

(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10月5日(05.10.2017)



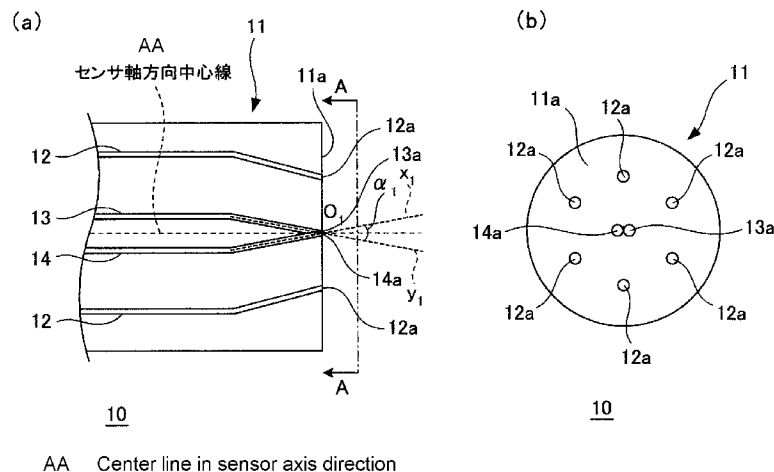
(10) 国際公開番号
WO 2017/168970 A1

- (51) 国際特許分類:
G01B 11/14 (2006.01) F02C 7/00 (2006.01)
F01D 25/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/001575
- (22) 国際出願日: 2017年1月18日(18.01.2017)
- (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 2016-067343 2016年3月30日(30.03.2016) 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 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).
- (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.
- (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).

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL SENSOR AND ROTATING MACHINE

(54) 発明の名称: 光学センサ及び回転機械



(57) Abstract: The present invention is capable of compensating the influence of thermal elongation and highly accurately measuring a clearance by using an optical sensor, which is equipped with an illuminating optical fiber (12), a first light receiving optical fiber (13), a second light receiving optical fiber (14), and a measuring unit (5), and which is provided such that an intersection between reflected light to be inputted to the first light receiving optical fiber (13), and reflected light to be inputted to the second light receiving optical fiber (14) is positioned on a leading end surface (11a) of a sensor head (11) or further toward the peripheral surface side of a movable body (rotating body (103)) than the leading end surface (11a) of the sensor head (11).

(57) 要約: 照明用光ファイバ(12)、第1受光用光ファイバ(13)、第2受光用光ファイバ(14)、及び、測定部(5)を備え、第1受光用光ファイバ(13)に入射される反射光と、第2受光用光ファイバ(14)に入射される反射光との交点が、センサヘッド(11)の先端面(11a)上、又は、センサヘッド(11)の先端面(11a)より移動体(回転体(103))の周面側に位置するようにして設けられる光学センサを用いることで、熱伸びによる影響を補償し、高精度にクリアランスを計測することができる。



WO 2017/168970 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：光学センサ及び回転機械

技術分野

[0001] 本発明は、光学センサ、及び、該光学センサを備える回転機械に関する。

背景技術

[0002] 例えば、下記特許文献1に示されるように、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：特開2014-40795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、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、蒸気環境下において、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、光ファイバ式のクリアランスセンサ（光学センサ）は、高温・高圧水蒸気環境下における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の一つに、光学センサ自体に熱伸びが発生することが挙げられる。光学センサの先端部の光ファイバは、規定の間隔（光ファイバ（群）間の距離）及び角度で固定されているが、光学センサに各方向への熱伸びが生じることで、この間隔及び角度が変化してしまう。そして

、このような形状の変化は、クリアランスの計測値の変動原因となる。

[0007] したがって本発明では、上記技術的課題に鑑み、熱伸びによる影響を補償し、高精度にクリアランスを計測することができる、光学センサ及び回転機械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、
発光部からの照明光を、前記センサヘッドの先端面において露出した端面から前記移動体の周面に向けて出射する、照明用光ファイバと、
前記移動体の周面にて反射された前記照明光である反射光を、前記センサヘッドの先端面において露出した端面にて受光し、第1受光部に入力する、第1受光用光ファイバと、
前記反射光を、前記センサヘッドの先端面において露出した端面にて受光し、第2受光部に入力する、第2受光用光ファイバと、
前記第1受光部と前記第2受光部とにそれぞれ入力される前記反射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、測定部とを備える光学センサであって、
前記移動体の移動方向における、前記第1受光用光ファイバに入射される前記反射光と、前記第2受光用光ファイバに入射される前記反射光との交点が、前記センサヘッドの先端面上、又は、前記センサヘッドの先端面より前記移動体の周面側に位置するようにして設けられることを特徴とする。

[0009] 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、
前記第1受光用光ファイバの端面及び前記第2受光用光ファイバの端面は、前記移動体の移動方向において、前記センサヘッドの先端面での離間距離が0、かつ、センサ軸方向中心線を中心として対称に傾斜して配される

ことを特徴とする。

[0010] 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受光用光ファイバの端面及び前記第2受光用光ファイバの端面から離隔して配される

ことを特徴とする。

[0011] 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3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受光用光ファイバの端面及び前記第2受光用光ファイバの端面の周囲に放射状に配される

ことを特徴とする。

[0012] 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、前記第1受光用光ファイバの端面、及び、前記第2受光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互いに離隔し、

前記センサヘッドの先端面には、熱による形状変化が等方変形であり、先端面が、前記移動体に対し、その移動方向と平行となるように対向している、ブロックが設けられ、

前記ブロックには、

前記照明用光ファイバの端面と接続する貫通孔である照明用孔、前記第1受光用光ファイバの端面と接続する貫通孔である第1受光用孔、及び、前記第2受光用光ファイバの端面と接続する貫通孔である第2受光用孔が形成され、

前記第1受光用孔及び前記第2受光用孔は、前記移動体の移動方向において、前記ブロックの先端面へ向けて互いの離間距離が狭まる方向に傾斜する

形状である

ことを特徴とする。

- [0013] 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5の発明に係る光学センサにおいて、
前記第1受光用孔及び前記第2受光用孔は、前記ブロックの先端面で合流する

ことを特徴とする。

- [0014] 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5の発明に係る光学センサにおいて、
前記照明用孔は、第1受光用孔及び第2受光用孔から離隔して配されることを特徴とする。

- [0015] 上記課題を解決する第8の発明に係る光学センサは、
上記第7の発明に係る光学センサにおいて、
前記照明用孔は、第1受光用孔及び第2受光用孔の周囲に放射状に配される

ことを特徴とする。

- [0016] 上記課題を解決する第9の発明に係る光学センサは、
上記第5の発明に係る光学センサにおいて、
前記照明用孔は、前記ブロックの先端面へ向けて逆テーパ状に形成されることを特徴とする。

- [0017] 上記課題を解決する第10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、
各前記光ファイバの端面には、耐環境性窓が設けられることを特徴とする。

- [0018] 上記課題を解決する第11の発明に係る回転機械は、
ハウジング内に、該ハウジングの内周面とクリアランスを有して配された回転体を備え、
さらに、

先端が、前記回転体の周面と対向して、前記ハウジングの内周面に配されるようにして、上記第 1 の発明に係る光学センサが設けられることを特徴とする。

発明の効果

[0019] 本発明に係る光学センサ及び回転機械によれば、熱伸びによる影響を補償し、高精度にクリアランスを計測することができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明に係る（光学センサを備えた）回転機械を説明する概略図である。

[図2]本発明の実施例 1 に係る光学センサの一例におけるセンサヘッド周辺の概略図である。（a）はセンサ軸方向断面図、（b）は（a）の A - A 矢視図である。

[図3]本発明の実施例 1 に係る光学センサから回転体に対して照明光を当てた状態を示す概略図である。

[図4]タービンを例として、本発明の実施例 1 に係る光学センサの熱伸びによるクリアランス（チップクリアランス）計測値への影響を説明する模式図である。

[図5]本発明の実施例 2 に係る光学センサのセンサヘッド周辺の概略図であり、（a）はセンサ軸方向断面図、（b）は（a）の B - B 矢視図である。

[図6]本発明の実施例 2 に係る光学センサから回転体に対して照明光を当てた状態を示す概略図である。

[図7]本発明の実施例 2 に係る光学センサの変形例を示した概略図である。

[図8]従来の光学センサにおけるセンサヘッド周辺の概略図である。（a）はセンサ軸方向断面図、（b）は（a）の C - C 矢視図である。

[図9]タービンを例として、従来の光学センサの熱伸びによるクリアランス（チップクリアランス）計測値への影響を説明する模式図である。

発明を実施するための形態

[0021] 図 1 は、本発明に係る回転機械を説明する概略図である。図 1 に示すよう

に、本発明に係る回転機械は、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、さらに、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、光学センサが設けられている。

[0022] 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に接続する発光部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受光部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受光部4、及び、第1受光部3及び第2受光部4に接続する測定部5を備えている。

[0023] 計測の手順としては、まず、回転機械の駆動中において、発光部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へ向けて放出される。

[0024] 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受光部3へ、第3の光ファイバを介して第2受光部4へそれぞれ入力される。

[0025] 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。

[0026] 測定部5では、第1受光部3及び第2受光部4にそれぞれ入力される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、本発明に係る回転機械に設けられた光学センサによる計測の手順である。

[0027] 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。

[0028] 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（下記図4，9等）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。

[0029] [実施例1]

図8は、従来の光学センサにおけるセンサヘッド周辺の概略図であり、図8（a）はセンサ軸方向断面図（回転体103（図1参照）の径方向断面と平行な断面図）、図8（b）は図8（a）のC-C矢視図である。

[0030] 従来の光学センサ（光学センサ30）は、センサヘッド31の先端面31aが回転体103の周面に対向し、照明用光ファイバ32（第1の光ファイバ）、第1受光用光ファイバ33（第2の光ファイバ）及び第2受光用光ファイバ34（第3の光ファイバ）を備えている。

[0031] 照明用光ファイバ32は、一端が発光部2（図1参照）に接続し、他端の端面32aが先端面31aにおいて露出している。そして、発光部2から出力された照明光を、端面32a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。

[0032] 第1受光用光ファイバ33は、一端が第1受光部3（図1参照）に接続し、他端の端面33aが先端面31a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33aにて受光し、第1受光部3へ入力する伝搬経路としての光ファイバである。

[0033] 第2受光用光ファイバ34は、一端が第2受光部4（図1参照）に接続し、他端の端面34aが先端面31a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34aにて受光し、第2受光部4へ入力する伝搬経路としての光ファイバである。

[0034] また、第1受光用光ファイバ33と照明用光ファイバ32とが一組に纏められており、これを光ファイバ群Xとする。さらに、第2受光用光ファイバ34と他の照明用光ファイバ32とが一組に纏められており、これを光ファ

イバ群Yとする。

[0035] 光ファイバ群XとYとは、光学センサ30の略軸方向に延伸し、センサヘッド31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31a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XとYとは、先端面31aにおいて、端面32a及び端面33aの位置及び角度と、端面32a及び端面34aの位置及び角度とが、光学センサ30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。

[0036] 先端面31aにおける光ファイバ群Xの端面32aと端面33aと、光ファイバ群Yの端面32aと端面34aとの離間距離（後述するA点とB点との距離）をLとし、端面33a、34aをそれぞれ垂直に通る仮想直線 x_3 、 y_3 、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_3 となり、距離計測の基準点 O_3 における x_3 、 y_3 の交差角を α_3 とする。

[0037] なお、第1受光用光ファイバ33と照明用光ファイバ32とが一組に纏められ、第2受光用光ファイバ34と他の照明用光ファイバ32とが一組に纏められていることから、ここでは、第1受光用光ファイバ33、第2受光用光ファイバ34の端面33a、34aの角度及び離間距離とは、2つの照明光（照明用光ファイバ32を伝搬し、回転機103へ出射される照明光）の角度及び発射間隔である。

[0038] 以上が光学センサ30の構成である。なお、光学センサ30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。このような光学センサでは、高温・高圧蒸気環境下において、先端面31aに熱伸びが発生してしまう。図8（a）（b）では、このときの上記離間距離を L' としている。この熱伸びによるクリアランス計測値への影響を検討する。

[0039] 図9は、タービン为例として、光学センサ30の熱伸びによるクリアランス（チップクリアランス）計測値への影響を説明する模式図である。図9に示すように、まず、先端面31aにおける光ファイバ群Xの端面32a、33aの位置をA点（複数の光ファイバの位置を纏めて一点と見做す）、光フ

ファイバ群Yの端面32a, 34aの位置をB点（同様に一点と見做す）とする。

[0040] 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 x_3 と交わる点をC点とし、仮想直線 y_3 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。

[0041] 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30の先端面31aと動翼103aの外側端面103bとのクリアランスをdとする。

[0042] 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、 α は、ここでは α_3 を指す。

また、Rを回転体半径、Tを回転体の周期とする。

[0043] すなわち、光学センサ30では、図8（a）に示すように、熱伸びによって上記離間距離がLからL'に変化することにより、上記（1）式から算出されるクリアランスdの計測値が変化してしまう。そこで、本実施例では、上記離間距離を0とすることで、クリアランスdの計測値への影響を排除するものである。

[0044] 図2は、本実施例に係る光学センサのセンサヘッド周辺の概略図であり、図2（a）はセンサ軸方向断面図（すなわち回転体103（図1参照）の径方向断面と平行な断面図）、図2（b）は図2（a）のA-A矢視図である。また、図3は、本実施例に係る光学センサから回転体103に対して照明

光を当てた状態を示す概略図である。

- [0045] 本実施例に係る光学センサ（光学センサ１０）は、センサヘッド１１の先端面１１ａが回転体１０３の周面に対向し、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。
- [0046] 照明用光ファイバ１２は、一端が発光部２（図１参照）に接続し、他端の端面１２ａが先端面１１ａにおいて露出している。そして、発光部２から出力された照明光を、端面１２ａから、図３に示すように回転体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。
- [0047] 第１受光用光ファイバ１３は、一端が第１受光部３（図１参照）に接続し、他端の端面１３ａが先端面１１ａ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受光部３へ入力する伝搬経路としての光ファイバである。
- [0048] 第２受光用光ファイバ１４は、一端が第２受光部４（図１参照）に接続し、他端の端面１４ａが先端面１１ａ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受光部４へ入力する伝搬経路としての光ファイバである。
- [0049] さらに、第１受光用光ファイバ１３の端面１３ａ及び第２受光用光ファイバ１４の端面１４ａは、先端面１１ａの中央において互いに隣接して配され、照明用光ファイバ１２の端面１２ａは、図２（ｂ）に示すように、先端面１１ａにおいて、第１受光用光ファイバ１３の端面１３ａ及び第２受光用光ファイバ１４の端面１４ａと離隔して、第１受光用光ファイバ１３の端面１３ａ及び第２受光用光ファイバ１４の端面１４ａの周囲に放射状に配されている。
- [0050] なお、図２（ａ）（ｂ）には、第１受光用光ファイバ１３、第２受光用光ファイバ１４がそれぞれ１本ずつ、また、照明用光ファイバ１２が６本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、第１受光用光ファイバ１３及び第２受光用光ファイバ１４を複数本ずつにしてもよく、さ

らに、照明用光ファイバ12の数を増加又は減少させてもよい。

[0051] 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10の略軸方向に延伸し、センサヘッド11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11aに向けて互いの離間距離が狭まる方向にハの字に傾斜し、先端面11aでの該離間距離が0となるようにして配される。

[0052] また、図2(a)に示すように、第1受光用光ファイバ13と第2受光用光ファイバ14とは、先端面11aにおける端面13a、14aの角度が、光学センサ10のセンサ軸方向中心線を中心として対称となるように配されている。

[0053] なお、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、必ずしもハの字型でなければならないというわけではなく、回転体103の径方向断面と平行な断面視において、その端面13a、14aのセンサヘッド11の先端面11aでの離間距離が0、かつ、センサ軸方向中心線を中心として対称に傾斜して、配されていけばよい。

[0054] 以上が光学センサ10の構成である。なお、光学センサ10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。以下、光学センサ10の熱伸びによるクリアランス計測値への影響を検討する。

[0055] 図2(a)に示すように、先端面11aにおける第1受光用光ファイバ13と第2受光用光ファイバ14の端面13a、14aの位置が、距離計測の基準点 O_1 となり、端面13a、14aを垂直に通る仮想直線をそれぞれ x_1 、 y_1 とし、距離計測の基準点 O_1 における仮想直線 x_1 、 y_1 の交差角を α_1 とする。

[0056] 図4は、タービンを例として、光学センサ10の熱伸びによるクリアランス(チップクリアランス)計測値への影響を説明する模式図である。図4に示すように、仮想直線 x_1 と動翼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 x_1 と交わる点を C_1 点とし、仮想直線 y_1 と交わる点を D_1 点とする。なお、この角部とは、第1受光

用光ファイバ13及び第2受光用光ファイバ14へ入射する反射光の強度が（急激に）変化する箇所である。

[0057] さらに、動翼103aが、 C_1 点から D_1 点まで移動する時間を Δt_1 とし、光学センサ10の先端面11aと動翼103aの外側端面103bとのクリアランスをdとする（図3のdも同様）。

[0058] すると、図8（a）に示した従来の光学センサ30における離間距離Lが0となるため、上記（1）式において、C、D、 Δt 、 α を、それぞれ C_1 、 D_1 、 Δt_1 、 α_1 とおくと、「 $-(1/2)L/\tan(\alpha_1/2)$ 」の項が0となる。よって、従来の光学センサ30では熱伸びにより、離間距離がLから L' に変化し、クリアランス計測値が変動するが、光学センサ10では、そのような問題が発生せず、計測精度が向上する。

[0059] なお、センサヘッド11の構造内部には耐環境性窓（下記実施例2図5参照）を設置し、過酷環境より各光ファイバ等を保護するようにしてもよい。また、照明用光ファイバ12は、照射範囲が広くとるため、NA（開口数）が高いものを用い、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、互いの干渉を防ぐため、NAが低いものを用いることで、より計測精度が向上する。

[0060] 以上、本実施例に係る光学センサについて説明した。すなわち、本実施例に係る光学センサでは、回転体の径方向断面と平行な断面視において、第1受光用光ファイバに入射される反射光と、第2受光用光ファイバに入射される反射光との交点（距離計測の基準点）を、センサヘッドの先端面に設定することにより、クリアランス計測値への熱伸びの影響を排除することができる。

[0061] さらに、本実施例に係る光学センサでは、光学素子（各光ファイバ）が過酷環境に晒されることで白濁化あるいは減損しても、回転体からの反射光の受光方向に影響はないため、光学素子の劣化によるセンサ機能変動は発生しない。

[0062] また、本実施例に係る光学センサでは、センサヘッドの先端面において、

照明用光ファイバの端面を放射状に設けているため、リング状に光を照射することになり、回転体の表面での均質な散乱強度を角度することができ、さらに、照明用光ファイバを受光用光ファイバと分離して設けているため、受光用光ファイバへの照明光の干渉を防ぎ、これらの構成により、計測精度を向上することができる。

[0063] [実施例 2]

図 5 は、本実施例に係る光学センサのセンサヘッド周辺の概略図であり、図 5 (a) はセンサ軸方向断面図（すなわち回転体 103 (図 1 参照) の径方向断面と平行な断面図)、図 5 (b) は図 5 (a) の B - B 矢視図である。また、図 6 は、本実施例に係る光学センサから回転体 103 に対して照明光を当てた状態を示す概略図である。

[0064] 本実施例に係る光学センサ（光学センサ 20）は、センサヘッド 21 の先端面 21 a が回転体 103 の周面に対向し、照明用光ファイバ 22（第 1 の光ファイバ）、第 1 受光用光ファイバ 23（第 2 の光ファイバ）及び第 2 受光用光ファイバ 24（第 3 の光ファイバ）を備えている。

[0065] 照明用光ファイバ 22 は、一端が発光部 2（図 1 参照）に接続し、他端の端面 22 a が先端面 21 a において露出している。そして、発光部 2 から出力された照明光を、端面 22 a から、図 6 に示すように回転体 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。

[0066] 第 1 受光用光ファイバ 23 は、一端が第 1 受光部 3（図 1 参照）に接続し、他端の端面 23 a が先端面 21 a 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 23 a にて受光し、第 1 受光部 3 へ入力する伝搬経路としての光ファイバである。

[0067] 第 2 受光用光ファイバ 24 は、一端が第 2 受光部 4（図 1 参照）に接続し、他端の端面 24 a が先端面 21 a 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 24 a にて受光し、第 2 受光部 4 へ入力する伝搬経路としての光ファイバである。

[0068] また、端面 22 a, 23 a, 24 a は、先端面 21 a において互いに離隔

して配されている。

[0069] さらに、第1受光用光ファイバ23の端面23a及び第2受光用光ファイバ24の端面24aは、先端面21aの中央付近に配され、照明用光ファイバ22の端面22aは、（少なくとも先端面21aにおいて）第1受光用光ファイバ23の端面23a及び第2受光用光ファイバ24の端面24aの周囲に、放射状に配されている。

[0070] なお、図5（a）（b）には、第1受光用光ファイバ23、第2受光用光ファイバ24がそれぞれ複数本ずつ、また、照明用光ファイバ22が6本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、第1受光用光ファイバ23及び第2受光用光ファイバ24を1本ずつにしてもよく、あるいは、放射状に配された照明用光ファイバ22の数を増加又は減少させてもよい。

[0071] また、各光ファイバの端面22a、23a、24aは、それぞれ耐環境性窓29でシールしてもよい。これにより、過酷環境より各光ファイバを保護することができる。

[0072] さらに、図5（a）に示すように、第1受光用光ファイバ23と第2受光用光ファイバ24は、光学センサ20の略軸方向に延伸して配される。

[0073] そして、光学センサ20は、先端面21aにブロック28が設けられている。ブロック28は、熱による形状変化が等方変形となるものであり、軸方向に厚みを有する構造となっている。また、ブロック28は、先端面28aが回転体103の周面に対向し、照明用孔25、第1受光用孔26及び第2受光用孔27が形成されている。

[0074] 第1受光用孔26と第2受光用孔27は、それぞれ一端が、第1受光用光ファイバ23、第2受光用光ファイバ24の端面23a、24aと（耐環境性窓29を設ける場合にはこれを介して）接続し、（回転体103の径方向断面と平行な断面視において）ブロック28の先端面28aへ向けて互いの離間距離が狭まる方向にハの字に傾斜し、先端面28aでの該離間距離が0（すなわち先端面28aで合流する形状）となるように形成された貫通孔で

ある。

[0075] 照明用孔 25 は、一端が、照明用光ファイバ 22 の端面 22a と（耐環境性窓 29 を設ける場合にはこれを介して）接続し、ブロック 28 の先端面 28a へ向けて逆テーパ状に形成され、照明用光ファイバ 22 からの照明光を回転体 103 へ導く貫通孔である。また、照明用孔 25 は、図 5（b）に示すように、第 1 受光用孔 26 及び第 2 受光用孔 27 と離隔して、第 1 受光用孔 26 及び第 2 受光用孔 27 の周囲に放射状に配されている。

[0076] このように構成することで、第 1 受光用孔 26 と第 2 受光用孔 27 により、回転体 103 から第 1 受光用孔 26 と第 2 受光用孔 27 に入射される反射光を、それぞれ区別して規定する。

[0077] なお、ブロック 28 において、第 1 受光用孔 26 と第 2 受光用孔 27 との合流部分は、応力が掛からない構造とし、その部分は入熱に対し軸対称に変形する。これにより、歪みの発生を防止する。

[0078] 以上が光学センサ 20 の構成である。なお、光学センサ 20 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。以下、光学センサ 20 の熱伸びによるクリアランス計測値への影響を検討する。

[0079] 図 5（a）に示すように、先端面 28a における第 1 受光用孔 26 と第 2 受光用孔 27 の合流する位置が、距離計測の基準点 O_2 となり、第 1 受光用孔 26、第 2 受光用孔 27 の軸中心を通る仮想直線を x_2 、 y_2 とし、距離計測の基準点 O_2 における仮想直線 x_2 、 y_2 の交差角を α_2 とする。

[0080] すると、実施例 1 と同様にして、上記（1）式において、「 $-(1/2)L/\tan(\alpha_2/2)$ 」の項が 0 となる（ここでは上記（1）式の α を α_2 とする）。よって、光学センサ 20 では、熱伸びの問題が発生せず、計測精度が向上する。

[0081] 図 7 には、本実施例に係る光学センサの変形例を示している。図 7 に示すように、第 1 受光用孔 26 と第 2 受光用孔 27 とは、先端面 28a へ向けて互いの離間距離が狭まる方向にハの字に傾斜するように形成されていればよく、上述のように先端面 28a での該離間距離が 0（すなわち先端面 28a

で合流する形状)とせずに、離間距離を有するものとしてもよい。この場合は、距離計測の基準点 O_2 がブロック28の先端面28aよりも回転体103側に位置することになる。

[0082] なお、実施例1同様、照明用光ファイバ22にはNA(開口数)が高いものを用い、第1受光用光ファイバ23及び第2受光用光ファイバ24にはNAが低いものを用いることで、より計測精度が向上する。

[0083] ちなみに、ブロック28自体も構成する材質によっては軸方向に熱伸びするが、これは計測精度(0.1mm)に対して無視できるほどのものである。また、三角測量の原理から、第1, 2受光用光ファイバ13, 14の端面13a, 14aの間隔(図8のL, L')の熱伸びによる誤差の方が大きい。

[0084] ブロック28は、第1受光用孔と第2受光用孔との合流部分において、等方に変形するため、反射光の入射角度は変化せず、第1受光用孔と第2受光用孔とは、干渉し合うことはない。

[0085] また、本実施例に係る光学センサでは、ブロック28が光学素子(各光ファイバ)を保護する役目も担うことになり、計測精度をより向上することができる。

[0086] 以上、本実施例に係る光学センサについて説明した。すなわち、本実施例に係る光学センサでは、センサヘッドの先端面にブロックを設け、回転体の径方向断面と平行な断面視において、第1受光用光ファイバに入射される反射光と、第2受光用光ファイバに入射される反射光との交点(距離計測の基準点)を、センサヘッドの先端面より回転体の周面側に設定(ブロックの先端面(図5)又はそれよりさらに回転体の周面側(図7)に設定)することにより、クリアランス計測値への熱伸びの影響を排除することができる。

[0087] さらに、本実施例に係る光学センサでは、光学素子(各光ファイバ)が過酷環境に晒されることで白濁化あるいは減損しても、回転体からの反射光の受光方向に影響はないため、光学素子の劣化によるセンサ機能変動は発生しない。

[0088] また、本実施例に係る光学センサでは、センサヘッドの先端面において、照明用光ファイバの端面を放射状に設けているため、リング状に光を照射することになり、回転体の表面での均質な散乱強度を角度することができ、さらに、照明用光ファイバを受光用光ファイバと分離して設けているため、受光用光ファイバへの照明光の干渉を防ぎ、これらの構成により、計測精度を向上することができる。

[0089] 以上、本発明に係る光学センサにつき各実施例を用いて説明したが、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（及びブロックの先端面）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、上記各実施例中の「回転体の径方向断面と平行な断面視において」との記載を、「移動体の移動方向において」とすれば、同様の結果を得ることができる。

産業上の利用可能性

[0090] 本発明は、光学センサ、及び、該光学センサを備える回転機械として好適である。

符号の説明

- [0091] 1 センサ部
2 発光部
3 第1受光部
4 第2受光部
5 測定部
10, 20, 30 光学センサ
11, 21, 31 センサヘッド
11a, 21a, 31a (センサヘッドの) 先端面
12, 22, 32 照明用光ファイバ
13, 23, 33 第1受光用光ファイバ
14, 24, 34 第2受光用光ファイバ

- 1 2 a, 2 2 a, 3 2 a (照明用光ファイバ) 端面
- 1 3 a, 2 3 a, 3 3 a (第 1 受光用光ファイバ) 端面
- 1 4 a, 2 4 a, 3 4 a (第 2 受光用光ファイバ) 端面
- 2 5 照明用孔
- 2 6 第 1 受光用孔
- 2 7 第 2 受光用孔
- 2 8 ブロック
- 2 8 a (ブロックの) 先端面
- 2 9 耐環境性窓
- 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、
- 発光部からの照明光を、前記センサヘッドの先端面において露出した端面から前記移動体の周面に向けて出射する、照明用光ファイバと、
- 、
- 前記移動体の周面にて反射された前記照明光である反射光を、前記センサヘッドの先端面において露出した端面にて受光し、第1受光部に入力する、第1受光用光ファイバと、
- 前記反射光を、前記センサヘッドの先端面において露出した端面にて受光し、第2受光部に入力する、第2受光用光ファイバと、
- 前記第1受光部と前記第2受光部とにそれぞれ入力される前記反射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、測定部と
- を備える光学センサであって、
- 前記移動体の移動方向における、前記第1受光用光ファイバに入射される前記反射光と、前記第2受光用光ファイバに入射される前記反射光との交点が、前記センサヘッドの先端面上、又は、前記センサヘッドの先端面より前記移動体の周面側に位置するようにして設けられる
- ことを特徴とする光学センサ。
- [請求項2] 前記第1受光用光ファイバの端面及び前記第2受光用光ファイバの端面は、前記移動体の移動方向において、前記センサヘッドの先端面での離間距離が0、かつ、センサ軸方向中心線を中心として対称に傾斜して配される
- 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受光用光ファイバの端面及び前記第2受光用光ファイバ

の端面から離隔して配される

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 受光用光ファイバの端面及び前記第 2 受光用光ファイバの端面の周囲に放射状に配される

ことを特徴とする請求項 3 に記載の光学センサ。

[請求項5] 前記照明用光ファイバの端面、前記第 1 受光用光ファイバの端面、及び、前記第 2 受光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互いに離隔し、

前記センサヘッドの先端面には、熱による形状変化が等方変形であり、先端面が、前記移動体に対し、その移動方向と平行となるように対向している、ブロックが設けられ、

前記ブロックには、

前記照明用光ファイバの端面と接続する貫通孔である照明用孔、前記第 1 受光用光ファイバの端面と接続する貫通孔である第 1 受光用孔、及び、前記第 2 受光用光ファイバの端面と接続する貫通孔である第 2 受光用孔が形成され、

前記第 1 受光用孔及び前記第 2 受光用孔は、前記移動体の移動方向において、前記ブロックの先端面へ向けて互いの離間距離が狭まる方向に傾斜する形状である

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光学センサ。

[請求項6] 前記第 1 受光用孔及び前記第 2 受光用孔は、前記ブロックの先端面で合流する

ことを特徴とする請求項 5 に記載の光学センサ。

[請求項7] 前記照明用孔は、第 1 受光用孔及び第 2 受光用孔から離隔して配される

ことを特徴とする請求項 5 に記載の光学センサ。

[請求項8] 前記照明用孔は、第 1 受光用孔及び第 2 受光用孔の周囲に放射状に

配される

ことを特徴とする請求項 7 に記載の光学センサ。

[請求項9] 前記照明用孔は、前記ブロックの先端面へ向けて逆テーパ状に形成される

ことを特徴とする請求項 5 に記載の光学センサ。

[請求項10] 各前記光ファイバの端面には、耐環境性窓が設けられる

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光学センサ。

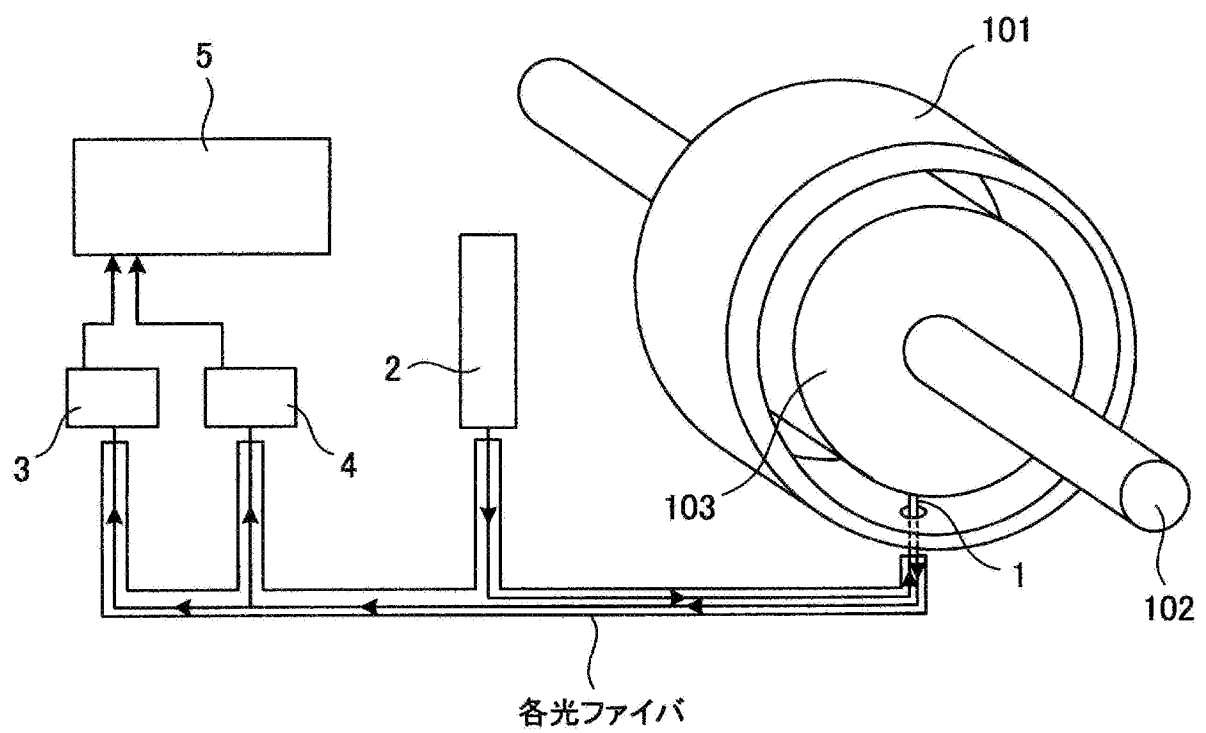
[請求項11] ハウジング内に、該ハウジングの内周面とクリアランスを有して配された回転体を備え、

さらに、

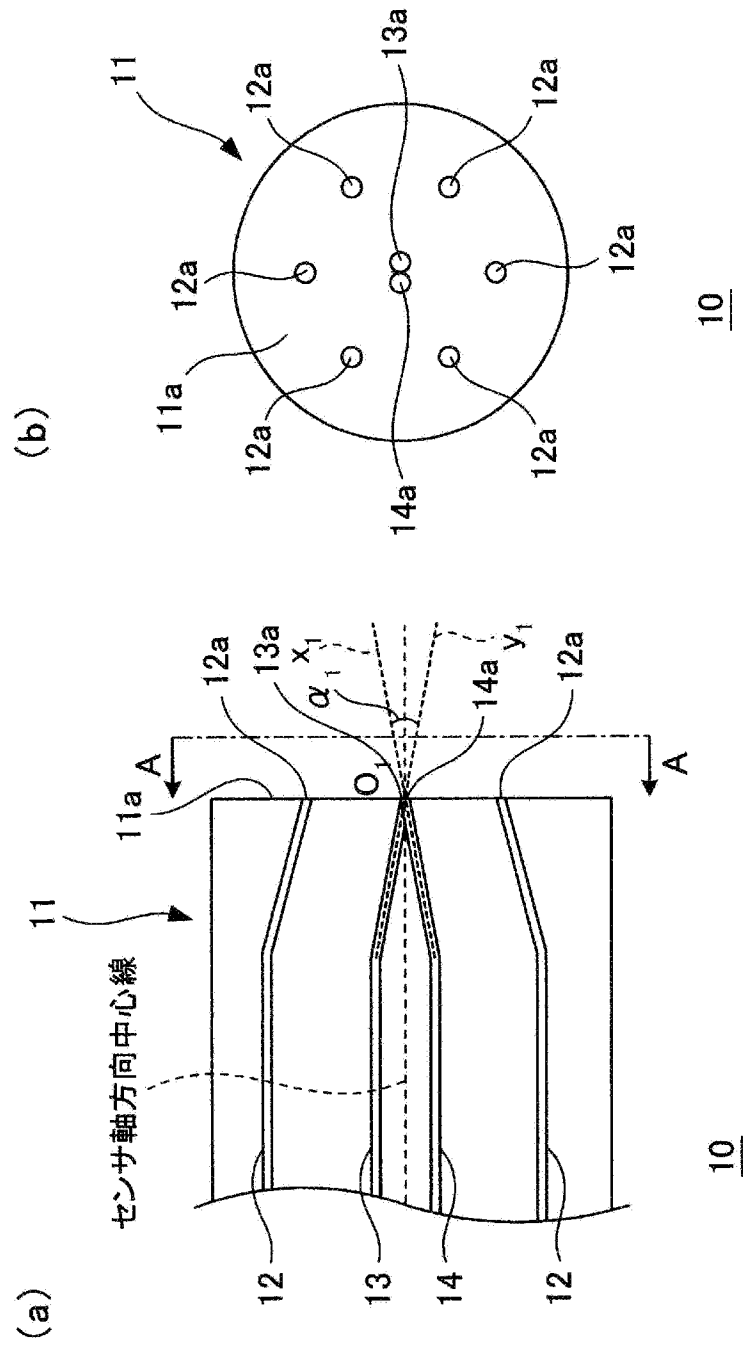
先端が、前記回転体の周面と対向して、前記ハウジングの内周面に配されるようにして、請求項 1 に記載の光学センサが設けられる

ことを特徴とする回転機械。

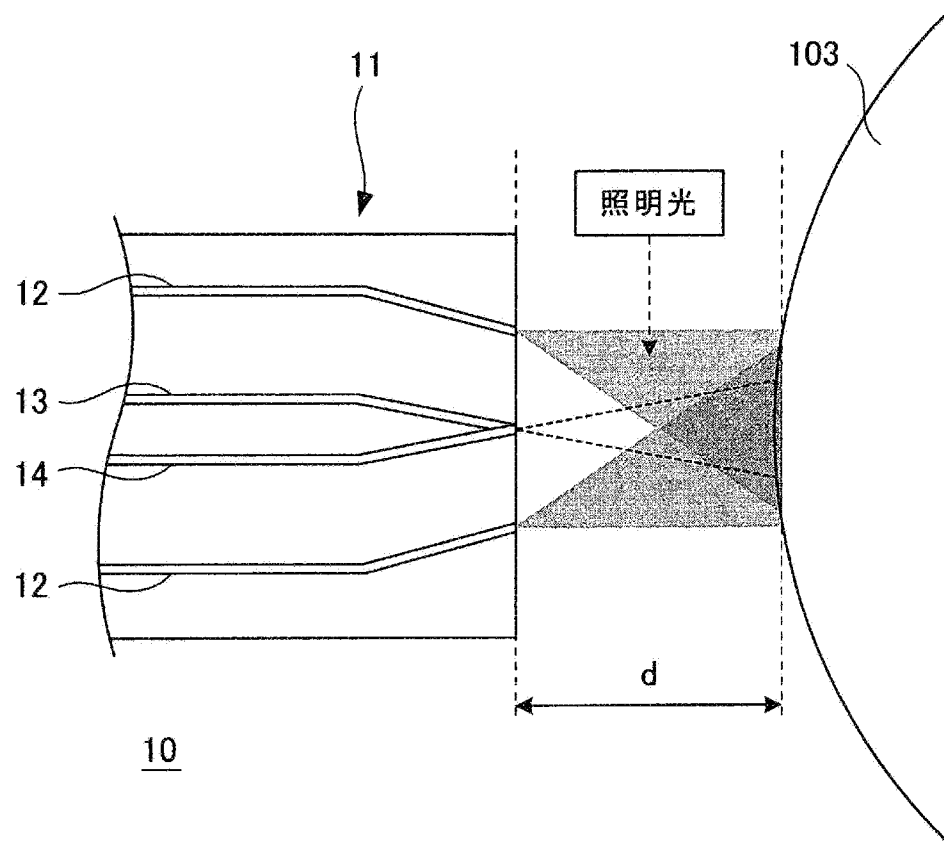
[図1]



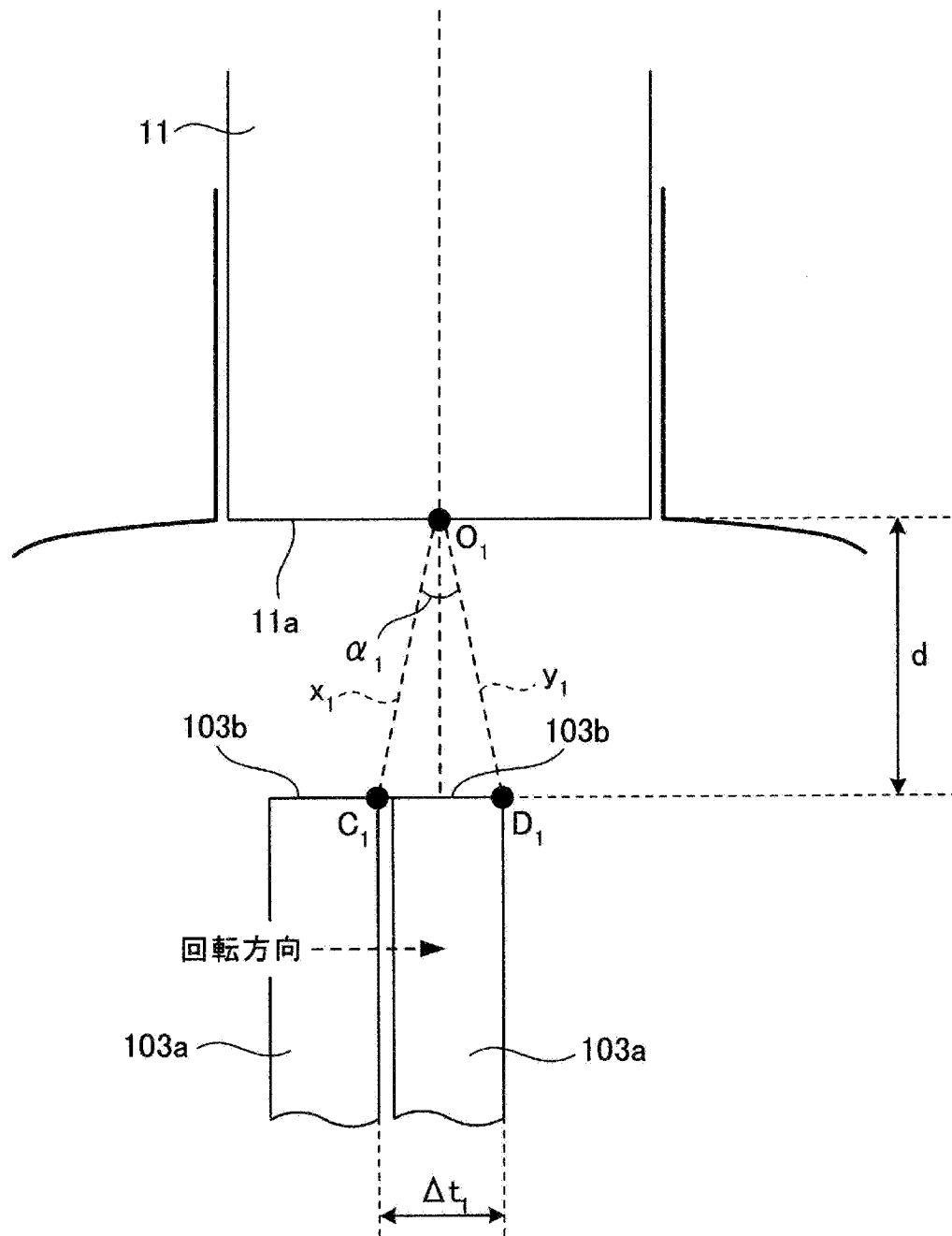
[図2]



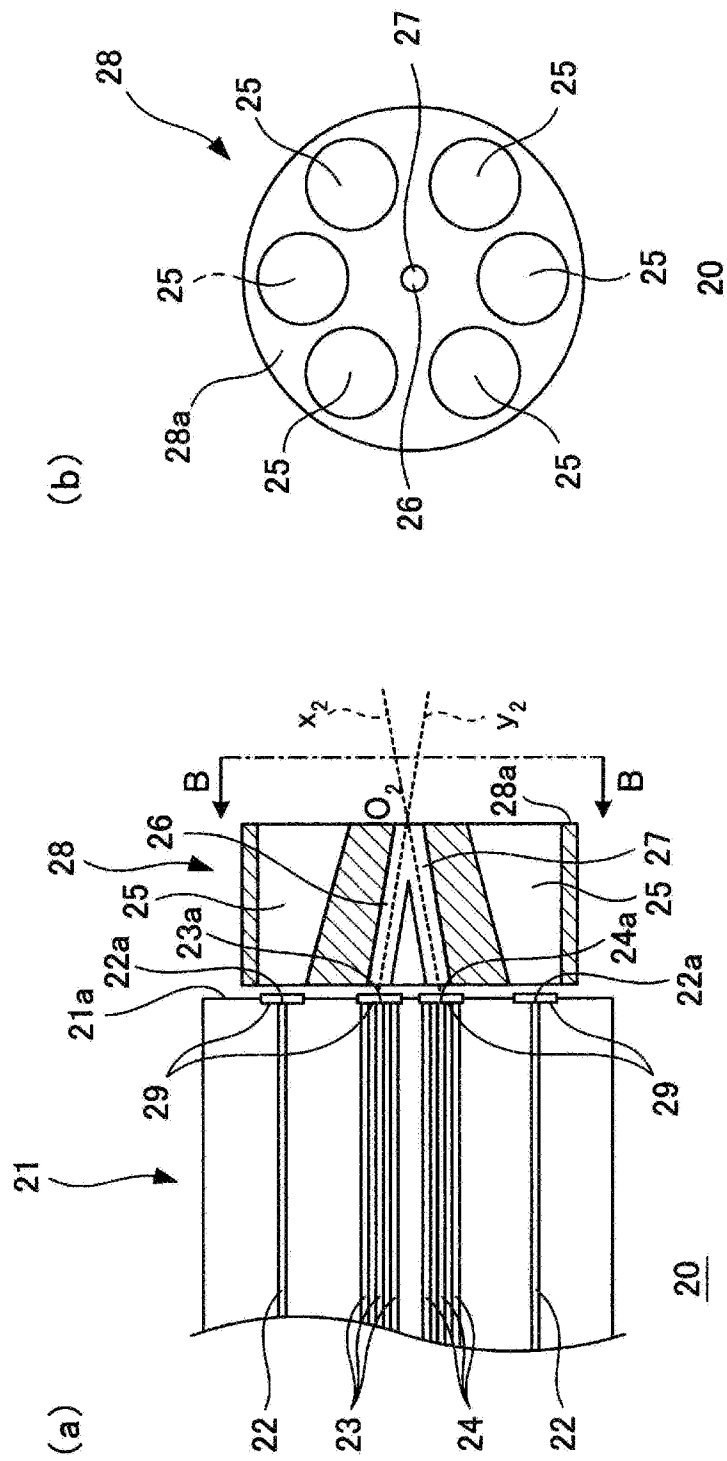
[図3]



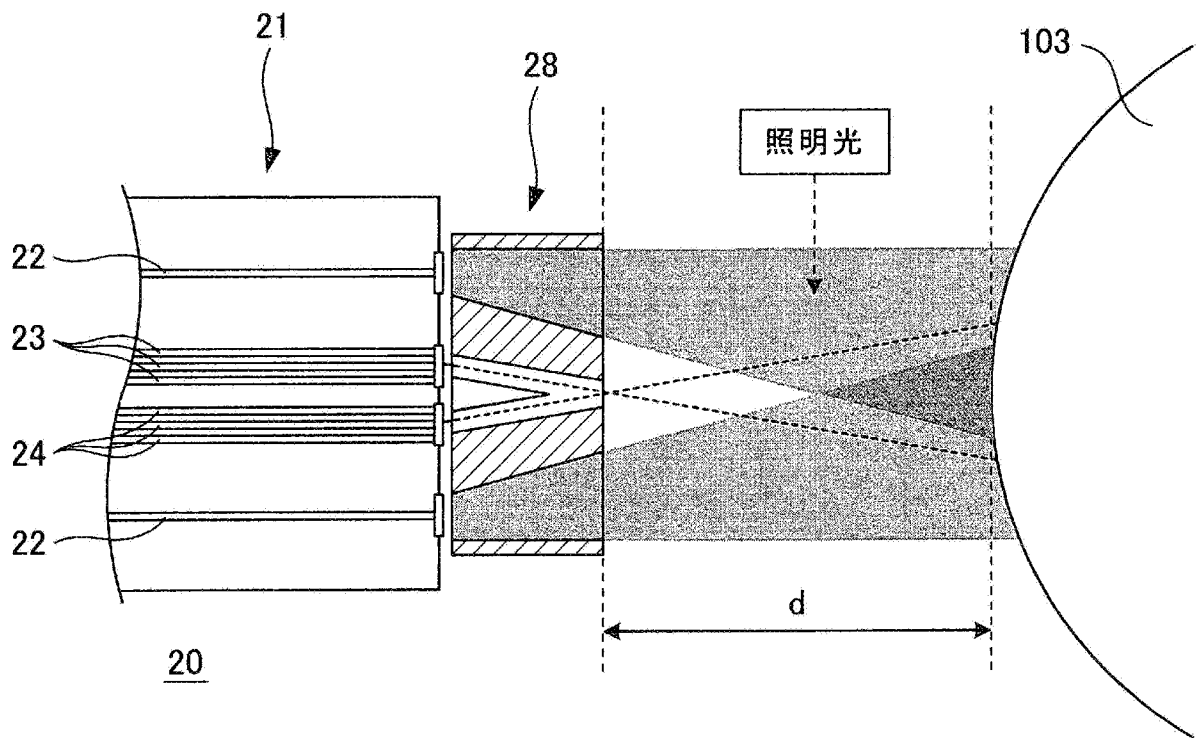
[図4]



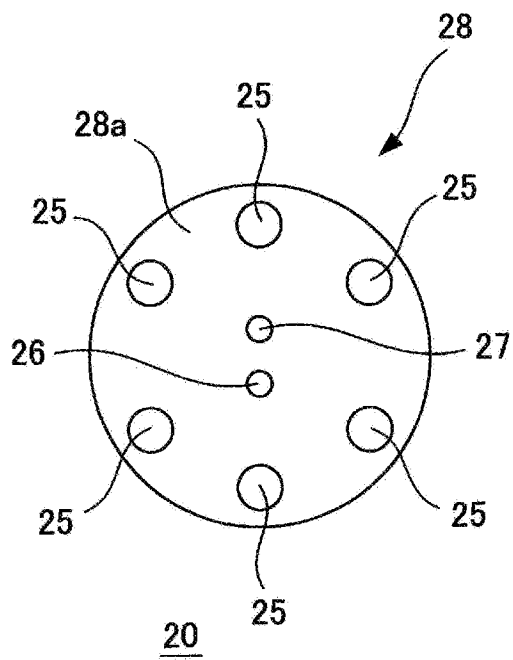
[図5]



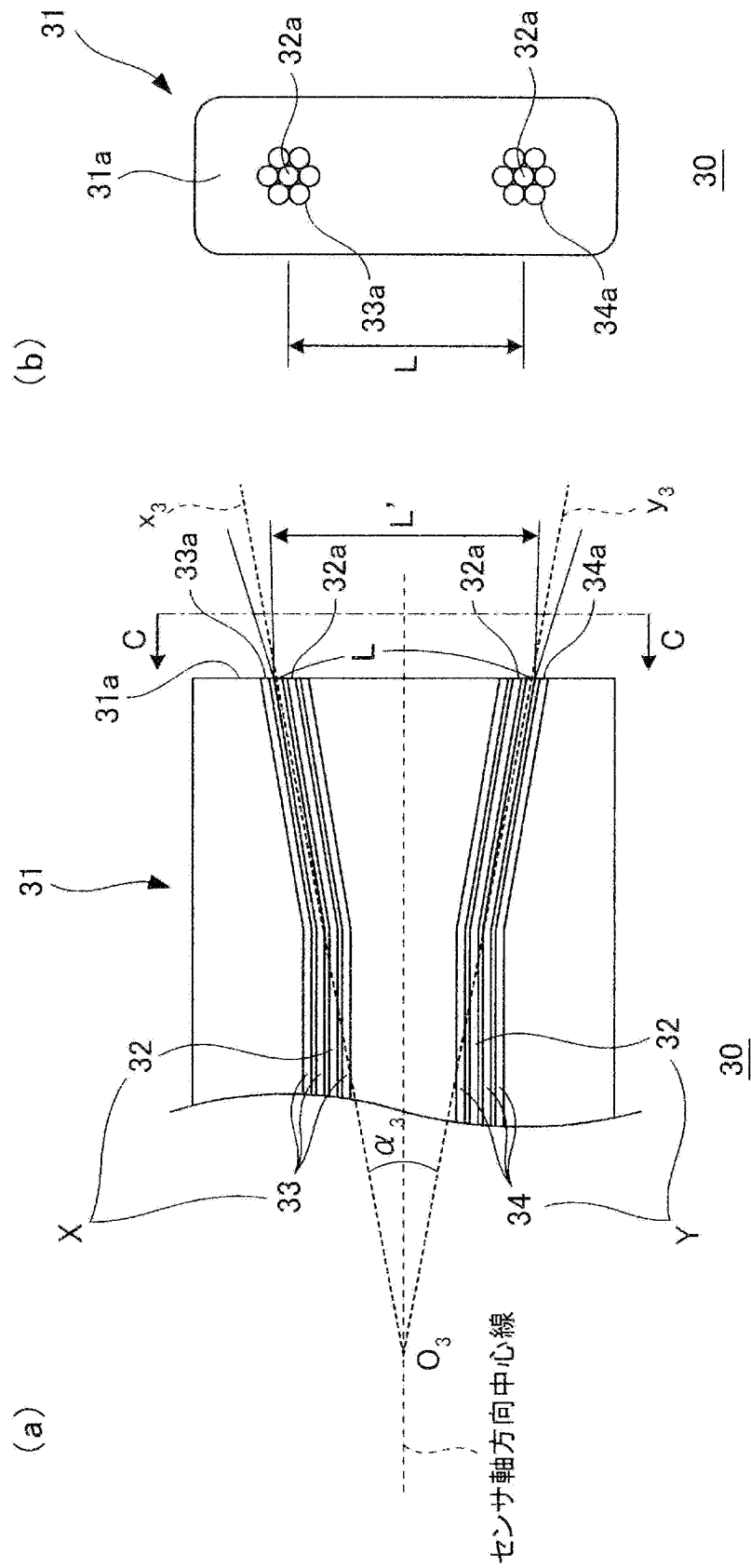
[図6]



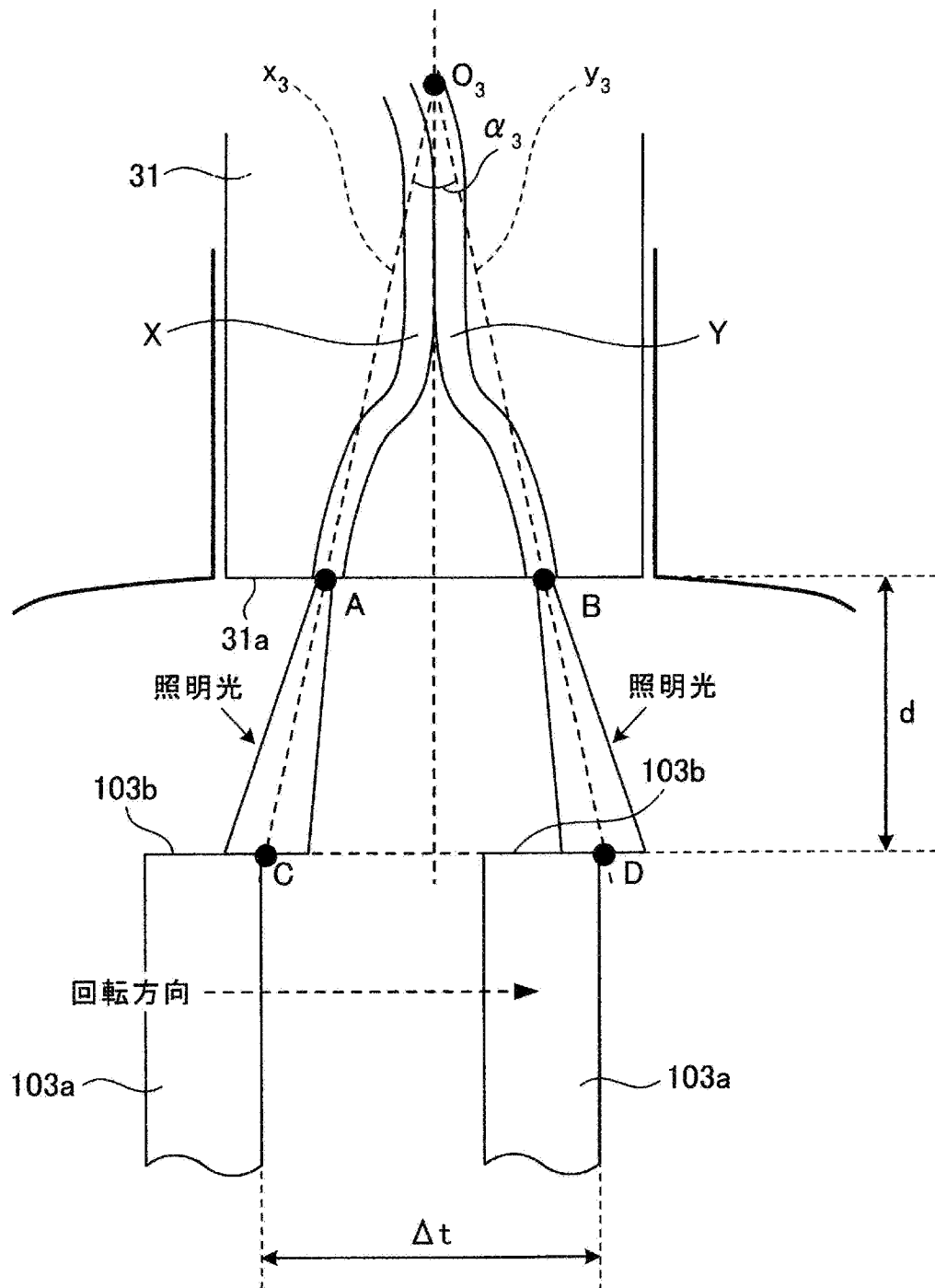
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/001575

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01B11/14(2006.01)i, F01D25/00(2006.01)i, F02C7/00(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, G01C3/06, F01D25/00, F02C7/00

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.
X A	JP 2004-191374 A (Siemens AG.), 08 July 2004 (08.07.2004), paragraphs [0001] to [0038]; fig. 1 to 4 & US 2004/0114154 A1 paragraphs [0002] to [0048]; fig. 1 to 4 & EP 1429155 A1 & CN 1506654 A & ES 2330998 T3	1, 10-11 2-9

☐ 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
08 March 2017 (08.03.17)

Date of mailing of the international search report
21 March 2017 (21.03.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

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, F01D25/00(2006.01)i, F02C7/00(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, G01C3/06, F01D25/00, F02C7/00

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	1971-2017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
X 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, [0001]-[0038], 図 1-4 & US 2004/0114154 A1, [0002]-[0048], 図 1-4 & EP 1429155 A1 & CN 1506654 A & ES 2330998 T3	1, 10-11 2-9

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

08.03.2017

国際調査報告の発送日

21.03.2017

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）

梶田 真也

2 S

6200

電話番号 03-3581-1101 内線 3216