(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 9 月 28 日(28.09.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/164149 A1

(51) 国際特許分類:
G01B 11/14 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/011106

(22) 国際出願日: 2017 年 3 月 21 日(21.03.2017)

(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 2016-056613 2016 年 3 月 22 日(22.03.2016) 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: 大原 利信 (OHARA, Toshinobu); 〒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). 中原 瞬 (NAKAHARA, Shun); 〒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).

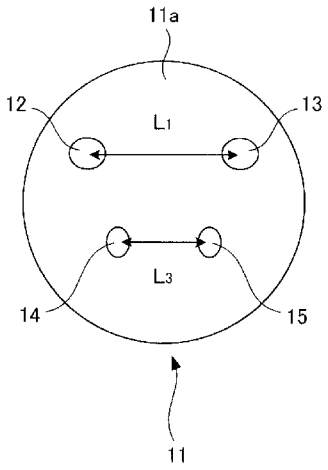
(74) 代理人: 光石 俊郎, 外 (MITSUISHI, Toshiro et al.); 〒1070052 東京都港区赤坂四丁目９番６号 タク・赤坂ビル４階 光石法律特許事務所 Tokyo (JP).

(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).

(54) **Title**: OPTICAL SENSOR, ROTARY MACHINE, AND CLEARANCE MEASURING METHOD

(54) 発明の名称 : 光学センサ、回転機械及びクリアランス計測方法



(57) **Abstract**: This optical sensor includes a first light-receiving optical fiber (12), a second light-receiving optical fiber (13), a third light-receiving optical fiber (14), and a fourth light-receiving optical fiber (15) which are arranged such that, on a leading end surface (11a) of a sensor head (11) in the rotation direction of a rotary body (103), the sensor interval between the first light-receiving optical fiber (12) and the second light-receiving optical fiber (13) differs from the sensor interval between the third light-receiving optical fiber (14) and the fourth light-receiving optical fiber (15), and as a result of using the optical sensor, influence of thermal elongation can be compensated for and clearance can be measured with high precision.

(57) 要約: 第１の受光用光ファイバ（１２）、第２の受光用光ファイバ（１３）、第３の受光用光ファイバ（１４）、及び、第４の受光用光ファイバ（１５）が、回転体（１０３）の回転方向における、センサヘッド（１１）の先端面（１１ａ）の、第１の受光用光ファイバ（１２）と第２の受光用光ファイバ（１３）とのセンサ間隔と、第３の受光用光ファイバ（１４）と第４の受光用光ファイバ（１５）とのセンサ間隔とが異なるようにして配置された、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 2017/164149 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、回転機械及びクリアランス計測方法

技術分野

[0001] 本発明は、光学センサ、該光学センサを備える回転機械、及び、クリアランス計測方法に関する。

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：特許第５５９９５２４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、例えば、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影響を受けることがなく、使用に適している。光学センサとして、例えば上記特許文献１には、３つの計測点を用いて３次元座標を計測する技術が開示されている。

[0006] しかしながら、光学センサのセンサヘッドの先端面に露出する光ファイバ（あるいはファイバの束）の端面は、互いに規定の間隔（基準距離）で固定されているが、光学センサに熱膨張が生じることで、この間隔が変化してしまう。そして、このような形状の変化は、クリアランス計測精度が低下する

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、熱膨張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回転体の周面に対向しており、

前記周面からの光を、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する、第１の受光用光ファイバと、

前記周面からの光を、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する、第２の受光用光ファイバと、

前記周面からの光を、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する、第３の受光用光ファイバと、

前記周面からの光を、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する、第４の受光用光ファイバとを備え、

前記第１の受光用光ファイバ、前記第２の受光用光ファイバ、前記第３の受光用光ファイバ、及び、前記第４の受光用光ファイバは、前記回転体の回転方向における、前記センサヘッドの先端面の、前記第１の受光用光ファイバと前記第２の受光用光ファイバとの間隔と、前記第３の受光用光ファイバと前記第４の受光用光ファイバとの間隔とが異なるようにして配置されており、

さらに、

前記第１の受光用光ファイバ及び前記第２の受光用光ファイバがそれぞれ前記周面からの光を受光する時間差、及び、前記第３の受光用光ファイバ及び前記第４の受光用光ファイバが前記周面からの光を受光する時間差に基づき、前記回転体とのクリアランスの計測値を求める、計測部を備える

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、

前記計測部は、下記２つの式により、前記クリアランスの計測値を求めることを特徴とする。

[数1]

$$d_2 = \frac{\frac{1}{2} \times 2\pi R \times \frac{\Delta t_1}{T}}{\frac{1}{(\beta+1)} \times \tan\frac{\alpha_1}{2}} - \frac{\frac{1}{2} \times (\beta+1) \times L_1}{\frac{1}{(\beta+1)} \times \tan\frac{\alpha_1}{2}}$$

[数2]

$$d_2 = \frac{\frac{1}{2} \times 2\pi R \times \frac{\Delta t_2}{T}}{\frac{1}{(\beta+1)} \times \tan\frac{\alpha_3}{2}} - \frac{\frac{1}{2} \times (\beta+1) \times L_3}{\frac{1}{(\beta+1)} \times \tan\frac{\alpha_3}{2}}$$

ただし、

d_2は、前記クリアランスの計測値

Ｒは、前記回転体の半径

Δt_1は、前記第１の受光用光ファイバ及び前記第２の受光用光ファイバがそれぞれ反射光を受光する時間差

Δt_2は、前記第３の受光用光ファイバ及び前記第４の受光用光ファイバがそれぞれ反射光を受光する時間差

βは、ある温度での、前記第１受光用光ファイバと前記第２の受光用光ファイバとの間隔の変化量、及び、前記第１受光用光ファイバと前記第２の受光用光ファイバとの間隔の変化量

L_1は、前記第１の受光用光ファイバと前記第２の受光用光ファイバとの間隔

L_3は、前記第３の受光用光ファイバと前記第４の受光用光ファイバとの間隔

α_1は、温度変化による線膨張がないとした場合の、前記第１の受光用光ファイバの前記端面に入射する前記周面からの光の方向と、前記第２の受光用

光ファイバの前記端面に入射する前記周面からの光の方向との角度

α_3は、温度変化による線膨張がないとした場合の、前記第３の受光用光ファイバの前記端面に入射する前記周面からの光の方向と、前記第４の受光用光ファイバの前記端面に入射する前記周面からの光の方向との角度

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１の発明に係る光学センサにおいて、

前記第１の受光用光ファイバと前記第２の受光用光ファイバとの間隔と、前記第３の受光用光ファイバと前記第４の受光用光ファイバとの間隔とは、一方が他方に対し、１．１倍から７倍の範囲の長さである

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先端面において露出した端面から前記周面に向けて照明光を出射する、照明用光ファイバを備える

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、

前記センサヘッドが前記ハウジングの内周面に配されるようにして、前記第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。

[0013] 上記課題を解決する第６の発明に係るクリアランス計測方法は、

回転体の周面からの光を、センサヘッドの先端面において露出した端面にて受光する、第１の受光用光ファイバと、

前記周面からの光を、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する、第２の受光用光ファイバと、

前記周面からの光を、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する、第３の受光用光ファイバと、

前記周面からの光を、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する、第４の受光用光ファイバとを備え、

前記第１の受光用光ファイバ、前記第２の受光用光ファイバ、前記第３の受光用光ファイバ、及び、前記第４の受光用光ファイバは、前記回転体の回転方向における、前記センサヘッドの先端面の、前記第１の受光用光ファイバと前記第２の受光用光ファイバとの間隔と、前記第３の受光用光ファイバと前記第４の受光用光ファイバとの間隔とが異なるようにして配置された、光学センサを、

前記センサヘッドの先端面を前記周面に対向させ、

前記第１の受光用光ファイバ及び前記第２の受光用光ファイバがそれぞれ前記周面からの光を受光する時間差、及び、前記第３の受光用光ファイバ及び前記第４の受光用光ファイバが前記周面からの光を受光する時間差に基づき、前記回転体とのクリアランスの計測値を求める

ことを特徴とする。

[0014] 上記課題を解決する第７の発明に係るクリアランス計測方法は、

上記第６の発明に係るクリアランス計測方法において、

下記２つの式により、前記クリアランスの計測値を求める

ことを特徴とする。

[数3]

$$d_2 = \frac{\frac{1}{2} \times 2\pi R \times \frac{\Delta t_1}{T}}{\frac{1}{(\beta+1)} \times \tan\frac{\alpha_1}{2}} - \frac{\frac{1}{2} \times (\beta+1) \times L_1}{\frac{1}{(\beta+1)} \times \tan\frac{\alpha_1}{2}}$$

[数4]

$$d_2 = \frac{\frac{1}{2} \times 2\pi R \times \frac{\Delta t_2}{T}}{\frac{1}{(\beta+1)} \times \tan\frac{\alpha_3}{2}} - \frac{\frac{1}{2} \times (\beta+1) \times L_3}{\frac{1}{(\beta+1)} \times \tan\frac{\alpha_3}{2}}$$

ただし、

d_2は、前記クリアランスの計測値

Rは、前記回転体の半径

Δt_1は、前記第１の受光用光ファイバ及び前記第２の受光用光ファイバがそれぞれ反射光を受光する時間差

Δt_2は、前記第３の受光用光ファイバ及び前記第４の受光用光ファイバがそれぞれ反射光を受光する時間差

βは、ある温度での、前記第１受光用光ファイバと前記第２の受光用光ファイバとの間隔の変化量、及び、前記第１受光用光ファイバと前記第２の受光用光ファイバとの間隔の変化量

L_1は、前記第１の受光用光ファイバと前記第２の受光用光ファイバとの間隔

L_3は、前記第３の受光用光ファイバと前記第４の受光用光ファイバとの間隔

α_1は、温度変化による線膨張がないとした場合の、前記第１の受光用光ファイバの前記端面に入射する前記周面からの光の方向と、前記第２の受光用光ファイバの前記端面に入射する前記周面からの光の方向との角度

α_3は、温度変化による線膨張がないとした場合の、前記第３の受光用光ファイバの前記端面に入射する前記周面からの光の方向と、前記第４の受光用光ファイバの前記端面に入射する前記周面からの光の方向との角度

とする。

[0015] 上記課題を解決する第８の発明に係るクリアランス計測方法は、

上記第６の発明に係るクリアランス計測方法において、

前記光学センサは、前記第１の受光用光ファイバと前記第２の受光用光ファイバとの間隔と、前記第３の受光用光ファイバと前記第４の受光用光ファイバとの間隔とは、一方が他方に対し、１．１倍から７倍の範囲の長さである

ことを特徴とする。

[0016] 上記課題を解決する第９の発明に係るクリアランス計測方法は、

上記第６の発明に係るクリアランス計測方法において、

前記光学センサは、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周面に向けて照明光を出射する、照明用光ファイバを備える

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、回転機械及びクリアランス計測方法によれば、熱膨張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

[0018] [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]本発明の実施例に係る光学センサのセンサヘッド先端面の概略的正面図である。

[図3]本発明の実施例に係る光学センサの線膨張によるクリアランス計測値の変化及びその補償を説明する模式図である。（ａ）は、第１の受光用光ファイバ及び第２の受光用光ファイバについて、（ｂ）は、第３の受光用光ファイバ及び第４の受光用光ファイバについてのものである。

[図4]タービンを例として、三角計測を用いた一般的な光学センサの回転体とのクリアランス（チップクリアランス）計測を説明する模式図である。

[図5]従来の光学センサの線膨張によるクリアランス計測値の変化を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0019] 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、センサヘッドがハウジング１０１の内周面に配されるようにして、本発明に係る光学センサが設けられている。

[0020] 本発明に係る光学センサについてより詳述すると、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、それぞれ第１～４の受光用光ファイバを介してセンサ部１に接続する第１～４受光部３ａ，３ｂ，４ａ，４ｂ、照明用光ファイバを介してセンサ部１に接続する発光部２、及び、第１～４受光部３ａ，３ｂ，４ａ，４ｂに接続する計測部５を備えている（図１中では、第１～４の受光用光ファイバ及び照明用光ファイバをまとめて符号６で示している）。

[0021] 計測の大まかな手順としては、まず、回転機械の駆動中において、発光部２から照明用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。

[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１～４の受光用光ファイバを介してそれぞれ第１～４受光部３ａ，３ｂ，４ａ，４ｂ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）に変化する形状等に依存した、所定の強度周期を有している。例えば、回転体１０３がタービンである場合には動翼の形状に依存した強度周期となる。

[0024] 計測部５では、第１～４受光部３ａ，３ｂ，４ａ，４ｂ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。

[0025] 以下、本発明に係る光学センサ及びクリアランス計測方法を実施例にて詳述する。なお、下記実施例では、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一部あるが、本発明はこれに限らず、回転機械全般に適用可能である。

実施例

[0026] 本実施例に係る光学センサは、レーザ光を利用して三角計測を行うことで、クリアランス計測を行うものである。

[0027] まず、三角計測を用いた一般的な光学センサ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。図４は、タービンを例として、三角計測を用いた一般的な光学センサの回転体とのクリアランス（チップクリアランス）計測を説明する模式図であり、図中の破線矢印は、回転体１０３（図１参照）の動翼１０３ａの回転方向を示している。図４に示すように、この光学センサは、第１´の受光用光ファイバ２２及び第２´の受光用光ファイバ２３の２本（又は複数本ずつの束）を備えている。

[0028] まず、センサヘッド２１の先端面２１ａは、計測対象である回転体１０３（図１参照）の周面に対向している。

[0029] センサヘッド２１の先端面２１ａにおける第１´の受光用光ファイバ２２の端面の位置をＡ点、第２´の受光用光ファイバ２３の端面の位置をＢ点とする。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、先端面２１ａにおける、第１´の受光用光ファイバ２２の端面を垂直に通る仮想直線Ｘ（すなわち第１´の受光用光ファイバ２２の端面に入射する反射光の方向）と交わる点をＣ点とし、先端面２１ａにおける、第２´の受光用光ファイバ２３の端面を垂直に通る仮想直線Ｙ（すなわち第２´の受光用光ファイバ２３の端面に入射する反射光の方向）と交わる点をＤ点とする（仮想直線は図中に破線で表している）。なお、この角部とは、第１´の受光用光ファイバ２２及び第２´の受光用光ファイバ２３へ入射する反射光の強度が（急激に）変化する箇所である。

[0030] さらに、動翼１０３ａが、Ｃ点からＤ点まで移動する時間をΔｔとする。

このΔｔは、第１´の受光用光ファイバ２２及び第２´の受光用光ファイバ２３がそれぞれ反射光を受光する時間差となる。また、センサヘッド２１の先端面２１ａと動翼１０３ａの外側端面１０３ｂとのクリアランスをｄとする。また、Ａ点とＢ点との間隔をセンサ間隔（センサヘッド２１の先端面２１ａにおける光ファイバの端面同士の間隔）Ｌとする。

[0031] すると、下記式（０）が成立する。

[数5]

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

$$= \frac{\frac{1}{2}\times 2\pi R\times\frac{\Delta t}{T}}{\tan\frac{\alpha}{2}} - \frac{\frac{1}{2}L}{\tan\frac{\alpha}{2}} \quad \cdots(0)$$

ただし、Ｒを回転体１０３の半径、Ｔを回転体１０３の周期とする。

[0032] ここで、図５は、上記構成とした光学センサの熱膨張（以下、線膨張）によるクリアランス計測値の変化を示す模式図である。図５中のＸ´$_1$は、温度変化による線膨張がないとした場合の上記仮想直線Ｘを表し、Ｙ´$_1$は、温度変化による線膨張がないとした場合の上記仮想直線Ｙを表している。また、Ｘ´$_2$は、温度変化による線膨張がある場合の上記仮想直線Ｘを表し、Ｙ´$_2$は、温度変化による線膨張がある場合の上記仮想直線Ｙを表している。

[0033] 図５中のα´$_1$は、上述した２つの仮想直線の交点Ｏ´における温度変化による線膨張がないとした場合の角度である。Ａ´$_1$点，Ｂ´$_1$点は、温度変化による線膨張がないとした場合の上記Ａ点，Ｂ点である。Ｌ´$_1$は、Ａ´$_1$点とＢ´$_1$点とのセンサ間隔である。ｄ´$_1$は、温度変化による線膨張がないとした場合の上記クリアランスｄである。また、α´$_2$は、上述した２つの仮想直線の交点Ｏ´における温度変化による線膨張がある場合の角度である。Ａ´$_2$点，Ｂ´$_2$点は、温度変化による線膨張がある場合の上記Ａ点，Ｂ点である。Ｌ´$_2$は、Ａ´$_2$点とＢ´$_2$点とのセンサ間隔である。ｄ´$_2$は、温度変化による線膨張

がある場合の上記クリアランスｄである。

[0034] 温度変化による線膨張がないとした場合、チップクリアランスとして計測されるのはｄ´$_1$である。しかし実際には、線膨張の影響により、Ａ´$_1$点，Ｂ´$_1$点がＡ´$_2$点，Ｂ´$_2$点となり、Ｌ´$_1$がＬ´$_2$となるため、正しいチップクリアランスはｄ´$_2$となり、このｄ´$_1$とｄ´$_2$との差が計測誤差となる。

[0035] そこで本実施例では、室温からの温度上昇による線膨張の影響によって発生するセンサ間隔Ｌの変化量を考慮するために、互いに異なるセンサ間隔を有する２組以上の受光用光ファイバによるクリアランス計測を行う。

[0036] 図２は、本実施例に係る光学センサのセンサヘッド先端面の概略的正面図である。本実施例に係る光学センサは、センサヘッド１１の先端面１１ａは、計測対象である回転体１０３の周面に対向し、図２に示すように、第１の受光用光ファイバ１２、第２の受光用光ファイバ１３、第３の受光用光ファイバ１４、及び、第４の受光用光ファイバ１５を備えている。

[0037] なお、受光用光ファイバ１２～１５は、それぞれ１本であっても複数本の束であってもよい。また、図示していないが、本実施例に係る光学センサは、一端が発光部２（図１参照）に接続し、他端の端面が先端面１１ａにおいて露出し、発光部２から出力された照明光を、端面から回転体１０３の周面に向けて出射する照明用光ファイバを備えている。

[0038] 第１の受光用光ファイバ１２は、一端の端面が先端面１１ａにおいて露出し、他端が第１受光部３ａ（図１参照）に接続している。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、一端の端面にて受光し、第１受光部３ａへ入力する光ファイバである。

[0039] 第２の受光用光ファイバ１３は、一端の端面が先端面１１ａにおいて露出し、他端が第２受光部３ｂ（図１参照）に接続している。そして、反射光を一端の端面にて受光し、第２受光部３ｂへ入力する光ファイバである。

[0040] 第３の受光用光ファイバ１４は、一端の端面が先端面１１ａにおいて露出し、他端が第３受光部４ａ（図１参照）に接続している。そして、反射光を一端の端面にて受光し、第３受光部４ａへ入力する光ファイバである。

[0041] 第４の受光用光ファイバ１５は、一端の端面が先端面１１ａにおいて露出し、他端が第４受光部４ｂ（図１参照）に接続している。そして、反射光を一端の端面にて受光し、第４受光部４ｂへ入力する光ファイバである。

[0042] また、第１の受光用光ファイバ１２、第２の受光用光ファイバ１３、第３の受光用光ファイバ１４、及び、第４の受光用光ファイバ１５は、回転体１０３の回転方向における、先端面１１ａの、第１の受光用光ファイバ１２（の端面）と第２の受光用光ファイバ１３（の端面）とのセンサ間隔L_1と、第３の受光用光ファイバ１４（の端面）と第４の受光用光ファイバ（の端面）とのセンサ間隔L_3とが異なるようにして配置されている。なお、センサ間隔とは、センサヘッド１１の先端面１１ａにおける光ファイバの端面同士の間隔を指す。

[0043] そして、計測部５（図１参照）では、第１の受光用光ファイバ１２及び第２の受光用光ファイバ１３がそれぞれ反射光を受光する時間差、及び、第３の受光用光ファイバ１４及び第４の受光用光ファイバ１５が反射光を受光する時間差に基づき、回転体１０３とのクリアランスの計測値を求める。

[0044] また、例えば$L_1 > L_3$とすると、L_1はL_3の１．１～７倍の範囲の長さとするのが好ましい（ただし、L_1とL_3とが逆でもよい）。

[0045] すなわち、簡易的に角度α（図４参照）が変化しないとして、クリアランス測定の誤差が０．１ｍｍとした場合に、センサ間隔Ｌ（図４参照）は１．０５倍のずれがあり得る。そのため、約２倍の１．１倍を下限とする。さらに、上限については、光学センサの（センサ部１の）高さを固定したときに、角度αが、一般的に用いられる５°の場合と、使用可能上限である３０°の場合との距離の差が約６．６倍であるため、約７倍とする。

[0046] 以上が本実施例に係る光学センサの構成である。以下では、本実施例におけるクリアランス計測の手順について説明する。なお、以下の手順は、計測部５により行われる。

[0047] 図３は、本実施例に係る光学センサの線膨張によるクリアランス計測値の変化及びその補償を説明する模式図である。図３（ａ）は、第１の受光用光

ファイバ１２及び第２の受光用光ファイバ１３の組について、図３（ｂ）は、第３の受光用光ファイバ１４及び第４の受光用光ファイバ１５の組についてのものである。

[0048] 図３（ａ）中の破線X_1，X_2，Y_1，Y_2、角度α_1，α_2、各点A_1，A_2，B_1，B_2，O_1、及び、長さL_1，L_2，d_1，d_2は、図５における破線X'_1，X'_2，Y'_1，Y'_2、角度α'_1，α'_2、各点A'_1，A'_2，B'_1，B'_2，O'、及び、長さL'_1，L'_2，d'_1，d'_2に、それぞれ対応している。

[0049] すなわち、図３（ａ）中のX_1は、温度変化による線膨張がないとした場合の、先端面１１ａにおける第１の受光用光ファイバ１２の端面を垂直に通る仮想直線（すなわち第１の受光用光ファイバ１２の端面に入射する反射光の方向）を表し、Y_1は、温度変化による線膨張がないとした場合の、先端面１１ａにおける第２の受光用光ファイバ１３の端面を垂直に通る仮想直線（すなわち第２の受光用光ファイバ１３の端面に入射する反射光の方向）を表している。また、X_2は、温度変化による線膨張がある場合の、先端面１１ａにおける第１の受光用光ファイバ１２の端面を垂直に通る仮想直線を表し、Y_2は、温度変化による線膨張がある場合の、先端面１１ａにおける第２の受光用光ファイバ１３の端面を垂直に通る仮想直線を表している。

[0050] さらに、図３（ａ）中のα_1は、仮想直線X_1とY_1の交点O_1における角度である。A_1点，B_1点は、温度変化による線膨張がないとした場合の、先端面１１ａにおける第１の受光用光ファイバ１２，第２の受光用光ファイバ１３の端面の位置である。L_1は、A_1点とB_1点とのセンサ間隔である。d_1は、温度変化による線膨張がないとした場合の（回転体１０３との）クリアランスである。また、α_2は、仮想直線X_2とY_2の交点O_1における、温度変化による線膨張がある場合の角度である。A_2点，B_2点は、温度変化による線膨張がある場合の、先端面１１ａにおける第１の受光用光ファイバ１２、第２の受光用光ファイバ１３の端面の位置である。L_2は、A_2点とB_2点とのセンサ間隔である。d_2は、温度変化による線膨張がある場合の（回転体１０３との）クリアランスである。

[0051] そして、図３（ｂ）中の破線X_3，X_4，Y_3，Y_4、角度α_3，α_4、各点A_3，A_4，B_3，B_4，O_2、及び、長さL_3，L_4，d_1，d_2も、図５における破線X'_1，X'_2，Y'_1，Y'_2、角度α'_1，α'_2、各点A'_1，A'_2，B'_1，B'_2，O'、及び、長さL'_1，L'_2，d'_1，d'_2に、それぞれ対応している。

[0052] すなわち、図３（ｂ）中のX_3は、温度変化による線膨張がないとした場合の、先端面１１ａにおける第３の受光用光ファイバ１４の端面を垂直に通る仮想直線（すなわち第３の受光用光ファイバ１４の端面に入射する反射光の方向）を表し、Y_3は、温度変化による線膨張がないとした場合の、先端面１１ａにおける第４の受光用光ファイバ１５の端面を垂直に通る仮想直線（すなわち第４の受光用光ファイバ１５の端面に入射する反射光の方向）を表している。また、X_4は、温度変化による線膨張がある場合の、先端面１１ａにおける第３の受光用光ファイバ１４の端面を垂直に通る仮想直線を表し、Y_4は、温度変化による線膨張がある場合の、先端面１１ａにおける第４の受光用光ファイバ１５の端面を垂直に通る仮想直線を表している。

[0053] さらに、図３（ｂ）中のα_3は、仮想直線X_3とY_3の交点O_2における角度である。A_3点，B_3点は、温度変化による線膨張がないとした場合の、先端面１１ａにおける第３の受光用光ファイバ１４，第４の受光用光ファイバ１５の端面の位置である。L_3は、A_3点とB_3点とのセンサ間隔である。また、α_4は、仮想直線X_4とY_4の交点O_2における、温度変化による線膨張がある場合の角度である。A_4点，B_4点は、温度変化による線膨張がある場合の、先端面１１ａにおける第３の受光用光ファイバ１４，第４の受光用光ファイバ１５の端面の位置である。L_4は、A_4点とB_4点とのセンサ間隔である。なお、d_1，d_2については、図３（ａ）と同様である。

[0054] ここで、ある温度でのセンサ間隔の変化量をβとすると、第１の受光用光ファイバ１２及び第２の受光用光ファイバ１３のセンサ間隔の変化量は、$(L_2-L_1)/L_1=\beta$となり、第３の受光用光ファイバ１４及び第４の受光用光ファイバ１５のセンサ間隔の変化量は、$(L_4-L_3)/L_3=\beta$となる。

[0055] クリアランス計測に必要となる角度αは、変化量βで補正できる数値であ

り、その他は計測時のインプットとなる。そのため、未知の変数は、変化量βとクリアランスｄの２変数となるため、上述した２つの組（第１の受光用光ファイバ１２及び第２の受光用光ファイバ１３の組、第３の受光用光ファイバ１４及び第４の受光用光ファイバ１５の組）のクリアランス計測の結果から、変化量β及び温度変化による線膨張がある場合の（回転体１０３との）クリアランスd_2（最終的に求めるべきクリアランス計測値）を算出することができる。これにより本実施例では、クリアランス計測精度を向上させることができる。

以下では、この点につき、より詳細な計算を説明する。

[0056] まず、センサ間隔Ｌとクリアランスｄが、温度変化に伴い変化する係数となる。

[0057] 温度上昇による第１の受光用光ファイバ１２と第２の受光用光ファイバ１３とのセンサ間隔は、

$(L_2-L_1)/L_1=\beta$ …（１）

とする。

[0058] また、初期状態（例えば室温）での角度α_1（上述では角度α_1は温度変化による線膨張がないとした場合の角度であるとしたが、これを換言すれば、初期状態での角度ということである）は、

$C/(L_1/2)=\tan(\alpha_1/2)$ …（２）

とする。

なお、ここでのＣとは、上記「光学センサの高さ」、すなわち、図３（ａ）における交点O_1から直線A_1B_1までの距離を指す。

[0059] 温度上昇後の角度α_2（上述では角度α_2は温度変化による線膨張がある場合の角度であるとしたが、これを換言すれば、温度上昇後の角度ということである）は、

$C/(L_2/2)=\tan(\alpha_2/2)$ …（３）

となる。

なお、ここでのＣとは、上記「光学センサの高さ」、すなわち、図３（ｂ

）における交点O_2から直線A_3B_3までの距離を指し、上記式（２）におけるＣと等しい。

[0060] ここで、上記式（１）より、$L_2=L_1(\beta+1)$となるために上記式（３）は、

$$C/\{L_1(\beta+1)/2\}=\tan(\alpha_2/2) \quad \cdots(4)$$

となる。

[0061] 上記式（４）に上記式（２）を代入することで、

$$\{1/(\beta+1)\}\times\tan(\alpha_1/2)=\tan(\alpha_2/2) \quad \cdots(5)$$

となる。

そのため、角度αについてもβの変数となる。

[0062] 温度上昇による第３の受光用光ファイバ１４と第４の受光用光ファイバ１５とのセンサ間隔は、上記式（１）と同様に、

$$(L_4-L_3)/L_3=\gamma \quad \cdots(6)$$

[0063] ここで、γは第３の受光用光ファイバ１４と第４の受光用光ファイバ１５とのセンサ間隔の変化量となるが、線膨張の変化により、第１の受光用光ファイバ１２と第２の受光用光ファイバ１３とのセンサ間隔と、第３の受光用光ファイバ１４と第４の受光用光ファイバ１５とのセンサ間隔の変化量とは、温度が同じであれば等しくなる（$\beta=\gamma$）。そのため、上記式（６）は、

$$(L_4-L_3)/L_3=\beta \quad \cdots(7)$$

となる。

[0064] また、角度α_3，α_4についても上記式（４）と同様に、

$$\{1/(\beta+1)\}\times\tan(\alpha_3/2)=\tan(\alpha_4/2) \quad \cdots(8)$$

となる。

[0065] 第１の受光用光ファイバ１２及び第２の受光用光ファイバ１３がそれぞれ反射光を受光する時間差をΔt_1とすると、第１の受光用光ファイバ１２と第２の受光用光ファイバ１３との温度変化による線膨張を考慮したセンサ間隔

は、上記式（０）のαをα_2、ＬをL_2とし、さらに、上記式（１），（５）より、

[数6]

$$d_2 = \frac{\frac{1}{2} \times 2\pi R \times \frac{\Delta t_1}{T}}{\frac{1}{(\beta+1)} \times \tan\frac{\alpha_1}{2}} - \frac{\frac{1}{2} \times (\beta+1) \times L_1}{\frac{1}{(\beta+1)} \times \tan\frac{\alpha_1}{2}} \quad \cdots (9)$$

となる。

[0066] また、第３の受光用光ファイバ１４及び第４の受光用光ファイバ１５がそれぞれ反射光を受光する時間差をΔt_2とすると、第３の受光用光ファイバ１４と第４の受光用光ファイバ１５との温度変化による線膨張を考慮したセンサ間隔は、上記式（０）のαをα_4、ＬをL_4とし、さらに、上記式（７），（８）より、

[数7]

$$d_2 = \frac{\frac{1}{2} \times 2\pi R \times \frac{\Delta t_2}{T}}{\frac{1}{(\beta+1)} \times \tan\frac{\alpha_3}{2}} - \frac{\frac{1}{2} \times (\beta+1) \times L_3}{\frac{1}{(\beta+1)} \times \tan\frac{\alpha_3}{2}} \quad \cdots (10)$$

[0067] 上記式（９），（１０）で未知の変数はβ及びd_2であり、これらの値を上記式（９），（１０）から求めることで、温度変化による線膨張を考慮したクリアランス計測が可能となる。

産業上の利用可能性

[0068] 本発明は、光学センサ、該光学センサを備える回転機械、及び、クリアランス計測方法として好適である。

符号の説明

[0069] １ センサ部

２ 発光部

３ａ 第１受光部

３ｂ 第２受光部

４ａ　第３受光部

４ｂ　第４受光部

５　計測部

１１，２１　センサヘッド

１１ａ，２１ａ　（センサヘッドの）先端面

１２　第１の受光用光ファイバ

１３　第２の受光用光ファイバ

１４　第３の受光用光ファイバ

１５　第４の受光用光ファイバ

２２　第１´の受光用光ファイバ

２３　第２´の受光用光ファイバ

１０１　ハウジング

１０２　回転軸

１０３　回転体

１０３ａ　動翼

１０３ｂ　外側端面

請求の範囲

[請求項1] センサヘッドの先端面が回転体の周面に対向しており、

前記周面からの光を、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する、第１の受光用光ファイバと、

前記周面からの光を、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する、第２の受光用光ファイバと、

前記周面からの光を、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する、第３の受光用光ファイバと、

前記周面からの光を、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する、第４の受光用光ファイバとを備え、

前記第１の受光用光ファイバ、前記第２の受光用光ファイバ、前記第３の受光用光ファイバ、及び、前記第４の受光用光ファイバは、前記回転体の回転方向における、前記センサヘッドの先端面の、前記第１の受光用光ファイバと前記第２の受光用光ファイバとの間隔と、前記第３の受光用光ファイバと前記第４の受光用光ファイバとの間隔とが異なるようにして配置されており、

さらに、

前記第１の受光用光ファイバ及び前記第２の受光用光ファイバがそれぞれ前記周面からの光を受光する時間差、及び、前記第３の受光用光ファイバ及び前記第４の受光用光ファイバが前記周面からの光を受光する時間差に基づき、前記回転体とのクリアランスの計測値を求める、計測部を備える

ことを特徴とする光学センサ。

[請求項2] 前記計測部は、下記２つの式により、前記クリアランスの計測値を求める

ことを特徴とする請求項１に記載の光学センサ。

[数1]

$$d_2 = \frac{\frac{1}{2} \times 2\pi R \times \frac{\Delta t_1}{T}}{\frac{1}{(\beta+1)} \times \tan\frac{\alpha_1}{2}} - \frac{\frac{1}{2} \times (\beta+1) \times L_1}{\frac{1}{(\beta+1)} \times \tan\frac{\alpha_1}{2}}$$

[数2]

$$d_2 = \frac{\frac{1}{2} \times 2\pi R \times \frac{\Delta t_2}{T}}{\frac{1}{(\beta+1)} \times \tan\frac{\alpha_3}{2}} - \frac{\frac{1}{2} \times (\beta+1) \times L_3}{\frac{1}{(\beta+1)} \times \tan\frac{\alpha_3}{2}}$$

ただし、

d_2は、前記クリアランスの計測値

Rは、前記回転体の半径

Δt_1は、前記第１の受光用光ファイバ及び前記第２の受光用光ファイバがそれぞれ反射光を受光する時間差

Δt_2は、前記第３の受光用光ファイバ及び前記第４の受光用光ファイバがそれぞれ反射光を受光する時間差

βは、ある温度での、前記第１受光用光ファイバと前記第２の受光用光ファイバとの間隔の変化量、及び、前記第１受光用光ファイバと前記第２の受光用光ファイバとの間隔の変化量

L_1は、前記第１の受光用光ファイバと前記第２の受光用光ファイバとの間隔

L_3は、前記第３の受光用光ファイバと前記第４の受光用光ファイバとの間隔

α_1は、温度変化による線膨張がないとした場合の、前記第１の受光用光ファイバの前記端面に入射する前記周面からの光の方向と、前記第２の受光用光ファイバの前記端面に入射する前記周面からの光の方向との角度

α_3は、温度変化による線膨張がないとした場合の、前記第３の受光用光ファイバの前記端面に入射する前記周面からの光の方向と、前

記第４の受光用光ファイバの前記端面に入射する前記周面からの光の方向との角度

とする。

[請求項3] 前記第１の受光用光ファイバと前記第２の受光用光ファイバとの間隔と、前記第３の受光用光ファイバと前記第４の受光用光ファイバとの間隔とは、一方が他方に対し、１．１倍から７倍の範囲の長さである

ことを特徴とする請求項１に記載の光学センサ。

[請求項4] 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周面に向けて照明光を出射する、照明用光ファイバを備える

ことを特徴とする請求項１に記載の光学センサ。

[請求項5] 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、

前記センサヘッドが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。

[請求項6] 回転体の周面からの光を、センサヘッドの先端面において露出した端面にて受光する、第１の受光用光ファイバと、

前記周面からの光を、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する、第２の受光用光ファイバと、

前記周面からの光を、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する、第３の受光用光ファイバと、

前記周面からの光を、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する、第４の受光用光ファイバとを備え、

前記第１の受光用光ファイバ、前記第２の受光用光ファイバ、前記第３の受光用光ファイバ、及び、前記第４の受光用光ファイバは、前記回転体の回転方向における、前記センサヘッドの先端面の、前記第

１の受光用光ファイバと前記第２の受光用光ファイバとの間隔と、前記第３の受光用光ファイバと前記第４の受光用光ファイバとの間隔とが異なるようにして配置された、光学センサを、

前記センサヘッドの先端面を前記周面に対向させ、

前記第１の受光用光ファイバ及び前記第２の受光用光ファイバがそれぞれ前記周面からの光を受光する時間差、及び、前記第３の受光用光ファイバ及び前記第４の受光用光ファイバが前記周面からの光を受光する時間差に基づき、前記回転体とのクリアランスの計測値を求める

ことを特徴とするクリアランス計測方法。

[請求項7] 下記２つの式により、前記クリアランスの計測値を求める

ことを特徴とする請求項６に記載のクリアランス計測方法。

[数3]

$$d_2 = \frac{\frac{1}{2} \times 2\pi R \times \frac{\Delta t_1}{T}}{\frac{1}{(\beta+1)} \times \tan\frac{\alpha_1}{2}} - \frac{\frac{1}{2} \times (\beta+1) \times L_1}{\frac{1}{(\beta+1)} \times \tan\frac{\alpha_1}{2}}$$

[数4]

$$d_2 = \frac{\frac{1}{2} \times 2\pi R \times \frac{\Delta t_2}{T}}{\frac{1}{(\beta+1)} \times \tan\frac{\alpha_3}{2}} - \frac{\frac{1}{2} \times (\beta+1) \times L_3}{\frac{1}{(\beta+1)} \times \tan\frac{\alpha_3}{2}}$$

ただし、

d_2は、前記クリアランスの計測値

Ｒは、前記回転体の半径

Δt_1は、前記第１の受光用光ファイバ及び前記第２の受光用光ファイバがそれぞれ反射光を受光する時間差

Δt_2は、前記第３の受光用光ファイバ及び前記第４の受光用光ファイバがそれぞれ反射光を受光する時間差

βは、ある温度での、前記第１受光用光ファイバと前記第２の受光

用光ファイバとの間隔の変化量、及び、前記第１受光用光ファイバと前記第２の受光用光ファイバとの間隔の変化量

L_1は、前記第１の受光用光ファイバと前記第２の受光用光ファイバとの間隔

L_3は、前記第３の受光用光ファイバと前記第４の受光用光ファイバとの間隔

α_1は、温度変化による線膨張がないとした場合の、前記第１の受光用光ファイバの前記端面に入射する前記周面からの光の方向と、前記第２の受光用光ファイバの前記端面に入射する前記周面からの光の方向との角度

α_3は、温度変化による線膨張がないとした場合の、前記第３の受光用光ファイバの前記端面に入射する前記周面からの光の方向と、前記第４の受光用光ファイバの前記端面に入射する前記周面からの光の方向との角度

とする。

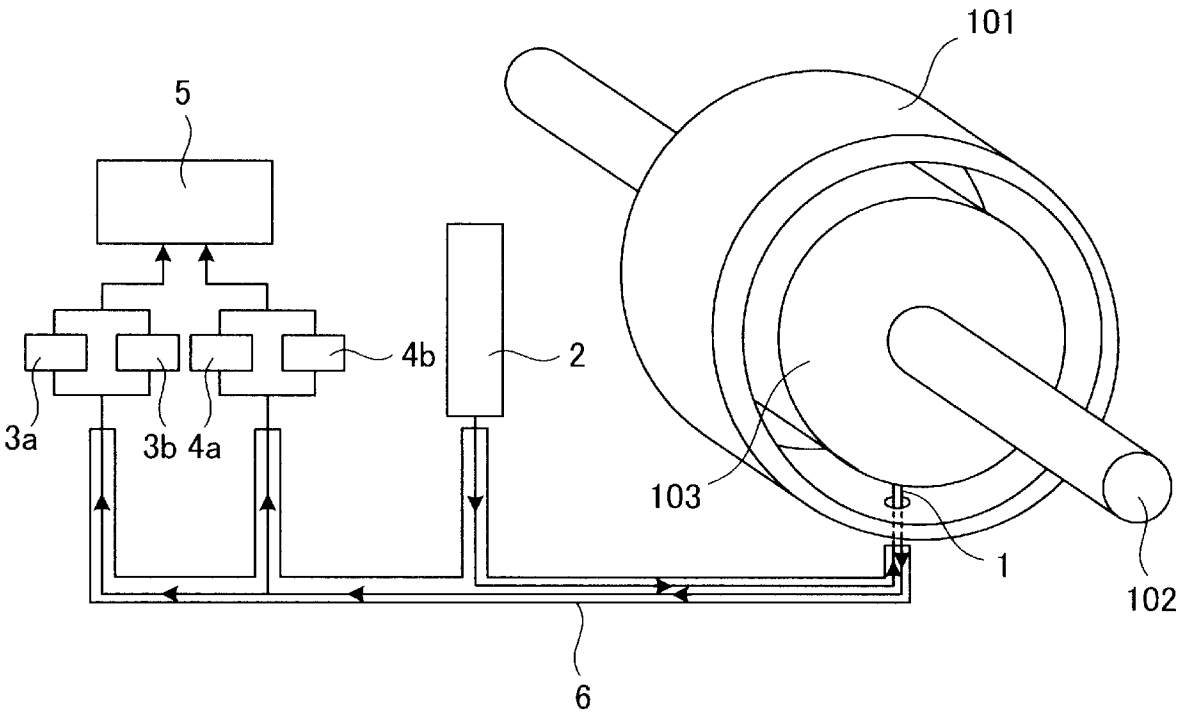
[請求項8] 前記光学センサは、前記第１の受光用光ファイバと前記第２の受光用光ファイバとの間隔と、前記第３の受光用光ファイバと前記第４の受光用光ファイバとの間隔とは、一方が他方に対し、１．１倍から７倍の範囲の長さである

ことを特徴とする請求項６に記載のクリアランス計測方法。

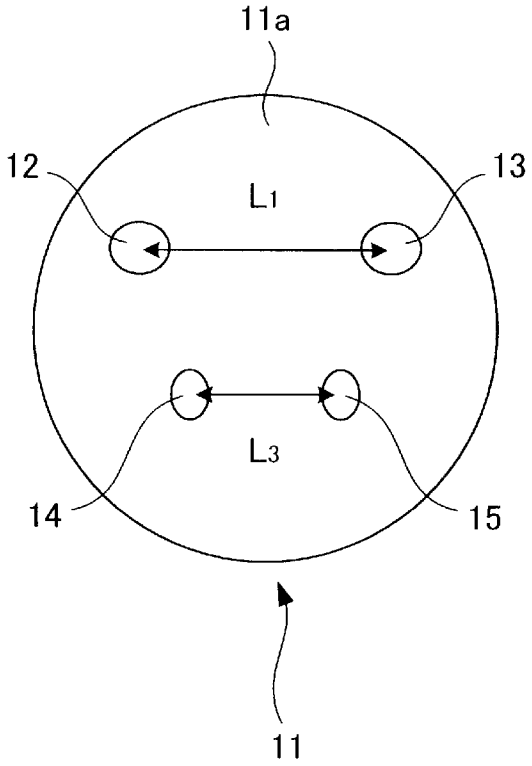
[請求項9] 前記光学センサは、前記センサヘッドの先端面において露出した端面から前記周面に向けて照明光を出射する、照明用光ファイバを備える

ことを特徴とする請求項６に記載のクリアランス計測方法。

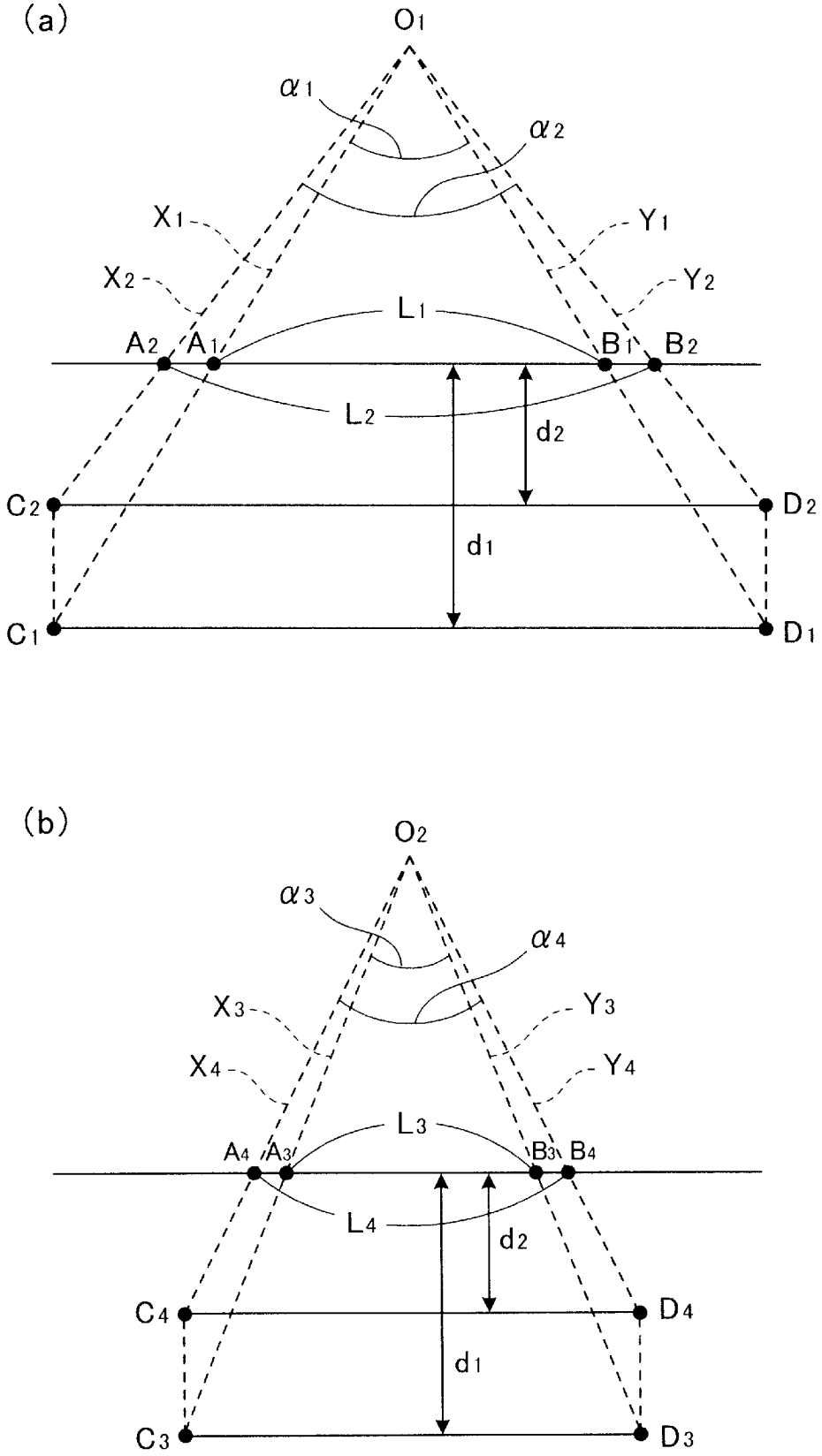
[図1]



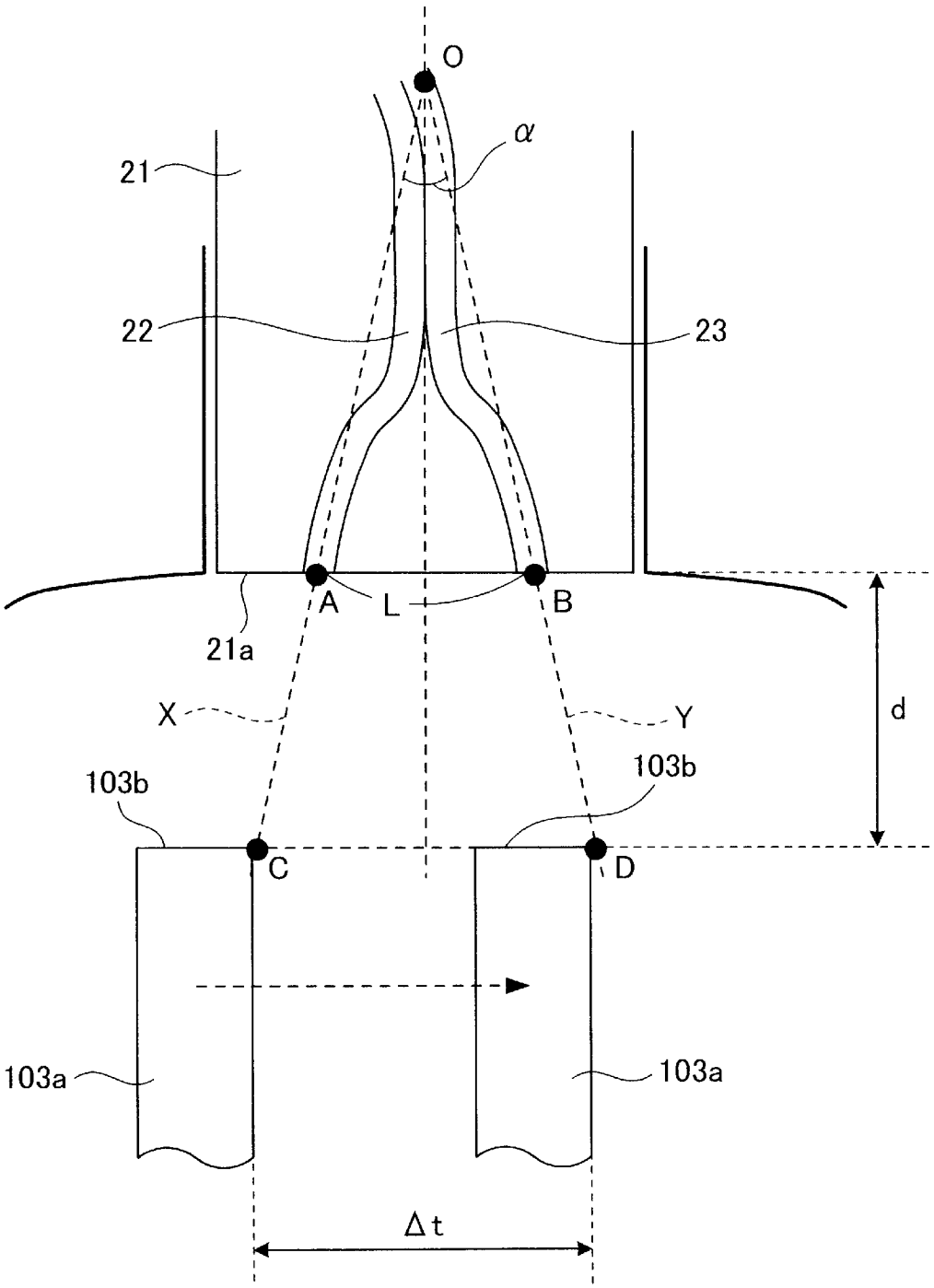
[図2]



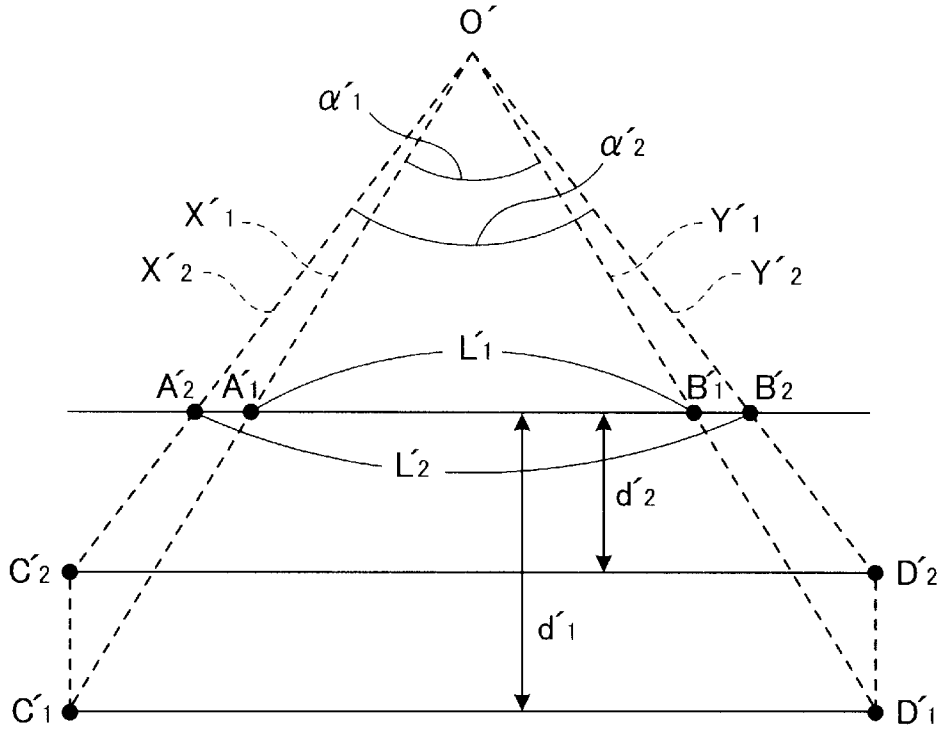
[図3]


(a)
O1
α1
α2
X1
Y1
X2
Y2
L1
A2
A1
B1
B2
L2
d2
C2
D2
d1
C1
D1
(b)
O2
α3
α4
X3
Y3
X4
Y4
L3
A4
A3
B3
B4
L4
d2
C4
D4
d1
C3
D3

[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/011106

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.
A	JP 2015-1414 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 05 January 2015 (05.01.2015), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2004-191374 A (Siemens AG.), 08 July 2004 (08.07.2004), entire text; all drawings & US 2004/0114154 A1 & EP 1429155 A1 & DE 50213746 D & CN 1506654 A & ES 2330998 T	1-9

☒ 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	Date of mailing of the international search report
30 May 2017 (30.05.17)	13 June 2017 (13.06.17)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/011106

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 56-153206 A (General Electric Co.), 27 November 1981 (27.11.1981), entire text; all drawings & US 4326804 A & GB 2069689 A & DE 3104320 A & FR 2475719 A & SE 8100951 A & CA 1142344 A & IL 61825 D & IT 1135399 B & SE 456859 B	1-9
A	JP 62-165113 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 21 July 1987 (21.07.1987), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
P,A	WO 2017/043157 A1 (Mitsubishi Hitachi Power Systems, Ltd.), 16 March 2017 (16.03.2017), entire text; all drawings & JP 2017-53762 A	1-9
P,A	US 2016/0084637 A1 (HOOD TECHNOLOGY CORP.), 24 March 2016 (24.03.2016), WHOLE DOCUMENTS (Family: none)	1-9

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０１１１０６

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
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）	1-9
A	JP 2004-191374 A（シーメンス　アクチエンゲゼルシヤフト）2004.07.08, 全文全図 & US 2004/0114154 A1 & EP 1429155 A1 & DE 50213746 D & CN 1506654 A & ES 2330998 T	1-9

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
３０．０５．２０１７	１３．０６．２０１７

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）　２Ｓ　９００８
櫻井　仁
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 56-153206 A (ゼネラル・エレクトリツク・カンパニイ) 1981.11.27, 全文全図 & US 4326804 A & GB 2069689 A & DE 3104320 A & FR 2475719 A & SE 8100951 A & CA 1142344 A & IL 61825 D & IT 1135399 B & SE 456859 B	1-9
A	JP 62-165113 A (三菱重工業株式会社) 1987.07.21, 全文全図 (ファミリーなし)	1-9
PA	WO 2017/043157 A1 (三菱日立パワーシステムズ株式会社) 2017.03.16, 全文全図 & JP 2017-53762 A	1-9
PA	US 2016/0084637 A1 (HOOD TECHNOLOGY CORPORATION) 2016.03.24, WHOLE DOCUMENTS (ファミリーなし)	1-9