

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5329334号
(P5329334)

(45) 発行日 平成25年10月30日(2013.10.30)

(24) 登録日 平成25年8月2日(2013.8.2)

(51) Int.Cl.

F01D 5/16 (2006.01)

F1

F01D 5/16

請求項の数 12 外国語出願 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2009-180588 (P2009-180588)
 (22) 出願日 平成21年8月3日 (2009.8.3)
 (65) 公開番号 特開2010-38165 (P2010-38165A)
 (43) 公開日 平成22年2月18日 (2010.2.18)
 審査請求日 平成24年5月24日 (2012.5.24)
 (31) 優先権主張番号 0814018.8
 (32) 優先日 平成20年8月1日 (2008.8.1)
 (33) 優先権主張国 英国 (GB)

(73) 特許権者 590005438
 ロールス・ロイス、パブリック、リミテッド、カンパニー
 ROLLS-ROYCE PUBLIC
 LIMITED COMPANY
 イギリス国ロンドン、バッキンガム、ゲイ
 ト 65
 (74) 代理人 100075812
 弁理士 吉武 賢次
 (74) 代理人 100091982
 弁理士 永井 浩之
 (74) 代理人 100096895
 弁理士 岡田 淳平
 (74) 代理人 100117787
 弁理士 勝沼 宏仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】振動ダンパー

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半径方向に延びる複数のブレードを持つ少なくとも一つのタービンロータを含み、各ブレードは、エアロホイルと、このエアロホイルの半径方向内方に配置されたプラットホームと、このプラットホームの半径方向内方に配置されたステムとを有する、ターボマシンで使用するための振動ダンパーにおいて、

隣接したブレードプラットホームに設けられた夫々の接触面と係合するように形成された一対のシール面を含むシール領域と、前記シール領域から半径方向内方に延び、隣接したブレードステムの間の位置で終端するように形成されたマス領域とを含み、

前記シール領域は、前記対をなしたシール面のうちの第1シール面が、前記ロータに対して実質的に半径方向の平面内にあり、前記隣接したブレードプラットホームのうちの一方の半径方向接触面と係合するように形成されている、振動ダンパー。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の振動ダンパーにおいて、

前記マス領域は全体に細長い形態である、振動ダンパー。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の振動ダンパーにおいて、

前記マス領域は、前記シール領域と隣接した比較的狭い区分と、その半径方向内方の比較的大きな区分とを有する、振動ダンパー。

【請求項 4】

20

請求項 1 に記載の振動ダンパーにおいて、
重心が、実質的に前記マス領域内に、又は前記マス領域とほぼ隣接して配置されている
、振動ダンパー。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の振動ダンパーにおいて、
前記シール領域は、前記シール面が前記ロータに対して半径方向外方で先細になるよう
に形成されており、前記隣接したブレードプラットホームの同様に先細になる接触面と係
合する、振動ダンパー。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の振動ダンパーにおいて、
前記シール面は互いに鋭角をなす、振動ダンパー。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の振動ダンパーにおいて、
前記ロータの回転中に前記ダンパーに作用する遠心力の線が、前記対をなしたシール面
のうちの第 2 シール面の中央弦領域を通過する質量分布を持つように形成されている、振
動ダンパー。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の振動ダンパーにおいて、
前記シール領域は保持突出部を有し、この保持突出部は、前記振動ダンパーに作用する
遠心力が、前記シール面を押圧して前記接触面と係合させるには不十分である場合に、隣
接したブレードプラットホームのうちの一方に形成された対応する保持凹所内に緩く係合
し、前記保持凹所内に保持される形体を備えている、振動ダンパー。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の複数の振動ダンパーが、隣接したタービンブレード間に設けられた少
なくとも一つのタービンロータを持ち、
前記ロータの各ブレードの前記プラットホームは、前記エアロホイルの一方の側に第 1
接触面を形成し、前記エアロホイルの反対側に第 2 接触面を形成するような形体を有し、
前記プラットホームは、前記第 2 接触面の実質的に半径方向内方に配置された突出部を
含み、前記第 2 接触面と前記突出部との間に凹所を形成し、
振動ダンパーのシール領域は、前記凹所内に配置されている、ターボマシン。

【請求項 10】

請求項 9 に記載のターボマシンにおいて、
前記第 1 接触面は、前記ロータに対して実質的に半径方向の平面内にあり、前記第 2 接
触面は、前記半径方向の平面に対して鋭角をなす平面内にある、ターボマシン。

【請求項 11】

請求項 10 に記載のターボマシンにおいて、
前記第 1 接触面は前記エアロホイルの吸引側に設けられ、前記第 2 接触面は前記エアロ
ホイルの圧力側に設けられる、ターボマシン。

【請求項 12】

請求項 11 に記載のターボマシンにおいて、
各ダンパーは、そのシール領域が、実質的に、一方のブレードの前記第 1 接触面と、隣
接したブレードの前記第 2 接触面との間に形成された空間内に配置されるように形成され
ている、ターボマシン。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は振動ダンパーに関し、更に詳細には、ガスタービンやスチームタービン等のタ
ーボマシンのタービンブレードの隣接したプラットホーム区分間で使用される振動ダンパ
ーに関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【0002】

ガスタービンエンジン等の代表的なターボマシンは、複数のタービンブレードがロータホイール又はディスクの周囲に、近接して、半径方向に間隔が隔てられた関係で取り付けられた多数のタービン区分を含む。タービンブレードは、作用ガス流の運動エネルギーを機械の回転エネルギーに変換するため、高温のガス流中に突出するように構成されている。各ロータブレードは、ディスクに形成された相補的凹所に受け入れられる根部と、エアロホイルと、根部区分とエアロホイル区分との間に配置されたプラットホームとを含む。ブレードのプラットホームは横方向に延びてあり、エンジンを通るコア流路の半径方向最内面を集合的に形成する。この種の全体構成を図1に例として示す。図1は、二つの隣接したタービンブレード1、2を示す。これらのタービンブレードは、各々、「モミの木(fir-tree)」形体断面の根部領域3を有する。各タービンブレード1、2のモミの木状根部3は、中央ロータディスク5に設けられた相補的凹所4内に受け入れられる。

【0003】

各ロータブレード1、2は、モミの木状根部3から半径方向外方に延びるに従って、広幅になるステム領域6を有し、この領域の外側には、横方向に延びるプラットホーム7が夫々設けられている。プラットホーム7の半径方向外側にはエアロホイル領域8が配置されている。このエアロホイル領域には、図示の構成では、全体に従来の方法で複数の冷却穴9が設けられている。

【0004】

エンジンの作動中、代表的には、タービンブレード1、2間とロータディスク5との間、及びタービンブレード1、2それ自体の間で振動が発生する。この振動は、抑制されていない場合には、タービンブレードの疲労をもたらし、そのため、これらの振動のエネルギーを放散するための構成を設けることが必要とされる。これは、一般的には、隣接したタービンブレード間に振動ダンパーを挿入することによって行われる。これらのダンパーは、図1に示す先細の接触面10、11等の隣接したプラットホーム7の向き合った接触面に当接するように構成されている。

【0005】

この種の代表的な振動ダンパーを図2に参考番号12で示す。この振動ダンパー12は、更に、この図でわかるように、図2に概略に示す作動位置において、隣接したブレードプラットホーム7間の小さな隙間13をシールする二次的機能を果たす。隣接したタービンブレード間の隙間13をこのようにシールすることにより、エンジンを通る作動流体流の高温のガスがプラットホーム7の下を流れないようにし、これによって、ガスタービンエンジンを非効率にする原因をなくす。更に、隣接したプラットホーム7間の隙間13をシールすることにより、冷却ガスをエンジンの高温の作用ガス流中に漏出することなく、ステム6間の間隔を通して冷却ガス流を供給できる。

【0006】

各振動ダンパー12は、エンジンの作動中にダンパー12に遠心力による負荷が加わったとき、ブレードプラットホーム7の先細の接触面10、11に押し付けられてこれと密封係合する一対の先細の平らなシール面14、15を持つように構成されている。ダンパー12のシール面14、15とブレードプラットホーム7の接触面10、11とが接触したとき、隣接したタービンブレード間の相対的移動により、接触面10、11とシール面14、15との間に摺動移動が生じ、これにより振動エネルギーを放散する。

【0007】

しかしながら、上文中に説明した一般的な種類の従来提案された振動ダンパー12には多くの欠点があったことがわかっている。例えば、従来のダンパーは、減衰を効果的に行う上で質量が不十分であった。更に、上文中に説明した種類の振動ダンパーは、多くの場合、隣接したタービンブレード間の主要な半径方向相対移動(primary radial relative movement)により発生する振動の場合には、特に効果的な減衰を提供しない。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【0008】

従って、本発明の目的は、ターボマシンで使用するための改良振動ダンパーを提供することである。本発明の別の目的は、このような改良振動ダンパーを組み込んだターボマシンを提供することである。

【課題を解決するための手段】**【0009】**

従って、本発明の第1の特徴は、半径方向に延びる複数のブレードを持つ少なくとも一つのタービンロータを含み、各ブレードは、エアロホイルと、このエアロホイルの半径方向内方に配置されたプラットホームと、このプラットホームの半径方向内方に配置されたシステムとを有する、ターボマシンで使用するための振動ダンパーであって、隣接したブレードプラットホームに設けられた夫々の接触面と係合するように形成された一対のシール面を含むシール領域を含み、シール領域から半径方向内方に延び、隣接したブレードシステムの間の位置で終端するように形成されたマス領域を含むことを特徴とする振動ダンパーを提供する。
10

【0010】

好ましくは、マス領域は全体に細長い形態であり、シール領域と隣接した比較的狭い区分と、その半径方向内方の比較的大きな区分とを含んでいてもよい。

【0011】

別の好ましい構成では、振動ダンパーは、重心が、実質的にマス領域内に、又はマス領域とほぼ隣接して配置される。
20

【0012】

振動ダンパーのシール領域は、シール面がロータに対して半径方向外方で先細になるように形成されていてもよく、隣接したブレードプラットホームの同様に先細になる接触面と係合する。

【0013】

好ましくは、シール面は互いに鋭角をなす。

【0014】

シール領域は、好ましくは、対をなしたシール面のうちの第1シール面が、ロータに対して実質的に半径方向の平面内にあり、隣接したブレードプラットホームのうちの一方の半径方向接触面と係合するように形成されていてもよい。
30

【0015】

振動ダンパーは、ロータの回転中にダンパーに作用する遠心力の線が、前記対をなしたシール面のうちの第2シール面の中央弦領域を通過する質量分布を持つように形成されていてもよい。

【0016】

好ましい実施形態では、振動ダンパーのシール領域は保持突出部を有し、この保持突出部は、振動ダンパーに作用する遠心力が、シール面を押圧してブレードプラットホームの接触面と係合させるには不十分である場合に、隣接したブレードプラットホームのうちの一方に形成された対応する保持凹所内に緩く係合し、前記保持凹所内に保持される形体を備えている。
40

【0017】

本発明の別の特徴によれば、隣接したタービンブレード間に上文中に説明した種類の複数の振動ダンパーが設けられた少なくとも一つのタービンロータを持つターボマシンが提供される。

【0018】

ターボマシンの好ましい実施形態では、ロータの各ブレードは、エアロホイルと、このエアロホイルの半径方向内方に配置されたプラットホームと、このプラットホームの半径方向内方に配置されたシステムとを有し、プラットホームは、エアロホイルの一方の側に第1接触面を形成し、エアロホイルの反対側に第2接触面を形成する形体を有し、第1接触面は、ロータに対して実質的に半径方向の平面内にあり、第2接触面は、半径方向の平面
50

に対して鋭角をなす平面内にある。

【0019】

好ましくは、前記第1接触面はエアロホイルの吸引側に設けられ、前記第2接触面はエアロホイルの圧力側に設けられる。

【0020】

更に、各ロータブレードのプラットホームは、第2接触面と突出部との間に凹所を形成するため、好ましくは、第2接触面の実質的に半径方向内方に配置された突出部を含む。

【0021】

各振動ダンパーは、そのシール領域が、実質的に、一方のブレードの第1接触面と、隣接したブレードの第2接触面との間に形成された空間内に配置されるように形成されている。遠心力が加わっていない場合でも振動ダンパーをこの位置に保持するため、振動ダンパーのシール領域の一部が前記凹所内に延びてあり、この凹所内に緩く配置される。

【0022】

次に、本発明の実施形態について添付図面を参照して例として説明する。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】図1は、ロータディスクを中心として半径方向に配置された隣接したタービンブレードの従来の構成をおおまかに示す図である。

【図2】図2は、(上述した)従来技術の振動ダンパー構成を示す図である。

【図3】図3は、特定の振動モードについての、隣接したブレードプラットホームの接触面間の角度に対するタービンブレードのチップの変位のプロットを示す図である。

【図4】図4は、本発明による振動ダンパーを示す概略断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

上述のように、ガスタービンエンジン用振動ダンパーは、タービンの回転中にダンパーに遠心力による負荷が加わったとき、二つの隣接したタービンブレードプラットホームに設けられた角度をなした表面と接触するように構成された一対の先細の平らな表面を持つ中実のマスの形態をとる。従って、このような構成は、ブレードのエアロホイル区分の両側に接触面を持つタービンブレードを設けることを必要とするということは明らかである。これらの接触面は、両方とも、半径方向の平面に対して角度をなしている。このような構成には、多くの欠点があるということがわかっている。

【0025】

これらの欠点のうちの第1の欠点は、図1及び図2を考慮することにより明らかであり、これらの図から、この種の形体の構成を提供するためには、必要な接触面を形成するため、プラットホームの両側に材料除去作業を行わなければならないということがわかる。このことは、ブレード鋳造体の現在の形態により、利用可能なプラットホーム下空間が制限されるため、ダンパーを現存のブレード設計に合わせて改造する必要がある場合に特に問題となる。このような場合には、タービンブレードの両側でプラットホームに適当なキヤビティを機械加工する上で、費用上の理由により、及び構造に機械的応力が発生するため、問題となる。

【0026】

更に、振動により、隣接したタービンブレード間で主要な半径方向相対移動が発生する場合には、隣接したタービンブレードの隣接した先細の接触面間の角度が小さくなつた場合(即ち、一対の隣接したタービンブレードの接触面又はこれらの接触面の少なくとも一方が、タービンロータに対して半径方向に向かって移動する場合)に、振動エネルギーを更に効果的に放散できる。この効果を図3に示す。図3は、隣接した先細の接触面間の「ルーフ角度」に対するブレードチップ変位のプロットを示す。わかるように、「ルーフ角度」が小さくなると、振動中のチップ変位のレベルが低下する。

【0027】

図4は、一対の隣接したタービンブレード16、17を示す、本発明による構成を示す

10

20

30

40

50

。これらのタービンブレードは、最大弦深さ点(points of maximum chord depth)を通る断面で示してある。各ブレードは圧力側P及び吸引側Sを有し、ロータディスク19に形成された相補的凹所の夫々内に係合する半径方向最内モミの木状根部を有する。わかるように、作動中、ロータディスクは、かくして、図4に示すように、反時計廻り方向Rに回転する。

【0028】

各タービンブレード16、17は、更に、モミの木状根部18から半径方向外方に延びるステム領域20を夫々有する。ステム領域はプラットホーム21を支持し、このプラットホームを越えて夫々のエアロホール区分22がロータ19に関して全体に半径方向に延びている。各プラットホーム21は、ブレード軸線23の吸引側に第1接触面24を形成し、ブレード軸線23の圧力側に第2接触面25を形成する。

10

【0029】

各タービンブレード16、17の第1接触面24は、ロータ19に対して実質的に半径方向の平面内にあるように配置される。しかしながら、各タービンブレードの第2接触面25は、第1接触面24に対して鋭角をなす平面内にある。

【0030】

各プラットホーム領域21には、更に、(ロータ19に対して全体に横方向に延びる)小さな突出部26が、角度をなした第2接触面25の半径方向内方に間隔が隔てられた位置に設けられている。かくして、突出部26と角度をなした第2接触面25との間に凹所27が形成される。凹所27は、かくして、ブレードの圧力側Pで、プラットホーム21に設けられる。これは、凹所27をブレードの吸引側Sに切り込む実施形態よりも好ましい。これは、図4でわかるように、最大弦深さ位置で、ブレードの吸引面がプラットホームの縁部の非常に近くに配置されるためである。かくして、ブレードの吸引側Sに切り込んだ凹所27は、遠心力による負荷がプラットホーム21を通して伝達される経路に非常に近い。この経路を、図4にハッチングを施した領域で示す。凹所27をブレードの圧力側Pでプラットホームに切り込むことによって、凹所がこの負荷経路と干渉するがないようとする。更に、タービンブレードは、代表的には、吸引側Sが負荷の比較的多くを支持するように設計されている。これは、通常は、前縁及び後縁が比較的高温であり、冷却穴が設けられており、一般的にデブリによる衝撃を被り易いためである。

20

【0031】

30

隣接したタービンブレード16、17間に振動ダンパー28を設ける。振動ダンパー28は、半径方向最外シール領域29及び半径方向最内マス領域30を持つものと考えられる。シール領域及びマス領域は、比較的狭いネック領域31によって相互連結されている。図4でわかるように、シール領域29は、使用時に、ほぼ、隣接したタービンブレードのプラットホーム領域21間に配置される。これに対し、半径方向内方に延びるマス領域30は、隣接したタービンステム20間に形成された空間32内に配置される。

【0032】

ダンパーのシール領域29は第1シール面33を形成し、この第1シール面は、ロータ19に対して実質的に半径方向の平面内にあり、及びかくして隣接したブレード17の第1接触面24と密封係合するように示してある。シール領域29には、第2シール面34もまた設けられており、この第2シール面34は、第1シール面33に対して鋭角をなす平面内にある。このようにして、第2シール面34は、隣接したタービンブレード16の第2接触面25と密封係合するように形成されている。

40

【0033】

図4からわかるように、ダンパー28の比較的狭いネック領域31は、シール領域29から半径方向内方に延び、一方のタービンブレード16の突出部26と、隣接したタービンブレード17の第1接触面24の最も下の領域との間の比較的狭い空間を通過する。シール領域29は、かくして、段状突出領域35を形成するものと考えることができる。この段状突出領域は、ネック領域31に対して外方に延びており、二つのブレード間に形成された凹所27内に受け入れられる。このようにして、ダンパー28のシール領域29は

50

、隣接したブレードプラットホーム21間に形成された空間内に緩く捕捉された状態で保持される。このことは、ターボマシンが作動しておらず、ロータ19が静止している場合、ロータの周囲に設けられた最も上側のダンパー28は、重力の作用で吊り下げられているだけあって、これらのダンパーの段状突出領域35は夫々の突出部26と係合しており、これによって各ダンパーのシール領域を隣接したブレードプラットホーム21間のスロット状空間内に保持するということを意味し、これに続いてターボマシンを始動し、遠心力がダンパー28に作用したとき、そのシール面33、34が遠心力による負荷の作用でブレードの接触面24、25と密封係合した状態に正しく押し込まれるように正しく整合するということを意味する。

【0034】

10

上文中に論じたように、角度をなした第2接触面25及び関連した凹所27が各ブレードプラットホーム21の圧力側に設けられる。ロータディスクがエンジンの始動中に回転を(図4に示すように反時計廻り方向に)最初に開始するとき、凹所27は、ダンパーを効果的に案内する。このことは、最初に、ダンパーの第1シール面33が、隣接したブレードの第1接触面24に負荷を加えるということを意味する。これにより、ダンパーを、ダンパーが角度をなした接触面25に押し付けられている場合よりも容易に、両ブレードの向き合った接触面24、25と適正に密封係合するまで半径方向外方に摺動できる。

【0035】

ダンパーのマス領域30は、隣接したブレードのステム20の間の位置で、拡大領域で終端する全体に細長いテールの形態をとるものと考えることができる。マス領域30は、その質量の大部分がダンパーの段状領域35と同じ側にあるように賦形されている。この構成は、全体に参考番号36を付した振動ダンパー28全体の重心が、ダンパーの第2シール面34に沿って中央弦点(mid-chord point)の実質的に半径方向下方に配置されるようとする上で効果的である。好ましくは、重心は、ダンパーのマス領域30内に、又は少なくともダンパーのマス領域30と隣接して配置される。このようにして、ダンパー28の質量分布は、ロータの回転中にダンパー28に遠心力が加わったとき、ダンパーに作用する遠心力の線が、実質的に、第2シール面34の中央弦点を通過するようとする上で有効である。これは、第2シール面34が第2接触面25に押し付けられてこの第2接触面と密封係合するとき、負荷が第2シール面34に亘って均等に分布するのを補助するため、望ましい。ロータの回転中にダンパーに作用する遠心力の線が、角度をなした第2接触面25の縁部の近くに作用するようにダンパーの質量分布がなされている場合、負荷は接触面25に亘って不均等に分配され、これにより、提供されるシールの品質に悪影響が及ぼされる。

20

【0036】

上文中に説明し、図4に示した種類の振動ダンパーは、上文中に説明した従来技術の種類の構成を越える多くの利点を提供する。第1に、本発明の振動ダンパー28は、角度をなした接触面25を形成するためにプラットホームの一方の側だけにアンダーカットが形成された隣接したタービンブレードとともに使用できる。第2に、ダンパーは比較的小さな、特定的には鋭角の「ルーフ角度」を有し、これにより、隣接したブレード間の半径方向移動に関する振動減衰が改善される。

30

【0037】

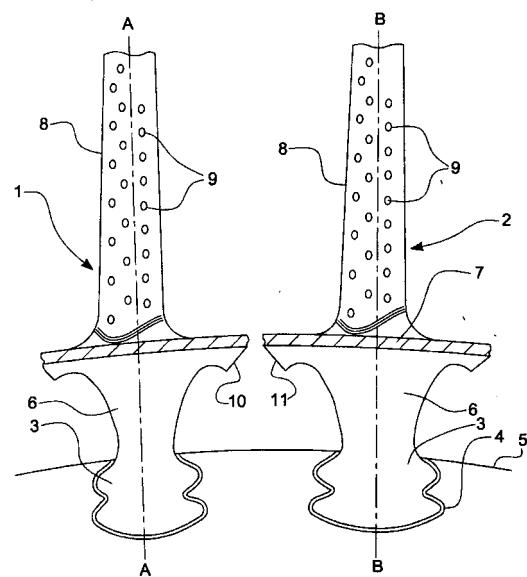
40

更に、半径方向内方に延びるマス領域30により、上文中に説明した種類のマス領域を持たない従来技術の構成に対し、ダンパーの全体質量を大幅に増大できる。効果的減衰作用を確保するのに十分な質量をダンパーに提供する余地が与えられる。

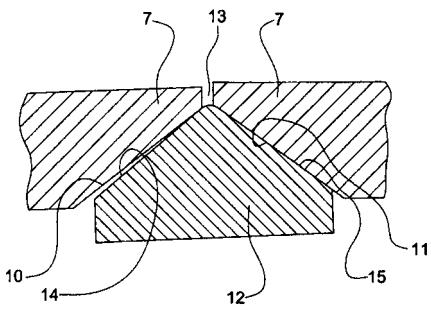
【0038】

本発明を上文中に説明した例示の実施形態と関連して説明したけれども、本開示により、当業者には、多くの等価の変形及び変更が明らかになるであろう。従って、上文中に説明した例示の実施形態は例示であって、限定でないと考えられる。本発明の精神及び範囲から逸脱することなく、上述の実施形態に対する様々な変更を行うことができる。

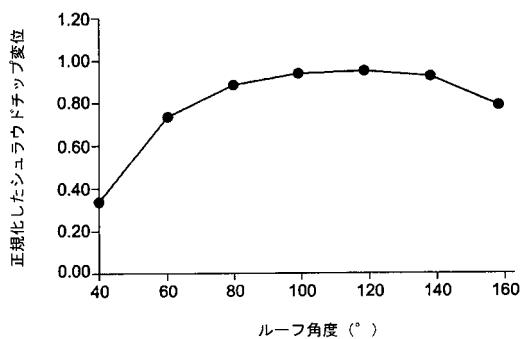
【 図 1 】



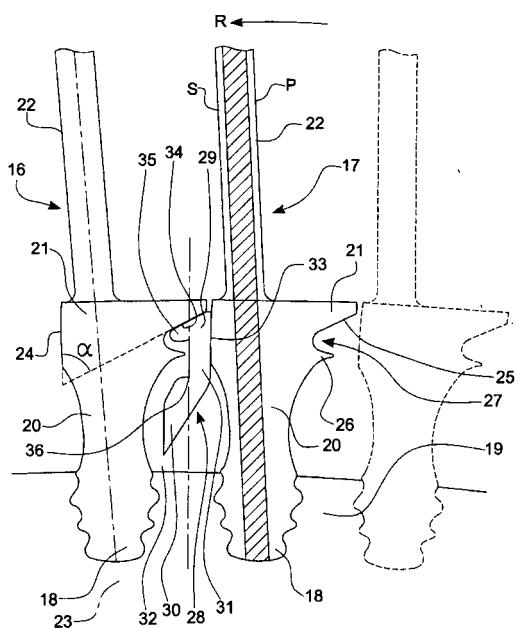
【 四 2 】



【図3】



【 図 4 】



フロントページの続き

(74)代理人 100107537

弁理士 磯貝 克臣

(74)代理人 100105795

弁理士 名塚 聰

(72)発明者 デイビッド、ジョン、ハント

イギリス国ドロイトウィッチ、オンバーズリー、ラインホルト、リス、コテッジ

(72)発明者 ウェズリー、ジョン、ピアース

イギリス国ダービー、ステンソン、フィールズ、ゲアロック、クローズ、18

(72)発明者 ロバート、エリオット

イギリス国ダービー、ミックルオーバー、オルトン、ロード、32

審査官 濱戸 康平

(56)参考文献 米国特許出願公開第2001/0024614(US, A1)

特開2007-154898(JP, A)

特開2000-8804(JP, A)

米国特許第5478207(US, A)

特開平2-211302(JP, A)

米国特許第3610778(US, A)

特開昭58-167804(JP, A)

米国特許第3666376(US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F01D 5/00