

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6712845号
(P6712845)

(45) 発行日 令和2年6月24日(2020.6.24)

(24) 登録日 令和2年6月4日(2020.6.4)

(51) Int.Cl.	F 1
GO 1 B 11/14	(2006.01)
GO 1 B 11/00	(2006.01)
FO 1 D 25/00	(2006.01)
FO 1 D 11/22	(2006.01)
FO 1 D 11/24	(2006.01)
	GO 1 B 11/14
	GO 1 B 11/00
	FO 1 D 25/00
	FO 1 D 11/22
	FO 1 D 11/24

請求項の数 8 (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2015-178656 (P2015-178656)
(22) 出願日	平成27年9月10日 (2015.9.10)
(65) 公開番号	特開2017-53762 (P2017-53762A)
(43) 公開日	平成29年3月16日 (2017.3.16)
審査請求日	平成30年7月17日 (2018.7.17)

(73) 特許権者	514030104 三菱日立パワーシステムズ株式会社 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3 番1号
(74) 代理人	100089118 弁理士 酒井 宏明
(72) 発明者	宮本 貴洋 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
(72) 発明者	近藤 明生 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
(72) 発明者	大西 智之 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

最終頁に続く

(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) 【特許請求の範囲】

【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、前記プローブ本体の内面に形成される前記位置規制部材を収容する収容溝と、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と共に、前記収容溝に収容されることで、前記プローブ本体の前記内部空間を2つに区分け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複

数の光ファイバと、

前記プローブ本体に取り付けられる位置規制部材と、

複数の前記光ファイバを前記被検出面側に押圧する弹性部材と、

複数の前記光ファイバと前記弹性部材との間に設けられる中間板と、を備え、

前記光ファイバは、先端側において径が細い先端側の細径部と、前記細径部の後端側において径が太い太径部と、前記太径部の後端側において径が細い後端側の細径部と、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、

前記中間板は、複数の前記光ファイバの前記後端側の細径部が挿通される複数の挿通孔を有し、10

前記先端側の細径部は、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、

前記後端側の細径部は、前記挿通孔に挿通され、

前記位置規制部材は、前記後端側の細径部に挿通される前記中間板に対して隙間を空けて設けられ、

前記弹性部材は、前記中間板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、20

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、30

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】

請求項 1 から 5 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 7】

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、40

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 6 に記載の光ファイバ計測装置。

【請求項 8】

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、を備えるターピ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 6 ま50

たは7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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

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】

20

【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】

30

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】

40

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

50

、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。

【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。10

【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。20

【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ため、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。30

【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できなく、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。40

【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に、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。10

【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射出する発光部と、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。20

【0020】

また、前記光ファイバは、前記被検出面から光を射出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射出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射出した光が、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。30

【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。40

【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50

。

【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。

10

【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。

20

【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。

30

【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】

40

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】

50

ターピン制御部 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、ターピン制御部 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、ターピン制御部 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。

【 0 0 3 2 】

また、ターピン制御部 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、ターピン制御部 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。10

【 0 0 3 3 】

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。

【 0 0 3 4 】

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 P 1 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。20

【 0 0 3 5 】

プローブ本体 21 は、被検出面 P 1 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。

【 0 0 3 6 】

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 P 1 となっており、内側の面が底面 P 2 となっている。この底板部 31a には、被検出面 P 1 と底面 P 2 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 31d が複数形成されている。一群の貫通孔 31d の貫通方向と、他群の貫通孔 31d の貫通方向とは、所定の角度 をなすように形成されている。円筒部 31b は、その先端側に底板部 31a が設けられ、その後端側にフランジ部 31c が設けられている。フランジ部 31c は、円筒部 31b 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 31c は、締結されるナット 33 のストップとして機能している。また、先端側ケース 31 には、フランジ部 31c の内周面側に収容溝 31e が全周に亘って形成され、この収容溝 31e に、位置規制部材 23 が収容される。3040

【 0 0 3 7 】

後端側ケース 32 は、底板部 32a と、円筒部 32b 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 32a には、複数の光ファイバ 22 を挿通する挿通孔 32c が形成されている。円筒部 32b は、その後端側に底板部 32a が設けられ、その先端側に先端側ケース 31 のフランジ部 31c が当接する。円筒部 32b の先端側の外周面には、ナット 33 が締結する雄ねじが形成されている。

【 0 0 3 8 】

また、先端側ケース 31 と後端側ケース 32 との間には、ピン 35 が設けられ、ピン 35 は、周方向における先端側ケース 31 と後端側ケース 32 との位置を規制している。このピン 35 は、後述するナット 33 を締結する際に、先端側ケース 31 及び後端側ケース50

3 2 が連れ回りすることを規制している。

【 0 0 3 9 】

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。

【 0 0 4 0 】

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 4 1 は、2 本設けられており、一方の送光用ファイバ 4 1 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 4 1 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 4 2 は、一方の送光用ファイバ 4 1 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 4 1 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 2 2 は、一群となる複数の光ファイバ 2 2 と、他群となる複数の光ファイバ 2 2 とに分けて配置される。

【 0 0 4 1 】

また、各光ファイバ 2 2 は、直径が細い細径部 2 2 a と、直径が太い太径部 2 2 b とを含んで構成されている。細径部 2 2 a は、被検出面 P 1 側となる光ファイバ 2 2 の先端部に設けられる。太径部 2 2 b は、細径部 2 2 b の後端側に設けられており、太径部 2 2 b の後端側に、細径部 2 2 a が設けられている。つまり、2 つの細径部 2 2 a の間に、太径部 2 2 b が設けられている。この光ファイバ 2 2 は、中心部となるコア 4 5 と、コア 4 5 の周囲に設けられるクラッド 4 6 を有しており、コア 4 5 は、光ファイバ 2 2 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 2 2 の細径部 2 2 a 及び太径部 2 2 b におけるコア 4 5 の直径は、同径となっている。一方で、クラッド 4 6 は、細径部 2 2 a に比して太径部 2 2 b における外径が、太くなっている。

【 0 0 4 2 】

位置規制部材 2 3 は、円板形状に形成されており、先端側ケース 3 1 の収容溝 3 1 e に収容されることで、プローブ本体 2 1 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 2 3 には、複数の光ファイバ 2 2 の細径部 2 2 a が挿通される複数の挿通孔 2 3 a が貫通形成されている。なお、複数の挿通孔 2 3 a は、一群となる複数の光ファイバ 2 2 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 2 2 に応じて複数貫通形成される。

【 0 0 4 3 】

上記の光ファイバ 2 2 は、先端側の細径部 2 2 a が、プローブ本体 2 1 の貫通孔 3 1 d に挿通され、後端側の細径部 2 2 a が、位置規制部材 2 3 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。

【 0 0 4 4 】

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、光を射出する。送光用ファイバ 4 1 から射出した光は、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。

【 0 0 4 5 】

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。

10

20

30

40

50

【0046】

計測制御部14は、発光部12及び受光部13にそれぞれ接続され、発光部12に向けて発光信号を出力すると共に、受光部13から出力された受光信号が入力される。また、計測制御部14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14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14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41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31dの貫通方向と、他群の貫通孔31dの貫通方向となす角度である。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ますため、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 1 1 を配置する場合であっても、光ファイバプローブ 1 1 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 1 0 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。

【 0 0 5 4 】

また、実施形態 1 によれば、光ファイバ計測装置 1 0 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、ターピン効率の向上を図ることができる。

【 0 0 5 5 】

なお、実施形態 1 の光ファイバプローブ 1 1 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 1 0 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 4 1 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 2 2 は、1 本のみの構成であってもよい。10

【 0 0 5 6 】

また、実施形態 1 の光ファイバ計測装置 1 0 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 1 0 は、ターピン 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、ターピン制御部 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。20

【 0 0 5 7 】

また、実施形態 1 の光ファイバ 2 2 の太径部 2 2 b は、クラッド 4 6 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 2 2 a となる光ファイバ 2 2 の周囲に、別体の被覆部材を配置することで、太径部 2 2 b を形成してもよい。

【 0 0 5 8 】

[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。30

【 0 0 5 9 】

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。

【 0 0 6 0 】

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。40

【 0 0 6 1 】

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。

【 0 0 6 2 】

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 5 350

の位置を規制している。なお、ナット 63 は、実施形態 1 のナット 33 と同様であるため、説明を省略する。

【0063】

複数の光ファイバ 52 は、プローブ本体 51 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 71 と、複数の受光用ファイバ 72 を有している。

【0064】

また、各光ファイバ 52 は、実施形態 1 と同様に、直径が細い細径部 52a と、直径が太い太径部 52b とを含んで構成されている。ここで、太径部 52b 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 53 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 61 の収容溝 61e の底面 P2 側に収容される。

【0066】

上記の光ファイバ 52 は、先端側の細径部 52a が、プローブ本体 51 の貫通孔 61d に挿通され、後端側の細径部 52a が、位置規制部材 53 の挿通孔 53a に挿通される。また、光ファイバ 52 は、太径部 52b が、プローブ本体 51 の底面 P2 と位置規制部材 53 との間の長さよりも短く形成されている。そして、太径部 52b は、その先端側が、プローブ本体 51 の底面 P2 に当接し、その後端側が、位置規制部材 53 と所定の隙間を空けて配置される。

【0067】

弾性部材 54 は、光ファイバ 52 の太径部 52b の後端部と位置規制部材 53 との隙間に設けられ、複数の光ファイバ 52 の数に応じて複数設けられている。弾性部材 54 は、例えば、皿ばねが用いられており、光ファイバ 52 の太径部 52b と位置規制部材 53 とを押圧することで、光ファイバ 52 を被検出面 P1 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 52 の太径部 52b の後端部と位置規制部材 53 との間に弾性部材 54 を設けることで、弾性部材 54 によって光ファイバ 52 を被検出面 P1 側に押圧することができるため、太径部 52b 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 52 の細径部 52a が、プローブ本体 51 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 52 をプローブ本体 51 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 52 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 50 は、光ファイバ 52 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ます。

【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

10

20

30

40

50

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。

【 0 0 7 2 】

図 8 に示すように、実施形態 3 の光ファイバプローブ 7 0 は、実施形態 1 及び 2 の光ファイバプローブ 1 1 , 5 0 に、プローブ本体 2 1 , 5 1 の貫通孔 3 1 d , 6 1 d に挿通される光学窓 7 5 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。

【 0 0 7 3 】

光学窓 7 5 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 3 1 d に挿通され、口ウ付けまたは圧入することで、貫通孔 3 1 d に固定される。また、光学窓 7 5 は、その外周面にめっき加工が施されており、光学窓 7 5 内における光の反射率を高めている。そして、光学窓 7 5 の後端側には、光ファイバ 2 2 の先端部が当接する。10

【 0 0 7 4 】

光ファイバ 2 2 の送光用ファイバ 4 1 の先端部には、散乱加工が施されており、送光用ファイバ 4 1 から出射した光は、散乱して光学窓 7 5 に入射する。また、光学窓 7 5 が挿通される貫通孔 3 1 d は、出射する光が所定の出射角度、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 7 5 が固定されるプローブ本体 2 1 の底板部 3 1 a を含む先端部は、光学窓 7 5 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。20

【 0 0 7 5 】

以上のように、実施形態 3 によれば、光学窓 7 5 により、プローブ本体 2 1 の外部とプローブ本体 2 1 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 2 2 がプローブ本体 2 1 の外部に露出することなく、光ファイバ 2 2 を内部空間 S に格納することができるため、光ファイバ 2 2 が外部環境に曝されることを抑制することができる。

【 0 0 7 6 】

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 2 2 は、太径部 2 2 b を省略した構成であってもよく、全長に亘って細径部 2 2 a であってもよい。30

【 0 0 7 7 】

[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 8 0 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。

【 0 0 7 8 】

図 8 に示すように、実施形態 4 の光ファイバ計測装置 8 0 は、2 本の送光用ファイバ 4 1 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 1 2 は、第 1 色彩で発光する第 1 発光素子 8 1 と、第 2 色彩で発光する第 2 発光素子 8 2 とを有している。そして、第 1 発光素子 8 1 には、一方の送光用ファイバ 4 1 が接続され、第 2 発光素子 8 2 には、他方の送光用ファイバ 4 1 が接続されている。40

【 0 0 7 9 】

また、受光部 1 3 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 9 1 と、第 1 バンドパスフィルタ 9 1 を透過した光を受光する第 1 受光素子 9 5 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 9 2 と、第 2 バンドパスフィルタ 9 2 を透過した光を受光する第 2 受光素子 9 6 とを有している。そして、第 1 受光素子 9 5 は、一方の送光用ファイバ 4 1 の周囲に設けられる一群の複数の受光用ファイバ 4 2 が接続され、第 2 受光素子 9 6 は、他方の送光用ファイバ 4 1 の周囲に設けられる他群の複数の受光用ファイ50

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。

10

【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。

20

【符号の説明】

【0083】

- 1 クリアランス制御システム
- 3 ターピン
- 5 ケーシング
- 6 動翼
- 8 ターピン制御部
- 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

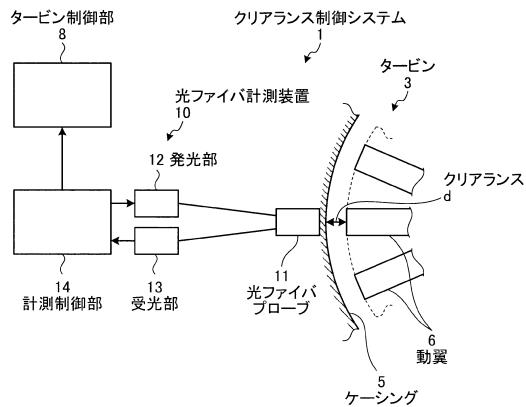
30

40

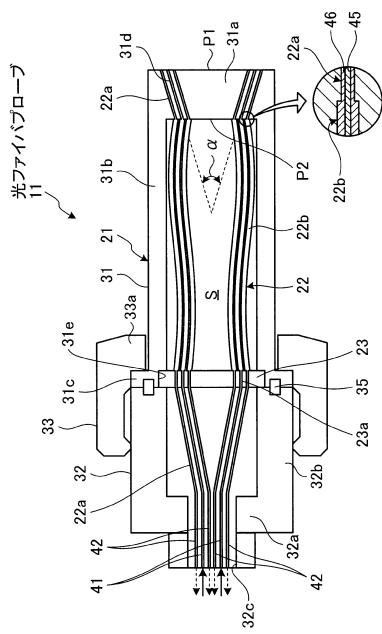
50

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）	10
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	20
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	
8 0	光ファイバ計測装置（実施形態4）	
8 1	第1発光素子	30
8 2	第2発光素子	
9 1	第1バンドパスフィルタ	
9 2	第2バンドパスフィルタ	
9 5	第1受光素子	
9 6	第2受光素子	
d	クリアランス	
	角度	
P 1	被検出面	
P 2	底面	
S	内部空間	40

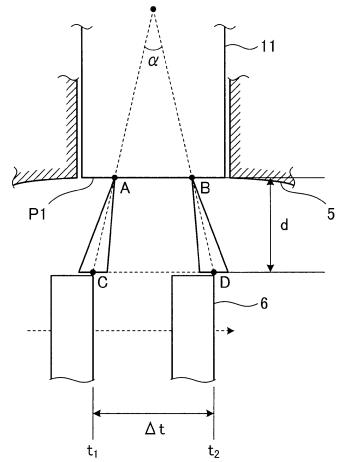
【図1】



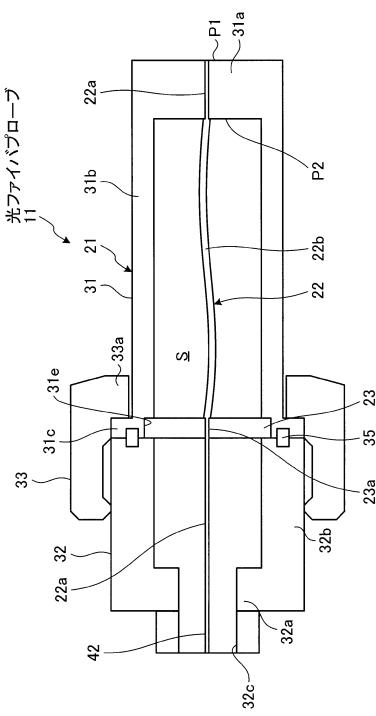
【図2】



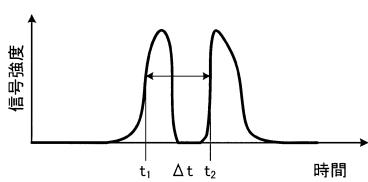
【図3】



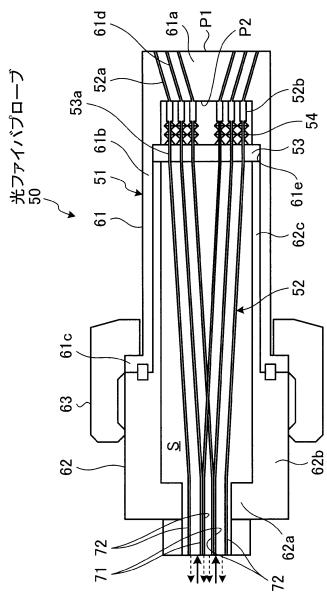
【図5】



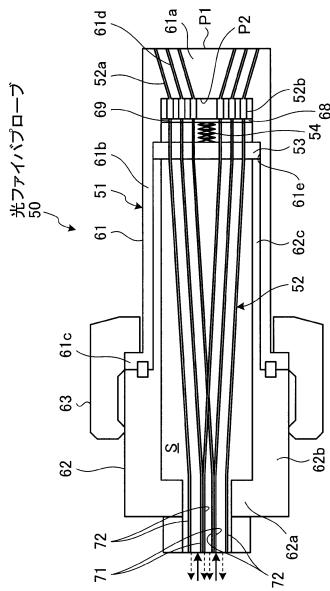
【図4】



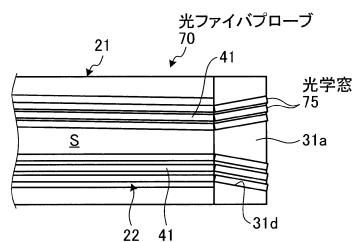
【図6】



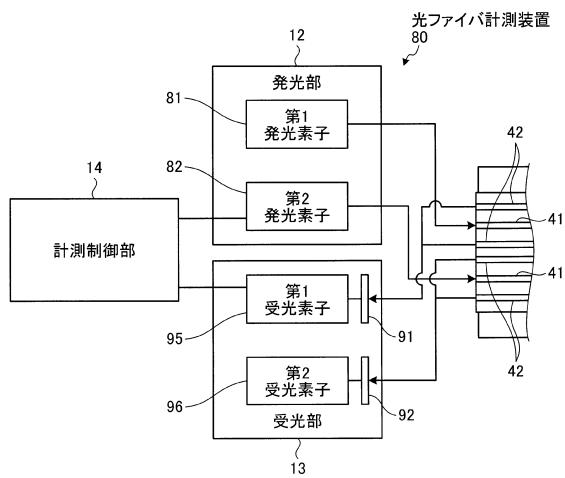
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I
F 02C 7/28 (2006.01)	F 02C 7/28 A
F 02C 7/00 (2006.01)	F 02C 7/00 A

(72)発明者 濱田 雄久
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

審査官 真岩 久恵

(56)参考文献 米国特許出願公開第2012/0182563(US, A1)
特表2000-503769(JP, A)
国際公開第2011/018996(WO, A1)
特開2007-271993(JP, A)
特開平06-050743(JP, A)
特開2012-125551(JP, A)
中国特許出願公開第104501728(CN, A)
特開2010-175542(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 01 B	11 / 00 - 11 / 30
F 01 D	11 / 22
F 01 D	11 / 24
F 01 D	25 / 00
F 02 C	7 / 00
F 02 C	7 / 28