

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5399015号  
(P5399015)

(45) 発行日 平成26年1月29日(2014.1.29)

(24) 登録日 平成25年11月1日(2013.11.1)

(51) Int.Cl.		F I	
<b>F 2 3 R</b>	<b>3/28</b>	<b>(2006.01)</b>	F 2 3 R 3/28 D
<b>F 2 3 R</b>	<b>3/10</b>	<b>(2006.01)</b>	F 2 3 R 3/10
<b>F 2 3 R</b>	<b>3/32</b>	<b>(2006.01)</b>	F 2 3 R 3/32
<b>F 2 3 R</b>	<b>3/34</b>	<b>(2006.01)</b>	F 2 3 R 3/34
<b>F O 2 C</b>	<b>7/22</b>	<b>(2006.01)</b>	F O 2 C 7/22 C

請求項の数 10 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2008-190403 (P2008-190403)  
 (22) 出願日 平成20年7月24日(2008.7.24)  
 (65) 公開番号 特開2009-30964 (P2009-30964A)  
 (43) 公開日 平成21年2月12日(2009.2.12)  
 審査請求日 平成23年7月8日(2011.7.8)  
 (31) 優先権主張番号 11/828,447  
 (32) 優先日 平成19年7月26日(2007.7.26)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 390041542  
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ  
 クタデイ、リバーロード、1番  
 (74) 代理人 100137545  
 弁理士 荒川 聡志  
 (74) 代理人 100105588  
 弁理士 小倉 博  
 (74) 代理人 100129779  
 弁理士 黒川 俊久  
 (72) 発明者 チャールズ・リチャード・ナイバーグ、ザ  
 ・セカンド  
 アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グ  
 リーンヴィル、ガーリングトン・ロード、  
 300番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスタービンエンジン用の燃料ノズル及びそれを製作する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

中央通路(214)と前記中央通路に各々が同心に整列した複数の通路(216, 218, 220)とを含むノズル部(204)と、

第1の端面(306)と第2の端面(308)とそれらの間に延びる円柱形本体(310)とを含む単体構造ヘッド部(300)であって、前記ノズル部が前記第2の端面(308)に結合して第2の端面から外側に延びており、複数の入口(328, 330, 332, 334)を備えている単体構造ヘッド部(300)と

を含んでいる二次燃料ノズルアセンブリ(200)であって、

前記複数の入口の各々が前記複数のノズル通路の少なくとも1つと流体連通しており、前記複数の入口が、

前記単体構造ヘッド部(300)を貫通して延びる中心線(202)に垂直な複数の半径方向入口(328, 330, 332, 334)であって、その少なくとも1つが、半径方向ポート部(336, 338, 340, 342)と、その半径方向内側に延びる管状部分(328, 330, 332, 334)とを有して、前記半径方向ポート部(336, 338, 340, 342)の半径が管状部分(328, 330, 332, 334)の半径よりも大きい、複数の半径方向入口(328, 330, 332, 334)と、

前記第1の端面(306)から前記中心線(202)に平行に前記単体構造ヘッド部(300)内に延びる複数の軸方向入口(344, 346, 348)であって、前記複数の軸方向入口(344, 346, 348)の第1のものが前記複数の半径方向入口(328

10

20

、 330、332、334)の1つと流体連通しており、前記複数の軸方向入口(344、346、348)の第2のものが前記複数の半径方向入口(328、330、332、334)の2つ以上と流体連通している、複数の軸方向入口(344、346、348)と

を含んでいる、二次燃料ノズルアセンブリ(200)。

【請求項2】

前記ノズル部(204)が、該ノズル部から外向きに延びる少なくとも1つのベグ(240)をさらに含む、請求項1記載の二次燃料ノズルアセンブリ(200)。

【請求項3】

複数の軸方向入口(344、346、348)の少なくとも1つがテーパポートを含む、請求項1記載の二次燃料ノズルアセンブリ(200)。

10

【請求項4】

前記単体構造ヘッド部が、前記第1の端面(306)内に形成された複数のチャンネル(314、316、318)をさらに含み、前記複数のチャンネルが、互いに同心に整列している、請求項1記載の二次燃料ノズルアセンブリ(200)。

【請求項5】

前記複数のチャンネル(314、316、318)の各々が、前記複数のノズル部通路(216、218、220)の1つに同心に整列している、請求項4記載の二次燃料ノズルアセンブリ(200)。

【請求項6】

20

前記複数のチャンネル(314、316、318)の各々が、前記複数のヘッド入口の少なくとも1つと流体連通している、請求項4記載の二次燃料ノズルアセンブリ(200)。

【請求項7】

前記ヘッド部(300)が、前記第1の端面(306)から第2の端面(308)まで延びる中央通路(314)をさらに含み、前記中央通路が、前記複数のチャンネル(314、316、318)に対して同心に整列している、請求項4記載の二次燃料ノズルアセンブリ(200)。

【請求項8】

ガスタービンエンジン(100)で使用するための燃焼器アセンブリ(102)であって、

30

燃焼ゾーン(144)と、

前記燃焼ゾーン内に結合された一次燃料ノズルアセンブリ(156)と、

前記燃焼ゾーン内に結合された請求項1乃至請求項7のいずれか1項記載の二次燃料ノズルアセンブリ(200)と

を含む、燃焼器アセンブリ(102)。

【請求項9】

前記二次燃料ノズルアセンブリの出口が、前記一次燃料ノズルアセンブリ(156)の出口(112)の下流に位置する、請求項8記載の燃焼器アセンブリ(102)。

【請求項10】

40

複数の前記一次燃料ノズルアセンブリ(156)をさらに含む、請求項8記載の燃焼器アセンブリ(102)。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、総括的にはガスタービンエンジンで使用するための燃焼システムに関し、より具体的には、ガスタービンエンジンで使用する燃料ノズルに関する。

【背景技術】

【0002】

50

ガスタービンエンジンで使用する少なくとも幾つかの公知の燃料ノズルアセンブリは、複数の構成要素から組立てられ、それらが完全に組立てられた時に一体構造の燃料ノズルアセンブリを形成する。公知の複数部品組立て燃料ノズルは、本体部とスリーブ部を含む。多くの構成要素が互いに結合されるので、ノズルアセンブリからの望ましくない流体漏れを防止するために、少なくとも幾つかの公知のノズルアセンブリは、互いに結合された構成要素間に複数のシールを含んでいる。より具体的には、少なくとも幾つかの公知のノズルアセンブリは、本体対スリーブシール、ウオタリップシール、拡散リップシール及び/又はピストンシールを使用している。それらの意図した効力にも拘わらず、それでもなお各シールは、ノズルアセンブリを通してゆっくりと流れる加圧流体に曝された時又はガスタービンエンジンの燃焼システム内の高温度に曝された時に、漏れ発生可能性区域となるおそれがある。さらに、多くの構成要素を有する燃料ノズルアセンブリは一般的に、ガスタービンエンジン内の少数の構成要素を含むアセンブリよりも、その製作及び組立てに多くの時間及びコストを必要とする。

【特許文献 1】米国特許第 7, 165, 405 号明細書

【特許文献 2】米国特許第 7, 104, 069 号明細書

【特許文献 3】米国特許第 6, 446, 439 号明細書

【特許文献 4】米国特許第 4, 982, 570 号明細書

【特許文献 5】米国特許第 4, 292, 801 号明細書

【特許文献 6】米国特許出願公開第 2007/0130955 号明細書

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0003】

1つの態様では、燃料ノズルを製作する方法を提供する。本方法は、第1の端面、第2の端面及びそれらの間で延びる本体を含む単体構造の材料部分を準備するステップを含む。通路は、材料部分の中心線に沿って第1の端面から第2の端面まで延びるように製作される。本方法はさらに、第1の端面内に複数の同心に整列したチャンネルを製作するステップと、第2の端面及び本体の外表面の少なくとも1つを貫通して通路及び複数のチャンネルの1つの少なくとも1つまで延びる複数の入口を製作するステップを含む。

【0004】

別の態様では、二次燃料ノズルアセンブリを提供する。本二次燃料ノズルアセンブリは、中央通路と該中央通路に各々が同心に整列した複数の通路とを有するノズル部と、該ノズル部に結合された単体構造ヘッド部とを含む。ヘッド部は、複数の入口を含み、複数の入口の各々は、複数のノズル通路の少なくとも1つと流体連通している。

【0005】

さらに別の態様では、ガスタービンエンジンで使用するための燃焼器アセンブリを提供する。本燃焼器アセンブリは、燃焼ゾーンと、該燃焼ゾーン内に結合された一次燃料ノズルアセンブリと、該燃焼ゾーン内に結合された二次燃料ノズルアセンブリとを含む。二次燃料ノズルアセンブリは、中央通路と該中央通路にほぼ同心に整列した複数の通路とを有するノズル部と、該ノズル部に結合された単体構造ヘッド部とを含む。ヘッド部は、複数の入口を含み、複数の入口の各々は、複数のノズル通路の少なくとも1つと流体連通している。

【発明を実施するための最良の形態】

【0006】

図1は、燃料ノズルアセンブリ200を含む例示的なガスタービンエンジン100の部分断面図である。ガスタービンエンジン100は、圧縮機(図示せず)、燃焼器102及びタービン104を含む。図1には、タービン104の第1段ノズル106のみを示している。この例示的な実施形態では、タービンは、複数のロータ(図示せず)を有する圧縮機に対して回転可能に結合され、それらロータは、単一の共通シャフト(図示せず)を介して互いに結合される。圧縮機は、吸入空気108を加圧した後に燃焼器102に吐出し、燃焼器102において、加圧空気は、該燃焼器102を冷却しかつ燃焼プロセスのため

10

20

30

40

50

の空気を供給する。より具体的には、燃焼器 102 に送られる空気 108 は、エンジン 100 内を通る空気の流れとほぼ反対の方向に流れる。この例示的な実施形態では、ガスタービンエンジン 100 は、エンジンケーシング（図示せず）の周りに円周方向に間隔を置いて配置された複数の燃焼器 102 を含む。より具体的には、この例示的な実施形態では、燃焼器 102 は、それに限定されないが、例えば缶 - アニュラ型燃焼器である。

#### 【0007】

この例示的な実施形態では、エンジン 100 は、各燃焼器 102 の出口端部 112 とタービン 104 の入口端部 114 との間で延びて燃焼ガス 116 をタービン 104 内に送る移行ダクト 110 を含む。さらに、この例示的な実施形態では、各燃焼器 102 は、ほぼ円筒形の燃焼器ケーシング 118 を含む。燃焼器ケーシング 118 は、それに限定されないが、例えばボルト（図示せず）、機械的ファスナ（図示せず）、溶接、及び / 又は本明細書に説明したようにエンジン 100 を機能させるのを可能にするあらゆるその他の適当な結合手段を用いて、エンジンケーシングに結合される。この例示的な実施形態では、燃焼器ケーシング 118 の前端部 120 は、端部カバーアセンブリ 122 に結合される。端部カバーアセンブリ 122 は、例えば気体燃料、液体燃料、空気及び / 又は水を燃焼器に送るための供給管、マニフォールド、バルブ、並びに / 或いは本明細書に説明したようにエンジン 100 を機能させるのを可能にするあらゆるその他の構成要素を含む。

#### 【0008】

この例示的な実施形態では、ほぼ円筒形の流れスリーブ 124 は、該スリーブ 124 が燃焼器ケーシング 118 にほぼ同心に整列するように該ケーシング 118 内に結合される。燃焼ライナ 126 は、流れスリーブ 124 内にほぼ同心に結合される。より具体的には、燃焼ライナ 126 は、その後端部 128 において移行ダクト 110 に結合され、またその前端部 130 において燃焼ライナキャップアセンブリ 132 に結合される。流れスリーブ 124 は、その後端部 134 においてライナ 126 の外壁 136 に結合され、またその前端部 138 において燃焼器ケーシング 118 に結合される。それに代えて、スリーブ 124 は、エンジン 100 を本明細書に説明したように機能させるのを可能にするあらゆるその他の適当な結合アセンブリを使用して、ケーシング 118 及び / 又はライナ 126 に結合することができる。この例示的な実施形態では、空気通路 140 は、ライナ 126 と流れスリーブ 124 との間に形成される。流れスリーブ 124 は、その中に形成された複数の開口 142 を含み、これらの開口は、圧縮機からの加圧空気 108 が空気通路 140 に流入するのを可能にする。この例示的な実施形態では、空気 108 は、圧縮機から端部カバーアセンブリ 122 に向かうコア流れ（図示せず）の方向とは逆の方向に流れる。

#### 【0009】

燃焼ライナ 126 は、一次燃焼ゾーン 144、ベンチュリスロート領域 146 及び二次燃焼ゾーン 148 を含む。より具体的には、一次燃焼ゾーン 144 は、二次燃焼ゾーン 148 の上流に位置し、一次及び二次燃焼ゾーン 144 及び 148 は、ベンチュリスロート領域 146 によって隔てられる。ベンチュリスロート領域 146 は、それぞれの燃焼ゾーン 144 及び 148 の直径  $D_1$  及び  $D_2$  よりも一般的に小さい直径  $D_v$  を有する。より具体的には、スロート領域 146 は、収束壁 150 と発散壁 152 とを含み、収束壁 150 は、直径  $D_1$  から  $D_v$  までテーパしており、また発散壁 152 は、 $D_v$  から  $D_2$  まで拡大している。従って、ベンチュリスロート領域 146 は、二次燃焼ゾーン 148 から一次燃焼ゾーン 144 への逆火を減少させるのを可能にする空気力学的セパレータ又はアイソレータとして機能する。この例示的な実施形態では、一次燃焼ゾーン 144 は、それを貫通して形成された複数の開口 154 を含み、これらの開口は、空気 108 が空気通路 140 から一次燃焼ゾーン 144 に流入するのを可能にする。

#### 【0010】

さらに、この例示的な実施形態では、燃焼器 102 はまた、複数のスパークプラグ（図示せず）と複数のクロスファイヤ管（図示せず）とを含む。スパークプラグ及びクロスファイヤ管は、一次燃焼ゾーン 144 のライナ 126 内に形成されたポート（図示せず）を貫通して延びる。スパークプラグ及びクロスファイヤ管は、各燃焼器 102 内で燃料及び

10

20

30

40

50

空気に点火して燃焼ガス 116 を発生させる。

【0011】

この例示的な実施形態では、少なくとも 1 つの二次燃料ノズルアセンブリ 200 は、端部カバーアセンブリ 122 に結合される。より具体的には、この例示的な実施形態では、燃焼器 102 は、1 つの二次燃料ノズルアセンブリ 200 と複数の一次燃料ノズルアセンブリ 156 とを含む。より具体的には、この例示的な実施形態では、一次燃料ノズルアセンブリ 156 は、燃焼器 102 の中心線 158 の周りにほぼ円形列として配置され、また二次燃料ノズルアセンブリ 200 の中心線 202 (図 2 に示す) は、燃焼器中心線 158 に実質的に整列している。それに代えて、一次燃料ノズルアセンブリ 156 は、非円形列として配置することもできる。別の実施形態では、燃焼器 102 は、1 つよりも多い又は少ない二次燃料ノズルアセンブリ 200 を含むことができる。本明細書では一次及び二次燃料ノズルアセンブリ 156 及び 200 についてのみ記述しているが、2 つよりも多い又は少ないタイプのノズルアセンブリ或いはあらゆるタイプの燃料ノズルを燃焼器 102 内に含むことができる。この例示的な実施形態では、二次燃料ノズルアセンブリ 200 は、一次燃焼ゾーン 144 を貫通して延びる該二次ノズルアセンブリ 200 の一部分を実質的に囲む管アセンブリ 160 を含む。

10

【0012】

一次ノズルアセンブリ 156 は、部分的に一次燃焼ゾーン 144 内に延び、また二次ノズルアセンブリ 200 は、一次燃焼ゾーンを貫通してスロート領域 146 の後方部分 162 内に延びる。従って、一次ノズルアセンブリ 156 から噴射された燃料 (図示せず) は、実質的に一次燃焼ゾーン 144 内で燃焼し、また二次ノズルアセンブリ 200 から噴射された燃料 (図示せず) は、実質的に二次燃焼ゾーン 148 内で燃焼する。

20

【0013】

この例示的な実施形態では、燃焼器 102 は、燃料ノズルアセンブリ 156 及び 200 を介して該燃焼器 102 に燃料を供給するようになった燃料供給管 (図示せず) に結合される。例えば、パイロット燃料 (図示せず) 及び / 又はメイン燃料 (図示せず) は、燃料ノズルアセンブリ 156 及び / 又は 200 を通して供給することができる。この例示的な実施形態では、以下において一層詳しく述べるように、パイロット燃料及びメイン燃料は両方共、ノズルアセンブリ 156 及び 200 への燃料の移送を制御することによって、一次及び二次ノズルアセンブリ 156 及び 200 の両方を通して供給される。本明細書で使用する場合に、「パイロット燃料」というのは、パイロット火炎として使用する少量の燃料を意味しており、「メイン燃料」というのは、燃焼ガス 116 の大部分を発生するために使用する燃料を意味している。燃料は、天然ガス、石油製品類、石炭、バイオ燃料、並びに / 或いは本明細書に説明したようにエンジン 100 を機能させるのを可能にする固体、液体及び / 又は気体形態のあらゆるその他の燃料とすることができる。ノズルアセンブリ 156 及び / 又は 200 を通る燃料流量を制御することによって、燃焼器 102 内の火炎 (図示せず) は、燃焼器 102 の排出物 (エミッション) 及び / 又は出力に影響を与えるような所定の形状、長さ及び / 又は強さに調節することができる。

30

【0014】

作動中に、空気 108 は、入口 (図示せず) を通してエンジン 100 に流入する。空気 108 は、圧縮機内で加圧され、加圧空気 108 は、圧縮機から燃焼器 102 に向けて吐出される。空気 108 は、開口 142 を通して燃焼器 102 に流入し、空気通路 140 を通して端部カバーアセンブリ 122 に向けて送られる。空気通路 140 内を流れる空気 108 は、燃焼器入口端部 164 においてその流れ方向を強制的に反転されて、燃焼ゾーン 144 及び / 又は 148 内にまた / 或いはスロート領域 146 を通して送られる。燃料は、端部カバーアセンブリ 122 並びにノズルアセンブリ 156 及び / 又は 200 を通して燃焼器 102 内に供給される。点火は、始めに制御システム (図示せず) がガスタービンエンジン 100 の始動シーケンスを開始した時に行われ、火炎が連続的に確立したら、スパークプラグは、一次燃焼ゾーン 144 から引込まれる。ライナ 126 の後端部 128 において、高温燃焼ガス 116 は、移行ダクト 110 及びタービンノズル 106 を通

40

50

してタービン 104 に送られる。

【0015】

図2は、燃焼器102(図1に示す)で使用することができる例示的な二次燃料ノズルアセンブリ200の断面図である。図3は、二次燃料ノズルアセンブリ200で使用することができるヘッド部300の端面図である。

【0016】

この例示的な実施形態では、燃料ノズルアセンブリ200は、ヘッド部300とノズル部204とを含む。ヘッド部300は、ノズルアセンブリ200を燃焼器102内に結合するのを可能にする。例えば、1つの実施形態では、ヘッド部300は、端部カバーアセンブリ122(図1に示す)に結合され、該ヘッド部300が燃焼器102の外部に位置しかつノズル部204が端部カバーアセンブリ122を貫通して延びるように、複数の機械的ファスナ168(図1に示す)を用いて端部カバーアセンブリ122に固定される。この例示的な実施形態では、ヘッド部300は、その各々がそれを通して機械的ファスナを受けるような寸法にされた複数の円周方向に間隔を置いて配置された孔302を含む。例えば図3には3つのみのファスナ孔302を示しているが、ヘッド部300は、燃料ノズルアセンブリ200を燃焼器102内に固定しかつ本明細書に説明したように機能させるのを可能にするあらゆる数の孔302を含むことができる。さらに、各孔302の内表面304は、実質的に滑らかであるように図示しているが、孔302はネジ付きとすることができる。これに加えて、各孔302は、ノズルアセンブリ200の中心線202にほぼ平行に延びるように図示しているが、孔302は、二次ノズルアセンブリ200を本明細書に説明したように機能させるのを可能にするあらゆる配向を有することができる。それに代えて、ヘッド部300は、機械的ファスナ168のみを用いて燃焼器102に結合されるように限定されるものではなく、二次ノズルアセンブリ200を本明細書に説明したように機能させるのを可能にするあらゆる結合手段を用いて燃焼器102に結合することができる。

【0017】

この例示的な実施形態では、ヘッド部300は、ほぼ円柱形であり、第1のほぼ平坦な端面306、反対側の第2のほぼ平坦な端面308、及びそれらの間で延びるほぼ円柱形の本体310を含む。さらに、この例示的な実施形態では、ヘッド部300は、長さ $L_1$ 及び半径 $R_1$ を有する。それに代えて、ヘッド部300は、ノズルアセンブリ200及び/又は燃焼器102を本明細書に説明したように機能させるのを可能にするあらゆるその他の適当な形状として形成することができる。さらに、この例示的な実施形態では、ヘッド部300は、単一の連続本体310のみとして形成される。より具体的には、ヘッド部300は、以下においてより詳しく述べるように、単一の中実材料片で形成される。

【0018】

この例示的な実施形態では、ヘッド部300は、中央通路314と複数の同心に整列したチャンネル316、318及び320とを含む。より具体的には、中央通路314は、中心線202に沿って第1の端面306から第2の端面308まで延び、半径 $R_2$ を有する。さらに、この例示的な実施形態では、チャンネル316、318及び320は各々、以下においてより詳しく述べるように、第2の端面308から第1の端面306に向けて部分的に延びる。この例示的な実施形態では、第1のチャンネル316は、内側半径 $R_3$ 及び外側半径 $R_4$ を有しかつ第2の端面308から測定して深さ $D_1$ だけ延び、第2のチャンネル318は、内側半径 $R_5$ 及び外側半径 $R_6$ を有しかつ第2の端面308から測定して深さ $D_2$ だけ延び、また第3のチャンネル320は、内側半径 $R_7$ 及び外側半径 $R_8$ を有しかつ第2の端面308から測定して深さ $D_3$ だけ延びる。チャンネル316、318及び320の配向の故に、第1のチャンネル316は、内側半径 $R_3$ と外側半径 $R_4$ との間の差にほぼ等しい幅 $W_1$ を有し、第2のチャンネル318は、内側半径 $R_5$ と外側半径 $R_6$ との間の差にほぼ等しい幅 $W_2$ を有し、また第3のチャンネル320は、内側半径 $R_7$ と外側半径 $R_8$ との間の差にほぼ等しい幅 $W_3$ を有する。この例示的な実施形態では、深さ $D_1$ は、深さ $D_2$ よりも深く、深さ $D_2$ は、深さ $D_3$ よりも深い。さらに、この例示的な実施形態では、半径は、 $R_2 <$

10

20

30

40

50

$R_3 < R_4 < R_5 < R_6 < R_7 < R_8 < R_1$ となるような寸法にされる。

【0019】

この例示的な実施形態では、ヘッド部300内の複数の同心に整列したチャネル分割壁322、324及び326は、チャネル316、318及び/又は320並びに/或いは中央通路314を形成する。より具体的には、この例示的な実施形態では、中央通路314は、第1の分割壁322によって形成され、第1のチャネル316は、第1の分割壁322及び第2の分割壁324間に形成され、第2のチャネル318は、第2の分割壁324及び第2の分割壁326間に形成され、また第3のチャネル320は、第3の分割壁326及び本体310間に形成される。第1の分割壁322は、厚さ $T_1$ を有し、第2の分割壁326は、厚さ $T_2$ を有し、また第3の分割壁326は、厚さ $T_3$ を有する。この例示的な実施形態では、壁厚さ $T_1$ 、 $T_2$ 及び $T_3$ は、互いにほぼ等しい。それに代えて、厚さ $T_1$ 、 $T_2$ 及び/又は $T_3$ は、等しくないようにすることもできる。

10

【0020】

この例示的な実施形態では、ヘッド部300はまた、複数の半径方向入口328、330、332及び334を含む。第1の半径方向入口328は、本体310を貫通して中央通路314まで延び、第2の半径方向入口330は、本体310を貫通して第1のチャネル316まで延び、第3の半径方向入口332は、本体310を貫通して第2のチャネル318まで延び、また第4の半径方向入口334は、本体310を貫通して第3のチャネル320まで延びる。従って、第1の半径方向入口328の長さ $L_{11}$ は、半径 $R_1$ と半径 $R_8$ との間の差にほぼ等しく、第2の半径方向入口330の長さ $L_{12}$ は、半径 $R_1$ と半径 $R_5$ との間の差にほぼ等しく、第3の半径方向入口332の長さ $L_{13}$ は、半径 $R_1$ と半径 $R_4$ との間の差にほぼ等しく、また第4の半径方向入口334の長さ $L_{14}$ は、半径 $R_1$ と半径 $R_2$ との間の差にほぼ等しい。この例示的な実施形態では、1つのみの半径方向入口328、330、332及び/又は334がチャネル316、318及び/又は320並びに/或いは中央通路314と流体連通しているが、それに代えて各チャネル316、318及び/又は320並びに/或いは中央通路314は、1つよりも多い対応する半径方向入口を含むことができる。

20

【0021】

この例示的な実施形態では、各半径方向入口328、330、332及び334は、そのそれぞれの入口長さ $L_{11}$ 、 $L_{12}$ 、 $L_{13}$ 及び/又は $L_{14}$ に沿ってほぼ一定の直径 $d_1$ 、 $d_2$ 、 $d_3$ 及び $d_4$ を有する。それに代えて、各半径方向入口328、330、332及び/又は334は、非円形断面形状及び/又は変化する直径を有するものとして形成することができる。より具体的には、半径方向入口328、330、332及び/又は334は、燃焼器102及び/又は二次燃料ノズルアセンブリ200を本明細書に説明したように機能させるのを可能にするあらゆる適当な形状及び/又は配向として構成することができる。さらに、この例示的な実施形態では、第1の半径方向入口328は、第1の半径方向ポート336を含み、第2の半径方向入口330は、第2の半径方向ポート338を含み、第3の半径方向入口332は、第3の半径方向ポート340を含み、また第4の半径方向入口334は、第4の半径方向ポート342を含む。各ポート336、338、340及び/又は342は、例えばポート338のようなテーパポート、例えばポート342のようなストレートポート並びに/或いは例えばポート336及び/又は340のようなオフセットポートとすることができる。それに代えて、ポート336、338、340及び/又は342は、燃焼器102及び/又は二次燃料ノズルアセンブリ200を本明細書に説明したように機能させるのを可能にするあらゆる適当な形状及び/又は配向として構成することができる。

30

40

【0022】

この例示的な実施形態では、ヘッド部300はまた、複数の軸方向入口344、346及び348を含む。3つの軸方向入口344、346及び348のみを記述しているが、ヘッド部300は、二次燃料ノズルアセンブリ200を本明細書に説明したように機能させるのを可能にするあらゆる数の軸方向入口を含むことができる。例示の目的で軸方向入

50

口 3 4 4 のみについて説明した図 3 に示すが、軸方向入口 3 4 6 及び / 又は 3 4 8 も、本明細書に説明した軸方向入口 3 4 4 と本質的に同様でありかつ同様に機能するものと理解されたい。この例示的な実施形態では、軸方向入口 3 4 4 は、第 1 の端面 3 0 6 から半径方向入口 3 2 8 を貫通して半径方向入口 3 3 2 まで延びる。この例示的な実施形態では、軸方向入口 3 4 4 は、半径方向入口 3 2 8 を貫通して延びるが、軸方向入口 3 4 4 は、別の半径方向入口 3 2 8、3 3 0、3 3 2 及び / 又は 3 3 4 を貫通した状態で或いは貫通しない状態で、第 1 の端面 3 0 6 からいずれかの半径方向入口 3 2 8、3 3 0、3 3 2 及び / 又は 3 3 4 まで延びて、二次燃料ノズルアセンブリ 2 0 0 が本明細書に説明したように機能するようにすることができる。

【 0 0 2 3 】

この例示的な実施形態では、軸方向入口 3 4 4 は、ほぼ一定の直径  $d_5$  を有する。それに代えて、軸方向入口 3 4 4 は、非円形断面形状及び / 又は可変直径を有することができる。さらに、この例示的な実施形態では、軸方向入口 3 4 4 は、テーパポート 3 5 0 を含む。それに代えて、ポート 3 5 0 は、燃焼器 1 0 2 及び / 又は二次燃料ノズルアセンブリ 2 0 0 を本明細書に説明したように機能させるのを可能にするあらゆる適当な形状を有することができる。

【 0 0 2 4 】

この例示的な実施形態では、ノズル部 2 0 4 は、例えば該ノズル部 2 0 4 をヘッド部 3 0 0 に対して溶接することによって該ヘッド部 3 0 0 に結合される。この例示的な実施形態では、ノズル部 2 0 4 は、長さ  $L_{11}$  及び外側半径  $R_{11}$  を有する。この例示的な実施形態では、ノズル部 2 0 4 は円筒形であるが、ノズル部 2 0 4 は、二次燃料ノズルアセンブリ 2 0 0 を本明細書に説明したように機能させるのを可能にするあらゆる適当な形状とすることができる。

【 0 0 2 5 】

この例示的な実施形態では、ノズル部 2 0 4 は、複数のほぼ同心に整列した管 2 0 6、2 0 8、2 1 0 及び 2 1 2 を含む。管 2 0 6、2 0 8、2 1 0 及び 2 1 2 は、ノズル部 2 0 4 内に複数のほぼ同心の通路 2 1 4、2 1 6、2 1 8 及び 2 2 0 が形成されるように、互に配向される。より具体的には、この例示的な実施形態では、中央通路 2 1 4 は、第 1 の管 2 0 6 内に形成され、第 1 の通路 2 1 6 は、第 1 の管 2 0 6 と第 2 の管 2 0 8 との間に形成され、第 2 の通路 2 1 8 は、第 2 の管 2 0 8 と第 3 の管 2 1 0 との間に形成され、また第 3 の通路 2 2 0 は、第 3 の管 2 1 0 と第 4 の管 2 1 2 との間に形成される。この例示的な実施形態は、4 つの同心に整列した管 2 0 6、2 0 8、2 1 0 及び 2 1 2 を含んでいるが、ノズル部 2 0 4 は、二次燃料ノズルアセンブリ 2 0 0 及び / 又は燃焼器 1 0 2 を本明細書に説明したように機能させるのを可能にするあらゆる数の管 2 0 6、2 0 8、2 1 0 及び 2 1 2 も含むことができる。この例示的な実施形態では、管 2 0 6、2 0 8、2 1 0 及び 2 1 2 の数は、これらの管 2 0 6、2 0 8、2 1 0 及び 2 1 2 によって形成された通路 2 1 4、2 1 6、2 1 8 及び 2 2 0 の数が、ヘッドチャンネル 3 1 6、3 1 8 及び 3 2 0 並びにヘッド中央通路 3 1 4 の数に等しくなるようになっている。

【 0 0 2 6 】

この例示的な実施形態では、通路 2 1 6、2 1 8 及び / 又は 2 2 0 は、チャンネル 3 1 6、3 1 8 及び 3 2 0 にほぼ同心に整列している。さらに、ノズル中央通路 2 1 4 は、ヘッド中央通路 3 1 4 とほぼ同心に整列している。従って、第 1 の管 2 0 6 は、第 1 のヘッド分割壁 3 2 2 に実質的に整列し、第 2 の管 2 0 8 は、第 2 のヘッド分割壁 3 2 4 に実質的に整列し、また第 3 の管 2 1 0 は、第 3 のヘッド分割壁 3 2 6 に実質的に整列している。この例示的な実施形態では、第 4 の管 2 1 2 は、該第 4 の管 2 1 2 の内表面 2 2 2 がヘッドチャンネル 3 2 0 の半径方向外表面 3 5 2 に実質的に整列するように、整列している。さらに、この例示的な実施形態では、第 1 の管 2 0 6 は、第 1 の分割壁厚  $T_1$  にほぼ等しい厚さ  $T_{11}$  を有し、第 2 の管 2 0 8 は、第 2 の分割壁厚  $T_2$  にほぼ等しい厚さ  $T_{12}$  を有し、また第 3 の管 2 1 0 は、第 3 の分割壁厚  $T_3$  にほぼ等しい厚さ  $T_{13}$  を有する。従って、第 1 のノズル通路 2 1 6 は、第 1 のチャンネル幅  $W_1$  にほぼ等しい幅  $W_{11}$  を有し、第 2 のノズ

10

20

30

40

50

ル通路 218 は、第 2 のチャンネル幅  $W_2$  にほぼ等しい幅  $W_{12}$  を有し、第 3 のノズル通路 220 は、第 3 のチャンネル幅  $W_3$  にほぼ等しい幅  $W_{13}$  を有し、またノズル中央通路 214 は、本体中央通路半径  $R_2$  にほぼ等しい半径  $R_{12}$  を有する。

【0027】

この例示的な実施形態では、ノズル部 204 は、管 206、208、210 及び / 又は 212 に結合された先端部 224 を含む。より具体的には、この例示的な実施形態では、先端部 224 は、例えば溶接法を用いて管 206、208、210 及び / 又は 212 に結合される。この例示的な実施形態では、先端部 224 は、管延長部 226、外側先端 228 及び内側先端 230 を含む。それに代えて、先端部 224 は、二次燃料ノズルアセンブリ 200 を本明細書に説明したように機能させるのを可能にするあらゆる適当な構成を有することができる。この例示的な実施形態では、管延長部 226 は、例えば結合リング 232 を使用して第 3 の管 210 及び第 4 の管 212 に結合される。結合リング 232 は、第 3 の通路 220 内を流れる流体（図示せず）が先端部 224 を通して吐出されないように、第 3 の通路 220 をシールするのを可能にする。それに代えて、第 3 の通路 220 は、先端部 224 を通して流体連通して結合される。

10

【0028】

この例示的な実施形態では、内側先端 230 は、第 1 の突出部 234、第 2 の突出部 236、中心孔 238 及び複数の出口開口（図示せず）を含む。内側先端 230 は、それぞれ第 1 の突出部 234 及び第 2 の突出部 236 を使用して第 1 の管 206 及び第 2 の管 208 に結合される。従って、この例示的な実施形態では、中央通路 214 及び / 又は 314 内を流れる流体（図示せず）は、中心孔 238 及び / 又は出口開口を通して吐出され、また第 1 の通路 216 内を流れる流体（図示せず）は、出口開口を通して吐出される。さらに、この例示的な実施形態では、外側先端 228 は、複数の出口開口（図示せず）を含み、内側先端 230 及び管延長部 226 に結合される。従って、第 2 の通路 218 内を流れる流体（図示せず）は、外側先端 228 及び / 又は内側先端 230 内に形成された出口開口を通して吐出される。

20

【0029】

この例示的な実施形態では、ノズル部 204 はまた、第 4 の管 212 から半径方向外向きに延びるペグ 240（本明細書においては、「ベーン」とも呼ぶ）を含む。それに代えて、ペグ 240 は、ノズル部 204 から斜めに延びることができる。さらに、図 2 には 2 つのみのペグ 240 を示しているが、ノズル部 204 は、2 つよりも多い又は少ないペグ 240 を含むことができる。この例示的な実施形態では、ペグ 240 は、結合リング 232 に近接して第 3 の通路 220 の下流端部 242 に配置される。それに代えて、その他の位置において、1 つ又はそれ以上のペグ 240 を第 3 の通路 220 に対して配置することができる。この例示的な実施形態では、ペグ 240 は各々、複数の出口開口（図示せず）を含み、第 3 の通路 220 内を流れる流体（図示せず）がペグ出口開口を通して吐出されるようになる。

30

【0030】

この例示的な実施形態では、ヘッド部 300 は、それに限定されないが、例えば棒材、中実金属ロッド及び / 又はあらゆるその他の適当な単体構造材料片等の単一の材料片（図示せず）で形成される。さらに、この例示的な実施形態では、ヘッド部 300 を形成するために使用する材料は、その形状がほぼ円柱形であるが、燃焼器 102 の構成に応じて、その他の形状を有する材料を使用して、ヘッド部 300 を製作することができる。より具体的には、この例示的な実施形態では、ヘッド部 300 を製作するために使用する材料の部分は、2 つのほぼ平坦な対向する面を含み、ヘッド部 300 が第 1 のほぼ平坦な端面 306 と第 2 のほぼ平坦な端面 308 とほぼ円柱形の本体 310 とを含むようになる。

40

【0031】

この例示的な実施形態では、ヘッド部 300 は、例えばガンドリル加工法を用いて製作される。それに代えて、ヘッド部 300 は、二次燃料ノズルアセンブリ 200 を本明細書に説明したように機能させるのを可能にするあらゆるその他の適当な製作方法を用いて製

50

作することができる。この例示的な実施形態では、中央通路 3 1 4 は、一方の端面 3 0 6 又は 3 0 8 を貫通して実質的に中心線 2 0 2 に沿って他方の端面 3 0 6 又は 3 0 8 まで形成される。さらに、この例示的な実施形態では、孔 3 0 2 及び / 又は通路 3 1 4 の各々は、一方の端面 3 0 6 又は 3 0 8 から他方の端面 3 0 6 又は 3 0 8 まで本体 3 1 0 を貫通して一度の機械加工作業によって製作される。

#### 【 0 0 3 2 】

この例示的な実施形態では、チャンネル 3 1 6、3 1 8 及び / 又は 3 2 0 は各々、第 2 の端面 3 0 8 内に機械加工される。従って、分割壁 3 2 2、3 2 4 及び 3 2 6 は、本体 3 1 0 内でチャンネル 3 1 6、3 1 8 及び 3 2 0 並びに / 或いは中央通路 3 1 4 間に形成される。チャンネル 3 1 6、3 1 8 及び / 又は 3 2 0 は、第 1 の端面 3 0 6 内に機械加工して、該チャンネル 3 1 6、3 1 8 及び / 又は 3 2 0 が第 1 の端面 3 0 6 内に形成された時に、第 1 の端面 3 0 6 に対してノズル部 2 0 4 を結合するようにすることができることが理解されるであろう。さらに、この例示的な実施形態では、各入口 3 2 8、3 3 0、3 3 2、3 3 4、3 4 4、3 4 6 及び / 又は 3 4 8 並びにそれぞれのポート 3 3 6、3 3 8、3 4 0、3 4 2 及び / 又は 3 5 0 は、第 1 の端面 3 0 6 及び / 又は本体 3 1 0 内に形成される。より具体的には、各入口 3 2 8、3 3 0、3 3 2、3 3 4、3 4 4、3 4 6 及び / 又は 3 4 8 並びにそれぞれのポート 3 3 6、3 3 8、3 4 0、3 4 2 及び / 又は 3 5 0 は、チャンネル 3 1 6、3 1 8 及び / 又は 3 2 0、中央通路 3 1 4 並びに / 或いはその他の入口 3 2 8、3 3 0、3 3 2、3 3 4、3 4 4、3 4 6 及び / 又は 3 4 8 まで延びる単一の切削で形成することができる。それに代えて、各入口 3 2 8、3 3 0、3 3 2、3 3 4、3 4 4、3 4 6 及び / 又は 3 4 8 は、一度の切削で形成することができ、また各それぞれのポート 3 3 6、3 3 8、3 4 0、3 4 2 及び / 又は 3 5 0 は、二度目の切削で形成することができる。この例示的な実施形態では、入口 3 2 8、3 3 0、3 3 2、3 3 4、3 4 4、3 4 6 及び / 又は 3 4 8 とそれぞれのポート 3 3 6、3 3 8、3 4 0、3 4 2 及び / 又は 3 5 0 との相対的な位置は、燃焼器 1 0 2 の構成に基づいて選択される。

#### 【 0 0 3 3 】

この例示的な実施形態では、ノズル部 2 0 4 は、それに限定されないが、例えば溶接法を用いてヘッド部 3 0 0 に結合される。より具体的には、この例示的な実施形態では、各管 2 0 6、2 0 8、2 1 0 及び / 又は 2 1 2 は、前述したようにノズル通路 2 1 4、2 1 6、2 1 8 及び / 又は 2 2 0 がヘッドチャンネル 3 1 6、3 1 8 及び / 又は 3 2 0 並びに / 或いはヘッド中央通路 3 1 4 に実質的に整列するように、ヘッド部 3 0 0 に結合される。この例示的な実施形態では、先端部 2 2 4 は、ノズル部 2 0 4 が前述のように構成されるように、管 2 0 6、2 0 8、2 1 0 及び / 又は 2 1 2 に溶接される。より具体的には、この例示的な実施形態では、管延長部 2 2 6 は、例えば結合リング 2 3 2 を使用して管 2 1 2 及び 2 1 0 に溶接され、内側先端 2 3 0 は、それぞれの突出部 2 3 6 及び 2 3 4 を使用して第 2 の管 2 0 8 及び第 1 の管 2 0 6 に溶接され、また外側先端 2 2 8 は、内側先端 2 3 0 に溶接される。それに代えて、ノズル部 2 0 4 は、二次燃料ノズルアセンブリ 2 0 0 を本明細書に説明したように機能させるのを可能にするあらゆるその他の適当な製法を用いて製作することができる。

#### 【 0 0 3 4 】

この例示的な実施形態では、二次燃料ノズルアセンブリ 2 0 0 は、例えばファスナ孔 3 0 2 に貫通挿入された機械的ファスナ（図示せず）を使用して燃焼器端部カバーアセンブリ 1 2 2 に結合される。二次燃料ノズルアセンブリ 2 0 0 は、燃料供給管と流体連通して結合される。この例示的な実施形態では、メイン燃料は、チャンネル 3 2 0 及び通路 2 2 0 を通して燃焼器 1 0 2 に供給され、またパイロット燃料は、チャンネル 3 1 6 及び通路 2 1 6 を通して燃焼器 1 0 2 に供給される。チャンネル 3 1 8、中央通路 3 1 4 並びにそれぞれの通路 2 1 8 及び 2 1 4 は、燃焼器 1 0 2 に対するパイロット燃料の供給とメイン燃料の供給との間で移行するように構成される。従って、チャンネル 3 1 8、中央通路 3 1 4 並びにそれぞれのノズル通路 2 1 8 及び 2 1 4 は、「移送」通路と呼ぶことができる。この例示的な実施形態では、チャンネル 3 2 0、通路 2 2 0 並びに移送通路 2 1 4、3 1 4、2 1

10

20

30

40

50

8及び318を使用することによって、先端部224及び/又はペグ240を介して燃焼器102内に、より具体的には二次燃焼ゾーン148内にメイン燃料を噴射することができる。この例示的な実施形態では、ノズル通路214、216、218及び/又は220、ノズル先端部224並びに/或いはノズルペグ240の構成は、所定のパイロット及び/又はメイン燃料流量に基づいて選択される。例えば、所定の燃料流量は、ノズル通路214、216、218及び/又は220、ノズル先端部224並びに/或いはノズルペグ240のいずれかを貫通して所定の寸法の孔(図示せず)を機械加工することによって得ることができる。

#### 【0035】

上記の燃料ノズルアセンブリ及びその製作方法は、公知のヘッド部アセンブリと比べて必要とする構成要素が少ないヘッド部を有する燃料ノズルアセンブリを作り出す。より具体的には、上記の二次燃料ノズルアセンブリの製作は単体構造本体部を使用するので、ノズルアセンブリの製作は、燃料ノズルヘッド内に複数の構成要素を含む公知の燃料ノズルアセンブリの製作と比べて、コスト及び時間の点で一層効率的である。より具体的には、本発明の単体構造ヘッド部は、公知のヘッド部アセンブリが含む複数のシールを排除するのを可能にする。例えば、本発明は、公知のヘッド部アセンブリにおいて一般的に必要とされる本体対スリーブシール、ウオータリップシール、拡散リップシール及び複数のピストンシールを排除するのを可能にする。従って、そのようなシールで生じる可能性がある多数の漏れ発生可能性区域が排除される。さらに、燃料ノズルアセンブリ内の構成要素及び溶接部の数を減少させることによって、単体構造ヘッド部は、複数の構成要素を含むノズルアセンブリと比べて、燃料ノズルアセンブリのコストを低減するのを可能にする。

#### 【0036】

さらに、上記の燃料ノズルアセンブリ及びその製作方法は、ヘッド部内の構成要素の数を減少させることによって、燃料ノズルアセンブリの信頼性を向上させるのを可能にする。より具体的には、本発明の単体構造ヘッド部は、唯一つの構成要素、つまりヘッド部そのものしか含まないので、燃料ノズルアセンブリは、複数構成要素のヘッド部を含む公知の燃料ノズルアセンブリと比べて、使用時に摩耗する可能性がある構成要素をより少数しか含まない。さらに、上記の燃料ノズルアセンブリは、燃焼器に基づいてあらゆる適当な構成として製作することができる。より具体的には、ヘッド部内に形成した入口、ポート、通路及び/又はチャネルは、燃焼器の構成に基づいてあらゆる配向として及び/又は位置に製作することができる。従って、本発明の燃料ノズルアセンブリは、複数構成要素のヘッド部アセンブリを含む燃料ノズルアセンブリと比べて、燃焼器内への燃料ノズルの改造導入を可能にする。

#### 【0037】

加えて、上記の二次燃料ノズルは、複数燃料流路を制御しかつ操作して、エミッション、火炎形状、動力学的特性及び/又はその他の燃焼特性を制御するのを可能にするために使用することができる。ノズルを貫通した複数通路は、複数経路に対する並びに/又は複数燃焼器の出力、エミッション及び/又は制御サイクルを得るための燃料の独立流量制御を可能にする。そのような独立流量制御により、複数の独立制御可能な燃料流路を含まない燃料ノズルと比べて、より多くの燃料分配制御を行うことが可能になる。

#### 【0038】

以上、ガスタービンで使用するための燃料ノズルアセンブリの例示的な実施形態を詳細に説明している。本燃料ノズルアセンブリは、本明細書に説明した特定の実施形態に限定されるものではなく、むしろ本燃料ノズルアセンブリの構成要素は、本明細書に説明したその他の構成要素とは独立してかつ別個に利用することができる。例えば、ヘッド部はまた、その他の燃焼システム及び/又は燃料ノズルアセンブリと組合せて使用することができる。本明細書に説明したような燃焼システムのみでの実施に限定されるものではない。むしろ、本発明は、多くのその他の燃料燃焼用途に関連して実施しかつ利用することができる。

#### 【0039】

様々な特定の実施形態に関して本発明を説明してきたが、本発明が特許請求の範囲の技術思想及び技術的範囲内の変更で実施することができることは、当業者には分かるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】例示的なガスタービン燃焼システムの部分断面図。

【図2】図1に示す燃焼システムで使用することができる例示的な燃料ノズルの断面図。

【図3】図2に示す燃料ノズルヘッド部の平面図。

【符号の説明】

【0041】

100	ガスタービンエンジン	10
102	燃焼器	
104	タービン	
106	第1段ノズル	
108	空気	
110	移行ダクト	
116	燃焼ガス	
118	燃焼器ケーシング	
122	端部カバーアセンブリ	
124	流れスリーブ	20
126	燃焼ライナ	
132	燃焼ライナキャップアセンブリ	
136	燃焼ライナの外壁	
140	空気通路	
142	流れスリーブ内の開口	
144	一次燃焼ゾーン	
146	ベンチュリスロート領域	
148	二次燃焼ゾーン	
150	ベンチュリスロート領域の収束壁	
152	ベンチュリスロート領域の発散壁	30
154	一次燃焼ゾーンの開口	
156	一次燃料ノズルアセンブリ	
158	燃焼器の中心線	
160	管アセンブリ	
168	機械的ファスナ	
200	二次燃料ノズルアセンブリ	
202	二次燃料ノズルアセンブリの中心線	
204	ノズル部	
206, 208, 210, 212	ノズル部の管	
214	ノズル中央通路	40
216, 218, 220	ノズル通路	
240	ノズル部のペグ	
300	ヘッド部	
302	ヘッド部内のファスナ孔	
306	ヘッド部の第1の端面	
308	ヘッド部の第2の端面	
310	ヘッド部の円柱形本体	
314	ヘッド部内の中央通路	
316, 318, 320	ヘッド部内のチャンネル	
328, 330, 332, 334	ヘッド部の半径方向入口	50

336, 338, 340, 342, 350 半径方向ポート  
344, 346, 348 ヘッド部の軸方向入口

【図1】

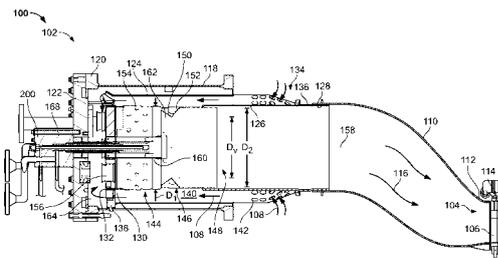


FIG. 1

【図2】

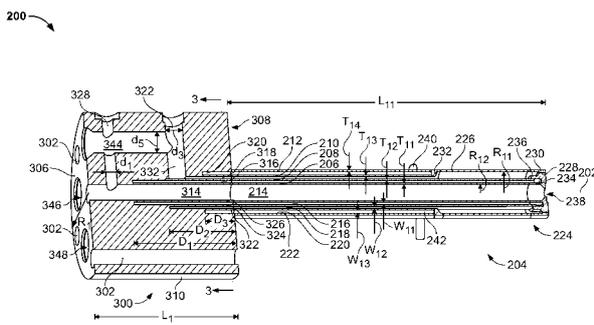


FIG. 2

【図3】

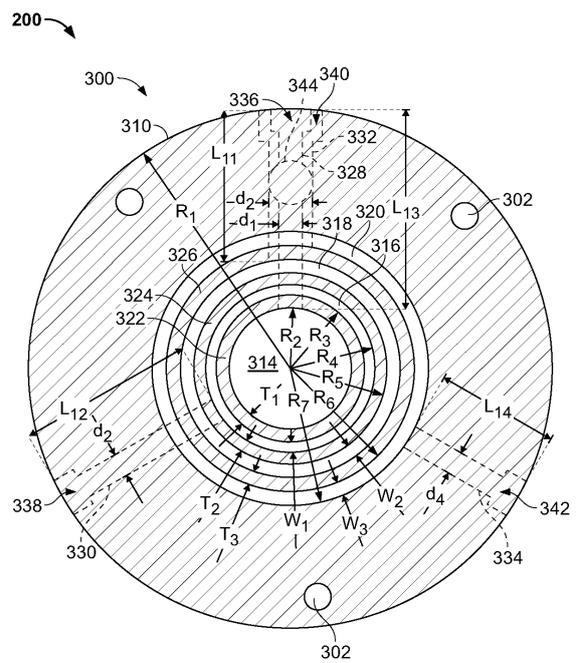


FIG. 3

---

フロントページの続き

(72)発明者 ウィリアム・カーク・ヘスラー  
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリアー、カリッサ・コート、15番

審査官 稲葉 大紀

(56)参考文献 特開2007-155326(JP,A)  
特開2007-183090(JP,A)  
米国特許第05259184(US,A)  
米国特許出願公開第2005/0005610(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
F23R 3/28 - 3/38