

(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
2017年12月14日(14.12.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/213161 A1

(51) 国際特許分類:
G01B 11/14 (2006.01)

東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/021053

(22) 国際出願日: 2017年6月7日(07.06.2017)

(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 2016-113203 2016年6月7日(07.06.2016) JP

(71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.)
[JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 Tokyo (JP).

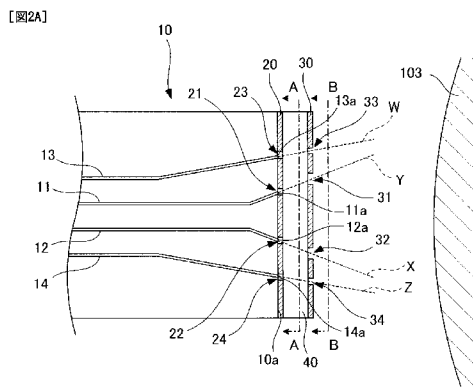
(72) 発明者: 近藤 明生 (KONDOU, Akio); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 大西 智之 (ONISHI, Tomoyuki); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 宮本 貴洋 (MIYAMOTO, Takahiro); 〒1088215

(74) 代理人: 光石 俊郎, 外 (MITSUISHI, Toshiro et al.); 〒1070052 東京都港区赤坂四丁目9番6号 タク・赤坂ビル4階 光石法律特許事務所 Tokyo (JP).

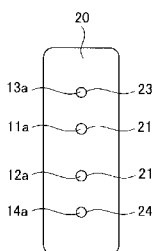
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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.

(54) Title: OPTICAL SENSOR

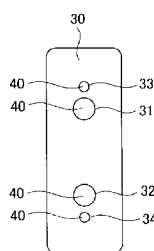
(54) 発明の名称: 光学センサ



[図2A]



[図2B]



(57) Abstract: An optical sensor according to the present invention includes an optical fiber disposed in such a way that an end surface thereof is exposed in a distal end surface (10a) of a sensor head (10). The optical sensor is provided with: a first plate material (first metal plate) (20) which is in close parallel contact with the distal end surface (10a) of the sensor head (10), and in which a through-hole is formed in a position corresponding to the end surface of the optical fiber; and a second plate material (second metal plate) (30) which is disposed parallel to the first plate material (first metal plate) (20) and toward the front thereof in a measuring direction, and in which a through-hole is formed at a point of intersection with a virtual straight line perpendicular to the end surface of the optical fiber. By employing this optical sensor it is possible for clearance measurement to be performed even if the optical fiber becomes opaque or worn.

(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).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: センサヘッド (10) の先端面 (10a) に端面が露出するようにして配される光ファイバを有する光学センサであって、センサヘッド (10) の先端面 (10a) に対し平行に密着し、光ファイバの端面に対応する位置に貫通孔が形成された第1板材 (第1金属板) (20) と、第1板材 (第1金属板) (20) に対し平行かつ計測方向前方に配され、光ファイバの端面に直交する仮想直線との交点に貫通孔が形成された第2板材 (第2金属板) (30) とを備える光学センサを用いることで、光ファイバの白濁化や損耗が生じた場合であってもクリアランス計測を行うことができる。

明 細 書

発明の名称：光学センサ

技術分野

[0001] 本発明は、主に回転機械に備わる光学センサに関する。

背景技術

[0002] タービン機械の性能向上のためには、チップクリアランスを小さくする必要がある。そこで、このチップクリアランスを高精度で計測することが求められる。さらには、回転機械全般において、回転側と静止側のクリアランスを高精度で計測することが求められる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：実開昭59 - 134026号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 高温・高圧水蒸気環境下でクリアランスを計測するには、解決すべき課題が多く、たとえば、静電容量式のクリアランスセンサは、このような環境下において、劣化による絶縁不良が発生する可能性があり、さらに、誘電率変化の影響を受けるため、使用することができない。

[0005] その点、光学センサは、高温・高圧水蒸気環境下において、上述のような影響を受けることがなく、使用に適している。しかし従来の技術では、定性的な変化は捉えることができるが、定量的な計測はできない。

[0006] 定量的な計測ができない原因として、光学センサに設けられた光ファイバの端部の白濁化や損耗（陥没、減損）が挙げられる。すなわち、高温・高圧水蒸気にさらされた光学センサは、光ファイバの損耗が生じ、また、光ファイバ（端部）は損耗に至る前に表面に白濁化が生じていると考えられている。

[0007] 光ファイバの端部に白濁化や損耗が生じると、光ファイバに入射する光の

方向が変動する。光学センサの計測原理から、光ファイバに入射する光の方向の変動は、クリアランス計測に影響を及ぼす。

[0008] よって、高温・高蒸気環境下であっても、光ファイバの白濁化や損耗を生じない光学材料にて光学センサを構成することが理想ではあるが、これは現実的ではない。

[0009] したがって本発明では、上記技術的課題に鑑み、光ファイバの白濁化や損耗が生じた場合であってもクリアランス計測可能な光学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

[0010] 上記課題を解決する第1の発明に係る光学センサは、
センサヘッドの先端面に光ファイバの発光部及び受光部が配される光学センサであって、

前記センサヘッドの先端面に対し平行に密着し、前記光ファイバの前記端面に対応する位置に貫通孔が形成された第1板材と、

前記第1板材に対し平行かつ計測対象側に配され、前記光ファイバの発光部及び受光部に直交する仮想直線との交点に貫通孔が形成された第2板材とを備える

ことを特徴とする。

[0011] 上記課題を解決する第2の発明に係る光学センサは、
上記第1の発明に係る光学センサにおいて、

前記センサヘッドの前記先端面が、計測対象である移動体に対し、その移動方向と平行となるように対向しており、

前記光ファイバは、前記移動体からの光を、前記センサヘッドの先端面の受光部にて受光し、第1受光装置に入力する第1受光用光ファイバ及び第2受光装置に入力する第2受光用光ファイバを備え、

前記第1板材の前記貫通孔は、前記第1受光用光ファイバ及び前記第2受光用光ファイバの前記受光部に対応する位置に、それぞれ形成され、

前記第2板材の前記貫通孔は、前記第1受光用光ファイバ及び前記第2受

光用光ファイバの前記受光部に直交する仮想直線との交点に、それぞれ形成され、

さらに、前記第1受光装置と前記第2受光装置とにそれぞれ入力される前記移動体からの光のタイミングに基づき、前記移動体とのクリアランスを計測する、測定部を備える

ことを特徴とする。

[0012] 上記課題を解決する第3の発明に係る光学センサは、

上記第2の発明に係る光学センサにおいて、

前記光ファイバは、発光装置からの照明光を、前記センサヘッドの先端面における発光部から前記移動体に向けて出射する、照明用光ファイバを備え、

前記第1板材の前記貫通孔は、前記第1照明用光ファイバの前記発光部に対応する位置に形成され、

前記第2板材の前記貫通孔は、前記第1照明用光ファイバの前記発光部に直交する仮想直線との交点に形成され、

前記第1受光用光ファイバ及び前記第2受光用光ファイバが受光する前記移動体からの光は、前記照明用光ファイバから出射される前記照明光の反射光である

ことを特徴とする。

[0013] 上記課題を解決する第4の発明に係る光学センサは、

上記第1から3のいずれか1つの発明に係る光学センサにおいて、

前記第1板材と前記第2板材との間に、透光性を有し各前記光ファイバよりも温度及び蒸気への耐性が高い耐環境性窓が挿入される

ことを特徴とする。

[0014] 上記課題を解決する第5の発明に係る光学センサは、

上記第1から3のいずれか1つの発明に係る光学センサにおいて、

前記第1板材の前記貫通孔に、透光性を有し各前記光ファイバよりも温度及び蒸気への耐性が高い耐環境性窓が埋め込まれる

ことを特徴とする。

- [0015] 上記課題を解決する第6の発明に係る光学センサは、
上記第3から5のいずれか1つの発明に係る光学センサにおいて、
前記照明用光ファイバの端面は、前記センサヘッドの先端面において、前記第1受光用光ファイバ及び前記第2受光用光ファイバの前記受光部から離隔して配される

ことを特徴とする。

- [0016] 上記課題を解決する第7の発明に係る光学センサは、
上記第3から6のいずれか1つの発明に係る光学センサにおいて、
前記第2板材において、前記照明用光ファイバの前記発光部に直交する仮想直線との交点に形成される前記貫通孔は、前記第1受光用光ファイバ及び前記第2受光用光ファイバの前記受光部に直交する仮想直線との交点にそれぞれ形成される各前記貫通孔よりも、径が大きい

ことを特徴とする。

発明の効果

- [0017] 本発明に係る光学センサによれば、光ファイバの白濁化や損耗が生じた場合であってもクリアランス計測を行うことができる。

図面の簡単な説明

- [0018] [図1]回転機械に配置された本発明に係る光学センサを説明する概略図である。

[図2A]本発明の実施例1に係る光学センサにおけるセンサヘッド周辺の、センサ軸方向断面図である。

[図2B]図2AのA-A矢視図である。

[図2C]図2AのB-B矢視図である。

[図3A]従来の光学センサ（初期状態）におけるセンサヘッド周辺の、センサ軸方向断面図である。

[図3B]従来の光学センサ（白濁化あるいは損耗後の状態）におけるセンサヘッド周辺の、センサ軸方向断面図である。

[図4]タービンを例として、光学センサのクリアランス（チップクリアランス）計測を説明する模式図である。

発明を実施するための形態

[0019] 図1は、回転機械に配置された本発明に係る光学センサを説明する概略図である。図1に示すように、該回転機械は、ハウジング101内において、回転軸102に固定され、ハウジング101の内周面とクリアランスを有して配された回転体103を備えている。そして、本発明に係る光学センサは、先端が、ハウジング101の内周面に、回転体103の周面と対向して配されるようにして、該回転機械に設けられている。

[0020] より詳述すると、本発明に係る光学センサは、ハウジング101の内周面において、先端面が計測対象である回転体103側を向くようにして配されるセンサ部1、第1の光ファイバを介してセンサ部1に接続する発光装置（光源）2、第2の光ファイバを介してセンサ部1に接続する第1受光装置3、第3の光ファイバを介してセンサ部1に接続する第2受光装置4、及び、第1受光装置3及び第2受光装置4に接続する測定部5を備えている（図1中では、第1～3の光ファイバをまとめて符号6で示している）。

[0021] 計測の手順としては、まず、回転機械の駆動中において、発光装置2から第1の光ファイバを介してセンサ部1へ照明光が出力され、この照明光がセンサ部1の先端部（センサヘッド）から回転体103へ向けて出射（放出）される。

[0022] 照明光は回転体103の周面において反射し、その反射光の一部は、センサヘッドに入射し、第2の光ファイバを介して第1受光装置3へ、第3の光ファイバを介して第2受光装置4へそれぞれ入力される。

[0023] このとき、回転体103からセンサヘッドに入射する反射光は、回転体103の周面において周方向（回転方向）に変化する形状あるいは模様依存した、所定の強度周期を有している。この「形状」は、例えば、回転体103がタービンである場合には動翼の形状となる。また「模様」とは、回転体103の周面において周方向に変化する形状がない場合、例えば、マーカ等

を付すことによって明暗を設けているものを指す。

[0024] 測定部 5 では、第 1 受光装置 3 及び第 2 受光装置 4 にそれぞれ入力される（回転体 103 の周面からの）反射光のタイミングに基づき、回転体 103 とのクリアランスを計測する。

以上が、本発明に係る光学センサによる回転機械のクリアランス計測の手順である。

[0025] 以下、本発明に係る光学センサを実施例にて詳述する。なお、下記実施例では、一部タービンに光学センサを配するものとして説明している箇所があるが、本発明はこれに限らず、回転機械全般に適用可能である。

[0026] さらに言えば、本発明に係る光学センサは、下記実施例中に説明する原理（下記（1）式及び図 4）上、回転機械の回転体に限らず、移動体であればクリアランスを計測することができる。

[0027] [実施例 1]

図 3 A は、従来の光学センサの初期（通常）状態におけるセンサヘッド周辺の、センサ軸方向断面図（回転体 103 の径方向断面と平行な断面図）であり、図 3 B は、従来の光学センサの白濁化あるいは損耗後の状態におけるセンサヘッド周辺の、センサ軸方向断面図である。まず、図 3 A にて初期状態について説明する。

[0028] 従来の光学センサは、センサヘッド 50 の先端面 50 a が回転体 103 の周面に対向し、照明用光ファイバ 51, 52（第 1 の光ファイバ）、第 1 受光用光ファイバ 53 - 1, 53 - 2, 53 - 3（第 2 の光ファイバ）、及び、第 2 受光用光ファイバ 54 - 1, 54 - 2, 54 - 3（第 3 の光ファイバ）を備えている。

[0029] 照明用光ファイバ 51, 52 は、それぞれ、一端が発光装置 2（図 1 参照）に接続し、他端の端面（発光部）51 a, 52 a が先端面 50 a において露出している。そして、発光装置 2 から出力された照明光を、端面 51 a, 52 a から、回転体 103 の周面に向けて出射する伝搬経路としての光ファイバである。

- [0030] 第1受光用光ファイバ53-1, 53-2, 53-3は、それぞれ、一端が第1受光装置3（図1参照）に接続し、他端の端面（受光部）53-1a, 53-2a, 53-3aが先端面50aにおいて露出している。そして、回転体103の周面にて反射された照明光である反射光を、端面53-1a, 53-2a, 53-3aにて受光（入射）し、第1受光装置3へ入力する伝搬経路としての光ファイバである。
- [0031] 第2受光用光ファイバ54-1, 54-2, 54-3は、一端が第2受光装置4（図1参照）に接続し、他端の端面（受光部）54-1a, 54-2a, 54-3aが先端面50aにおいて露出している。そして、回転体103の周面にて反射された照明光である反射光を、端面54-1a, 54-2a, 54-3aにて受光し、第2受光装置4へ入力する伝搬経路としての光ファイバである。
- [0032] またここでは、第1受光用光ファイバ53-1, 53-2, 53-3、及び、照明用光ファイバ51が、一組に纏められており、これを光ファイバ群Pとする。さらに、第2受光用光ファイバ54-1, 54-2, 54-3、及び、照明用光ファイバ52が、一組に纏められており、これを光ファイバ群Qとする。
- [0033] 光ファイバ群P, Qは、光学センサの略軸方向に延伸し、センサヘッド50内部では、（回転体103の径方向断面と平行な断面視において）先端面50aに向けて互いの離間距離が広がる方向にハの字に傾斜している。また、光ファイバ群P, Qは、先端面50aにおいて、端面53-1a, 53-2a, 53-3a及び端面51aの位置及び角度と、端面54-1a, 54-2a, 54-3a及び端面52aの位置及び角度とが、光学センサのセンサ軸方向中心線を中心として対称的に配されている。
- [0034] 以上が従来の光学センサの構成である。なお、従来の光学センサを用いたクリアランスの計測手順は、図1を用いて説明した如くである。
- [0035] 図4は、タービンを例として、光学センサによるクリアランス（チップクリアランス）計測を説明する模式図であり、図中の破線矢印は、回転体10

3（図1参照）の動翼103aの回転方向を示している。

[0036] 先端面50aにおける光ファイバ群Qの端面54-1a, 54-2a, 54-3a及び端面52aの位置をA点（詳細には端面の位置は4箇所となるが、光ファイバ54-1, 54-2, 54-3, 52は一纏まりのため隣接しており、端面の位置（及び角度）が略同一であるため、一つの点と見做す）とし、光ファイバ群Pの端面53-1a, 53-2a, 53-3a及び端面51aの位置をB点（A点同様に一つの点と見做す）。

[0037] さらに、A点とB点との離間距離をLとし、端面53-1a, 53-2a, 53-3aに直交する仮想直線p（上述と同様に、詳細には3本の仮想直線を1本と見做す）、端面54-1a, 54-2a, 54-3aに直交する仮想直線q（上述と同様に、詳細には3本の仮想直線を1本と見做す）、及び、センサ軸方向中心線の3つの線の交点が、距離計測の基準点Oとなり、距離計測の基準点Oにおける仮想直線p, qの交差角を α とする。

[0038] また、動翼103aの外側端面103bにおける角部（二つの角部のうち回転方向前方側の角部）が、仮想直線qと交わる点をC点とし、仮想直線pと交わる点をD点とする。なお、この角部とは、第1受光用光ファイバ33及び第2受光用光ファイバ34へ入射する反射光の強度が（急激に）変化する箇所である。

[0039] さらに、動翼103aが、C点からD点まで移動する時間を Δt とし、光学センサの先端面31aと動翼103aの外側端面103bとのクリアランス（計測すべきクリアランス）をdとする。

[0040] すると、下記（1）式が成立する。

[数1]

$$d = \frac{\frac{1}{2} \overline{CD}}{\tan \frac{\alpha}{2}} - \frac{\frac{1}{2} \overline{AB}}{\tan \frac{\alpha}{2}}$$

$$= \frac{\frac{1}{2} \times 2\pi R \times \frac{\Delta t}{T}}{\tan \frac{\alpha}{2}} - \frac{\frac{1}{2} L}{\tan \frac{\alpha}{2}} \quad \dots (1)$$

ただし、 R を回転体半径、 T を回転体の周期とする。

[0041] なお、上記（１）式は、光ファイバ群 p 、 q にそれぞれ受光用光ファイバが１本ずつ含まれていれば成立する。また、上記（１）式中に照明用光ファイバに関わる係数は出てこないため、照明光が回転体 103 で反射した反射光を受光用光ファイバで受光できさえすれば、照明用光ファイバの端面は、 A 、 B 点からそれぞれ外れた位置にあってもよい（その場合、 A 、 B 点は、受光用光ファイバの端面のみの位置を示すことになる）。

[0042] 従来の光学センサでは、図 3 A に示すように、先端面 50 a に端面 53 - 1 a、53 - 2 a、53 - 3 a、54 - 1 a、54 - 2 a、54 - 3 a、及び、端面 51 a、52 a があることで、先端面 50 a において照明光が出射され反射光を受光している場合は、上記（１）式が成立する。

[0043] しかしながら、図 3 B に示すように、各光ファイバ 51、52、53 - 1、53 - 2、53 - 3、54 - 1、54 - 2、54 - 3 に、白濁化あるいは損耗が発生すると、照明光の出射位置及び光の広がりがランダム化し、それとともに、反射光の受光位置及び受光角度もランダム化してしまい、上記（１）式における α が不確定となり、上記（１）式は成立しなくなる。

[0044] また、上記特許文献 1 に記載されるように、光ファイバの先端部分に嵌合する金属細孔を有するパイプを設け、この金属細孔により光路を確実に規定することもできるが、このような方法では、金属細孔の径が小さいため正確に形成することが難しい。

[0045] 一方、本実施例に係る光学センサでは、貫通孔の形成された 2 つの金属板及び耐環境性窓を設けることで、各光ファイバに白濁化や損耗が発生した場合にも、上記（１）式を成立させ、クリアランス計測ができ、さらに、上記特許文献 1 に記載された光学センサに比べ、簡易的に作製することを可能とするものである。

[0046] 図 2 A は、本実施例に係る光学センサにおけるセンサヘッド周辺の、センサ軸方向断面図（すなわち回転体 103 の径方向断面と平行な断面図）であり、図 2 B は、図 2 A の A - A 矢視図であり、図 2 C は、図 2 A の B - B 矢

視図である。

- [0047] 本実施例に係る光学センサは、まず、図2Aに示すように、センサヘッド10の先端面10aが回転体103の周面に対向し、第1照明用光ファイバ11と第2照明用光ファイバ12（第1の光ファイバ）、第1受光用光ファイバ13（第2の光ファイバ）、及び、第2受光用光ファイバ14（第3の光ファイバ）を備えている。
- [0048] 第1照明用光ファイバ11は、一端が発光装置2（図1参照）に接続し、他端の端面（発光部）11aが先端面10aにおいて露出している。そして、発光装置2から出力された照明光を、端面11aから、回転体103の周面に向けて出射する伝搬経路としての光ファイバである。
- [0049] 第2照明用光ファイバ12は、一端が発光装置2に接続し、他端の端面（発光部）12aが先端面10aにおいて露出している。そして、発光装置2から出力された照明光を、端面12aから、回転体103の周面に向けて出射する伝搬経路としての光ファイバである。なお、第1照明用光ファイバ11と第2照明用光ファイバ12とは、別々の発光部に接続しているものとしてもよい。
- [0050] 第1受光用光ファイバ13は、一端が第1受光装置3（図1参照）に接続し、他端の端面（受光部）13aが先端面10aにおいて露出している。そして、回転体103の周面にて反射された照明光である反射光を、端面13aにて受光し、第1受光装置3へ入力する伝搬経路としての光ファイバである。
- [0051] 第2受光用光ファイバ14は、一端が第2受光装置4（図1参照）に接続し、他端の端面（受光部）14aが先端面10aにおいて露出している。そして、回転体103の周面にて反射された照明光である反射光を、端面14aにて受光し、第2受光装置4へ入力する伝搬経路としての光ファイバである。
- [0052] 各光ファイバ11～14は、光学センサの略軸方向に延伸している。センサヘッド10内部では、第1受光用光ファイバ13及び第2受光用光ファイ

バ１４は、光学センサの略軸方向に延伸し、（回転体１０３の径方向断面と平行な断面視において）先端面１０ａに向けて互いの離間距離が広がる方向にハの字に傾斜して配される。さらに、第１受光用光ファイバ１３と第２受光用光ファイバ１４との間において、第１照明用光ファイバ１１及び第２照明用光ファイバ１２は、（回転体１０３の径方向断面と平行な断面視において）先端面１０ａに向けて互いの離間距離が広がる方向にハの字に傾斜して配される。

[0053] また、先端面１０ａでは、（回転体１０３の径方向断面と平行な断面視において）端面１１ａ～１４ａが互いに隔離して配されている。なお、図２Ａには、各光ファイバ１１、１２、１３、１４がそれぞれ１本ずつ配されている状態を示しているが、本実施例はこれに限定されず、それぞれを複数本ずつにしてもよい。

[0054] さらに、本実施例に係る光学センサは、先端面１０ａに対し平行に密着して配された第１金属板２０（第１板材）、第１金属板２０と平行かつ第１金属板２０より計測方向前方側（回転体１０３側）に配された第２金属板３０（第２板材）、及び、第１金属板２０と第２金属板３０との間に挿入され固定された耐環境性窓４０を備え、これにより受光方向を規定している。

[0055] 第１金属板２０は、先端面１０ａから露出した端面１１ａに対応する位置に形成される第１内側貫通孔２１、同じく先端面１０ａから露出した端面１２ａに対応する位置に形成される第２内側貫通孔２２、同じく先端面１０ａから露出した端面１３ａに対応する位置に形成される第３内側貫通孔２３、及び、同じく先端面１０ａから露出した端面１４ａに対応する位置に形成される第４内側貫通孔２４を備えている。

[0056] 第２金属板３０は、端面１１ａに直交する仮想直線Ｗ（上記仮想直線ｑと同一）との交点に形成される第１外側貫通孔３１、端面１２ａに直交する仮想直線Ｘとの交点に形成される第２外側貫通孔３２、端面１３ａに直交する仮想直線Ｙとの交点に形成される第３外側貫通孔３３、及び、端面１４ａに直交する仮想直線Ｚ（上記仮想直線ｐと同一）との交点に形成される第４外

側貫通孔 3 4 を備えている。

[0057] また、第 1 外側貫通孔 3 1 及び第 2 外側貫通孔 3 2 は、第 3 外側貫通孔 3 3 及び第 4 外側貫通孔 3 4 に比べ径が大きくなっている。貫通孔 3 1, 3 2 は照明光用の貫通孔であり、照明光については、あまり絞らずにある程度の広がりをもって回転体 1 0 3 に出射した方が好ましいためである。

[0058] 耐環境性窓 4 0 は、照明光及び反射光を透過させる透光性を有し、高熱及び高蒸気耐性のある材質、例えばダイヤモンドあるいはサファイアなどにより構成されるものとする（本実施例は耐環境性窓 4 0 の材質を限定するものではないが、耐環境性窓 4 0 は少なくとも各光ファイバよりも温度及び蒸気への耐性が高い必要がある）。また、耐環境性窓 4 0 は、第 1 金属板 2 0 と第 2 金属板 3 0 との間に挿入されるのではなく、第 1 金属板 2 0 の貫通孔 2 1 ~ 2 4 にそれぞれ埋め込まれるものとしてもよい。

[0059] 以上が本実施例に係る光学センサの構成である。なお、本実施例に係る光学センサを用いたクリアランスの計測手順は、図 1 を用いて説明した如くである。

[0060] 本実施例に係る光学センサは、まず、第 1 金属板 2 0 及び第 2 金属板 3 0 にて、これら 2 つの金属板の 2 つの貫通孔（貫通孔 2 3 と貫通孔 3 3、又は、貫通孔 2 4 と貫通孔 3 4）を通過する反射光のみしか受光しないこととなるため、受光光路が規定される（同様に照明光路も規定される）。そのため、高温・高蒸気環境等の過酷環境下にさらされる各光ファイバの端部付近に白濁化や損耗が発生した場合でも、受光方向に影響がなく、上記（1）式における α の値に変動がないため、クリアランス計測が可能となる。

[0061] また、耐環境性窓 4 0 により、先端面 1 0 a を封止することで、高温・高蒸気環境下でも各光ファイバがその影響を受けない。よって、正確なクリアランス計測が可能となる。

[0062] さらに、本実施例に係る光学センサでは、照明用光ファイバ 1 1, 1 2 と受光用光ファイバ 1 3, 1 4 とが、先端面 1 0 a において離隔して配されるため、送受光の干渉を低減することができ、より正確なクリアランス計測が

可能となる。

[0063] また、本実施例に係る光学センサでは、貫通孔を開けた板材（第1金属版20及び第2金属板30）の間に耐環境性窓40を取り付けるだけであり、上記特許文献1に記載されるような、金属細孔加工と比較し、実現性及び加工性において有利である。

[0064] また、本発明に係る光学センサを、回転体以外も含めた移動体に対するクリアランスの計測に用いる場合には、センサヘッドの先端面を、計測対象である移動体に対し、その移動方向と平行となるように対向させれば、同様の結果を得ることができる。

産業上の利用可能性

[0065] 本発明は、光学センサとして好適である。

符号の説明

- [0066] 1 センサ部
- 2 発光装置
- 3 第1受光装置
- 4 第2受光装置
- 5 測定部
- 6 各光ファイバ
- 10, 50 センサヘッド
- 10a, 50a (センサヘッドの) 先端面
- 11 第1照明用光ファイバ
- 11a (第1照明用光ファイバの) 端面 (発光部)
- 12 第2照明用光ファイバ
- 12a (第2照明用光ファイバの) 端面 (発光部)
- 13, 53-1, 53-2, 53-3 第1受光用光ファイバ
- 13a, 53-1a, 53-2a, 53-3a (第1受光用光ファイバの) 端面 (受光部)
- 14, 54-1, 54-2, 54-3 第2受光用光ファイバ

1 4 a, 5 4 - 1 a, 5 4 - 2 a, 5 4 - 3 a (第 2 受光用光ファイバの)
) 端面 (受光部)

2 0 第 1 金属板 (第 1 板材)

2 1 第 1 内側貫通孔

2 2 第 2 内側貫通孔

2 3 第 3 内側貫通孔

2 4 第 4 内側貫通孔

3 0 第 2 金属板 (第 2 板材)

3 1 第 1 外側貫通孔

3 2 第 2 外側貫通孔

3 3 第 3 外側貫通孔

3 4 第 4 外側貫通孔

4 0 耐環境性窓

5 1, 5 2 照明用光ファイバ

5 1 a, 5 2 a (照明用光ファイバの) 端面 (発光部)

1 0 1 ハウジング

1 0 2 回転軸

1 0 3 回転体

1 0 3 a 動翼

1 0 3 b 外側端面

請求の範囲

- [請求項1] センサヘッドの先端面に光ファイバの発光部及び受光部が配される光学センサであって、
- 前記センサヘッドの先端面に対し平行に密着し、前記光ファイバの前記端面に対応する位置に貫通孔が形成された第1板材と、
- 前記第1板材に対し平行かつ計測対象側に配され、前記光ファイバの発光部及び受光部に直交する仮想直線との交点に貫通孔が形成された第2板材とを備える
- ことを特徴とする光学センサ。
- [請求項2] 前記センサヘッドの前記先端面が、計測対象である移動体に対向して配置されており、
- 前記光ファイバは、前記移動体からの光を、前記センサヘッドの先端面の受光部にて受光し、第1受光装置に入力する第1受光用光ファイバ及び第2受光装置に入力する第2受光用光ファイバを備え、
- 前記第1板材の前記貫通孔は、前記第1受光用光ファイバ及び前記第2受光用光ファイバの前記受光部に対応する位置に、それぞれ形成され、
- 前記第2板材の前記貫通孔は、前記第1受光用光ファイバ及び前記第2受光用光ファイバの前記受光部に直交する仮想直線との交点に、それぞれ形成され、
- さらに、前記第1受光装置と前記第2受光装置とにそれぞれ入力される前記移動体からの光のタイミングに基づき、前記移動体とのクリアランスを計測する、測定部を備える
- ことを特徴とする請求項1に記載の光学センサ。
- [請求項3] 前記光ファイバは、発光装置からの照明光を、前記センサヘッドの先端面における発光部から前記移動体に向けて出射する、照明用光ファイバを備え、
- 前記第1板材の前記貫通孔は、前記第1照明用光ファイバの前記発

光部に対応する位置に形成され、

前記第2板材の前記貫通孔は、前記第1照明用光ファイバの前記発光部に直交する仮想直線との交点に形成され、

前記第1受光用光ファイバ及び前記第2受光用光ファイバが受光する前記移動体からの光は、前記照明用光ファイバから出射される前記照明光の反射光である

ことを特徴とする請求項2に記載の光学センサ。

[請求項4] 前記第1板材と前記第2板材との間に、透光性を有し各前記光ファイバよりも温度及び蒸気への耐性が高い耐環境性窓が挿入される

ことを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の光学センサ。

[請求項5] 前記第1板材の各前記貫通孔に、透光性を有し各前記光ファイバよりも温度及び蒸気への耐性が高い耐環境性窓がそれぞれ埋め込まれる

ことを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の光学センサ。

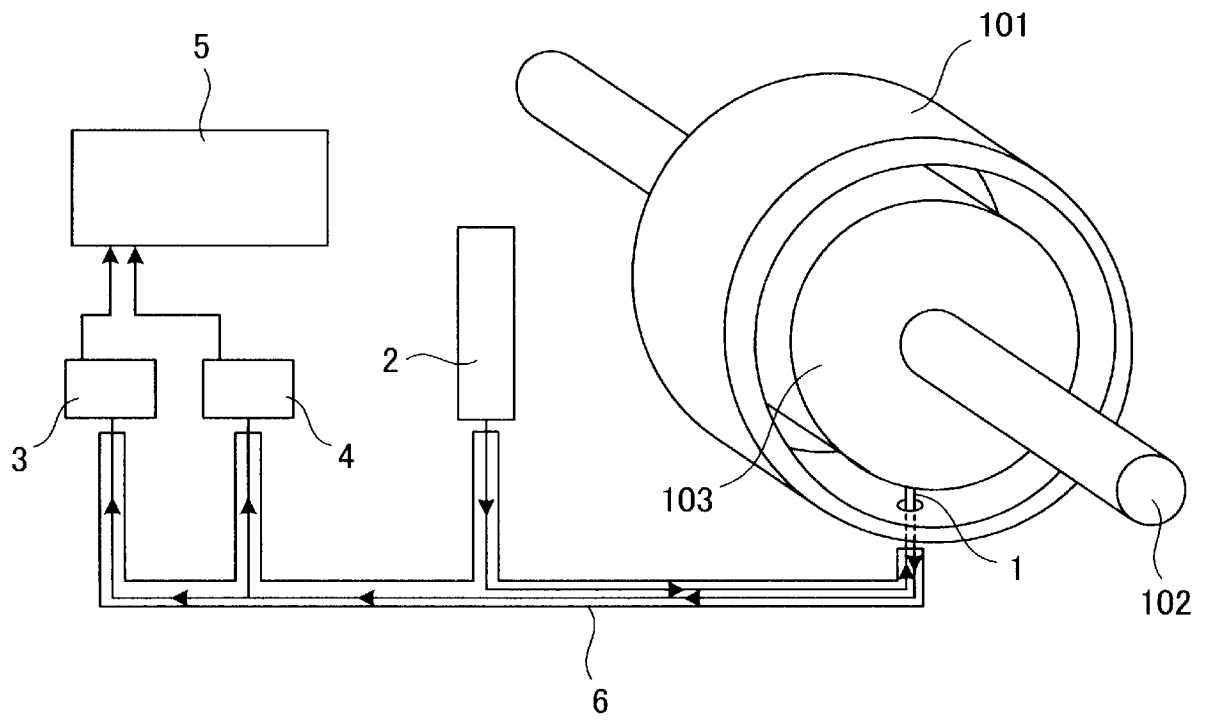
[請求項6] 前記照明用光ファイバの端面は、前記センサヘッドの先端面において、前記第1受光用光ファイバ及び前記第2受光用光ファイバの前記受光部から離隔して配される

ことを特徴とする請求項3から5のいずれか1項に記載の光学センサ。

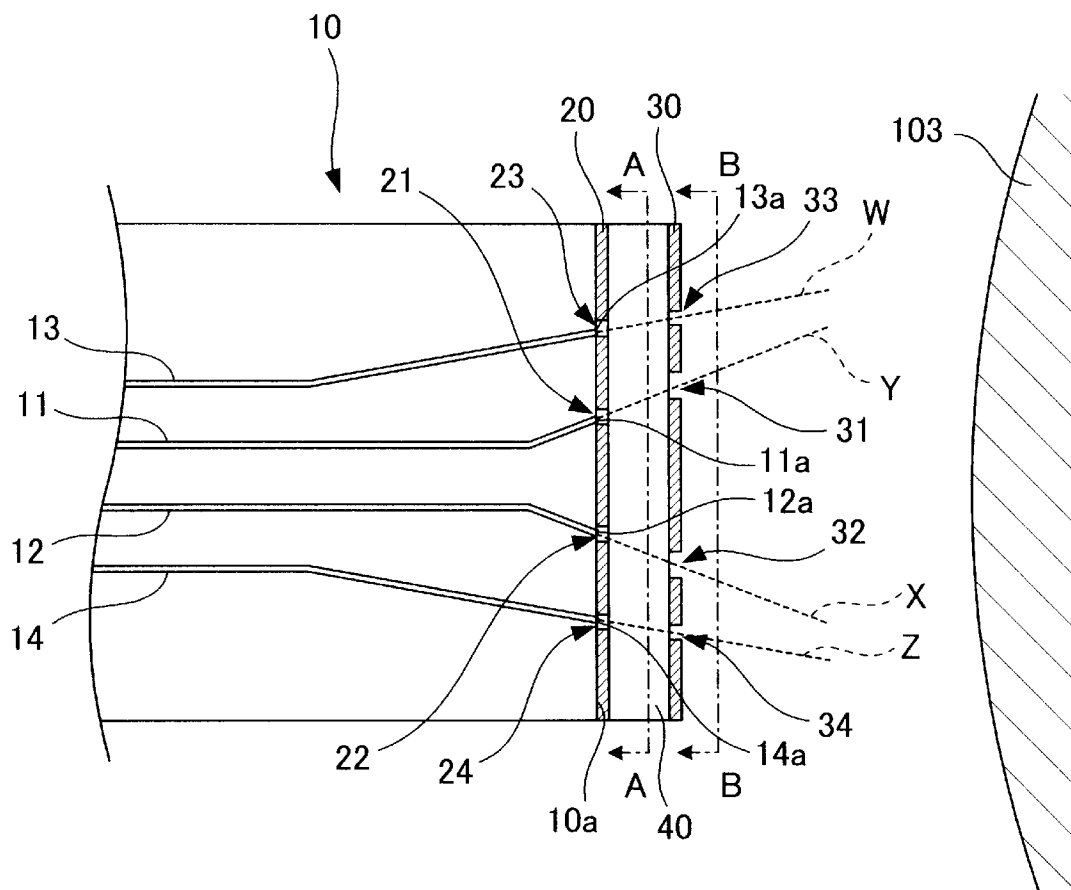
[請求項7] 前記第2板材において、前記照明用光ファイバの前記発光部に直交する仮想直線との交点に形成される前記貫通孔は、前記第1受光用光ファイバ及び前記第2受光用光ファイバの前記受光部に直交する仮想直線との交点にそれぞれ形成される各前記貫通孔よりも、径が大きい

ことを特徴とする請求項3から6のいずれか1項に記載の光学センサ。

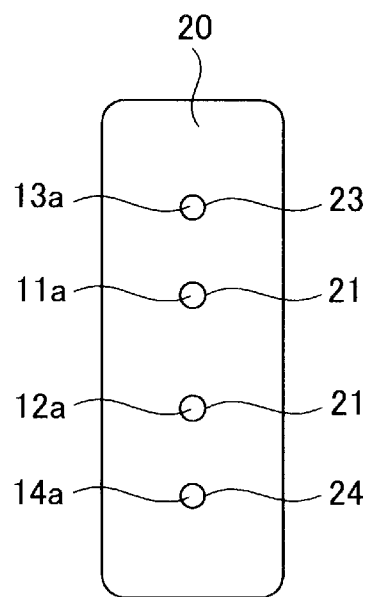
[図1]



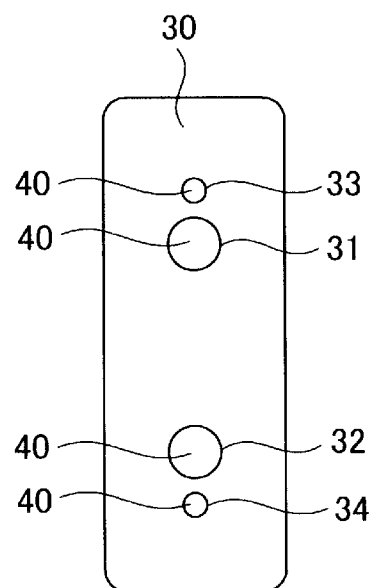
[図2A]



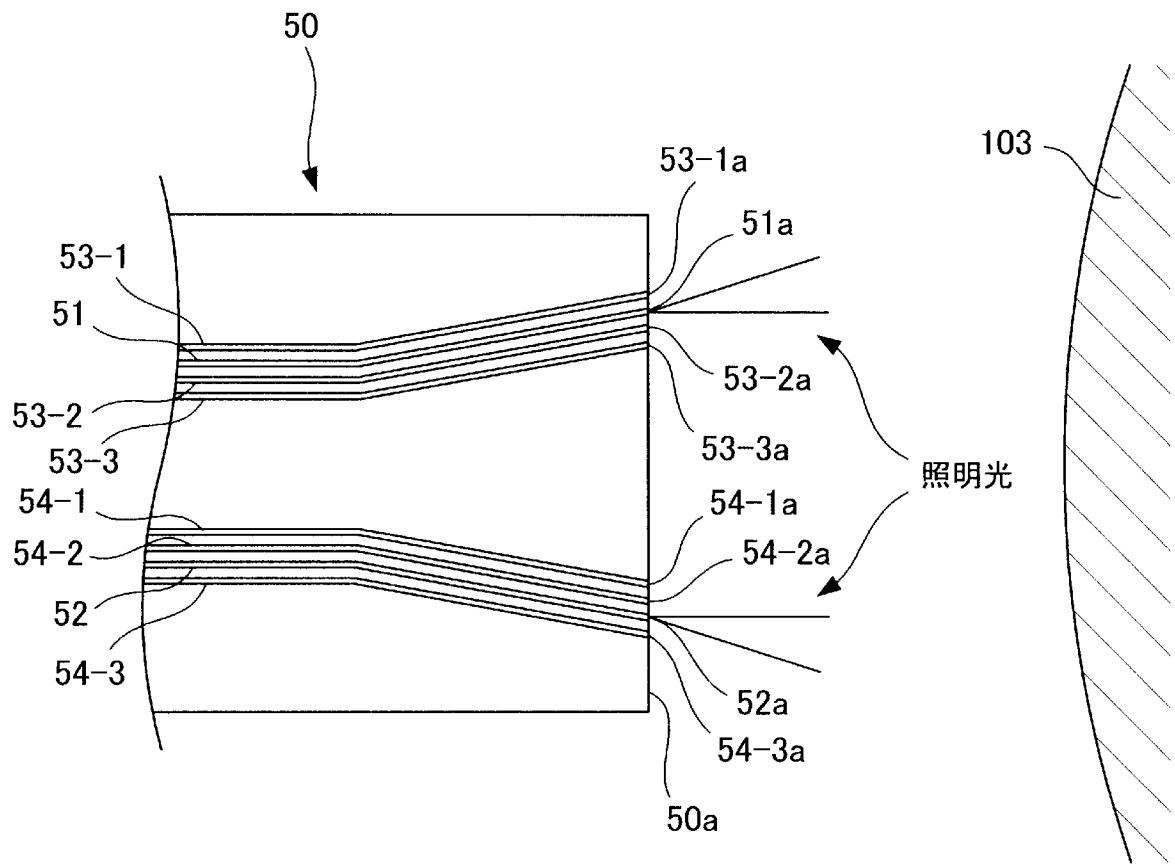
[図2B]



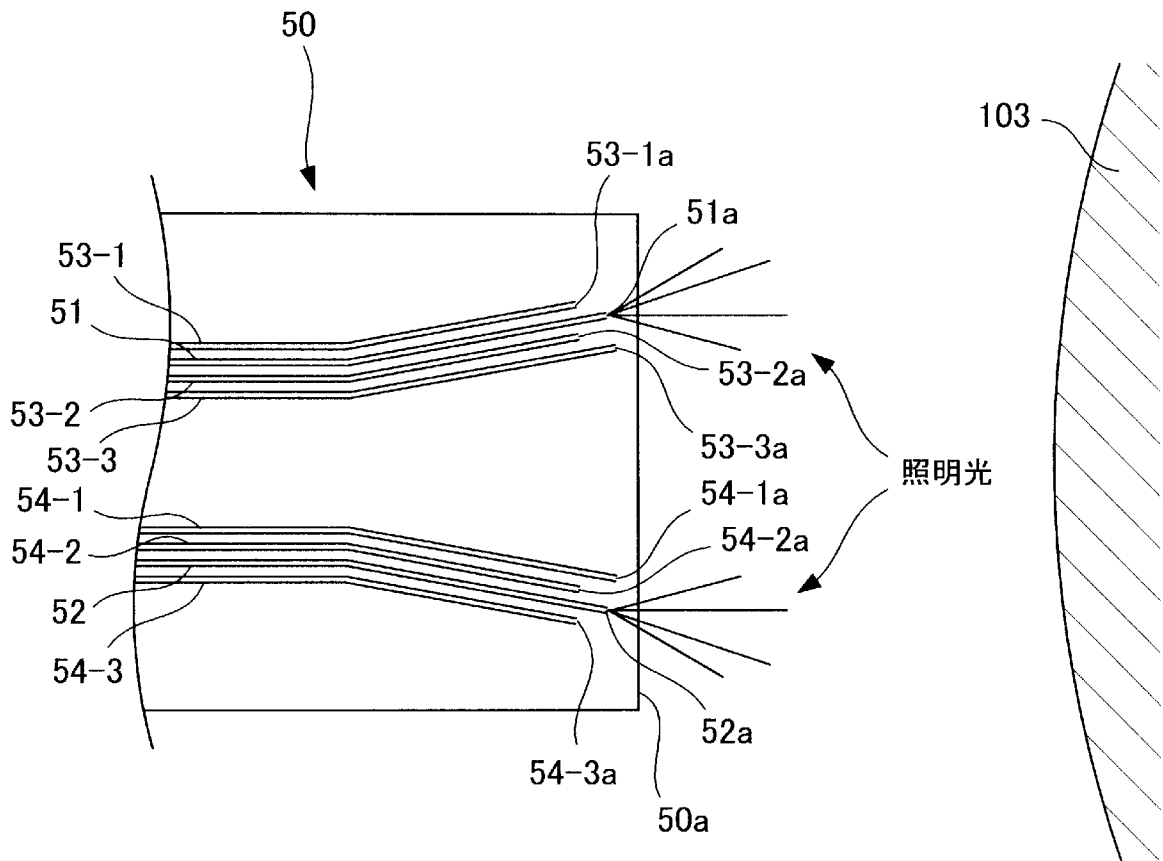
[図2C]



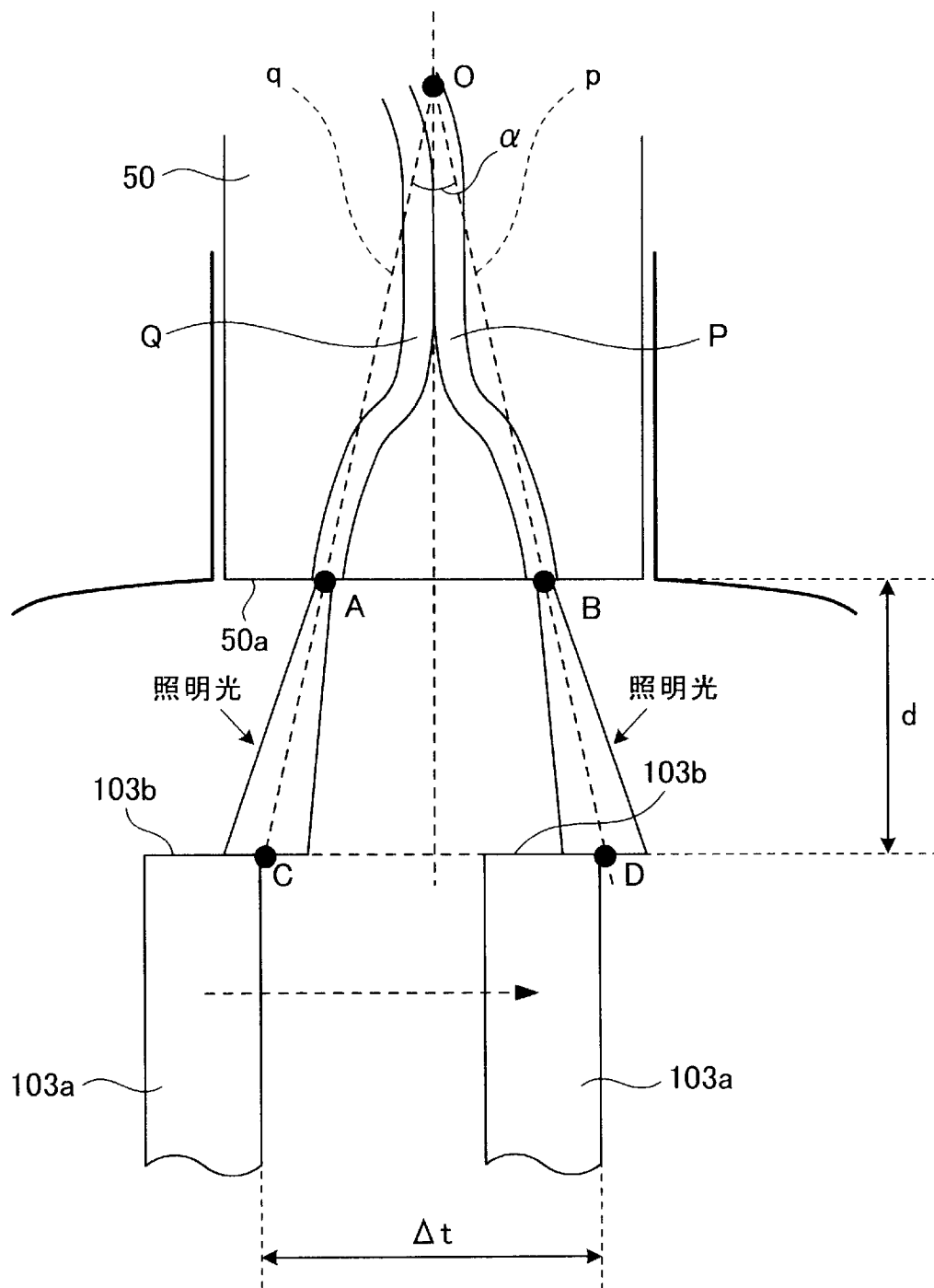
[図3A]



[図3B]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/021053

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01B11/14(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)

G01B11/00-11/30

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
Y A	JP 2004-191374 A (Siemens AG.), 08 July 2004 (08.07.2004), paragraphs [0022] to [0038]; fig. 1 to 4 & US 2004/0114154 A1 paragraphs [0028] to [0047]; fig. 1 to 4 & EP 1429155 A1 & CN 1506654 A & ES 2330998 T3	1, 4-6 2-3, 7
Y A	JP 2005-326362 A (Keyence Corp.), 24 November 2005 (24.11.2005), paragraphs [0001] to [0003], [0075], [0077] to [0078], [0090]; fig. 4 (Family: none)	1, 4-6 2-3, 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
20 July 2017 (20.07.17)

Date of mailing of the international search report
01 August 2017 (01.08.17)

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/JP2017/021053

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 5-18981 A (Nippon Kagaku Kogyo Kabushiki Kaisha), 26 January 1993 (26.01.1993), paragraphs [0002] to [0003] (Family: none)	4-6
A	JP 7-63509 A (Mitsubishi Rayon Co., Ltd.), 10 March 1995 (10.03.1995), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 2004-333470 A (Mitsutoyo Corp.), 25 November 2004 (25.11.2004), entire text; all drawings & US 2004/0222365 A1 & EP 1475613 A2 & CN 1550763 A	1-7
A	JP 2015-1414 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 05 January 2015 (05.01.2015), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	US 5274721 A (AMERICAN SIGMA, INC.), 28 December 1993 (28.12.1993), entire text; all drawings & US 5299141 A	1-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01B11/14(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. G01B11/00-11/30

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
Y A	JP 2004-191374 A (シーメンス アクチエンゲゼルシャフト) 2004.07.08, [0022]-[0038], 図 1-4 & US 2004/0114154 A1, [0028]-[0047], 図 1-4 & EP 1429155 A1 & CN 1506654 A & ES 2330998 T3	1, 4-6 2-3, 7
Y A	JP 2005-326362 A (株式会社キーエンス) 2005.11.24, [0001]-[0003], [0075], [0077]-[0078], [0090], 図 4 (ファミリーなし)	1, 4-6 2-3, 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

20.07.2017

国際調査報告の発送日

01.08.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

三好 貴大

2 S

6200

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
Y	JP 5-18981 A (日本科学工業株式会社) 1993. 01. 26, [0002]-[0003] (ファミリーなし)	4-6
A	JP 7-63509 A (三菱レイヨン株式会社) 1995. 03. 10, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2004-333470 A (株式会社ミットヨ) 2004. 11. 25, 全文, 全図 & US 2004/0222365 A1 & EP 1475613 A2 & CN 1550763 A	1-7
A	JP 2015-1414 A (三菱重工業株式会社) 2015. 01. 05, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7
A	US 5274721 A (AMERICAN SIGMA, INC.) 1993. 12. 28, 全文, 全図 & US 5299141 A	1-7