191 及びそれに接続されるセンサ配線 199 を覆い、圧電センサ 191 及びセンサ配線 199 への光照射を防止している。

【0063】

これにより、圧電センサ 191 及びセンサ配線 199 に光が照射されることで生じるリーク電流及びミラー 110 の共振周波数のシフトを抑制可能となり、圧電センサ 191 の出力信号の変動を低減することができる。又、圧電センサ 191 及びセンサ配線 199 を覆うように熱バッファ層 250 や反射膜 260 を設けることで、圧電センサ 191 の出力信号の変動を更に低減することができる。その結果、ミラー 110 の水平方向の振角を正確に検出でき、ミラー 110 の水平方向の駆動制御を適切に行うことができる。

【0064】

第 1 の実施の形態の変形例

第 1 の実施の形態の変形例では、パッケージカバーにカバーガラスを設けた光走査装置を示す。なお、第 1 の実施の形態の変形例において、既に説明した実施の形態と同一構成部についての説明は省略する場合がある。

【0065】

図 15 は、第 1 の実施の形態の変形例に係る光走査装置を例示する斜視図である。図 16 は、第 1 の実施の形態の変形例に係る光走査装置を例示する斜視断面図である。図 15 及び図 16 に示すように、光走査装置 200A は、光走査部 100 と、光走査部 100 を搭載するセラミックパッケージ 300 と、セラミックパッケージ 300 上に配されて光走査部 100 を覆うパッケージカバー 410 とを有する。光走査装置 200A は、セラミックパッケージ 300 の下側に、基板 500 や制御回路 600 を備えてもよい。

【0066】

光走査装置 200A において、パッケージカバー 410 の略中央部にはミラー 110 の近傍を露出する開口部 410x が設けられている。開口部 410x は、ミラー 110 へのレーザ入射光 L_i 、及びミラー 110 からのレーザ出射光 L_o (走査光) を遮らない形状とされている。又、開口部 410x を覆うように、レーザ入射光 L_i 及びレーザ出射光 L_o を透過するカバーガラス 420 が設けられている。これにより、光走査装置 200A では、光走査部 100 がセラミックパッケージ 300 と、カバーガラス 420 が設けられたパッケージカバー 410 とで封止された構造となる。なお、開口部 410x と同様の理由により、開口部 410x において、レーザ入射光 L_i が通る側は、レーザ出射光 L_o が通る側よりも小さく開口されている。

【0067】

図 17 に示すように、開口部 410x はミラー 110 の近傍に配置された圧電センサ 191 と、圧電センサ 191 の上部電極及び下部電極から引き出されたセンサ配線 199 を露出していない。つまり、開口部 410x を除くパッケージカバー 410 が遮光部となり、圧電センサ 191 及びセンサ配線 199 をレーザ入射光 L_i の半値外光や外乱光から遮光している。これにより、上記実験により示した圧電センサ 191 の出力信号が急激に変動するモードの発生、及び徐々に変動するモードの発生を防止できる。なお、図 17 は、ミラー 110 の近傍を例示する斜視図であり、図 17 では便宜上開口部 410x を破線で示している。破線で囲まれた部分が開口部 410x 内に露出する部分となる。

【0068】

このように、光走査装置 200A を、パッケージカバー 410 にカバーガラス 420 を設けた封止構造としてもよい。この場合にも、パッケージカバー 410 が圧電センサ 191 及びセンサ配線 199 を覆い、圧電センサ 191 及びセンサ配線 199 への光照射を防止しているため、第 1 の実施の形態と同様に、圧電センサ 191 の出力信号の変動を低減することができる。その結果、ミラー 110 の水平方向の振角を正確に検出でき、ミラー

10

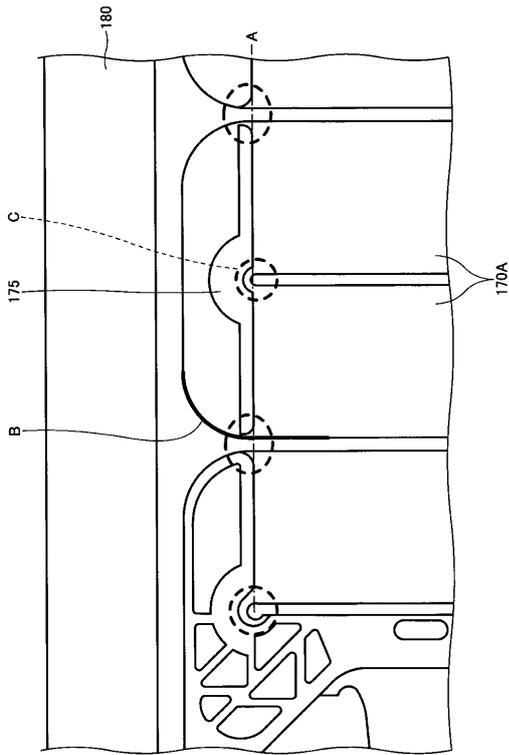
20

30

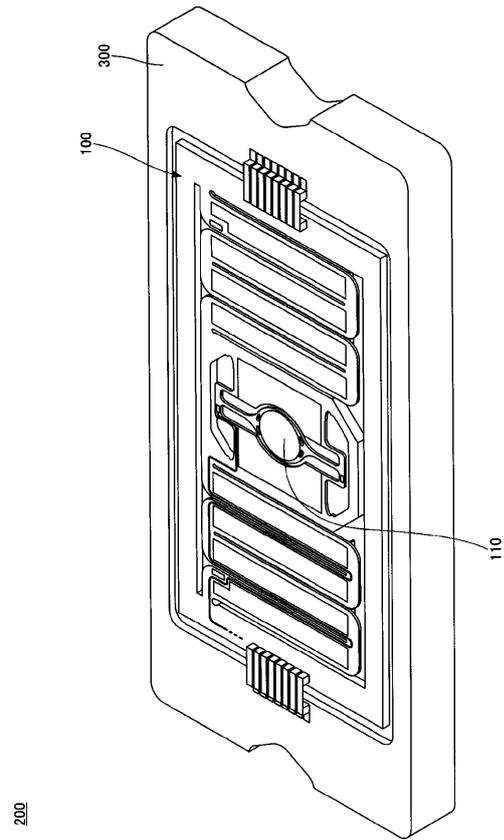
40

50

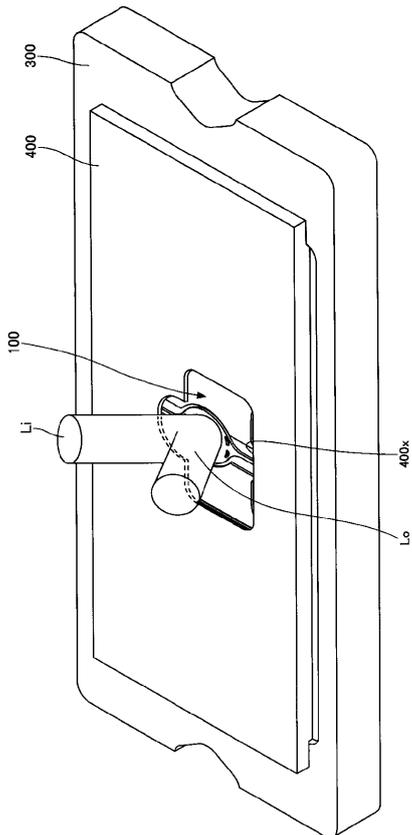
【 図 3 】



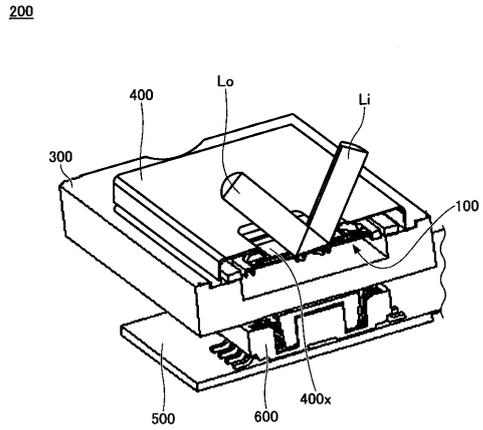
【 図 4 】



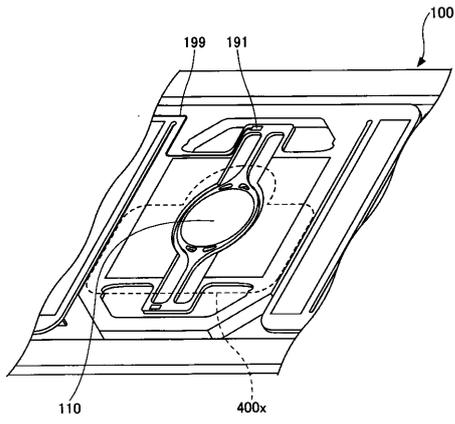
【 図 5 】



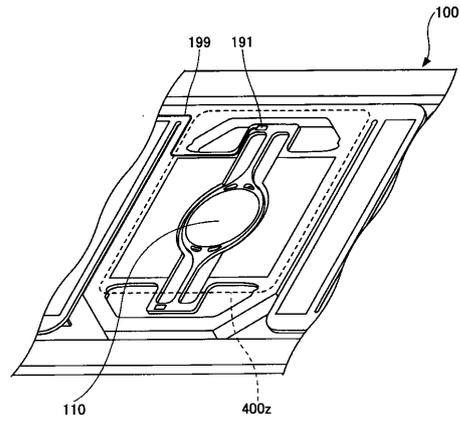
【 図 6 】



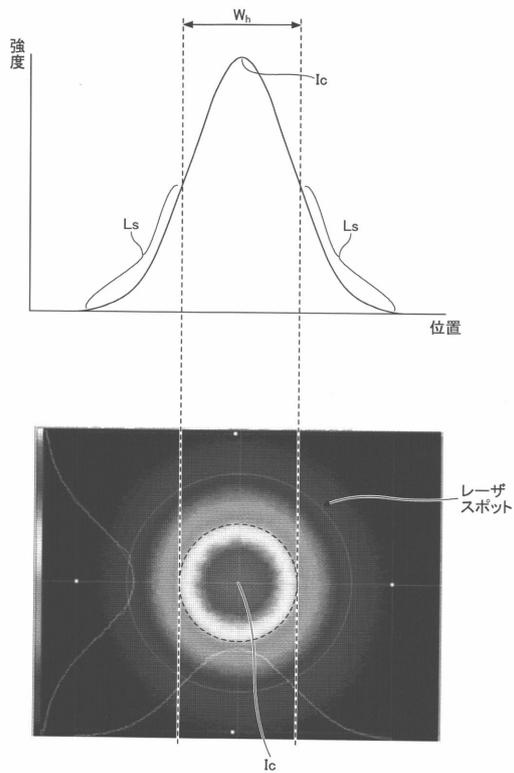
【図7】



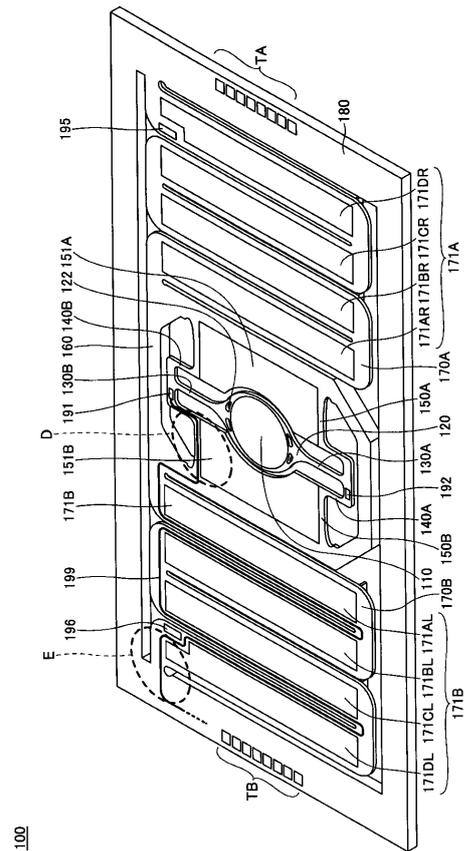
【図8】



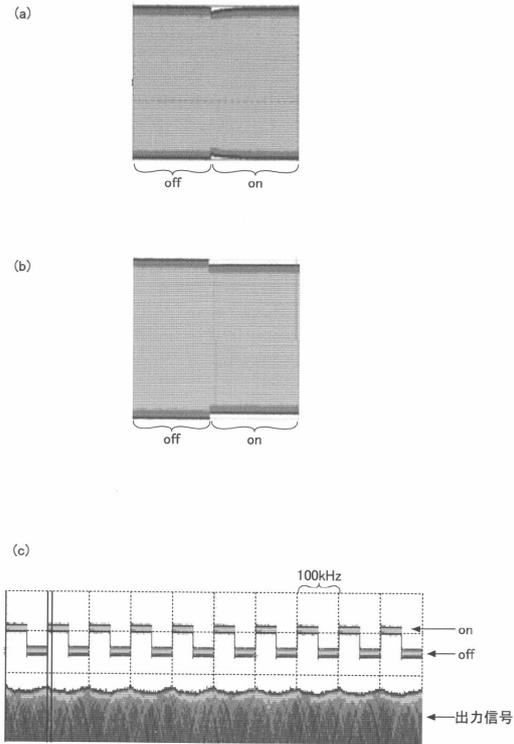
【図9】



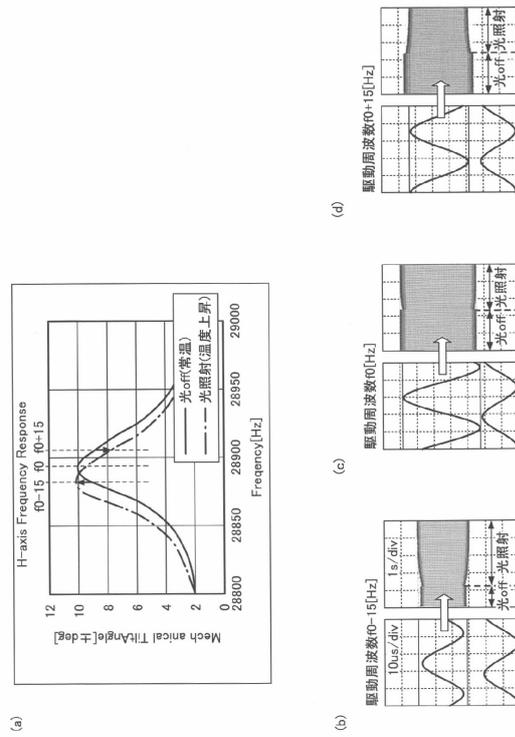
【図10】



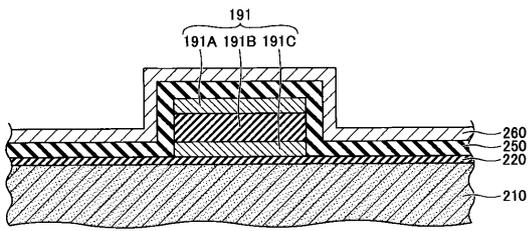
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



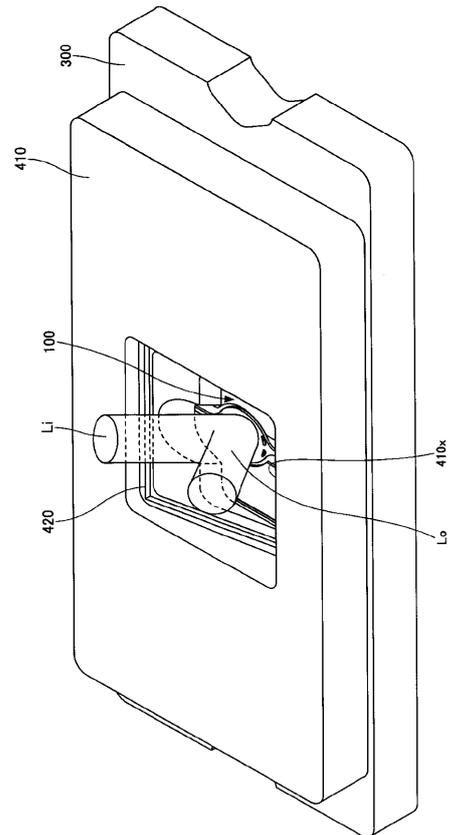
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】

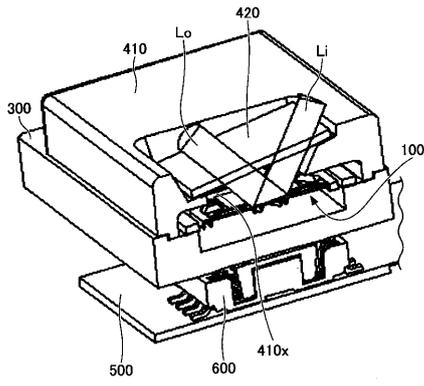


【 図 1 5 】

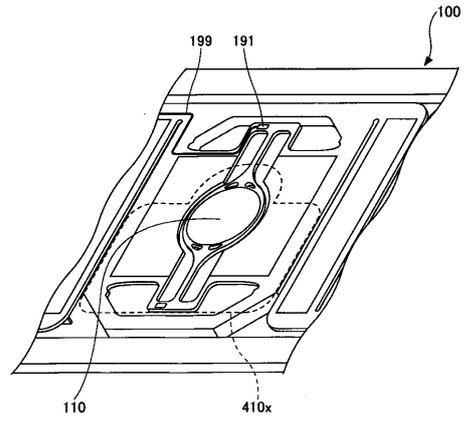


【 図 16 】

200A



【 図 17 】



フロントページの続き

- (72)発明者 阿賀 寿典
東京都多摩市鶴牧2丁目11番地2 ミツミ電機株式会社内
- (72)発明者 田中 豊樹
東京都多摩市鶴牧2丁目11番地2 ミツミ電機株式会社内

審査官 佐藤 洋允

- (56)参考文献 特開2002-116403(JP,A)
特開2014-186236(JP,A)
特開2011-118178(JP,A)
特開2007-079002(JP,A)
特開2012-093431(JP,A)
米国特許出願公開第2002/0044327(US,A1)
特開2015-022158(JP,A)
特開2011-020207(JP,A)
米国特許出願公開第2007/0153351(US,A1)
米国特許出願公開第2011/0261428(US,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- G02B26/00-26/12
B81B1/00-7/04
B81C1/00-99/00