(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
2019年11月7日(07.11.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/212048 A1

(51) 国際特許分類:
G01D 5/353 (2006.01) *G01V 8/16* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2019/018000

(22) 国際出願日： 2019年4月26日(26.04.2019)

(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 2018-088974 2018年5月4日(04.05.2018) JP

(71) 出願人:株式会社シミウス(**CMIWS CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒6158203 京都府京都市西京区松室荒堀町３６－１６ Kyoto (JP).

(72) 発明者:若原 正人(**WAKAHARA Masahito**).

(74) 代理人: 笠 松 信 夫 (**KASAMATSU Nobuo**); 〒6170004 京都府向日市鶏冠井町八ノ坪１３－１０ 明佑特許事務所内 Kyoto (JP).

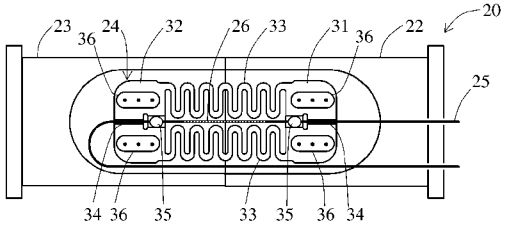
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

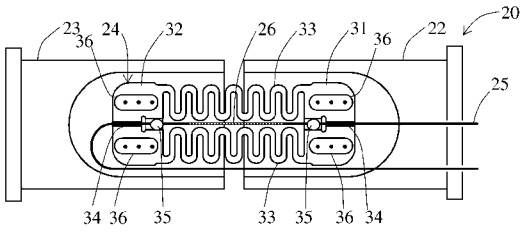
(54) **Title:** OPEN/CLOSE DETECTION SENSOR

(54) 発明の名称： 開閉検知センサ

(a)



(b)



(57) **Abstract:** This open/close detection sensor comprises a fixed base, a moving base, an optical fiber, and a moving member. The moving base is arranged so as to be movable relative to the fixed base. The optical fiber comprises a FBG in which the Bragg wavelength fluctuates in accordance with the gap between the fixed base and the moving base. The moving member moves between a first position corresponding to either the open state or the closed state for a detection target and a second position corresponding to the other state, in accordance with the opening/closing of the detection target. The moving member also comprises a locking section. The locking section: abuts the moving base and moves the moving base in conjunction with the moving member, between the second position and a third position positioned between the first position and the second position; and moves the moving base in a direction away from the fixed base.

WO 2019/212048 A1

［続葉有］

添付公開書類：
一　国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：本発明に係る開閉検知センサは、固定ベース、移動ベース、光ファイバ、及び移動部材を備える。移動ベースは、固定ベースに対して移動可能に配置される。光ファイバは、固定ベースと移動ベースとの間隔に応じてブラッグ波長が変動するＦＢＧ部を備える。移動部材は、検知対象物の開閉に伴って、検知対象物の開状態及び閉状態の一方の状態に対応する第１の位置と、他方の状態に対応する第２の位置とにわたって移動する。また、移動部材は係止部を備える。係止部は、第１の位置と第２の位置の間に位置する第３の位置と第２の位置との間において移動ベースと当接して移動ベースを移動部材とともに移動させ、移動ベースを固定ベースから離れる方向に移動させる。

明　細　書

発明の名称 ： 開閉検知センサ

技術分野

[0001] 本発明は、マンホール蓋や扉等の開閉状態を検知するセンサに関し、特に、ＦＢＧ（Fiber Bragg Grating）を備える光ファイバを利用する開閉検知センサに関する。

背景技術

[0002] 従来、セキュリティー強化の観点で、マンホール蓋や扉等に、開閉状態を検知するためセンサが設置されている。この種の開閉検知センサとして、近年、光ファイバセンサが使用されている（例えば、特許文献１から特許文献４等。）。光ファイバセンサを利用した開閉検知センサでは、複数の検知対象物のそれぞれに配置されたセンサを直列に接続することで、複数の検知対象物の開閉状態を同時に監視することができる。また、各センサへの給電が不要であるため、各センサに給電用の配線を配置する必要もない。そのため、都市部に設けられた下水管路のマンホール蓋や、データセンタにおいてサーバを格納するサーバラックの扉等、多数の検知対象物の開閉状態を比較的容易に同時監視することができる。このような開閉検知センサでは、蓋や扉の開閉状態の変更に応じて光ファイバが変形するように構成され、光ファイバ中を伝送される光の反射状態や散乱状態が光ファイバの変形に応じて変化することを利用して検知対象物の開閉状態を検知している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２００３－３２２８０５号公報

特許文献2：特開２００７－０２４５２７号公報

特許文献3：特開平０１－１１０２１７号公報

特許文献4：特開２０１０－１４０５０１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 公知のように、光ファイバは、周囲温度が変動した場合、膨張や収縮によって変形したり、屈折率が変動したりする。したがって、光ファイバ中を伝送される光の反射状態や散乱状態、すなわち、センサ出力値も周囲温度に応じて変動することになる。温度変動に起因するセンサ出力値の変動は、光ファイバの変形等が温度変動に伴って発生するため比較的長い時間を要することになる。そのため、従来は、センサ出力値の時間変化率があらかじめ指定された閾値より小さいものは、温度変動に起因するセンサ出力値の変動であると識別して、検知対象物の開閉状態は変化していないと判定していた。

[0005] しかしながら、検知対象物の開閉状態が極めてゆっくりと変更された場合、センサ出力値もゆっくりと変動することになる。すなわち、センサ出力値の時間変化率が上述の閾値よりも小さくなる状態で検知対象物の開閉状態が変更された場合、当該開閉状態の変更は温度変動に起因するセンサ出力値の変動と判定され、検知できないことになる。

[0006] また、検知対象物の開閉状態の変更頻度が極めて少ない場合、光ファイバの形状が長期間維持される形状に固定される可能性もある。例えば、マンホール蓋の開閉を検知する場合において、閉状態にあるときに光ファイバに外力が付与され、開状態にあるときに当該外力が開放される構成であるとする。この場合、マンホール蓋は閉状態で長期間維持されるため光ファイバは外力により変形した状態で長期間維持される。このような状況下においてマンホール蓋が開状態になり、光ファイバに付与された外力が開放されたとしても、閉状態が極めて長期間にわたって継続していると、光ファイバの形状が閉状態の形状に固定化される結果、光ファイバが元の形状に戻り難くなることがある。このような状況が発生すると、開閉状態の変動を正確に検知することができず、検知感度が低下してしまう。

[0007] 本発明は、このような従来技術の課題を鑑みてなされたものであって、検知対象物の開閉状態が極めてゆっくりと変更された場合や開閉状態の変更頻度が極めて少ない状況下でも、当該開閉状態の変更を確実に検知することが

できる開閉検知センサを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上述の目的を達成するために、本発明は以下の技術的手段を採用している。まず、本発明は、光ファイバを利用した開閉検知センサを前提としている。そして、本発明に係る開閉検知センサは、第１のベース部材、第２のベース部材、光ファイバ、及び移動部材を備える。第２のベース部材は、第１のベース部材に対して移動可能に配置される。光ファイバは、第１のベース部材と第２のベース部材との間隔に応じてブラッグ波長が変動するＦＢＧ（Fiber Bragg Grating）部を備える。移動部材は、検知対象物の開閉に伴って、検知対象物の開状態及び閉状態の一方の状態に対応する第１の位置と、他方の状態に対応する第２の位置とにわたって移動する。また、当該移動部材は係止部を備える。係止部は、第１の位置と第２の位置の間に位置する第３の位置と第２の位置との間において第２のベース部材と当接して第２のベース部材を移動部材とともに移動させ、第２のベース部材を第１のベース部材から離れる方向に移動させる。

[0009] 本発明の開閉検知センサによれば、検知対象物の開閉に伴って移動部材が移動し、当該移動部材が特定位置（第３の位置）に到達したときに、瞬間的にＦＢＧ部に張力が付与される、あるいは、ＦＢＧ部に付与されていた張力が瞬間的に開放される。そのため、検知対象物の開閉状態が極めてゆっくりと変更された場合でも、当該開閉状態の変更をブラッグ波長のシフトとして確実に検知することができる。

[0010] この開閉検知センサにおいて、例えば、光ファイバのＦＢＧ部を含む部分が直線状に配置され、第２のベース部材及び移動部材が当該直線状に配置された光ファイバの軸方向に沿って移動する構成を採用することができる。

[0011] また、移動部材に対して、第１の位置から第２の位置へ向かう方向に付勢力を付与する付勢部材をさらに備える構成を採用することもできる。さらに、移動部材が検知対象物に当接する当接部を備える構成を採用することもできる。以上の構成において、移動部材が中空部材により構成され、第１のベ

ース部材、第２のベース部材及び光ファイバが、移動部材の内部に配置される構成を採用することもできる。加えて、第１のベース部材と第２のベース部材とが接触している状況下において、ＦＢＧ部に光ファイバの軸方向に沿う圧縮力が付与された状態で、光ファイバが第１のベース部材と第２のベース部材とに固定される構成を採用することもできる。なお、第１のベース部材上に温度補償用のＦＢＧ部をさらに備える構成を採用することもできる。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、検知対象物の開閉状態が極めてゆっくりと変更された場合や開閉状態の変更頻度が極めて少ない状況下でも、当該開閉状態の変更を確実に検知することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]図１（ａ）及び図１（ｂ）は、本発明の一実施形態における開閉検知センサの構造の一例を示す図である。

[図2]図２（ａ）及び図２（ｂ）は、本発明の一実施形態における開閉検知センサが備えるセンサ部の構造の一例を示す図である。

[図3]図３（ａ）から図３（ｃ）は、本発明の一実施形態における開閉検知センサが備える移動部材と移動ベースとの関係を示す図である。

[図4]図４（ａ）から図４（ｃ）は、本発明の一実施形態における開閉検知センサが備える移動部材と移動ベースとの関係を示す図である。

[図5]図５（ａ）から図５（ｄ）は、本発明の一実施形態における開閉検知センサの反射光スペクトルの一例を示す図である。

[図6]図６（ａ）から図６（ｄ）は、本発明の一実施形態における開閉検知センサの反射光スペクトルの一例を示す図である。

[図7]図７（ａ）及び図７（ｂ）は、本発明の一実施形態における開閉検知センサの動作状態と反射光スペクトルの変動との関係を示す図である。

[図8]図８（ａ）から図８（ｄ）は、本発明の一実施形態における開閉検知センサの適用例を示す図である。

[図9]図９（ａ）から図９（ｄ）は、本発明の一実施形態における開閉検知セ

ンサの適用例を示す図である。

[図10]図１０は、本発明の一実施形態における開閉検知センサが備えるセンサ部の構造の他の例を示す図である。

[図11]図１１（ａ）から図１１（ｄ）は、本発明の一実施形態における開閉検知センサの反射光スペクトルの一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながらより詳細に説明する。図１（ａ）及び図１（ｂ）は、本実施形態における開閉検知センサの構造の一例を示す図である。図１（ａ）は、本実施形態における開閉検知センサ１の外観を示す概略図である。図１（ｂ）は、本実施形態における開閉検知センサ１の内部構造を示す概略図である。

[0015] 図１（ａ）及び図１（ｂ）に示すように、開閉検知センサ１は、一方側の開放端が閉塞された円筒状のケース１０内にセンサ部２０と移動部材３０とが配置された構造を有する。ケース１０の閉塞側端部１０ａ（以下、基端部１０ａという。）には断面Ｌ字状の取付具１１が固定されている。開閉検知センサ１は、取付具１１が備える貫通溝１１ａに挿入されるネジ等により所望の対象物に固定される。この例では、貫通溝１１ａはケース１０の軸方向に沿って設けられており、開閉検知センサ１を対象物に固定する際に、当該軸方向に沿う位置の調整が可能になっている。なお、特に限定されないが、本実施形態では、ケース１０の外径は３０ｍｍ程度であり、軸方向の全長は８０ｍｍ程度である。

[0016] ケース１０の先端部１０ｂには、移動部材３０が出入自在に配置されている。移動部材３０は円筒状部材で構成されており、ケース１０の先端部１０ｂに対して出入する部分は、先端部１０ｂの内径に整合する外径を有している。ケース１０の外部に露出する側の移動部材３０の開放端はゴム等の樹脂製の蓋部材で閉塞されており、当該蓋部材が検知対象物に当接する当接部３０ａを構成している。

[0017] また、移動部材３０は、基端部１０ａから先端部１０ｂに向かう方向に、

ケース１０の軸に沿って付勢されている。後述の図３（ｂ）、図４（ｂ）に示すように、本実施形態の移動部材３０では、ケース１０の内側に収容される部分の外径は、ケース１０の先端部１０ｂを出入りする部分の外径より小さくなっている。また、ケース１０において、移動部材３０の外径が小さくなっている部分と対向する部位の内径は、先端部１０ｂの内径よりも大きくなっている。このような構成により、ケース１０の内部では、移動部材３０の外周面とケース１０の内周面との間にリング状の空間が形成されている。本実施形態では、当該空間に、付勢部材として、ケース１０の軸と同軸につる巻きバネ１２が配置されている。つる巻きバネ１２は、一方端がケース１０の基端部１０ａに当接し、他方端が移動部材３０の外周面に設けられた段差３０ｂに当接している。

[0018] 例えば、検知対象物がマンホール蓋である場合、本実施形態の開閉検知センサ１は、閉状態にあるマンホール蓋の裏面（マンホール側の面）に対してケース１０の軸が垂直となる状態で配置される。このとき、当接部３０ａはマンホール蓋裏面に接触しており、移動部材３０はつる巻きバネ１２による付勢力に抗してケース１０の内部に押し込まれた状態にある。この場合、マンホール蓋が閉状態から開状態に変化すると、移動部材３０がつる巻きバネ１２の付勢力によりケース１０の先端部１０ｂから軸方向外側に突出する状態になる。開閉検知センサ１は、このような移動部材３０の移動を検知することで検知対象物の開閉状態を検知する。なお、ケース１０の軸方向に沿う移動部材３０の長さは、移動部材３０がケース１０の内部に押し込まれた際に、ケース１０の基端部１０ａと干渉することのない長さに設定される（図３（ｂ）、図４（ｂ）参照。）。

[0019] 図１（ｂ）に示すように、センサ部２０は、半円柱部２１ａの軸方向の両側に円柱部２１ｂ、２１ｃが接続された形状のベース部材２１、半円柱部２１ａに固定されたセンサベース２４、及びセンサベース２４に固定された光ファイバ２５を備える。特に限定されないが、本実施形態では、ベース部材２１は、ステンレスからなる円柱状部材の中央部分を切削加工等により半円

柱状に加工することで形成されている。

[0020] ベース部材２１は、ケース１０に固定された固定ベース２２（第１のベース部材）と、固定ベース２２に対して移動可能な移動ベース２３（第２のベース部材）を備える。本実施形態では、半円柱部２１ａにおいてケース１０の軸に垂直な面に沿って、ベース部材２１が、固定ベース２２と移動ベース２３とに分割されている。なお、本実施形態では、基端部１０ａ側が固定ベース２２であり、先端部１０ｂ側が移動ベース２３である。また、固定ベース２２の円柱部２１ｂには、光ファイバ２５をケース１０の外部に引き出すための貫通孔２９が設けられている。

[0021] 図２（ａ）及び図２（ｂ）は、本実施形態における開閉検知センサ１のセンサ部２０の構造の一例を示す図である。図２（ａ）は、移動ベース２３が固定ベース２２と接触している状態を示す模式図である。また、図２（ｂ）は、移動ベース２３が固定ベース２２と離間している状態を示す図である。なお、移動ベース２３と固定ベース２２との間の間隔は数十マイクロメートル程度であるが、図２（ｂ）では、説明のために比較的大きな隙間を描いている。

[0022] 図１（ｂ）、図２（ａ）、図２（ｂ）に示すように、センサベース２４は、ＦＢＧ（Fiber Bragg Grating）部２６を備える光ファイバ２５を固定支持する。センサベース２４及び光ファイバ２５は歪みゲージを構成しており、移動ベース２３が固定ベース２２に対して移動した場合に、その移動がブラッグ波長の変動として出力される。なお、ブラッグ波長の変動は、光ファイバ２５の端部に接続された計測器を使用して従来の手法により取得することができる。

[0023] 特に限定されないが、本実施形態では、センサベース２４は、ケース１０の軸方向に沿って対向して配置された２つの板状部３１、３２の幅方向の両端をメアンダ状の２つの弾性部３３で連結した構造を有している。板状部３１、３２には、ケース１０の軸方向に沿う溝部３４が設けられており、当該溝部３４に光ファイバ２５が収容される。このとき、ＦＢＧ部２６は板状部

３１と板状部３２との間に配置された状態で、ＦＢＧ部２６の両側の光ファイバ２５が板状部３１と板状部３２とのそれぞれに接着剤等の固定材３５により固定される。なお、センサベース２４の材質は特に限定されない。例えば、樹脂であってもよく、金属であってもよい。ここでは、センサベース２４はステンレスにより構成されている。

[0024] ＦＢＧ部２６はブラッグ波長により規定される波長の光を反射する。ＦＢＧ部２６は光ファイバ２５のコアに所定の間隔で配置された複数の回折格子により構成され、ブラッグ波長は光ファイバの屈折率と回折格子の配置間隔との積に比例する。したがって、ＦＢＧ部２６が引っ張られ回折格子の間隔が拡がると、ＦＢＧ部２６により反射される光の波長は大きくなる。すなわち、ＦＢＧ部２６により反射される光の波長は、移動ベース２３と固定ベース２２との間隔に応じて変動し、移動ベース２３が固定ベース２２と接触している状態（図２（ａ）の状態）よりも、移動ベース２３が固定ベース２２と離間している状態（図２（ｂ）の状態）の方が、ＦＢＧ部２６により反射される光の波長は大きくなる。なお、図中では、ＦＢＧ部２６を、便宜上、白黒の縞模様で表現している。

[0025] 固定ベース２２及び移動ベース２３へのセンサベース２４の固定には、接着剤やスポット溶接等、公知の任意の手法を採用することができる。本実施形態では、固定ベース２２、移動ベース２３、及びセンサベース２４はステンレスで構成されているため、スポット溶接により、センサベース２４を固定ベース２２及び移動ベース２３に固定している。図２（ａ）及び図２（ｂ）に示すように、本実施形態では、板状部３１、３２は、スポット溶接用の凹部３６を備えている。凹部３６は、上述の溝部３４の両側に配置されており、凹部３６の底部がスポット溶接用の肉薄部を構成している。

[0026] 図３（ａ）から図３（ｃ）及び図４（ａ）から図４（ｃ）は、本実施形態における開閉検知センサ１の移動部材３０と移動ベース２３との関係を示す図である。図３（ａ）は、開閉検知センサ１の移動部材３０がケース１０内に押し込まれた状態を示す図である。図３（ｂ）は、図３（ａ）に示すＡ－

Ａ線に沿う断面図である。図３（ｃ）は、図３（ｂ）に示す矢指部Ｐの近傍を拡大して示す図である。図４（ａ）は、開閉検知センサ１の移動部材３０がケース１０から突出した状態を示す図である。図４（ｂ）は、図４（ａ）に示すＢ－Ｂ線に沿う断面図である。図４（ｃ）は、図４（ｂ）に示す矢指部Ｑの近傍を拡大して示す図である。なお、上述のように、移動ベース２３と固定ベース２２との間の間隔は数十マイクロメートルであるため、図２（ｂ）とは異なり、図４（ｂ）では隙間を描いていない。

[0027] 本実施形態の開閉検知センサ１は、検知対象物の開状態と閉状態との一方が図３（ａ）から図３（ｃ）に示す状態に対応し、他方が図４（ａ）から図４（ｃ）に示す状態に対応する状態で設置される。検知対象物がマンホール蓋である上述の例の場合、図３（ａ）から図３（ｃ）が閉状態に対応し、図４（ａ）から図４（ｃ）が開状態に対応する。以下では、説明の便宜上、図３（ａ）から図３（ｃ）に示す開閉検知センサ１の状態をオン状態といい、図４（ａ）から図４（ｃ）に示す開閉検知センサ１の状態をオフ状態という。

[0028] 図３（ｂ）及び図４（ｂ）に示すように、移動ベース２３の円柱部２１ｃの移動部材３０側端部には周方向全体にわたってフランジ２３ａが設けられている。一方、移動部材３０の内周面には、フランジ２３ａに係合する係止部３０ｃが設けられている。本実施形態では、係止部３０ｃは、周方向全体にわたって形成されている。また、移動部材３０の外周面には、段差３０ｂと当接部３０ａとの間に、抜け止めとして機能する段差３０ｄが設けられている。本実施形態では、図３（ｂ）及び図４（ｂ）に示すように、段差３０ｂ及び段差３０ｄは、移動部材３０の外周面の周方向全体にわたって設けられた凸部の両端になっている。段差３０ｄは、ケース１０の内周面に形成された段差１０ｃに当接することで、移動部材３０がケース１０の先端部１０ｂから離脱するのを防止する。なお、特に限定されないが、本実施形態では、ケース１０の軸方向において、段差３０ｄと係止部３０ｃとは同じ位置にある。また、段差１０ｃは、ケース１０の軸方向において、オン状態からオ

フ状態に移行する過程でフランジ２３ａと係止部３０ｃとが初めて当接する位置よりも距離ｘだけ当接部３０ａ側に位置している。

[0029] 図３（ｂ）に示すように、オン状態では、移動部材３０がケース１０内に押し込まれた状態にある。このとき、係止部３０ｃは、フランジ２３ａに接触しない位置（第１の位置）にあり、移動ベース２３は、例えば、センサベース２４の弾性部３３の弾性力により、固定ベース２２と接触した状態に保持される。なお、本実施形態では、図３（ｂ）に示すように、移動ベース２３を固定ベース２２に向けて付勢する付勢部材をさらに備える。図３（ｂ）に示すように、移動ベース２３の移動方向を規制する円柱状のレール４１が固定ベース２２に固定されており、移動ベース２３は当該レール４１に嵌合する貫通孔４２を備える。当該貫通孔４２の先端部は内径が広くなっており、レール４１との間に隙間が設けられている。当該隙間に付勢部材であるつる巻きバネ４３が配置される。また、レール４１の移動ベース２３側の端部には抜け止めのボルト４４が螺合されており、つる巻きバネ４３の一端が当該ボルト４４に当接している。なお、つる巻きバネ４３の付勢力は、つる巻きバネ１２の付勢力よりも小さいため、移動部材３０がオン状態からオフ状態に変化するときに、移動部材３０の移動を妨害することもない。

[0030] 図４（ｂ）に示すように、オフ状態では、移動部材３０がケース１０の軸方向外方に突出した状態にある。オン状態からオフ状態へ変化する過程では、移動部材３０の移動に伴って、係止部３０ｃはフランジ２３ａに当接する（第３の位置）。そして、移動部材３０は、外周面の段差３０ｄが、ケース１０の内周面の段差１０ｃと当接する位置（第２の位置）までさらに移動する。このとき、移動ベース２３は、係止部３０ｃがフランジ２３ａに当接した後、段差３０ｄが段差１０ｃに当接するまでの間、移動部材３０の移動に伴って移動する。すなわち、移動部材３０は移動に伴って、移動ベース２３を固定ベース２２から離れる方向に移動させることになる。本実施形態では、上述のように、段差１０ｃは、ケース１０の軸方向において、フランジ２３ａと係止部３０ｃとが初めて当接する位置よりも距離ｘだけ当接部３０ａ

側に位置しているため、移動部材３０がオフ状態になると、移動ベース２３は固定ベース２２から距離ｘだけ離れることになる。例えば、ＦＢＧ部２６のブラック波長を、十分に検知可能な大きさである１ｎｍ変動させる移動ベース２３の移動量は２０マイクロメートル程度である。したがって、距離ｘは、数十マイクロメートルに設定することができる。なお、移動部材３０が移動を開始してから係止部３０ｃがフランジ２３ａに当接するまでの間は、移動部材３０が移動しても移動ベース２３は移動しない。

[0031] 続いて、開閉検知センサ１による開閉検知について説明する。図５（ａ）から図５（ｄ）は、開閉検知センサ１がオン状態からオフ状態に変化する過程で、ＦＢＧ部２６のブラッグ波長を含む広帯域幅の光を光ファイバ２５に入射した場合の反射光のスペクトル（以下、反射光スペクトルという。）を示す図である。図５（ａ）はオン状態に対応する。図５（ｂ）はオフ状態への変化を開始してから係止部３０ｃがフランジ２３ａに当接するまでの間に対応する。図５（ｃ）は係止部３０ｃがフランジ２３ａに当接してからオフ状態になるまでの間に対応する。図５（ｄ）はオフ状態に対応する。図５（ａ）から図５（ｄ）の反射光スペクトルを示す図において、横軸は反射光の波長に対応し、縦軸は反射光の強度に対応する。なお、図５（ａ）から図５（ｄ）には、各状態に対応するセンサ部２０の状態を模式的に示す図を併記している。また、図５（ｄ）では、図２（ｂ）と同様、説明のため移動ベース２３の移動量を大きく描いている。

[0032] オン状態にある場合、図５（ａ）に示すように、反射光スペクトルは、ＦＢＧ部２６のブラッグ波長である波長λ１にピークを有する。オフ状態への変化を開始してから係止部３０ｃがフランジ２３ａに当接するまでの間は、上述のとおり、移動ベース２３は移動しない。そのため、図５（ｂ）に示すように、反射光スペクトルは、ＦＢＧ部２６のブラッグ波長λ１にピークを有する。係止部３０ｃがフランジ２３ａに当接してからオフ状態になるまでの間では、移動部材３０の移動に伴って移動ベース２３も固定ベース２２から離れる方向に移動する。そのため、ＦＢＧ部２６のブラッグ波長は、図５

（ｃ）に示すように、移動部材３０の移動に伴って、波長が大きくなる方向にシフトする。そして、オフ状態になると、図５（ｄ）に示すように、反射光スペクトルは、固定ベース２２と移動ベース２３との間の距離ｘに対応するＦＢＧ部２６のブラッグ波長である波長λ２にピークを有する状態になる。なお、図５（ｃ）、図５（ｄ）では、変動前のピーク位置を破線で示している。

[0033] また、図６（ａ）から図６（ｄ）は、開閉検知センサ１がオフ状態からオン状態に変化する過程で、ＦＢＧ部２６のブラッグ波長を含む広帯域幅の光を光ファイバ２５に入射した場合の反射光スペクトルを示す図である。図６（ａ）はオフ状態に対応する。図６（ｂ）はオン状態への変化を開始してから係止部３０ｃがフランジ２３ａより離脱するまでの間に対応する。図６（ｃ）は係止部３０ｃがフランジ２３ａより離脱してからオン状態になるまでの間に対応する。図６（ｄ）はオン状態に対応する。図６（ａ）から図６（ｄ）の反射光スペクトルを示す図において、横軸は反射光の波長に対応し、縦軸は反射光の強度に対応する。なお、図６（ａ）から図６（ｄ）には、各状態に対応するセンサ部２０の状態を模式的に示す図を併記している。また、図６（ａ）では、図２（ｂ）及び図５（ｄ）と同様、説明のため、移動ベース２３の移動量を大きく描いている。

[0034] オフ状態にある場合、図６（ａ）に示すように、反射光スペクトルは、固定ベース２２と移動ベース２３との間の距離ｘに対応するＦＢＧ部２６のブラッグ波長である波長λ２にピークを有する。オン状態への変化を開始してから係止部３０ｃがフランジ２３ａより離脱するまでの間は、移動部材３０の移動に伴って移動ベース２３も固定ベース２２に近づく方向に移動する。そのため、ＦＢＧ部２６のブラッグ波長は、図６（ｂ）に示すように、移動部材３０の移動に伴って、波長が小さくなる方向にシフトする。係止部３０ｃがフランジ２３ａより離脱してからオン状態になるまでの間では、移動ベース２３は固定ベース２２に当接する状態になり、移動ベース２３は移動しない。そのため、図６（ｃ）に示すように、反射光スペクトルは、ＦＢＧ部

２６のブラッグ波長λ１にピークを有する。そして、オン状態でも、移動ベース２３は固定ベース２２に当接する状態であるため、図６（ｄ）に示すように、反射光スペクトルは、ＦＢＧ部２６のブラッグ波長λ１にピークを有する。なお、図６（ｂ）から図６（ｄ）では、変動前のピーク位置を破線で示している。

[0035] 図７（ａ）及び図７（ｂ）は、以上で説明した開閉検知センサ１の動作状態と、反射光スペクトルにおけるピーク波長の変動との関係を示す図である。図７（ａ）は、オン状態からオフ状態に変化する際の反射光スペクトルにおけるピーク波長の変動を示す図であり、図７（ｂ）は、オフ状態からオン状態に変化する際の反射光スペクトルにおけるピーク波長の変動を示す図である。図７（ａ）及び図７（ｂ）において、横軸は動作状態の経時変化に対応し、縦軸はピーク波長に対応する。

[0036] 本実施形態の開閉検知センサ１によれば、オン状態からオフ状態に変化する際、あるいは、オフ状態からオン状態に変化する際に、移動部材３０の移動全体ではなく、特定位置（係止部３０ｃがフランジ２３ａと当接する位置）におけるわずかな移動によりＦＢＧ部２６のブラッグ波長が変動する。上述のとおり、ＦＢＧ部２６のブラック波長を変動させる移動ベース２３の移動量は数十マイクロメートルである。この移動ベース２３の移動量は、移動部材３０の移動量（例えば、１０ｍｍ程度）に比べて極めて小さいため、ブラッグ波長の変動は極めて短時間で生じることになる。したがって、ＦＢＧ部２６のブラッグ波長は、図７（ａ）、図７（ｂ）に示すように、移動部材３０が特定位置を通過するタイミングで瞬間的（ステップ状）に変動することになる。

[0037] 以上のような構成を有する開閉検知センサ１によれば、検知対象物の開閉に伴って移動部材３０が移動し、当該移動部材３０が特定位置に到達したときに、瞬間的にＦＢＧ部２６に張力が付与される、あるいは、ＦＢＧ部２６に付与されていた張力が瞬間的に開放される。そのため、検知対象物の開閉状態が極めてゆっくりと変更された場合でも、当該開閉状態の変更をブラッ

グ波長のステップ状のシフトとして確実に検知することができる。

[0038] また、オン状態及びオフ状態のいずれの場合であっても、光ファイバ２５に作用する外力は極めて小さいため、オン状態又はオフ状態が長期間にわたって持続する状況下であっても、光ファイバ２５の形状が固定化されてしまい検知感度が低下することもない。

[0039] なお、近年、ＦＢＧ部を備える光ファイバを使用した歪みゲージでは、光ファイバの軸方向に沿う張力（プリテンション）がＦＢＧ部に付与された状態で、光ファイバがセンサベースに固定支持される構成が広く採用されている。このような、ＦＢＧ部に張力が付与される構成では、歪みゲージは引張方向の応力だけでなく圧縮方向の応力も検出することが可能になる。本実施形態においても、移動ベース２３が固定ベース２２と接触している状況下において、ＦＢＧ部２６に光ファイバの軸方向に沿う張力が付与された状態で、光ファイバ２５がセンサベース２４に固定される構成を採用することができる。

[0040] このような構成を採用した場合、移動部材３０がケース１０内を移動する際に発生する振動等に起因して移動ベース２３に振動等が発生すると、ＦＧＢ部２６はこのような振動等も検知してしまう。その結果、オン状態からオフ状態に移行する際のブラッグ波長の変動や、オフ状態からオン状態に移行する際のブラッグ波長の変動にノイズが重畳する場合もある。

[0041] このような状態でも、オン状態とオフ状態とを区別するための適切な閾値を設定することで開閉状態の検知は可能である。しかしながら、このようなノイズの重畳を回避する観点では、光ファイバ２５は、移動ベース２３が固定ベース２２と接触している状況下において、ＦＢＧ部２６に光ファイバの軸方向に沿う圧縮力（回折格子の間隔が狭まる方向の力）が付与された状態、あるいは、ＦＢＧ部２６に実質的に張力が付与されていない状態で、光ファイバ２５がセンサベース２４に固定される構成を採用することが好ましい。このような構成を採用することで、ノイズの重畳のない、ブラッグ波長の変動データを取得することが可能になる。

[0042] 図８（ａ）から図８（ｄ）は開閉検知センサ１をマンホール蓋の開閉検知に適用した事例を示す図である。図８（ａ）は閉状態にあるマンホール蓋を示す模式図である。図８（ｂ）は閉状態から開状態への移行途中にあるマンホール蓋を示す模式図である。図８（ｃ）は開状態にあるマンホール蓋を示す模式図である。また、図８（ｄ）は、図８（ａ）から図８（ｃ）への開閉状態の変更に伴うＦＢＧ部２６のブラッグ波長の変動を示す模式図である。なお、図８（ａ）から図８（ｃ）では、マンホール蓋及びマンホールは断面を描き、開閉検知センサ１は側面を描いている。

[0043] 図８（ａ）に示すように、開閉検知センサ１は、閉状態にあるマンホール蓋８２の裏面（マンホール８１側の面）に対してケース１０の軸が垂直となる状態で配置される。このとき、当接部３０ａはマンホール蓋８２の裏面に接触している。当該状態では、移動部材３０はケース１０の内部に押し込まれた状態にある。したがって、移動ベース２３は固定ベース２２と当接しており、ＦＢＧ部２６のブラッグ波長は当該状態に応じた波長λ１になっている。図８（ｂ）に示すように、マンホール蓋８２が閉状態から開状態への移行途中であっても、係止部３０ｃがフランジ２３ａに当接するまでの間は、移動ベース２３は固定ベース２２と当接しているため、ＦＢＧ部２６のブラッグ波長は波長λ１のままである。そして、係止部３０ｃがフランジ２３ａに当接すると、上述のように、移動ベース２３は固定ベース２２から距離ｘだけ引き離される結果、ＦＢＧ部２６のブラッグ波長は瞬間的に当該状態に応じた波長λ２になる。その後、図８（ｃ）に示すように、マンホール蓋８２が開状態になっても、移動ベース２３と固定ベース２２との間隔は距離ｘであるため、ＦＢＧ部２６のブラッグ波長は波長λ２のままである。

[0044] 図９（ａ）から図９（ｄ）は開閉検知センサ１を開き戸の開閉検知に適用した事例を示す図である。閉状態から開状態への動作についての開閉検知は、図８（ａ）から図８（ｄ）に示すマンホール蓋の事例と同様であるので、ここでは、開状態から閉状態への動作についての開閉検知を説明する。図９（ａ）は開状態にある開き戸を示す模式図である。図９（ｂ）は開状態から

閉状態への移行途中にある開き戸を示す模式図である。図９（ｃ）は閉状態にある開き戸を示す模式図である。また、図９（ｄ）は、図９（ａ）から図９（ｃ）への開閉状態の変更に伴うＦＢＧ部２６のブラッグ波長の変動を示す模式図である。なお、図９（ａ）から図９（ｃ）では、サーバラックが備える開き戸を上方から見た図であり、天板及びサーバラックの内部構造の記載を省略している。また、開閉検知センサ１はサーバラックの底板上に設置されている。

[0045] 図９（ｃ）に示すように、開閉検知センサ１は、閉状態にある開き戸９２の裏面（サーバラック９１において内側の面）に対してケース１０の軸が垂直となる状態で配置される。このとき、当接部３０ａは開き戸９２の裏面に接触する。一方、開き戸９２が開状態にある場合、当接部３０ａは開き戸９２の裏面から離れており、移動部材３０はケース１０の先端部１０ｂから軸方向外側に突出している。このとき、移動ベース２３は固定ベース２２から距離ｘだけ引き離されているため、ＦＢＧ部２６のブラッグ波長は当該状態に応じた波長λ２になっている。図９（ｂ）に示すように、開き戸９２が開状態から閉状態への移行途中であっても、開き戸９２が当接部３０ａに当接した後、移動部材３０がケース１０の内部に押し込まれて、係止部３０ｃがフランジ２３ａから離脱するまでの間は、移動ベース２３は固定ベース２２と距離ｘをおいて離間しているため、ＦＢＧ部２６のブラッグ波長は波長λ２のままである。そして、係止部３０ｃがフランジ２３ａから離脱すると、移動ベース２３が固定ベース２２と当接する結果、ＦＢＧ部２６のブラッグ波長は瞬間的に当該状態に応じた波長λ１になる。その後、図９（ｃ）に示すように、開き戸９２が閉状態になっても、移動ベース２３と固定ベース２２とは当接したままであるため、ＦＢＧ部２６のブラッグ波長は波長λ１のままである。

[0046] なお、上述のように、ブラッグ波長は、光ファイバの屈折率と回折格子の格子間隔とによって定まる。そのため、温度が変化した場合の屈折率の変動や、光ファイバの膨張・収縮によってもブラッグ波長が変動することになる

。そのため、仮に、短時間で急激な温度変化が発生した場合には、ブラッグ波長の変動が、移動ベース２３の移動に起因して発生したものであるか、温度変化に起因して発生したものであるかを区別することができない可能性も否定できない。

[0047] この対策として、温度補正用のＦＢＧ部を設けることができる。図１０は、本実施形態における他の開閉検知センサ２が備えるセンサ部５０の構造を示す図である。センサ部５０は、温度補正用のＦＢＧ部２７をさらに備える点で、開閉検知センサ１のセンサ部２０の構成と異なる。他の構成はセンサ部２０と同一であり、センサ部２０と同様の作用効果を奏する構成要素には同一の符号を付している。

[0048] 図１０に示すように、温度補正用のＦＢＧ部２７は、固定ベース２２に固定された板状部３１上に固定することができる。図１０の例では、ＦＢＧ部２６及びＦＢＧ部２７は、同一の光ケーブル２５に隣接して形成されている。ここでは、ＦＢＧ部２６のブラッグ波長とＦＢＧ部２７のブラッグ波長を異ならせている。このような構成は、例えば、同一の光ファイバ２５上に、同一のブラッグ波長を有するＦＢＧ部を隣接して形成し、光ファイバ２５をセンサベース２４に固定材３５で固定する際に、ＦＢＧ部２６に付与されるプリテンションと、ＦＢＧ部２７に付与されるプリテンションとを異ならせることで実現可能である。

[0049] 図１１（ａ）から図１１（ｄ）は、開閉検知センサ２において温度変化が生じた場合の、反射光スペクトルの変動の一例を示す模式図である。図１１（ａ）は、オン状態の開閉検知センサ２に、ＦＢＧ部２６のブラッグ波長とＦＢＧ部２７のブラッグ波長とを含む広帯域幅の光を入射した場合の反射光スペクトルを示す図である。図１１（ｂ）は、オン状態の開閉検知センサ２に、温度変化（温度上昇）のみが生じた場合の反射光スペクトルにおけるピーク波長の変動を示す模式図である。図１１（ｃ）は、温度が一定の状態で、オン状態の開閉検知センサ２に、オン状態からオフ状態への変化のみが生じた場合の反射光スペクトルにおけるピーク波長の変動を示す模式図である

。図１１（ｄ）は、オン状態の開閉検知センサ２に、温度変化（温度上昇）及びオン状態からオフ状態への変化が生じた場合の反射光スペクトルにおけるピーク波長の変動を示す模式図である。図１１（ａ）から図１１（ｄ）において、横軸は反射光の波長に対応し、縦軸は反射光の強度に対応する。なお、図１１（ｂ）から図１１（ｄ）では、変動前の反射光スペクトルを破線で示している。

[0050] 図１１（ａ）に示すように、特定温度でオン状態にある開閉検知センサ２の、反射光スペクトルは、ＦＢＧ部２６のブラッグ波長λ１とＦＢＧ部２７のブラッグ波長λ３とのそれぞれにピークを有することになる。また、図１１（ｂ）に示すように、温度変化のみが生じた場合、ＦＢＧ部２６、温度補正用のＦＢＧ部２７のいずれにも温度変化により屈折率変動及び膨張が生じる。そのため、いずれのＦＢＧ部２６、２７のブラッグ波長も大きくなる方向にシフトする。また、図１１（ｃ）に示すように、オン状態からオフ状態への変化のみが生じた場合、上述のように、状態変化に伴う移動ベース２３の移動に応じてＦＢＧ部２６のブラッグ波長は大きくなる方向にシフトする。このとき、温度補正用のＦＢＧ部２７には何ら変化が生じないため、ＦＢＧ部２７のブラッグ波長は変動しない。

[0051] 温度変化とオン状態からオフ状態への変化とがともに生じた場合、以上の変動が組み合わさった状態になる。すなわち、図１１（ｄ）に示すように、ＦＢＧ部２６のブラッグ波長には温度変化に応じた波長シフトとオン状態からオフ状態への変化に応じた波長シフトとが重畳して発生し、ＦＧＢ部２７のブラッグ波長には温度変化に応じた波長シフトのみが発生することになる。

[0052] 例えば、図１１（ｄ）において、ＦＢＧ部２７のブラッグ波長のシフト量が０．３ｎｍであり、ＦＢＧ部２６のブラッグ波長のシフト量が０．６ｎｍであるとする。この場合、図１１（ｂ）における温度変化のみによる波長シフト量が、ＦＢＧ部２６とＦＢＧ部２７とで同一であると仮定すると、０．６ｎｍ－０．３ｎｍ＝０．３ｎｍが図１１（ｃ）におけるオン状態からオフ

状態への変化のみによるブラッグ波長のシフト量ということになる。このように、ＦＢＧ部２６のブラッグ波長のシフト量と、ＦＢＧ部２７のブラッグ波長のシフト量とを計測することで、温度補正を実現することが可能になる。

[0053] 以上で説明したように、本発明によれば、検知対象物の開閉状態が極めてゆっくりと変更された場合や開閉状態の変更頻度が極めて少ない状況下でも、当該開閉状態の変更を確実に検知することができる。

[0054] なお、上述した実施形態は本発明の技術的範囲を制限するものではなく、既に記載したもの以外でも、本発明の範囲内で種々の変形や応用が可能である。例えば、上記実施形態では、特に好ましい形態として、光ファイバ２５のＦＢＧ部２６を直線状に配置し、当該ＦＢＧ部２６の軸に沿って移動部材３０が移動する構成としたが、移動ベースと固定ベースとの間隔に応じてブラッグ波長が変動する構成であればＦＢＧ部と移動部材の配置は任意である。また、上記実施形態では、係止部３０ｃとして、移動ベース２３に当接して移動ベース２３を直接的に移動させる構成を説明したが、移動ベース２３に直接当接することなく、間接的に移動ベース２３を移動させる構成を採用することも可能である。加えて、係止部３０ｃの形状も任意に変更可能である。同様に、ケース１０や移動部材３０の形状も円筒状に限定されず、例えば、角筒状等の他の中空形状を採用することもできる。

[0055] また、上述の実施形態では、オフ状態における移動部材３０の位置（第２の位置）を、ケース１０の内周面に形成した段差１０ｃにより規定したが、当接部３０ａと検知対象物とが離間したときに移動部材３０の位置を規定できる構成であればその構造は任意である。例えば、移動ベース２３の移動方向を規制するレール４１の端部に螺合されたボルト４４と移動ベース２３とが当接する位置を、オフ状態における移動部材３０の位置として規定することも可能である。

[0056] さらに、上述の実施形態では、付勢部材としてつる巻きバネ１２を例示したが、公知の任意の構造の付勢部材を使用することができる。また、移動部

材３０は検知対象物の開閉に伴ってオン状態とオフ状態とにわたって移動可能であればよく、付勢部材を用いることは必須ではない。例えば、付勢部材に代えて機械的な機構を採用することも可能である。

[0057] 加えて、上述の実施形態では、移動部材３０の軸方向の長さを、センサ部２０を内部に収容できる程度の長さとしたが、移動部材３０によりセンサ部２０を収容することは必須ではなく、移動部材３０の軸方向の長さは任意である。

[0058] また、上記実施形態では、移動部材３０が検知対象物に当接する当接部３０ａを備える構成を開示したが、移動部材３０は検知対象物の開閉に応じた移動が可能であればよく、検知対象物に直接接触することは必須ではない。例えば、図８（ａ）から図８（ｄ）に示すマンホール蓋の開閉を検知する事例では、例えば、一方端にマンホール蓋８２に当接する当接部を備え、他方端にマンホール蓋８２の開閉に応じて水平方向に移動するアクチュエータを備えるリンク機構を配置するとともに、ケース１０の軸を水平として開閉検知センサ１をアクチュエータに連結して配置する構成を採用すれることも可能である。

産業上の利用可能性

[0059] 本発明によれば、検知対象物の開閉状態が極めてゆっくりと変更された場合や開閉状態の変更頻度が極めて少ない状況下でも当該開閉状態の変更を確実に検知することができ、開閉検知センサとして有用である。

符号の説明

[0060] １、２　開閉検知センサ

１０　ケース

１２　つる巻きバネ（付勢部材）

２０、５０　センサ部

２１　ベース部材

２２　固定ベース（第１のベース部材）

２３　移動ベース（第２のベース部材）

２４　センサベース

２５　光ファイバ

２６　ＦＢＧ部

２７　ＦＢＧ部（温度補償用）

３０　移動部材

３０ａ　当接部

３０ｃ　係止部

請求の範囲

[請求項1] 光ファイバを利用した開閉検知センサであって、

第１のベース部材と、

前記第１のベース部材に対して移動可能に配置される第２のベース部材と、

前記第１のベース部材と前記第２のベース部材との間隔に応じてブラッグ波長が変動するＦＢＧ（Fiber Bragg Grating）部を備える光ファイバと、

検知対象物の開閉に伴って、前記検知対象物の開状態及び閉状態の一方の状態に対応する第１の位置と、他方の状態に対応する第２の位置とにわたって移動する移動部材と、

前記移動部材に設けられ、前記第１の位置と前記第２の位置の間に位置する第３の位置と前記第２の位置との間において前記第２のベース部材と当接して前記第２のベース部材を前記移動部材とともに移動させ、前記第２のベース部材を前記第１のベース部材から離れる方向に移動させる係止部と、

を備える開閉検知センサ。

[請求項2] 前記光ファイバの前記ＦＢＧ部を含む部分が直線状に配置され、前記第２のベース部材及び前記移動部材が当該直線状に配置された光ファイバの軸方向に沿って移動する請求項１記載の開閉検知センサ。

[請求項3] 前記移動部材に対して、前記第１の位置から前記第２の位置へ向かう方向に付勢力を付与する付勢部材をさらに備える請求項１又は請求項２に記載の開閉検知センサ。

[請求項4] 前記移動部材が前記検知対象物に当接する当接部を備える請求項１から請求項３のいずれか１項に記載の開閉検知センサ。

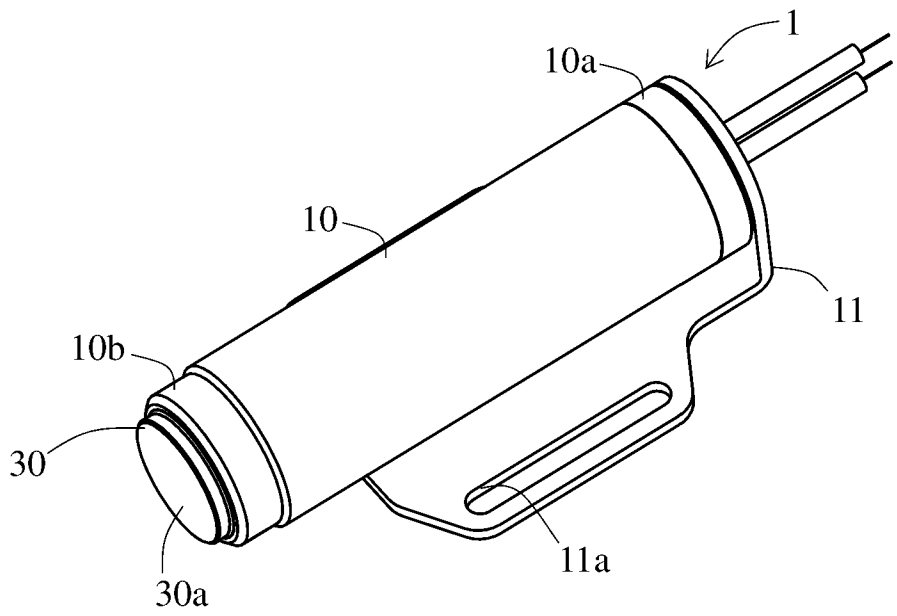
[請求項5] 前記移動部材が中空部材により構成され、前記第１のベース部材、第２のベース部材及び光ファイバが、前記移動部材の内部に配置される請求項１から請求項４のいずれか１項に記載の開閉検知センサ。

[請求項6] 前記第１のベース部材と前記第２のベース部材とが接触している状況下において、前記ＦＢＧ部に前記光ファイバの軸方向に沿う圧縮力が付与された状態で、前記光ファイバが前記第１のベース部材及び第２のベース部材に固定される、請求項１から請求項５のいずれか１項に記載の開閉検知センサ。

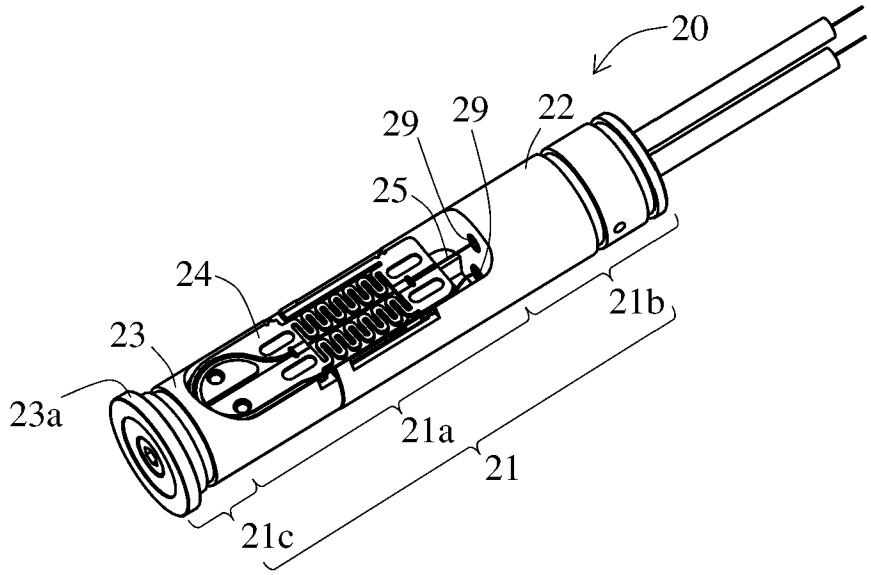
[請求項7] 前記第１のベース部材上に温度補償用のＦＢＧ部をさらに備える請求項１から請求項６のいずれか１項に記載の開閉検知センサ。

[図1]

(a)

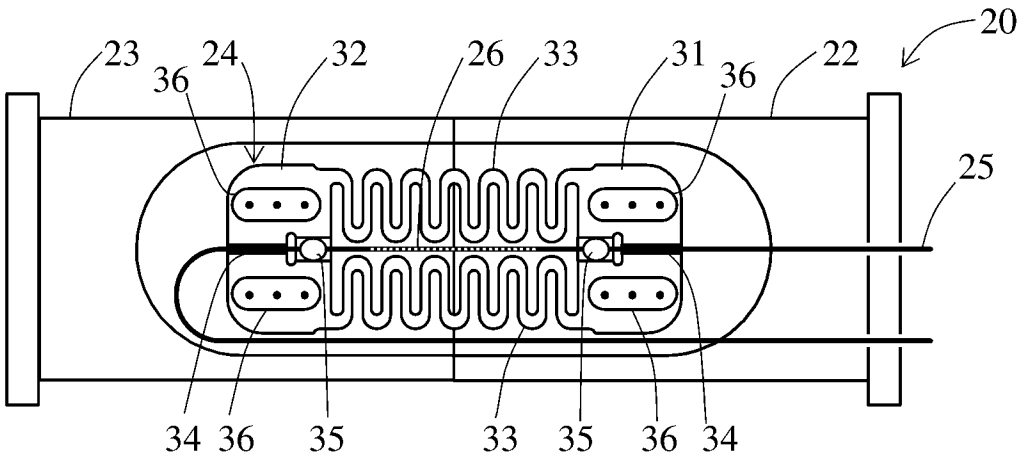


(b)

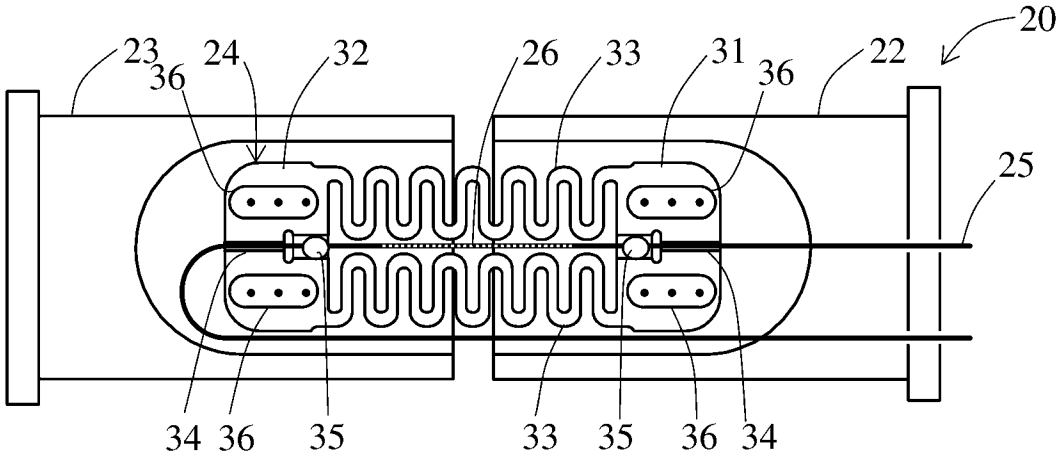


[図2]

(a)

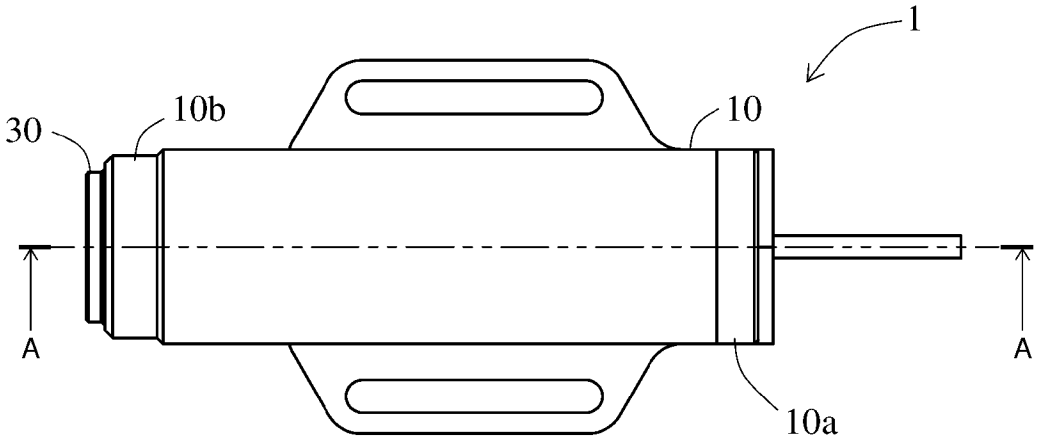

20
23
24
32
26
33
31
22
36
36
25
34
36
35
33
35
36
34

(b)

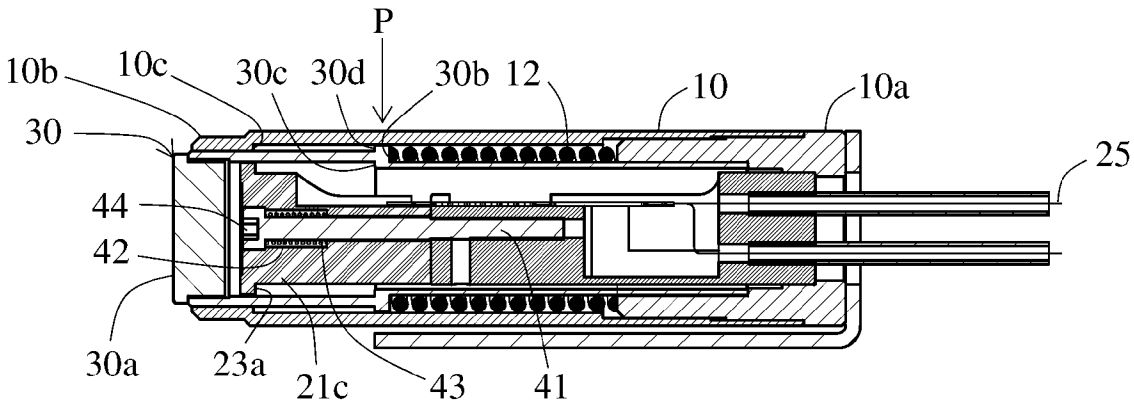

20
23
24
32
26
33
31
22
36
36
25
34
36
35
33
35
36
34

[図3]

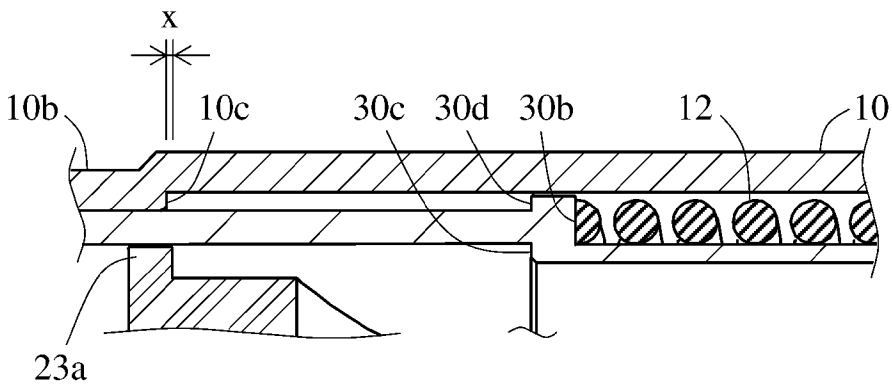
(a)


1
30
10b
10
A
A
10a

(b)

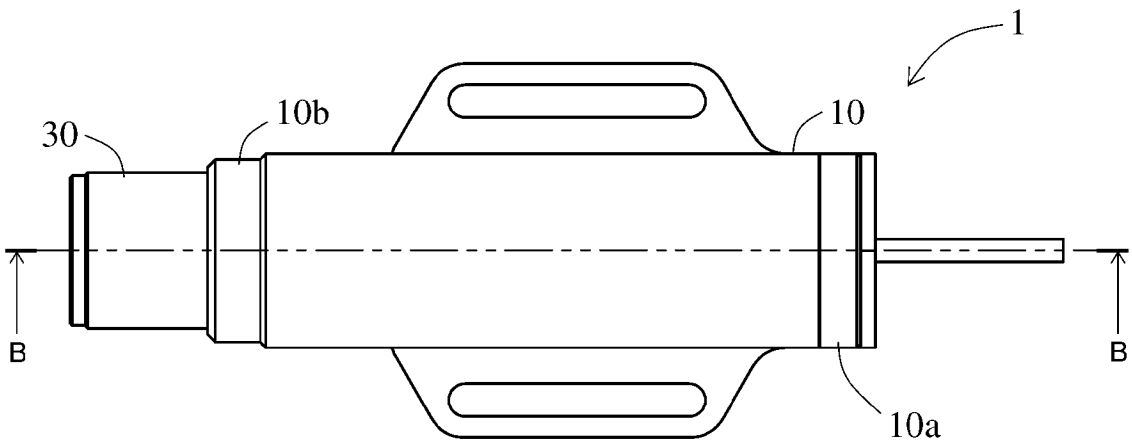

P
10b
10c
30c
30d
30b
12
10
10a
30
25
44
42
30a
23a
21c
43
41

(c)

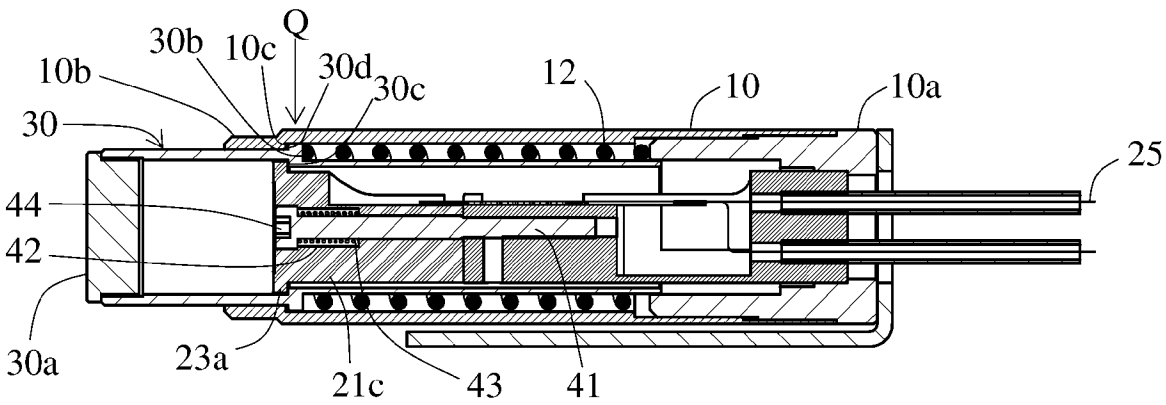

x
10b
10c
30c
30d
30b
12
10
23a

[図4]

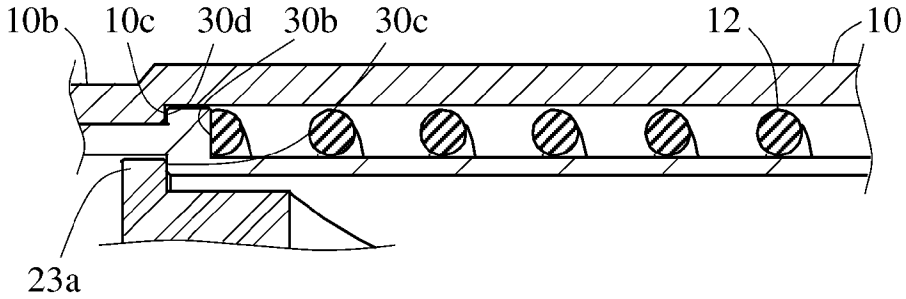
(a)


1
30
10b
10
B
B
10a

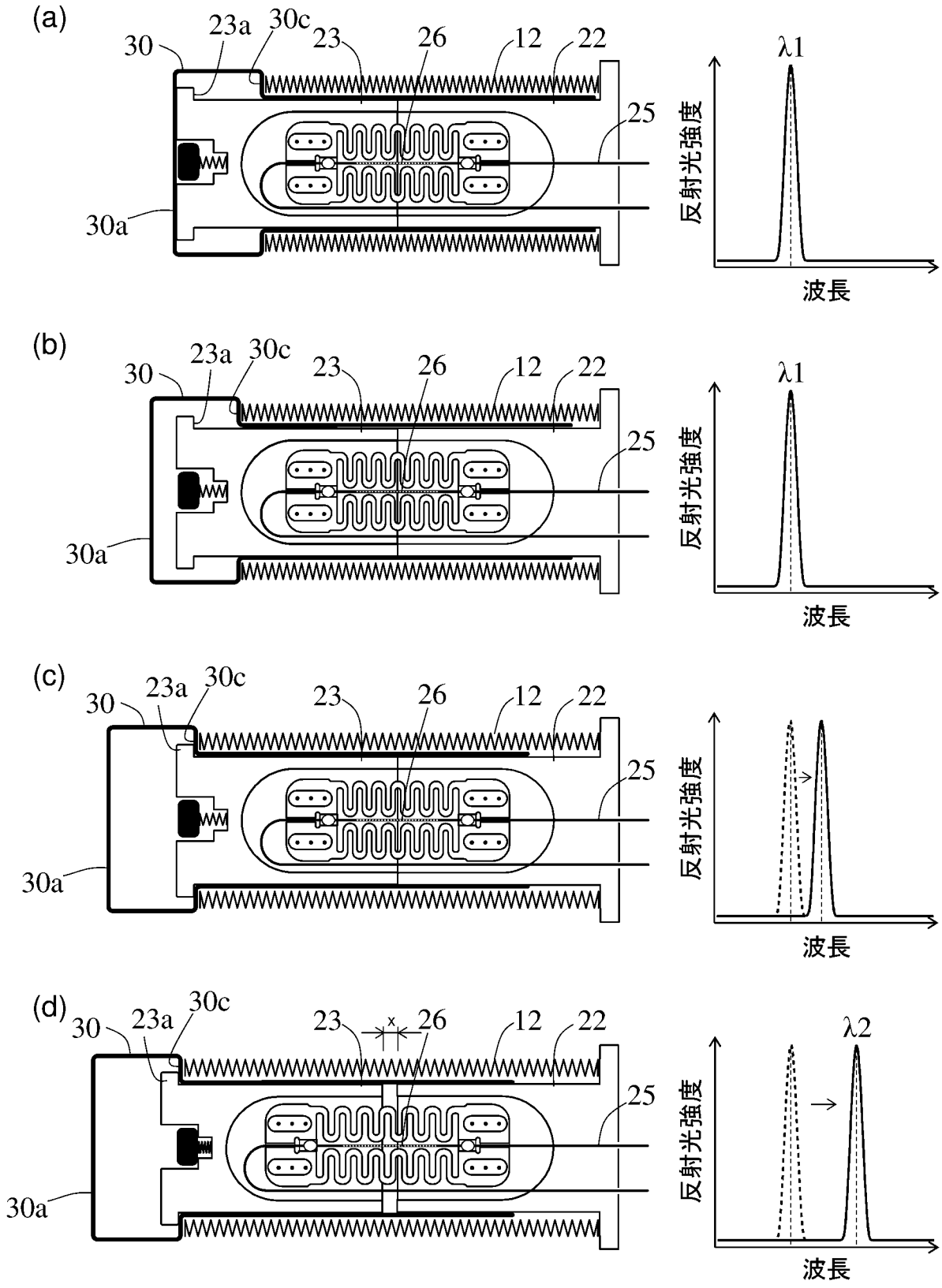
(b)


Q
30b
10c
10b
30d
30c
12
10
10a
30
25
44
42
30a
23a
21c
43
41

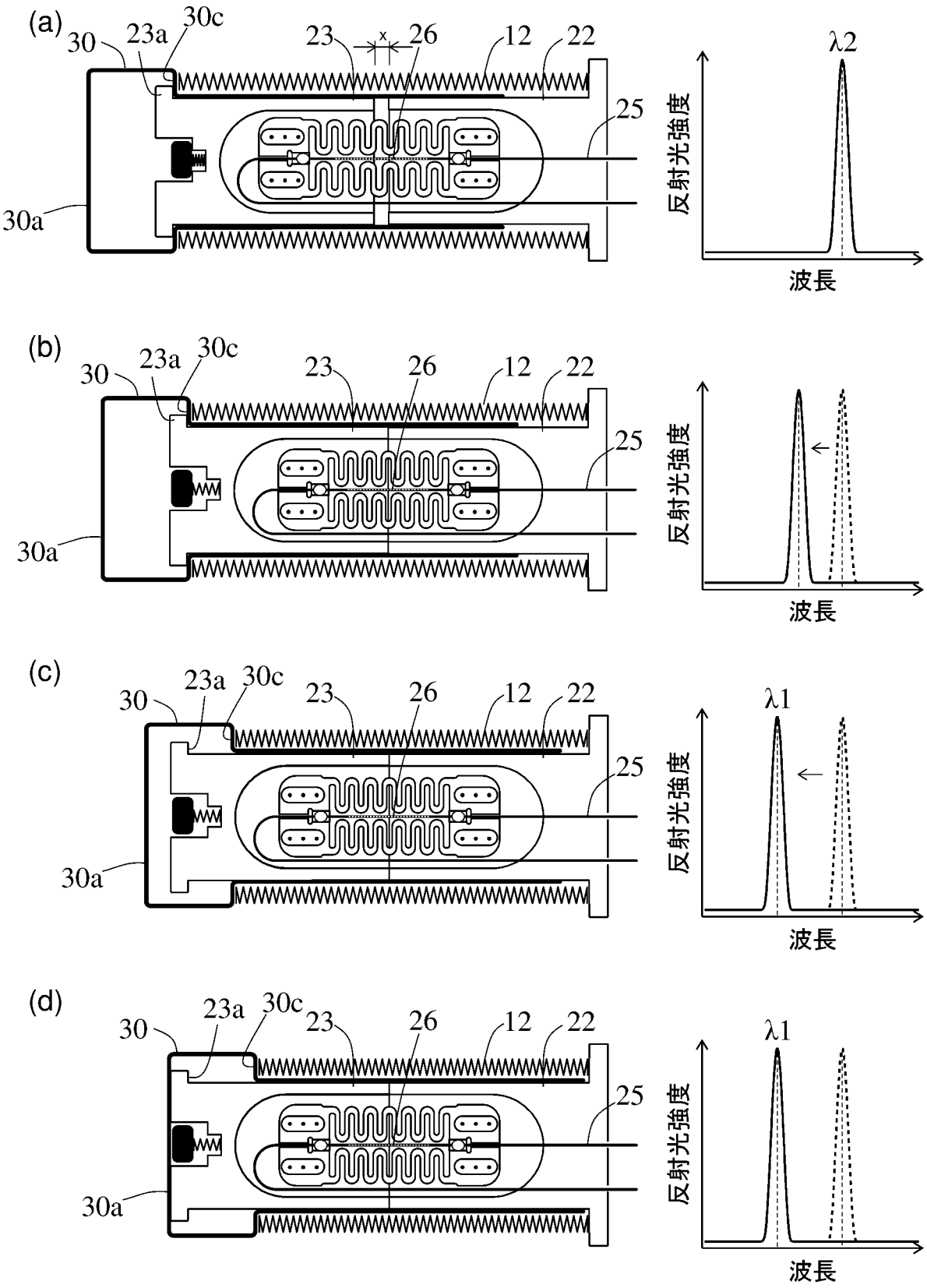
(c)


10b
10c
30d
30b
30c
12
10
23a

[図5]

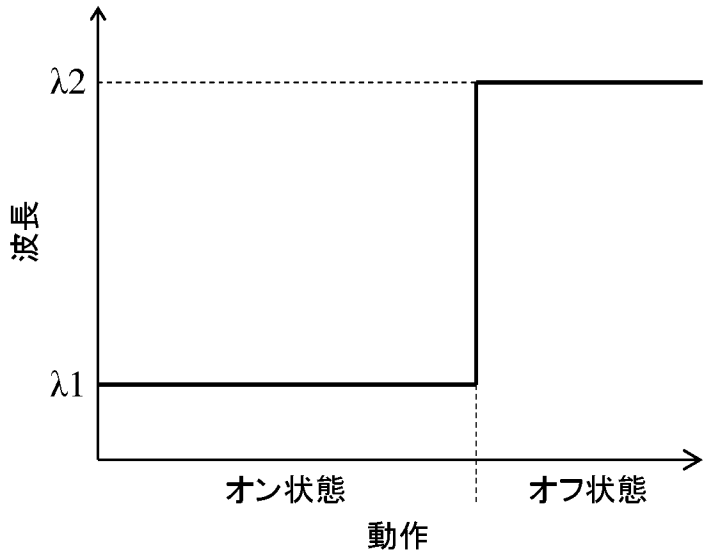

(a)
30
23a
30c
23
26
12
22
25
30a
λ1
反射光強度
波長
(b)
30
23a
30c
23
26
12
22
25
30a
λ1
反射光強度
波長
(c)
30
23a
30c
23
26
12
22
25
30a
反射光強度
波長
(d)
30
23a
30c
23
x
26
12
22
25
30a
λ2
反射光強度
波長

[図6]

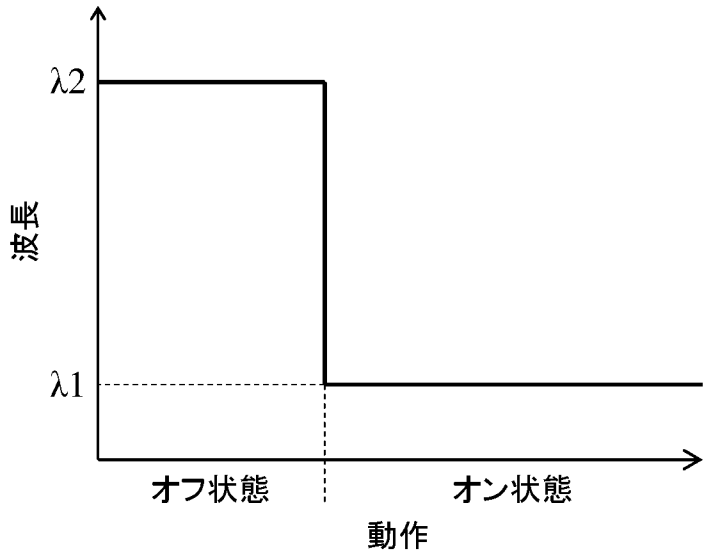

(a)
30
23a
30c
23
x
26
12
22
25
30a
λ2
反射光強度
波長
(b)
30
23a
30c
23
26
12
22
25
30a
反射光強度
波長
(c)
30
23a
30c
23
26
12
22
25
30a
λ1
反射光強度
波長
(d)
30
23a
30c
23
26
12
22
25
30a
λ1
反射光強度
波長

[図7]

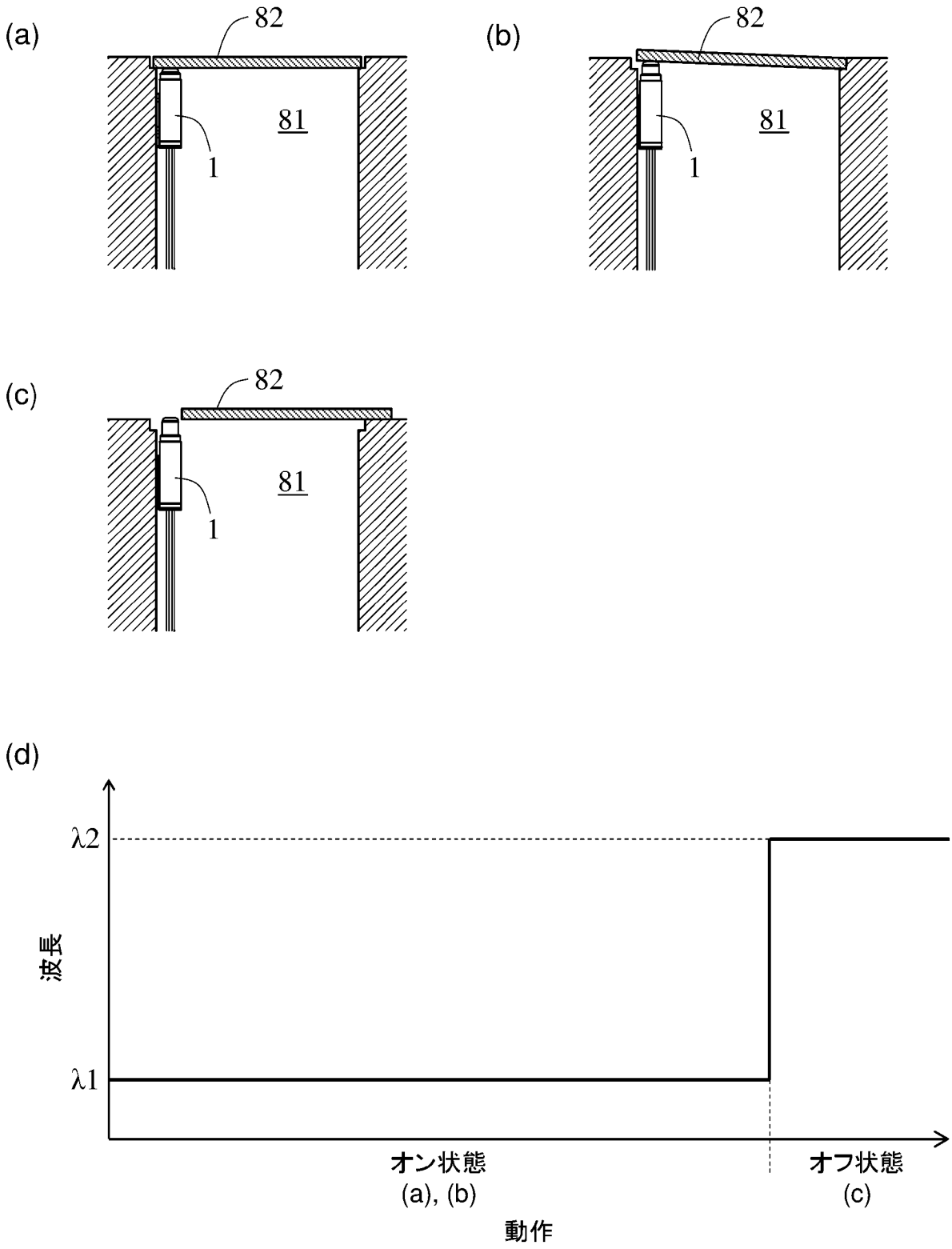
(a)



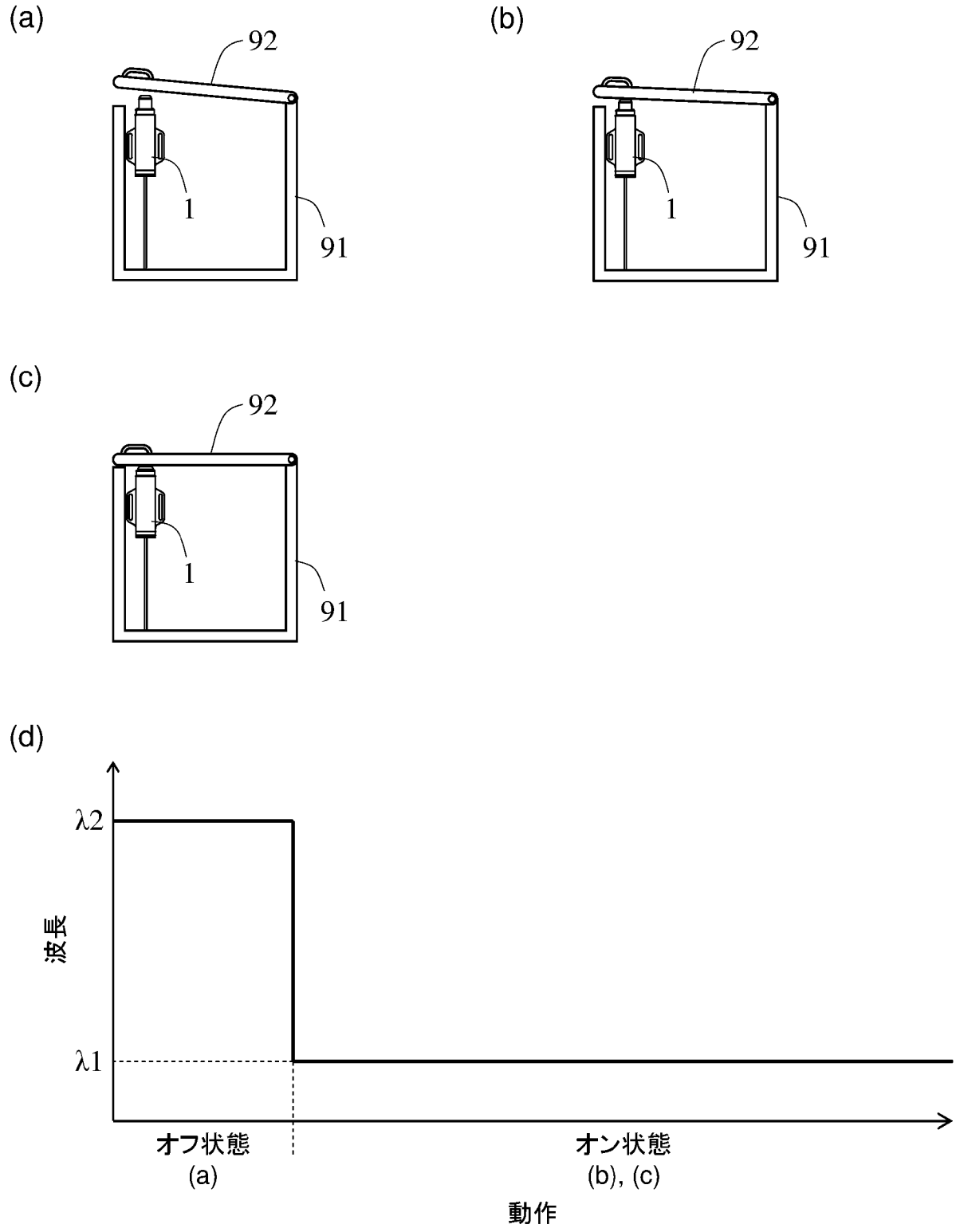
(b)



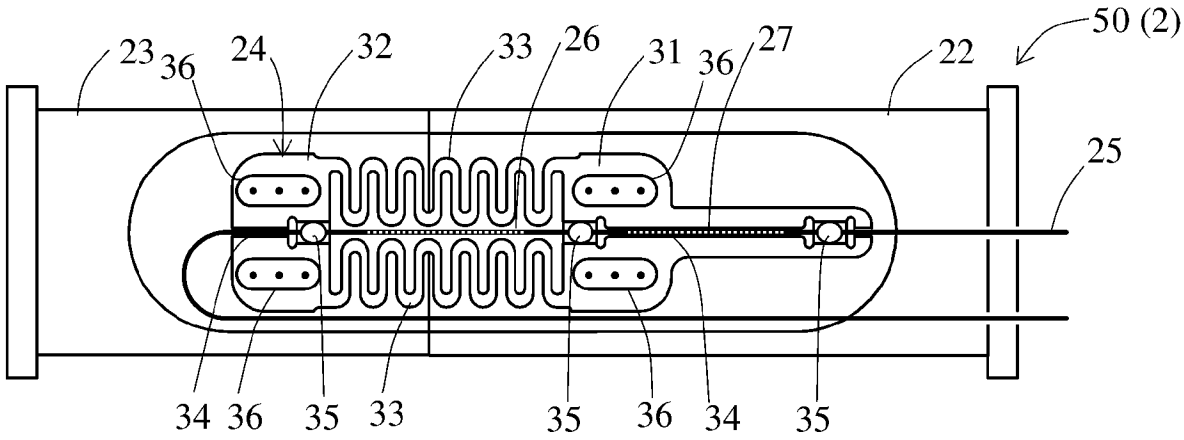
[図8]



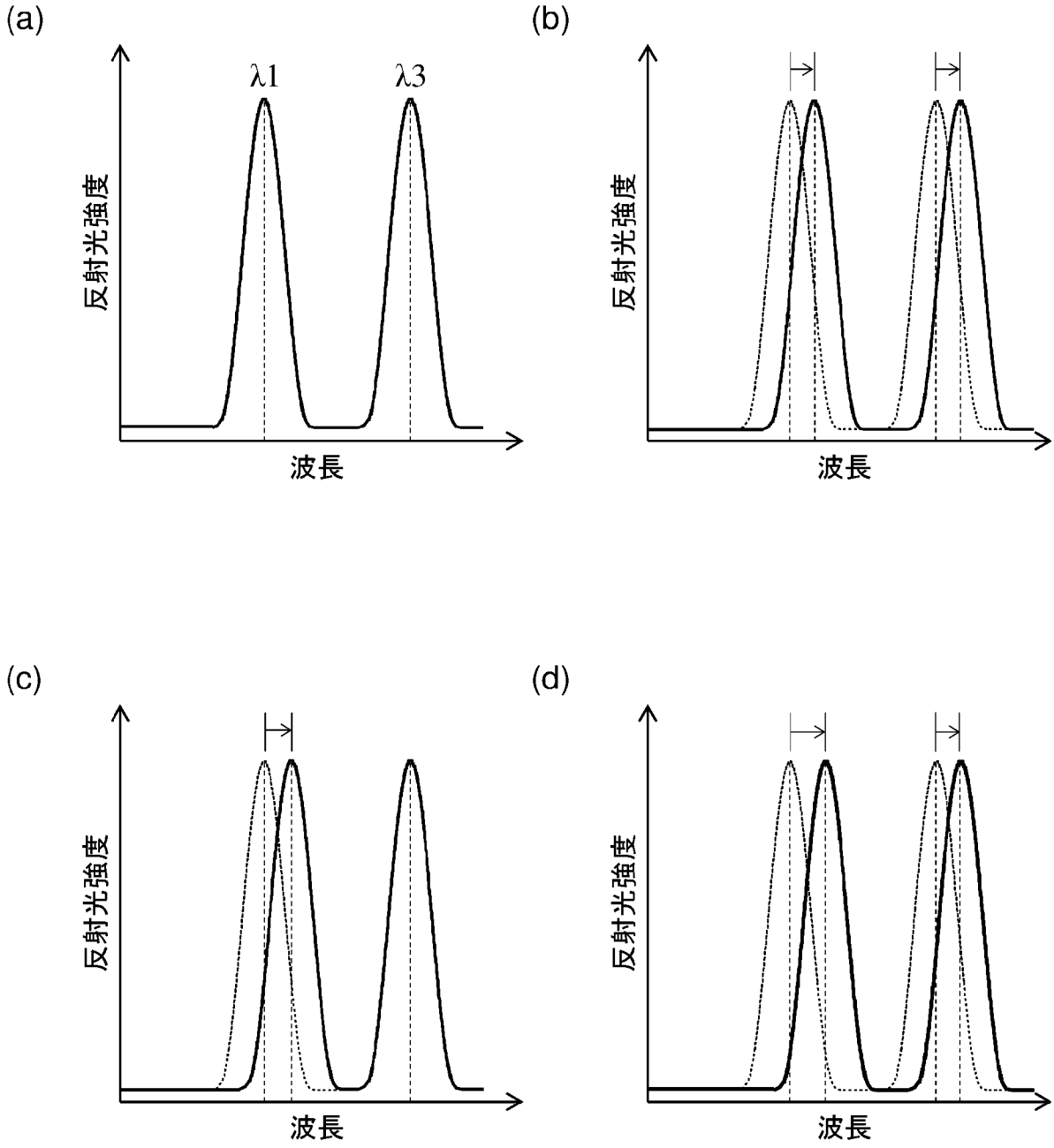
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/018000

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. G01D5/353(2006.01)i, G01V8/16(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)
Int.Cl. G01D5/353, G01V8/16, G01B11/00-30, G02B6/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 107390287 A (JINAN XINGRAN INFORMATION TECH CO., LTD.) 24 November 2017, paragraphs [0016]-[0029], fig. 1-3 (Family: none)	1-7
A	JP 2003-322805 A (HITACHI CABLE LTD.) 14 November 2003, paragraphs [0012]-[0036], fig. 1-4 (Family: none)	1-7
A	JP 2006-214844 A (FUJIKURA LTD.) 17 August 2006, paragraphs [0020]-[0034], fig. 1-13 (Family: none)	1-7

☒ 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 07.06.2019	Date of mailing of the international search report 18.06.2019
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/018000

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-107615 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 17 April 2001, paragraphs [0014]-[0026], fig. 1-6 (Family: none)	1-7
A	JP 2000-111319 A (NTT ADVANCED TECHNOLOGY CORPORATION) 18 April 2000, paragraphs [0023]-[0039], fig. 4-9 (Family: none)	7

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１９／０１８０００

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01D5/353(2006.01)i, G01V8/16(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.　G01D5/353, G01V8/16, G01B11/00－30, G02B6/00

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	１９７１－２０１９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１９年

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

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	CN 107390287 A (JINAN XINGRAN INFORMATION TECH CO.LTD) 2017.11.24,［００１６］－［００２９］、図１－３（ファミリーなし）	１－７
A	JP 2003-322805 A（日立電線株式会社）2003.11.14, ［００１２］－［００３６］、図１－４（ファミリーなし）	１－７
A	JP 2006-214844 A（株式会社フジクラ）2006.08.17, ［００２０］－［００３４］、図１－１３（ファミリーなし）	１－７

☑　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
０７．０６．２０１９	１８．０６．２０１９

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｆ　８７０６
榮永　雅夫
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２１６

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	関連する請求項の番号
Ａ	JP 2001-107615 A（住友電気工業株式会社）2001.04.17, ［００１４］－［００２６］、図１－６（ファミリーなし）	１－７
Ａ	JP 2000-111319 A（エヌ・ティ・ティ・アドバンステクノロジ株式会社）2000.04.18, ［００２３］－［００３９］、図４－９（ファミリーなし）	７