

(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3月16日(16.03.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/043157 A1

- (51) 国際特許分類:
G01B 11/14 (2006.01) *F02C 7/00* (2006.01)
F01D 11/22 (2006.01) *F02C 7/28* (2006.01)
F01D 11/24 (2006.01) *G01B 11/00* (2006.01)
F01D 25/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/069278
- (22) 国際出願日: 2016年6月29日(29.06.2016)
- (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 2015-178656 2015年9月10日(10.09.2015) JP
- (71) 出願人: 三菱日立パワーシステムズ株式会社
(MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS, LTD.)
[JP/JP]; 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 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). 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). ▲濱▼田 雄久(HAMADA, Katsuhisa); 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP).

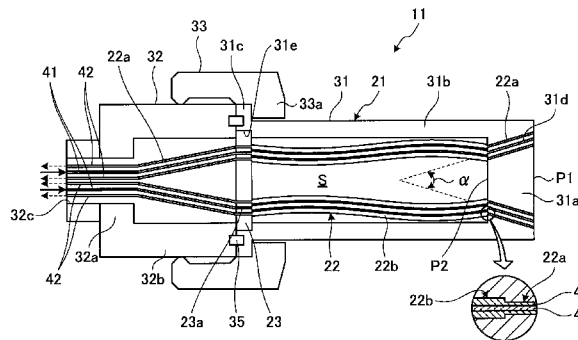
(74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング Tokyo (JP).

(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, 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, KN, KP, KR, 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.

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL FIBER PROBE, OPTICAL FIBER MEASURING DEVICE, AND CLEARANCE CONTROL SYSTEM

(54) 発明の名称: 光ファイバプローブ、光ファイバ計測装置及びクリアランス制御システム



(57) Abstract: This optical fiber probe is provided with: a probe main body 21; optical fibers 22 which are accommodated in an internal space S of the probe main body 21 and distal end portions of which are disposed on the side of the probe main body 21 closest to a detection surface P1, which is an outer surface of the probe main body 21; and a position regulating member 23. Each optical fiber 22 includes a small-diameter portion 22a on the distal end side thereof, and a large-diameter portion 22b on the rear end side. The probe main body 21 includes a bottom surface P2 which is provided on the opposite side to the detection surface P1, in the internal space S, and through-holes 31d which effect communication between the detection surface P1 and the bottom surface P2. Each small-diameter portion 22a is inserted into one of the through-holes 31d. Each large-diameter portion 22b is disposed in a flexed condition in the internal space S, with the distal end portion of the large-diameter portion 22b brought into contact with the bottom surface P2. The position regulating member 23 is provided in contact with the rear end portion of each large-diameter portion 22b, and regulates the position of each optical fiber 22 with the large-diameter portion 22b in a flexed condition.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2017/043157 A1



(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))

プローブ本体 2 1 と、プローブ本体 2 1 の内部空間 S に格納され、先端部がプローブ本体 2 1 の外面となる被検出面側 P 1 に配置される光ファイバ 2 2 と、位置規制部材 2 3 とを備え、光ファイバ 2 2 は、先端側の細径部 2 2 a と、後端側の太径部 2 2 b とを有し、プローブ本体 2 1 は、内部空間 S において被検出面 P 1 の反対側に設けられる底面 P 2 と、被検出面 P 1 と底面 P 2 との間を連通する貫通孔 3 1 d と、を有し、細径部 2 2 a は、貫通孔 3 1 d に挿通され、太径部 2 2 b は、先端部を底面 P 2 に当接させ、内部空間 S に撓ませた状態で配置され、位置規制部材 2 3 は、太径部 2 2 b の後端部に当接して設けられ、太径部 2 2 b を撓ませた状態で、光ファイバ 2 2 の位置を規制する。

明 細 書

発明の名称：

光ファイバプローブ、光ファイバ計測装置及びクリアランス制御システム

技術分野

[0001] 本発明は、光ファイバを用いたプローブである光ファイバプローブ、光ファイバ計測装置及びクリアランス制御システムに関するものである。

背景技術

[0002] 従来、光ファイバプローブとして、 6×1 ファイバ構成による反射プローブが知られている（例えば、特許文献1参照）。この反射プローブは、中心ファイバと、6本の同軸ファイバとを有している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2010-8409号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、反射プローブ等の光ファイバプローブは、例えば、蒸気タービンまたはガスタービン等のタービンに設けられる場合がある。この場合、光ファイバプローブは、高温・高圧環境下に曝される。光ファイバプローブが過酷な外部環境下で使用されると、被検出面から光ファイバが陥没したり、また、光ファイバを固定するためのセラミック製の封止材の一部が欠損したりする可能性がある。このように、光ファイバプローブが過酷な外部環境下で使用されると、光ファイバの位置または形状が変化してしまい、光ファイバプローブを用いた検出精度が低下する可能性がある。

[0005] そこで、本発明は、外部環境を要因とする光ファイバの変化を抑制し、検出精度の低下を抑制することができる光ファイバプローブ、光ファイバ計測装置及びクリアランス制御システムを提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

- [0006] 本発明の光ファイバプローブは、外面に設けられる被検出面と、内部に設けられる内部空間とを有するプローブ本体と、前記内部空間に格納され、先端部が前記プローブ本体の前記被検出面側に配置される光ファイバと、前記プローブ本体に取り付けられる位置規制部材と、を備え、前記光ファイバは、先端側において径が細い細径部と、前記細径部の後端側において径が太い太径部と、を有し、前記プローブ本体は、前記内部空間において前記被検出面の反対側に設けられる底面と、前記被検出面と前記底面との間を連通する貫通孔と、を有し、前記細径部は、前記貫通孔に挿通され、前記太径部は、先端部を前記底面に当接させ、前記内部空間に撓ませた状態で配置され、前記位置規制部材は、前記太径部の後端部に当接して設けられ、前記太径部を撓ませた状態で、前記光ファイバの位置を規制することを特徴とする。
- [0007] この構成によれば、光ファイバの太径部を撓ませることで、太径部を内部空間の底面側に押し当てることができる。このため、外部環境が高温・高圧環境となる場合であっても、光ファイバの細径部が、プローブ本体の被検出面から陥没することを抑制することができる。また、光ファイバをプローブ本体に固定するための封止材を省略できるため、封止材の欠損を生じさせることがない。よって、外部環境を要因とする光ファイバの変化を抑制することから、検出精度の低下を抑制することができる。
- [0008] 本発明の他の光ファイバプローブは、外面に設けられる被検出面と、内部に設けられる内部空間とを有するプローブ本体と、前記内部空間に格納され、先端部が前記プローブ本体の前記被検出面側に配置される光ファイバと、前記プローブ本体に取り付けられる位置規制部材と、前記光ファイバを前記被検出面側に押圧する弾性部材と、を備え、前記光ファイバは、先端側において径が細い細径部と、前記細径部の後端側において径が太い太径部と、を有し、前記プローブ本体は、前記内部空間において前記被検出面の反対側に設けられる底面と、前記被検出面と前記底面との間を連通する貫通孔と、を有し、前記細径部は、前記貫通孔に挿通され、前記太径部は、先端部を前記

底面に当接させた状態で配置され、前記位置規制部材は、前記太径部の後端部に対して隙間を空けて設けられ、前記弾性部材は、前記太径部の後端部と前記位置規制部材との前記隙間に設けられることを特徴とする。

[0009] この構成によれば、光ファイバの太径部の後端部と位置規制部材との間に弾性部材を設けることで、弾性部材によって光ファイバを被検出面側に押圧することができるため、太径部を内部空間の底面側に押し当てることができる。このため、外部環境が高温・高圧環境となる場合であっても、光ファイバの細径部が、プローブ本体の被検出面から陥没することを抑制することができる。また、光ファイバをプローブ本体に固定するための封止材を省略できるため、封止材の欠損を生じさせることがない。よって、外部環境を要因とする光ファイバの変化を抑制できることから、検出精度の低下を抑制することができる。

[0010] また、前記光ファイバは、中心部となるコアと、前記コアの周囲に設けられるクラッドと、を有し、前記コアは、前記太径部及び前記細径部における直径が、同径となる一方で、前記クラッドは、前記細径部に比して前記太径部における外径が、太くなっていることが好ましい。

[0011] この構成によれば、コアの径を変えることなく、クラッドの外径を太径部において太くすればよいと、コアとクラッドとの界面を均一な状態に維持することができる。

[0012] また、前記貫通孔の前記被検出面側に挿通される光学窓を、さらに備えることが好ましい。

[0013] この構成によれば、光学窓により、プローブ本体の外部とプローブ本体の内部空間とを区画することができる。このため、光ファイバがプローブ本体の外部に露出することがなく、光ファイバを内部空間に格納することができるため、光ファイバが外部環境に曝されることを抑制することができる。

[0014] また、前記光学窓は、軸方向に長い円柱形状となっており、前記軸方向が前記貫通孔の挿通方向となっており、前記光学窓の外周面は、めっき加工されていることが好ましい。

- [0015] この構成によれば、光学窓を通過する光を反射させることができるため、光学窓を通過する光の強さが低下することを抑制することができる。
- [0016] 本発明の他の光ファイバプローブは、外面に設けられる被検出面と、内部に設けられる内部空間とを有するプローブ本体と、前記内部空間に格納され、先端部が前記プローブ本体の前記被検出面側に配置される光ファイバと、前記プローブ本体に取り付けられる光学窓と、を備え、前記プローブ本体は、前記内部空間において前記被検出面の反対側に設けられる底面と、前記被検出面と前記底面との間を連通する貫通孔と、を有し、前記光ファイバの先端部は、前記貫通孔に挿通され、前記光学窓は、前記光ファイバの先端部に対して前記貫通孔の前記被検出面側に挿通されることを特徴とする。
- [0017] この構成によれば、光学窓により、プローブ本体の外部とプローブ本体の内部空間とを区画することができる。このため、光ファイバがプローブ本体の外部に露出することがなく、光ファイバを内部空間に格納することができるため、光ファイバが外部環境に曝されることを抑制することができる。このため、外部環境が高温・高圧環境となる場合であっても、光ファイバの先端部が、プローブ本体の被検出面から陥没することを抑制することができる。また、光ファイバをプローブ本体に固定するための封止材を省略できるため、封止材の欠損を生じさせることがない。よって、外部環境を要因とする光ファイバの変化を抑制できることから、検出精度の低下を抑制することができる。
- [0018] 本発明の光ファイバ計測装置は、上記の光ファイバプローブと、前記光ファイバプローブへ向けて光を出射する発光部と、前記光ファイバプローブから入射される光を受光する受光部と、前記発光部への発光信号と、前記受光部からの受光信号とを信号処理する計測制御部と、を備えることを特徴とする。
- [0019] この構成によれば、過酷な外部環境下において、光ファイバプローブを用いる場合であっても、光ファイバプローブの検出精度の低下を抑制できるため、光ファイバプローブを用いた計測を精度よく行うことができる。

[0020] また、前記光ファイバは、前記被検出面から光を出射させるための複数の送光用ファイバと、複数の前記送光用ファイバにそれぞれ対応付けられると共に、前記被検出面に入射する光を受光するための複数の受光用ファイバと、を有し、前記発光部は、複数の前記送光用ファイバから出射される光の色彩を異ならせ、前記受光部は、複数の異なる色彩の光を選別する複数のフィルタを有することが好ましい。

[0021] この構成によれば、複数の送光用ファイバと複数の受光用ファイバとがそれぞれ対応付けられている場合、1つの送光用ファイバから出射した光が、対応付けられていない他の受光用ファイバに入射した場合であっても、受光部の複数のフィルタによって光を選別することができる。このため、複数の送光用ファイバと複数の受光用ファイバとの光の混在（つまり、クロストーク）を抑制できることから、受光部における光の誤検出を抑制することができる。

[0022] 本発明のクリアランス制御システムは、ケーシングと、前記ケーシングに対して所定のクリアランスを空けて対向して設けられる動翼と、を備えるタービンの前記クリアランスを調整するクリアランス制御システムであって、前記発光信号と前記受光信号とに基づいて、前記クリアランスを計測する、上記の光ファイバ計測装置と、前記光ファイバ計測装置により計測された前記クリアランスに基づいて、前記クリアランスを調整するためのクリアランス調整制御を実行するタービン制御部と、を備えることを特徴とする。

[0023] この構成によれば、過酷な外部環境下において、光ファイバプローブを用いる場合であっても、光ファイバプローブの検出精度の低下を抑制できるため、光ファイバプローブを用いたクリアランスの計測を精度よく行うことができる。よって、タービン制御部によるクリアランス調整制御を精度よく実行することができる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]図1は、実施形態1に係るクリアランス制御システムに関する概略構成図である。

[図2]図2は、実施形態1に係る光ファイバプローブを模式的に表した断面図である。

[図3]図3は、クリアランスの算出方法に関する説明図である。

[図4]図4は、光ファイバプローブを用いて検出した受光信号の信号強度に関するグラフである。

[図5]図5は、実施形態1の変形例1に係る光ファイバプローブを模式的に表した断面図である。

[図6]図6は、実施形態2に係る光ファイバプローブを模式的に表した断面図である。

[図7]図7は、実施形態2の変形例2に係る光ファイバプローブを模式的に表した断面図である。

[図8]図8は、実施形態3に係る光ファイバプローブを模式的に表した断面図である。

[図9]図9は、実施形態4に係る光ファイバ計測装置を模式的に表した概略構成図である。

発明を実施するための形態

[0025] 以下に、本発明に係る実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施形態によりこの発明が限定されるものではない。また、下記実施形態における構成要素には、当業者が置換可能かつ容易なもの、あるいは実質的に同一のものが含まれる。さらに、以下に記載した構成要素は適宜組み合わせることが可能であり、また、実施形態が複数ある場合には、各実施形態を組み合わせることも可能である。

[0026] [実施形態1]

図1は、実施形態1に係るクリアランス制御システムに関する概略構成図である。図2は、実施形態1に係る光ファイバプローブを模式的に表した断面図である。図3は、クリアランスの算出方法に関する説明図である。図4は、光ファイバプローブを用いて検出した受光信号の信号強度に関するグラフである。

[0027] 図1に示すように、実施形態1に係るクリアランス制御システム1は、タービン3のケーシング5と動翼6との間に形成されるクリアランスdを計測し、計測結果に基づいて、クリアランスdを調整するシステムである。先ず、クリアランス制御システム1の説明に先立ち、タービン3について説明する。

[0028] タービン3は、蒸気タービンまたはガスタービンを含むターボ機械である。タービン3は、回転軸となる図示しないロータに設けられる複数の動翼6と、複数の動翼6の周囲に設けられるケーシング5とを有している。複数の動翼6は、ロータに取り付けられると共に、ロータの周方向に所定の間隔を空けて並べて設けられている。ケーシング5は、周方向に並べて設けられる動翼6に対向して設けられ、円環形状に形成されている。ケーシング5は、所定のクリアランスdを空けて複数の動翼6に対向して設けられる。ケーシング5は、例えば、内車室と、内車室の外側に設けられる外車室とを含む構成である。

[0029] 次に、図1を参照して、クリアランス制御システム1について説明する。クリアランス制御システム1は、タービン制御部8と、光ファイバ計測装置10とを備えており、光ファイバ計測装置10は、クリアランスdを計測している。

[0030] タービン制御部8は、光ファイバ計測装置10により計測されたクリアランスdに基づいて、クリアランスdを調整するためのクリアランス調整制御を実行している。ここで、クリアランスdとしては、ロータの径方向におけるクリアランス（いわゆる、チップクリアランス）Cと、ロータの軸方向におけるクリアランスdとがあり、図1では、ロータの径方向におけるクリアランスdを示している。

[0031] タービン制御部8は、ロータの径方向におけるクリアランス調整制御として、例えば、内車室及び外車室を含むケーシング5を上下移動させるアクチュエータを制御することにより、クリアランスdを調整している。また、タービン制御部8は、例えば、ロータを上下移動させるアクチュエータを制御

することにより、クリアランスdを調整している。また、タービン制御部8は、例えば、ケーシング5の温度を制御して、ケーシング5の熱伸びを調整することで、クリアランスdを調整している。

[0032] また、タービン制御部8は、ロータの軸方向におけるクリアランス調整制御として、例えば、内車室及び外車室を含むケーシング5を軸方向に移動させるアクチュエータを制御することにより、クリアランスdを調整している。さらに、タービン制御部8は、例えば、ロータを軸方向に移動させるアクチュエータを制御することにより、クリアランスdを調整している。

[0033] 光ファイバ計測装置10は、ケーシング5と動翼6との間のクリアランスdを計測しており、光ファイバプローブ11と、発光部12と、受光部13と、計測制御部14と、を備えている。

[0034] 図1に示すように、光ファイバプローブ11は、ケーシング5に取り付けられ、その被検出面P1が、ロータの径方向において動翼6と対向するように配置される。このため、光ファイバプローブ11は、ケーシング5と動翼6との間の高温・高圧の外部環境下に曝される。図2に示すように、光ファイバプローブ11は、プローブ本体21と、複数の光ファイバ22と、位置規制部材23とを備えている。

[0035] プローブ本体21は、被検出面P1側となる先端側ケース31と、先端側ケース31の後端側に設けられる後端側ケース32と、先端側ケース31と後端側ケース32とを締結するナット33とを含んで構成され、その内部に中空の内部空間Sが形成されている。

[0036] 先端側ケース31は、底板部31aと、円筒部31bと、フランジ部31cとを有しており、有底の円筒形状に形成されている。底板部31aは、外側の面が被検出面P1となっており、内側の面が底面P2となっている。この底板部31aには、被検出面P1と底面P2とが対向する厚み方向において、貫通孔31dが複数形成されており、貫通孔31dは、プローブ本体21の外部とプローブ本体21の内部空間Sとを連通している。複数の貫通孔31dは、径方向の一方側に寄せて一群の貫通孔31dが複数形成され、径

方向の他方側に寄せて他群の貫通孔 3 1 d が複数形成されている。一群の貫通孔 3 1 d の貫通方向と、他群の貫通孔 3 1 d の貫通方向とは、所定の角度 α をなすように形成されている。円筒部 3 1 b は、その先端側に底板部 3 1 a が設けられ、その後端側にフランジ部 3 1 c が設けられている。フランジ部 3 1 c は、円筒部 3 1 b の径方向外側に突出して形成されている。このフランジ部 3 1 c は、締結されるナット 3 3 のストッパとして機能している。また、先端側ケース 3 1 には、フランジ部 3 1 c の内周面側に収容溝 3 1 e が全周に亘って形成され、この収容溝 3 1 e に、位置規制部材 2 3 が収容される。

[0037] 後端側ケース 3 2 は、底板部 3 2 a と、円筒部 3 2 b とを有しており、有底の円筒形状に形成されている。底板部 3 2 a には、複数の光ファイバ 2 2 を挿通する挿通孔 3 2 c が形成されている。円筒部 3 2 b は、その後端側に底板部 3 2 a が設けられ、その先端側に先端側ケース 3 1 のフランジ部 3 1 c が当接する。円筒部 3 2 b の先端側の外周面には、ナット 3 3 が締結する雄ねじが形成されている。

[0038] また、先端側ケース 3 1 と後端側ケース 3 2 との間には、ピン 3 5 が設けられ、ピン 3 5 は、周方向における先端側ケース 3 1 と後端側ケース 3 2 との位置を規制している。このピン 3 5 は、後述するナット 3 3 を締結する際に、先端側ケース 3 1 及び後端側ケース 3 2 が連れ回りすることを規制している。

[0039] ナット 3 3 は、円環状に形成され、軸方向の一方側の内周面に雌ねじと、軸方向の他方側の内周面から突出する突出部 3 3 a とが形成されている。ナット 3 3 は、先端側ケース 3 1 から挿入され、ナット 3 3 の雌ねじと、後端側ケース 3 2 の雄ねじとが締結される。また、ナット 3 3 は、その突出部 3 3 a が、先端側ケース 3 1 のフランジ部 3 1 c に当接することで、位置規制される。

[0040] 複数の光ファイバ 2 2 は、プローブ本体 2 1 の内部空間 S に格納されており、複数の送光用ファイバ 4 1 と、複数の受光用ファイバ 4 2 とを有してい

る。具体的に、送光用ファイバ４１は、２本設けられており、一方の送光用ファイバ４１は、中空の内部空間Ｓにおいて、一方側（図２の上側）に寄せて配置され、他方の送光用ファイバ４１は、他方側（図２の下側）に寄せて配置されている。複数の受光用ファイバ４２は、一方の送光用ファイバ４１を中心として同心円状に複数配置され、同様に、他方の送光用ファイバ４１を中心として同心円状に複数配置されている。このように、複数の光ファイバ２２は、一群となる複数の光ファイバ２２と、他群となる複数の光ファイバ２２とに分けて配置される。

[0041] また、各光ファイバ２２は、直径が細い細径部２２ａと、直径が太い太径部２２ｂとを含んで構成されている。細径部２２ａは、被検出面Ｐ１側となる光ファイバ２２の先端部に設けられる。太径部２２ｂは、細径部２２ｂの後端側に設けられており、太径部２２ｂの後端側に、細径部２２ａが設けられている。つまり、２つの細径部２２ａの間に、太径部２２ｂが設けられている。この光ファイバ２２は、中心部となるコア４５と、コア４５の周囲に設けられるクラッド４６とを有しており、コア４５は、光ファイバ２２の全長に亘って、同じ直径となっている。つまり、光ファイバ２２の細径部２２ａ及び太径部２２ｂにおけるコア４５の直径は、同径となっている。一方で、クラッド４６は、細径部２２ａに比して太径部２２ｂにおける外径が、太くなっている。

[0042] 位置規制部材２３は、円板形状に形成されており、先端側ケース３１の収容溝３１ｅに収容されることで、プローブ本体２１の内部空間Ｓを２つに区分けしている。この位置規制部材２３には、複数の光ファイバ２２の細径部２２ａが挿通される複数の挿通孔２３ａが貫通形成されている。なお、複数の挿通孔２３ａは、一群となる複数の光ファイバ２２に応じて複数貫通形成されると共に、他群となる複数の光ファイバ２２に応じて複数貫通形成される。

[0043] 上記の光ファイバ２２は、先端側の細径部２２ａが、プローブ本体２１の貫通孔３１ｄに挿通され、後端側の細径部２２ａが、位置規制部材２３の挿

通孔 2 3 a に挿通される。また、光ファイバ 2 2 は、太径部 2 2 b が、底面 P 2 と位置規制部材 2 3 との間の内部空間 S に、撓ませた状態で配置される。つまり、太径部 2 2 b は、プローブ本体 2 1 の底面 P 2 と位置規制部材 2 3 との間の長さよりも長く形成されている。そして、太径部 2 2 b は、その先端側が、プローブ本体 2 1 の底面 P 2 に当接し、その後端側が、位置規制部材 2 3 に当接することで、撓ませた状態で配置される。

[0044] 発光部 1 2 は、光ファイバプローブ 1 1 の 2 本の送光用ファイバ 4 1 にそれぞれ接続され、計測制御部 1 4 の発光信号に基づいて、光を出射する。送光用ファイバ 4 1 から出射した光は、動翼 6 に照射されると共に、動翼 6 から反射した反射光が、プローブ本体 2 1 の被検出面 P 1 に入射する。

[0045] 受光部 1 3 は、光ファイバプローブ 1 1 の受光用ファイバ 4 2 にそれぞれ接続され、プローブ本体 2 1 の被検出面 P 1 から入射した反射光を受光し、計測制御部 1 4 へ向けて受光信号を出力する。

[0046] 計測制御部 1 4 は、発光部 1 2 及び受光部 1 3 にそれぞれ接続され、発光部 1 2 に向けて発光信号を出力すると共に、受光部 1 3 から出力された受光信号が入力される。また、計測制御部 1 4 は、タービン制御部 8 に接続され、発光信号と受光信号とを信号処理して、クリアランス d を計測し、計測したクリアランス d を、タービン制御部 8 へ向けて出力する。

[0047] ここで、図 3 及び図 4 を参照して、計測制御部 1 4 によるクリアランス d の算出方法について説明する。計測制御部 1 4 は、下記の (1) 式に示す算出式に基づいて、クリアランス d を算出している。

[0048] [数1]

$$d = \frac{\frac{1}{2} \overline{CD}}{\tan \frac{\alpha}{2}} - \frac{\frac{1}{2} \overline{AB}}{\tan \frac{\alpha}{2}} = \frac{\frac{1}{2} \times 2\pi R \times \frac{\Delta t}{T}}{\tan \frac{\alpha}{2}} - \frac{\frac{1}{2} \ell}{\tan \frac{\alpha}{2}} \quad \dots(1)$$

[0049] ここで、角度 α は、2 本の送光用ファイバ 4 1 から出射される 2 本の光の導光方向が為す角度、つまり、一群の貫通孔 3 1 d の貫通方向と、他群の貫通孔 3 1 d の貫通方向とがなす角度 α である。この角度 α は、既知の角度と

なっている。距離 l は、 $A-B$ 間の長さ、つまり、2本の送光用ファイバ41の間の距離であり、既知の距離となっている。また、周長 $2\pi R$ は、複数の動翼6の外周における周長であり、既知の周長となっている。時間 T は、1周（一回転）にかかる時間であり、ロータの回転速度に基づいて得られる時間となっている。つまり、「 $2\pi R/T$ 」が、複数の動翼6の外周における周速となっている。時間 Δt は、2本の送光用ファイバ41の間を動翼6が通過する時間となっており、受光信号に基づいて得られる。

[0050] ここで、計測制御部14は、受光信号として、図4に示す受光信号を取得する。図4は、その横軸が時間となっており、その縦軸が信号強度となっている。図4に示すとおり、受光信号は、2つの信号ピークが検出されている。2つの信号ピークは、2本の送光用ファイバ41から出射される2本の光によって得られる。そして、計測制御部14は、一方の信号ピークから他方の信号ピークまでの時間を、時間 Δt として取得する。計測制御部14は、受光信号に基づいて時間 Δt を取得すると、上記の(1)式に示す算出式に基づいて、クリアランス d を算出する。

[0051] 以上のように、実施形態1によれば、光ファイバ22の太径部22bを撓ませて内部空間Sに配置することで、太径部22bを内部空間Sの底面P2側に押し当てることができる。このため、外部環境が高温・高圧環境となる場合であっても、光ファイバ22の細径部22aが、プローブ本体21の被検出面P1から陥没することを抑制することができる。また、光ファイバ22をプローブ本体21に固定するための封止材を省略できるため、封止材の欠損を生じさせることがない。よって、外部環境を要因とする光ファイバ22の変化を抑制できることから、検出精度の低下を抑制することができる。

[0052] また、実施形態1によれば、光ファイバ22のコア45の直径を、細径部22a及び太径部22bにおいて同じ直径とすることができるため、コア45とクラッド46との界面を均一な状態に維持することができる。また、クラッド46の外径を太くすれば、太径部22bを簡単に形成することができる。

- [0053] また、実施形態１によれば、過酷な外部環境下に光ファイバプローブ１１を配置する場合であっても、光ファイバプローブ１１の検出精度の低下を抑制できるため、光ファイバ計測装置１０を用いたクリアランスｄの計測を精度よく行うことができる。
- [0054] また、実施形態１によれば、光ファイバ計測装置１０を用いて、クリアランスｄの計測を精度よく行うことができるため、クリアランス制御システム１は、ケーシング５と動翼６との間のクリアランスｄを精度よく調整することができ、タービン効率の向上を図ることができる。
- [0055] なお、実施形態１の光ファイバプローブ１１は、クリアランス制御システム１に用いられる光ファイバ計測装置１０に適用したが、この構成に限定されない。つまり、実施形態１では、クリアランスｄを計測するために、２本の送光用ファイバ４１を用いた。これに対し、例えば、光ファイバプローブは、図５に示す変形例１であってもよい。図５は、実施形態１の変形例１に係る光ファイバプローブを模式的に表した断面図である。図５に示すように、光ファイバ２２は、１本のみの構成であってもよい。
- [0056] また、実施形態１の光ファイバ計測装置１０は、ケーシング５と動翼６との間のクリアランスｄを計測するために用いられたが、この構成に限定されない。例えば、光ファイバ計測装置１０は、タービン３に設けられる静翼とロータとの間のクリアランスを計測するために用いられてもよい。この場合、タービン制御部８は、例えば、アクティブクリアランスコントロール（ＡＣＣ）を制御することにより、クリアランスｄを調整することが好ましい。アクティブクリアランスコントロールとは、静翼とロータとの間に設けられるシール部を、ロータの径方向に移動させることで、クリアランスを調整するものである。
- [0057] また、実施形態１の光ファイバ２２の太径部２２ｂは、クラッド４６の外径を太くすることで形成したが、全長に亘って細径部２２ａとなる光ファイバ２２の周囲に、別体の被覆部材を配置することで、太径部２２ｂを形成してもよい。

[0058] [実施形態 2]

次に、図 6 を参照して、実施形態 2 に係る光ファイバプローブについて説明する。図 6 は、実施形態 2 に係る光ファイバプローブを模式的に表した断面図である。なお、実施形態 2 では、重複した記載を避けるべく、実施形態 1 と異なる部分について説明し、実施形態 1 と同様の構成である部分については、同じ符号を付して説明する。

[0059] 図 6 に示すように、実施形態 2 の光ファイバプローブ 5 0 は、プローブ本体 5 1 と、複数の光ファイバ 5 2 と、位置規制部材 5 3 と、弾性部材 5 4 とを備えている。

[0060] プローブ本体 5 1 は、被検出面 P 1 側となる先端側ケース 6 1 と、先端側ケース 6 1 の後端側に設けられる後端側ケース 6 2 と、先端側ケース 6 1 と後端側ケース 6 2 とを締結するナット 6 3 とを含んで構成され、その内部に中空の内部空間 S が形成されている。

[0061] 先端側ケース 6 1 は、実施形態 1 の先端側ケース 3 1 とほぼ同様であり、底板部 6 1 a と、円筒部 6 1 b と、フランジ部 6 1 c と、貫通孔 6 1 d と、収容溝 6 1 e とを有しており、有底の円筒形状に形成されている。先端側ケース 6 1 は、収容溝 6 1 e が、実施形態 1 に比して、底面 P 2 側まで形成されている。

[0062] 後端側ケース 6 2 は、実施形態 1 の後端側ケース 3 2 とほぼ同様であり、底板部 6 2 a と、円筒部 6 2 b とを有しており、有底の円筒形状に形成されている。また、後端側ケース 6 2 には、円筒部 6 2 b の先端側に、細径円筒部 6 2 c が設けられており、この細径円筒部 6 2 c は、先端側ケース 6 1 の収容溝 6 1 e に収容されると共に、位置規制部材 5 3 の位置を規制している。なお、ナット 6 3 は、実施形態 1 のナット 3 3 と同様であるため、説明を省略する。

[0063] 複数の光ファイバ 5 2 は、プローブ本体 5 1 の内部空間 S に格納されており、実施形態 1 と同様に、複数の送光用ファイバ 7 1 と、複数の受光用ファイバ 7 2 とを有している。

- [0064] また、各光ファイバ5 2は、実施形態1と同様に、直径が細い細径部5 2 aと、直径が太い太径部5 2 bとを含んで構成されている。ここで、太径部5 2 bは、実施形態1に比して短く形成されている。
- [0065] 位置規制部材5 3は、実施形態1と同様であり、円板形状に形成されており、先端側ケース6 1の收容溝6 1 eの底面P 2側に收容される。
- [0066] 上記の光ファイバ5 2は、先端側の細径部5 2 aが、プローブ本体5 1の貫通孔6 1 dに挿通され、後端側の細径部5 2 aが、位置規制部材5 3の挿通孔5 3 aに挿通される。また、光ファイバ5 2は、太径部5 2 bが、プローブ本体5 1の底面P 2と位置規制部材5 3との間の長さよりも短く形成されている。そして、太径部5 2 bは、その先端側が、プローブ本体5 1の底面P 2に当接し、その後端側が、位置規制部材5 3と所定の隙間を空けて配置される。
- [0067] 弾性部材5 4は、光ファイバ5 2の太径部5 2 bの後端部と位置規制部材5 3との隙間に設けられ、複数の光ファイバ5 2の数に応じて複数設けられている。弾性部材5 4は、例えば、皿ばねが用いられており、光ファイバ5 2の太径部5 2 bと位置規制部材5 3とを押圧することで、光ファイバ5 2を被検出面P 1側に押圧している。
- [0068] 以上のように、実施形態2によれば、光ファイバ5 2の太径部5 2 bの後端部と位置規制部材5 3との間に弾性部材5 4を設けることで、弾性部材5 4によって光ファイバ5 2を被検出面P 1側に押圧することができるため、太径部5 2 bを内部空間Sの底面P 2側に押し当てることができる。このため、外部環境が高温・高圧環境となる場合であっても、光ファイバ5 2の細径部5 2 aが、プローブ本体5 1の被検出面P 1から陥没することを抑制することができる。また、光ファイバ5 2をプローブ本体5 1に固定するための封止材を省略できるため、封止材の欠損を生じさせることがない。よって、外部環境を要因とする光ファイバ5 2の変化を抑制できることから、検出精度の低下を抑制することができる。
- [0069] なお、実施形態2の光ファイバプローブ5 0は、光ファイバ5 2の太径部

５２ｂと位置規制部材５３との間に弾性部材５４を設けたが、図７に示す変形例２であってもよい。図７は、実施形態２の変形例２に係る光ファイバプローブを模式的に表した断面図である。図７に示すように、光ファイバ５２の太径部５２ｂと弾性部材５４との間には、円板形状の中間板６８が設けられており、弾性部材５４は、中間板６８と位置規制部材５３との間に一つ設けられている。また、中間板６８には、複数の挿通孔６９が貫通形成され、複数の挿通孔６９に、複数の光ファイバ５２の後端側の細径部５２ａが挿通される。

[0070] この構成によれば、弾性部材５４は、中間板６８を押圧できることから、中間板６８を介して複数の光ファイバ５２の太径部５２ｂの全てを押圧することができる。このため、複数の光ファイバ５２の数に応じて、弾性部材５４を複数用意する必要がなく、弾性部材５４の大きさも大きなものとすることができる。

[0071] [実施形態３]

次に、図８を参照して、実施形態３に係る光ファイバプローブについて説明する。図８は、実施形態３に係る光ファイバプローブを模式的に表した断面図である。なお、実施形態３でも、重複した記載を避けるべく、実施形態１及び２と異なる部分について説明し、実施形態１及び２と同様の構成である部分については、同じ符号を付して説明する。

[0072] 図８に示すように、実施形態３の光ファイバプローブ７０は、実施形態１及び２の光ファイバプローブ１１，５０に、プローブ本体２１，５１の貫通孔３１ｄ，６１ｄに挿通される光学窓７５を、さらに備えたものとなっている。なお、以下では、実施形態１に適用して説明する。

[0073] 光学窓７５は、例えば、サファイアガラスまたは石英ガラスを用いて円柱形状（ロッド形状）に形成されており、貫通孔３１ｄに挿通され、ロウ付けまたは圧入することで、貫通孔３１ｄに固定される。また、光学窓７５は、その外周面にめっき加工が施されており、光学窓７５内における光の反射率を高めている。そして、光学窓７５の後端側には、光ファイバ２２の先端部

が当接する。

[0074] 光ファイバ22の送光用ファイバ41の先端部には、散乱加工が施されており、送光用ファイバ41から出射した光は、散乱して光学窓75に入射する。また、光学窓75が挿通される貫通孔31dは、出射する光が所定の射出角度、所定の拡散角度となるように所定の形状に形成される。また、光学窓75が固定されるプローブ本体21の底板部31aを含む先端部は、光学窓75の熱膨張係数に近づけるべく、例えば、コバールを用いて形成している。

[0075] 以上のように、実施形態3によれば、光学窓75により、プローブ本体21の外部とプローブ本体21の内部空間Sとを区画することができる。このため、光ファイバ22がプローブ本体21の外部に露出することがなく、光ファイバ22を内部空間Sに格納することができるため、光ファイバ22が外部環境に曝されることを抑制することができる。

[0076] なお、実施形態3では、実施形態1および2に適用して説明したが、この構成に限定されない。光ファイバ22は、太径部22bを省略した構成であってもよく、全長に亘って細径部22aであってもよい。

[0077] [実施形態4]

次に、図9を参照して、実施形態4に係る光ファイバ計測装置80について説明する。図9は、実施形態4に係る光ファイバ計測装置を模式的に表した概略構成図である。なお、実施形態4でも、重複した記載を避けるべく、実施形態1から3と異なる部分について説明し、実施形態1から3と同様の構成である部分については、同じ符号を付して説明する。

[0078] 図8に示すように、実施形態4の光ファイバ計測装置80は、2本の送光用ファイバ41から出射される光の色彩が異なる色彩となっている。つまり、発光部12は、第1色彩で発光する第1発光素子81と、第2色彩で発光する第2発光素子82とを有している。そして、第1発光素子81には、一方の送光用ファイバ41が接続され、第2発光素子82には、他方の送光用ファイバ41が接続されている。

[0079] また、受光部 13 は、第 1 色彩の光のみを透過する第 1 バンドパスフィルタ 91 と、第 1 バンドパスフィルタ 91 を透過した光を受光する第 1 受光素子 95 と、第 2 色彩の光のみを透過する第 2 バンドパスフィルタ 92 と、第 2 バンドパスフィルタ 92 を透過した光を受光する第 2 受光素子 96 とを有している。そして、第 1 受光素子 95 は、一方の送光用ファイバ 41 の周囲に設けられる一群の複数の受光用ファイバ 42 が接続され、第 2 受光素子 96 は、他方の送光用ファイバ 41 の周囲に設けられる他群の複数の受光用ファイバ 42 が接続されている。

[0080] この光ファイバ計測装置 80 は、発光部 12 から 2 本の送光用ファイバ 41 へ向かって第 1 色彩及び第 2 色彩の光が出射される。すると、一方の送光用ファイバ 41 から出射した第 1 色彩の光は、動翼 6 に照射されると共に、動翼 6 から反射した反射光が、プローブ本体 21 の被検出面 P1 に入射する。また、他方の送光用ファイバ 41 から出射した第 2 色彩の光は、動翼 6 に照射されると共に、動翼 6 から反射した反射光が、プローブ本体 21 の被検出面 P1 に入射する。

[0081] 受光部 13 は、プローブ本体 21 の被検出面 P1 から一群の受光用ファイバ 42 を介して入射した反射光を、第 1 バンドパスフィルタ 91 を介して、第 1 色彩となる反射光のみを第 1 受光素子 95 において受光する。また、受光部 13 は、プローブ本体 21 の被検出面 P1 から他群の受光用ファイバ 42 を介して入射した反射光を、第 2 バンドパスフィルタ 92 を介して、第 2 色彩となる反射光のみを第 2 受光素子 96 において受光する。

[0082] 以上のように、実施形態 4 によれば、一方の送光用ファイバ 41 から出射した第 1 色彩の光が、他群の受光用ファイバ 42 に入射した場合であっても、受光部 13 の第 2 バンドパスフィルタ 92 によって、第 2 色彩の光のみを透過することができる。同様に、他方の送光用ファイバ 41 から出射した第 2 色彩の光が、一群の受光用ファイバ 42 に入射した場合であっても、受光部 13 の第 1 バンドパスフィルタ 91 によって、第 1 色彩の光のみを透過することができる。このように、受光部 13 は、受光する光を選別することが

できる。このため、複数の送光用ファイバ４１と複数の受光用ファイバ４２との光の混在（つまり、クロストーク）を抑制できることから、受光部１３における光の誤検出を抑制することができる。

符号の説明

- [0083] １ クリアランス制御システム
- ３ タービン
- ５ ケーシング
- ６ 動翼
- ８ タービン制御部
- １０ 光ファイバ計測装置
- １１ 光ファイバプローブ
- １２ 発光部
- １３ 受光部
- １４ 計測制御部
- ２１ プローブ本体
- ２２ 光ファイバ
- ２２ a 細径部
- ２２ b 太径部
- ２３ 位置規制部材
- ２３ a 挿通孔
- ３１ 先端側ケース
- ３１ a 底板部
- ３１ b 円筒部
- ３１ c フランジ部
- ３１ d 貫通孔
- ３１ e 収容溝
- ３２ 後端側ケース
- ３２ a 底板部

- 3 2 b 円筒部
- 3 2 c 挿通孔
- 3 3 ナット
- 3 3 a 突出部
- 3 5 ピン
- 4 1 送光用ファイバ
- 4 2 受光用ファイバ
- 4 5 コア
- 4 6 クラッド
- 5 0 光ファイバプローブ（実施形態 2）
- 5 1 プローブ本体
- 5 2 光ファイバ
- 5 3 位置規制部材
- 5 4 弾性部材
- 6 1 先端側ケース
- 6 1 a 底板部
- 6 1 b 円筒部
- 6 1 c フランジ部
- 6 1 d 貫通孔
- 6 1 e 収容溝
- 6 2 後端側ケース
- 6 2 a 底板部
- 6 2 b 円筒部
- 6 2 c 細径円筒部
- 6 3 ナット
- 6 8 中間板
- 7 0 光ファイバプローブ（実施形態 3）
- 7 5 光学窓

80 光ファイバ計測装置（実施形態4）

81 第1発光素子

82 第2発光素子

91 第1バンドパスフィルタ

92 第2バンドパスフィルタ

95 第1受光素子

96 第2受光素子

d クリアランス

α 角度

P1 被検出面

P2 底面

S 内部空間

請求の範囲

- [請求項1] 外面に設けられる被検出面と、内部に設けられる内部空間とを有するプローブ本体と、
- 前記内部空間に格納され、先端部が前記プローブ本体の前記被検出面側に配置される光ファイバと、
- 前記プローブ本体に取り付けられる位置規制部材と、を備え、
- 前記光ファイバは、先端側において径が細い細径部と、前記細径部の後端側において径が太い太径部と、を有し、
- 前記プローブ本体は、前記内部空間において前記被検出面の反対側に設けられる底面と、前記被検出面と前記底面との間を連通する貫通孔と、を有し、
- 前記細径部は、前記貫通孔に挿通され、
- 前記太径部は、先端部を前記底面に当接させ、前記内部空間に撓ませた状態で配置され、
- 前記位置規制部材は、前記太径部の後端部に当接して設けられ、前記太径部を撓ませた状態で、前記光ファイバの位置を規制することを特徴とする光ファイバプローブ。
- [請求項2] 外面に設けられる被検出面と、内部に設けられる内部空間とを有するプローブ本体と、
- 前記内部空間に格納され、先端部が前記プローブ本体の前記被検出面側に配置される光ファイバと、
- 前記プローブ本体に取り付けられる位置規制部材と、
- 前記光ファイバを前記被検出面側に押圧する弾性部材と、を備え、
- 前記光ファイバは、先端側において径が細い細径部と、前記細径部の後端側において径が太い太径部と、を有し、
- 前記プローブ本体は、前記内部空間において前記被検出面の反対側に設けられる底面と、前記被検出面と前記底面との間を連通する貫通孔と、を有し、

前記細径部は、前記貫通孔に挿通され、
前記太径部は、先端部を前記底面に当接させた状態で配置され、
前記位置規制部材は、前記太径部の後端部に対して隙間を空けて設けられ、

前記弾性部材は、前記太径部の後端部と前記位置規制部材との前記隙間に設けられることを特徴とする光ファイバプローブ。

[請求項3] 前記光ファイバは、中心部となるコアと、前記コアの周囲に設けられるクラッドと、を有し、

前記コアは、前記太径部及び前記細径部における直径が、同径となる一方で、

前記クラッドは、前記細径部に比して前記太径部における外径が、太くなっていることを特徴とする請求項1または2に記載の光ファイバプローブ。

[請求項4] 前記貫通孔の前記被検出面側に挿通される光学窓を、さらに備えることを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の光ファイバプローブ。

[請求項5] 前記光学窓は、軸方向に長い円柱形状となっており、前記軸方向が前記貫通孔の挿通方向となっており、

前記光学窓の外周面は、めっき加工されていることを特徴とする請求項4に記載の光ファイバプローブ。

[請求項6] 外面に設けられる被検出面と、内部に設けられる内部空間とを有するプローブ本体と、

前記内部空間に格納され、先端部が前記プローブ本体の前記被検出面側に配置される光ファイバと、

前記プローブ本体に取り付けられる光学窓と、を備え、

前記プローブ本体は、前記内部空間において前記被検出面の反対側に設けられる底面と、前記被検出面と前記底面との間を連通する貫通孔と、を有し、

前記光ファイバの先端部は、前記貫通孔に挿通され、

前記光学窓は、前記光ファイバの先端部に対して前記貫通孔の前記被検出面側に挿通されることを特徴とする光ファイバプローブ。

[請求項7]

請求項1から6のいずれか1項に記載の光ファイバプローブと、

前記光ファイバプローブへ向けて光を出射する発光部と、

前記光ファイバプローブから入射される光を受光する受光部と、

前記発光部への発光信号と、前記受光部からの受光信号とを信号処理する計測制御部と、を備えることを特徴とする光ファイバ計測装置。

[請求項8]

前記光ファイバは、前記被検出面から光を出射させるための複数の送光用ファイバと、複数の前記送光用ファイバにそれぞれ対応付けられると共に、前記被検出面に入射する光を受光するための複数の受光用ファイバと、を有し、

前記発光部は、複数の前記送光用ファイバから出射される光の色彩を異ならせ、

前記受光部は、複数の異なる色彩の光を選別する複数のフィルタを有することを特徴とする請求項7に記載の光ファイバ計測装置。

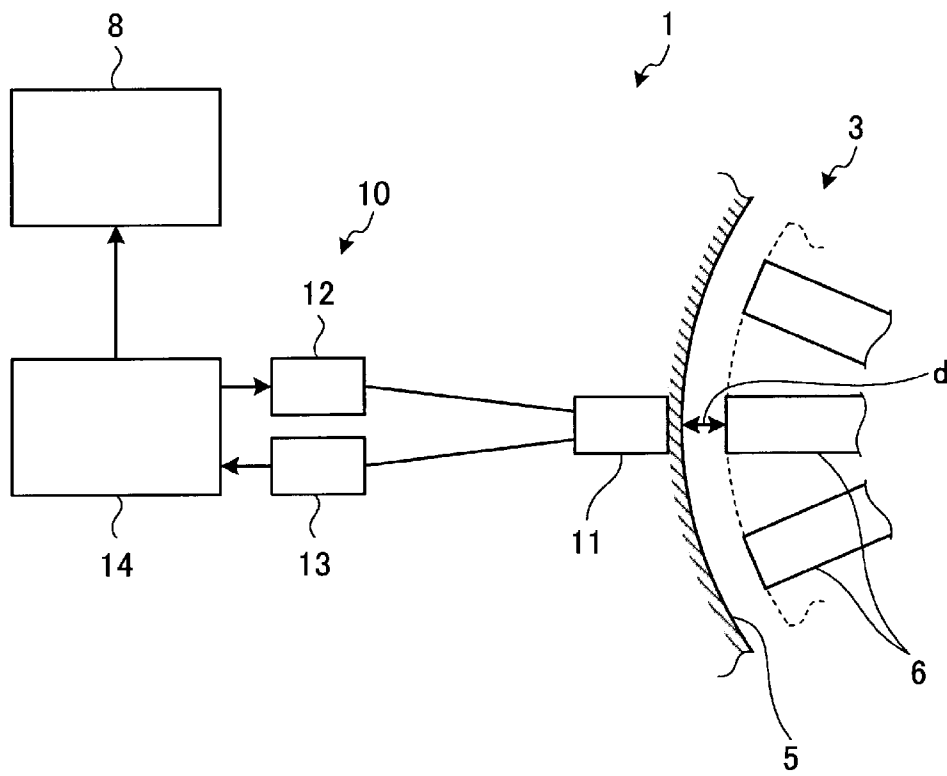
[請求項9]

ケーシングと、前記ケーシングに対して所定のクリアランスを空けて対向して設けられる動翼と、を備えるタービンの前記クリアランスを調整するクリアランス制御システムであって、

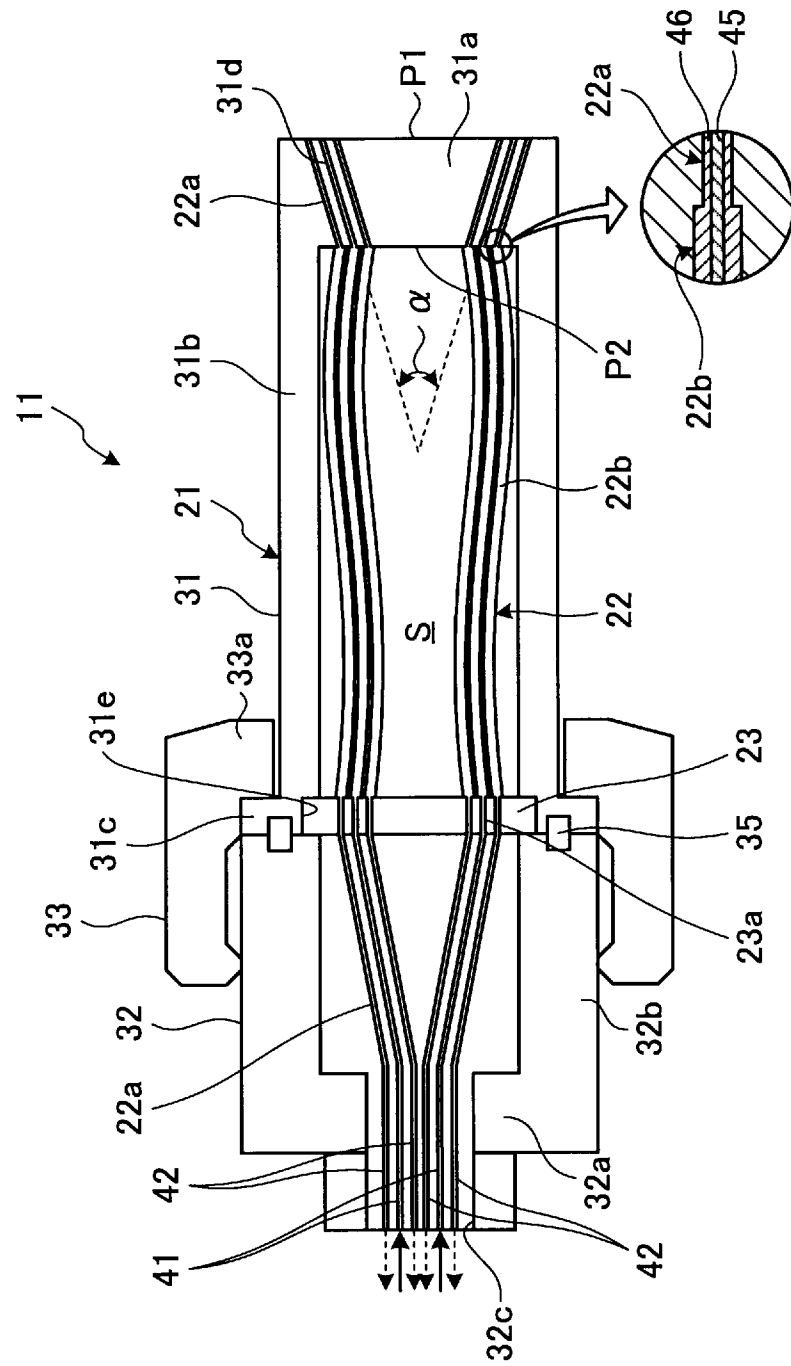
前記発光信号と前記受光信号とに基づいて、前記クリアランスを計測する、請求項7または8に記載の光ファイバ計測装置と、

前記光ファイバ計測装置により計測された前記クリアランスに基づいて、前記クリアランスを調整するためのクリアランス調整制御を実行するタービン制御部と、を備えることを特徴とするクリアランス制御システム。

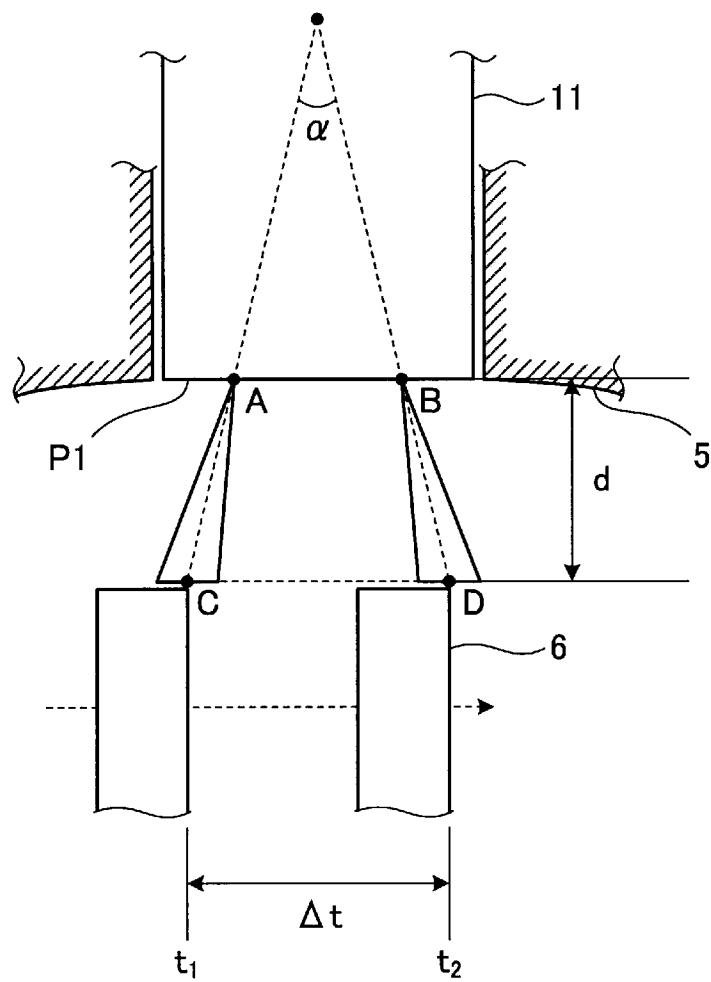
[図1]



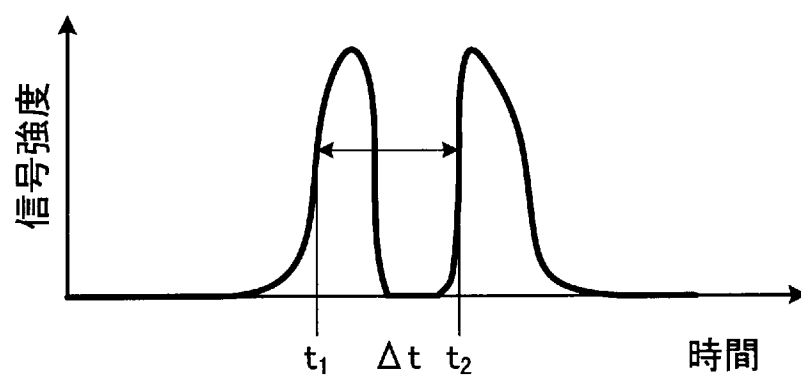
[図2]



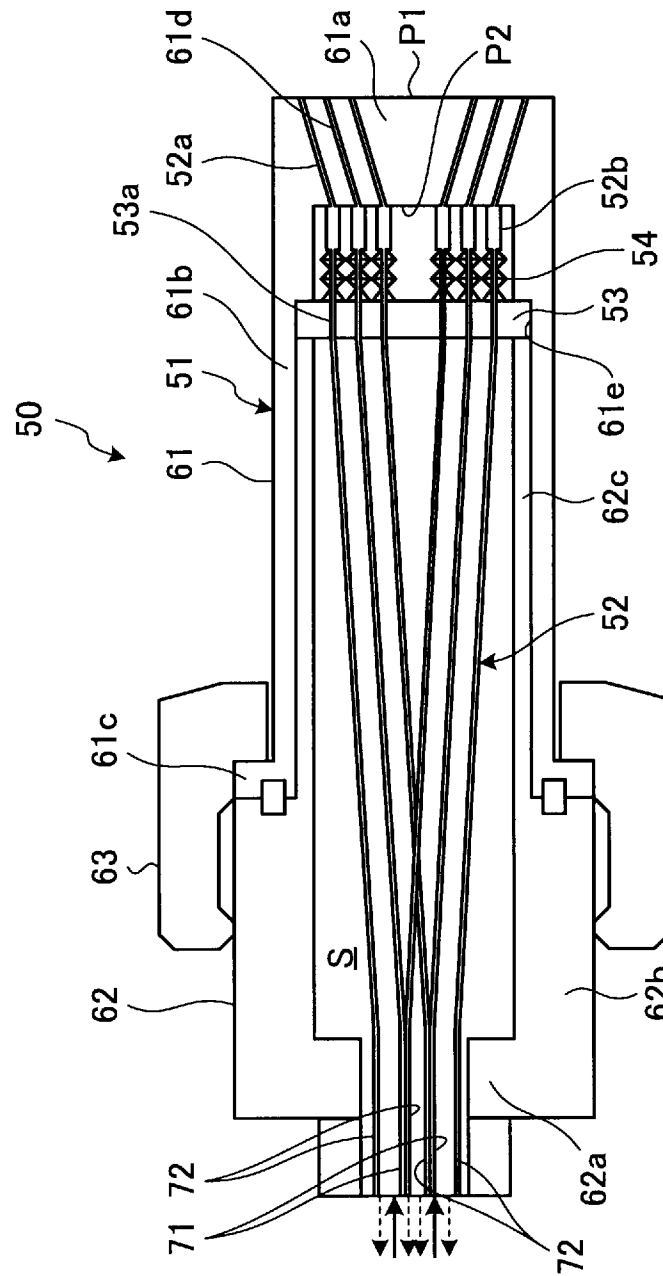
[図3]



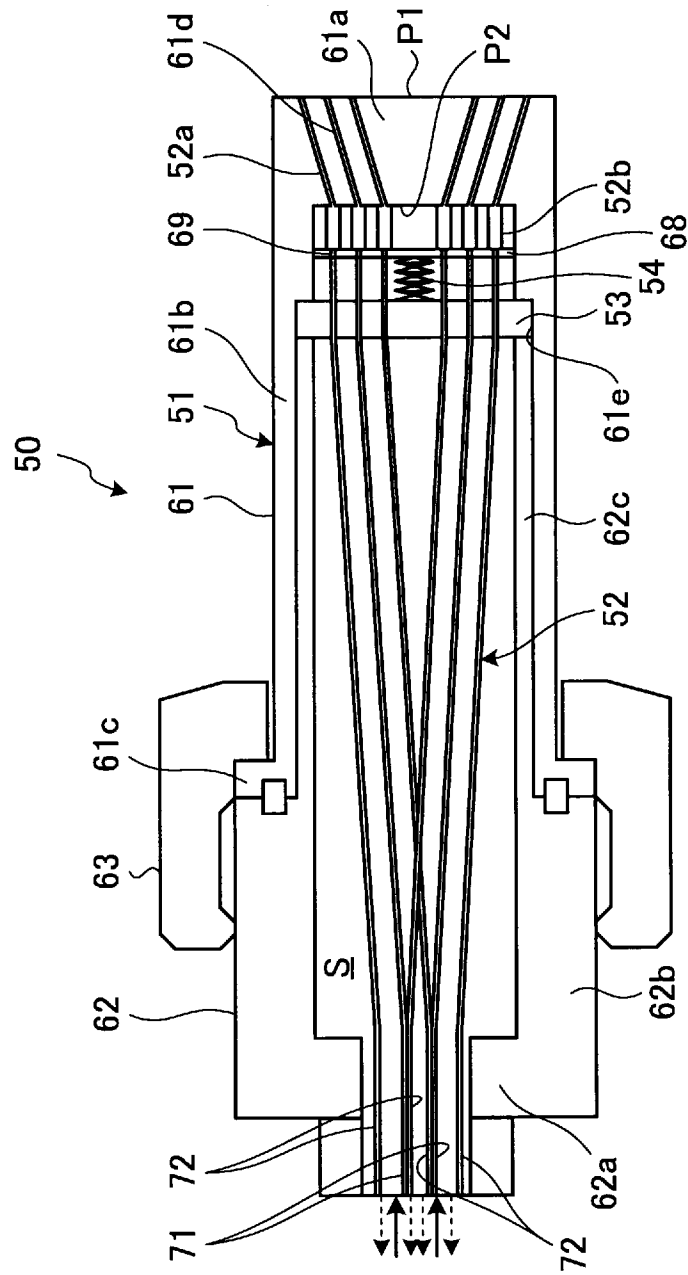
[図4]



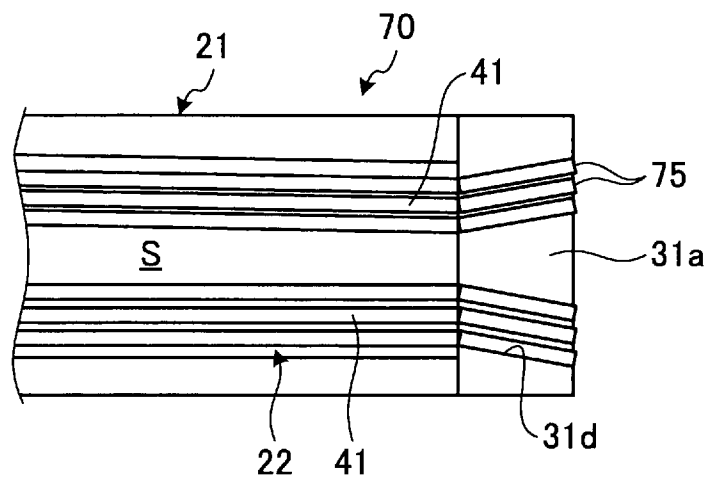
[図6]



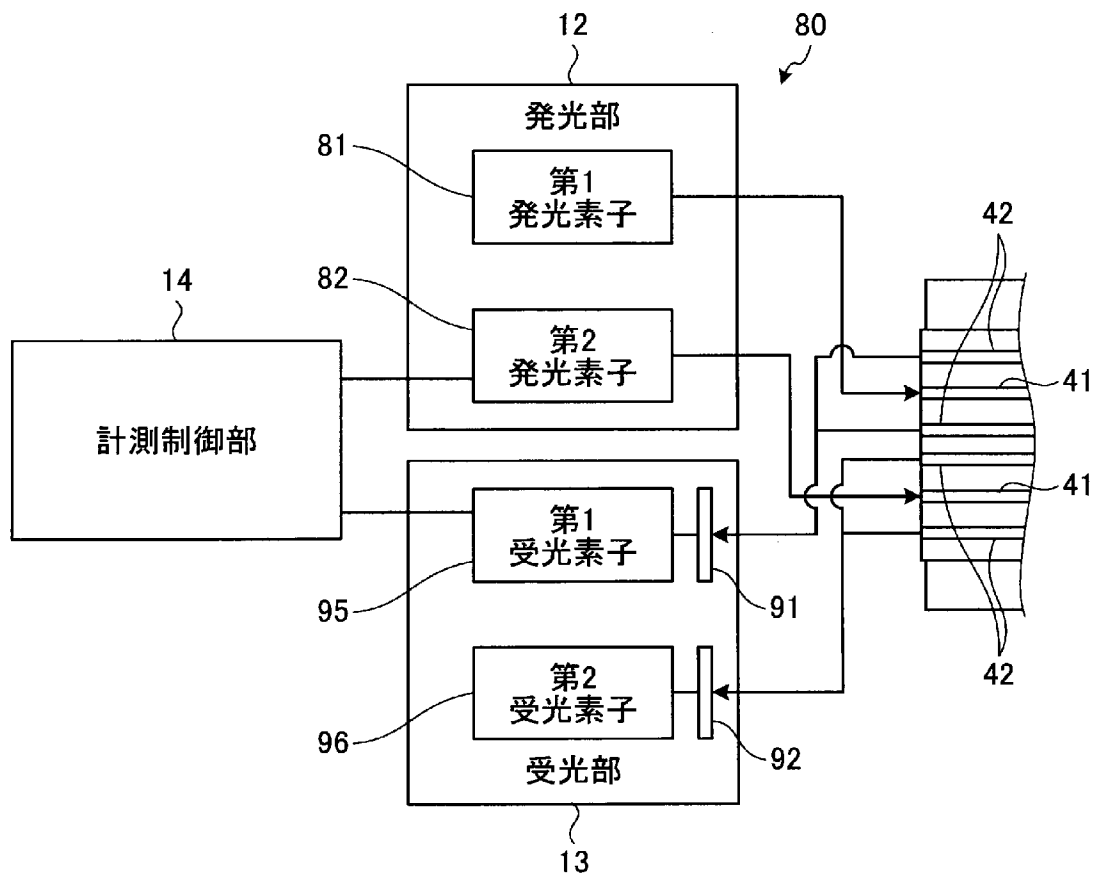
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/069278

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01B11/14(2006.01)i, F01D11/22(2006.01)i, F01D11/24(2006.01)i, F01D25/00(2006.01)i, F02C7/00(2006.01)i, F02C7/28(2006.01)i, G01B11/00(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)

G01B11/14, F01D11/22, F01D11/24, F01D25/00, F02C7/00, F02C7/28, G01B11/00

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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	US 2012/0182563 A1 (Prime Photonics, LC.), 19 July 2012 (19.07.2012), paragraphs [0047], [0059]; fig. 2, 4, 7 & US 2013/0006541 A1 & WO 2012/097284 A1	1-9
Y	WO 2011/018996 A1 (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 17 February 2011 (17.02.2011), paragraphs [0030] to [0039]; fig. 3 & JP 5167413 B & US 2012/0128303 A1 paragraphs [0077] to [0087]; fig. 3 & CN 102472872 A	1, 3-9
Y	JP 2013-250209 A (Olympus Corp.), 12 December 2013 (12.12.2013), paragraph [0026]; fig. 1 (Family: none)	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
06 September 2016 (06.09.16)

Date of mailing of the international search report
20 September 2016 (20.09.16)

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/JP2016/069278

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 2007-271993 A (Japan Aviation Electronics Industry Ltd.), 18 October 2007 (18.10.2007), paragraph [0007]; fig. 5, 9 (Family: none)	3-9
Y	JP 6-50743 A (Tesa S.A.), 25 February 1994 (25.02.1994), fig. 1 to 2 & US 5266797 A fig. 1 to 2	4-9
Y	JP 2012-125551 A (Fujifilm Corp.), 05 July 2012 (05.07.2012), paragraph [0038]; fig. 2 & US 2012/0136211 A1 paragraph [0046]; fig. 2	5-9
Y	CN 104501728 A (Tianjin University), 08 April 2015 (08.04.2015), paragraphs [0049], [0062]; fig. 1 (Family: none)	8-9
Y	JP 2010-175542 A (General Electric Co.), 12 August 2010 (12.08.2010), paragraph [0002] & US 2010/0191502 A1 paragraph [0002]	9

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, F01D11/22(2006.01)i, F01D11/24(2006.01)i, F01D25/00(2006.01)i,
F02C7/00(2006.01)i, F02C7/28(2006.01)i, G01B11/00(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. G01B11/14, F01D11/22, F01D11/24, F01D25/00, F02C7/00, F02C7/28, G01B11/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 6 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 6 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 6 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	US 2012/0182563 A1 (Prime Photonics, LC.) 2012.07.19, [0047]、[0059]、図2、4、7 & US 2013/0006541 A1 & WO 2012/097284 A1	1-9
Y	WO 2011/018996 A1 (日本電信電話株式会社) 2011.02.17, [0030] - [0039]、図3 & JP 5167413 B & US 2012/0128303 A1, [0077] - [0087]、 図3 & CN 102472872 A	1, 3-9

☑ 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

0 6 . 0 9 . 2 0 1 6

国際調査報告の発送日

2 0 . 0 9 . 2 0 1 6

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 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

眞岩 久恵

2 S

4 0 6 7

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 1 6

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 2013-250209 A (オリンパス株式会社) 2013. 12. 12, [0026]、図1 (ファミリーなし)	2-9
Y	JP 2007-271993 A (日本航空電子工業株式会社) 2007. 10. 18, [0007]、図5、9 (ファミリーなし)	3-9
Y	JP 6-50743 A (テサ ソシエテ アノニム) 1994. 02. 25, 図1-2 & US 5266797 A, 図1-2	4-9
Y	JP 2012-125551 A (富士フイルム株式会社) 2012. 07. 05, [0038]、図2 & US 2012/0136211 A1 , [0046]、図2	5-9
Y	CN 104501728 A (天津大学) 2015. 04. 08, [0049]、[0062]、図1 (ファミリーなし)	8-9
Y	JP 2010-175542 A (ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ) 2010. 08. 12 [0002] & US 2010/0191502 A1, [0002]	9