

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-91514

(P2014-91514A)

(43) 公開日 平成26年5月19日(2014.5.19)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>B 6 4 D 41/00</b> (2006.01)	B 6 4 D 41/00	5 H 6 0 7
<b>H 0 2 K 7/18</b> (2006.01)	H 0 2 K 7/18 A	

審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2013-220702 (P2013-220702)	(71) 出願人	506388923
(22) 出願日	平成25年10月24日 (2013.10.24)		ジーイー・アビエーション・システムズ・
(31) 優先権主張番号	13/664, 625		エルエルシー
(32) 優先日	平成24年10月31日 (2012.10.31)		アメリカ合衆国 ミシガン州 4 9 5 1 2
(33) 優先権主張国	米国 (US)		, グランド ラピッズ, エス. イー., パ
			ターソン アベニュー, 3 2 9 0
		(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
		(74) 代理人	100113974
			弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石を有する外部ロータを備えたラムエアタービン発電機

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 パーツの点数が少なく、信頼性を高めることができるラムエアタービン発電システムを提供する。

【解決手段】 航空機の外部気流に曝されると発電するラムエアタービン発電機システム12であって、複数のブレード26と、このブレードに作動的に結合され且つシャフト30とマウントされたステータ54の周りで回転する永久磁石57を備えたロータ56とを有するタービン20を有し、ブレードの回転がロータを回転させ、ステータの周りでのロータの回転で電力が発生する。

【選択図】 図2

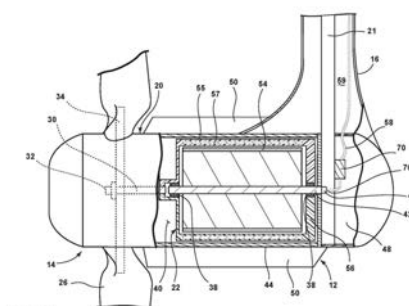


FIG. 2

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

航空機のラムエアタービン発電機であって、  
航空機の一部にマウントするように構成されたマウントプレートと、  
前記マウントプレートに固定的にマウントされるシャフトと、  
前記シャフトに固定的にマウントされ且つ複数の巻線を有するステータと、  
前記シャフトに回転可能にマウントされ且つ少なくとも部分的に前記ステータを内包するロータハウジングと、  
前記ロータハウジングの内面にマウントされた複数の永久磁石と、  
前記ロータハウジングに作動的に結合され且つ複数のブレードを有するプロペラと、  
を有し、  
前記ブレード上を流れる空気が前記プロペラを回転させて前記ロータハウジングを回転させ、これによって、前記複数の巻線の周りで前記永久磁石を回転させて前記巻線において電流を発生させる、ラムエアタービン発電機。

10

**【請求項 2】**

前記マウントプレートが、前記航空機から延出可能なパイロンをマウントするように構成される、請求項 1 に記載のラムエアタービン発電機。

**【請求項 3】**

前記シャフトの端部が前記マウントプレートに固定される、請求項 1 に記載のラムエアタービン発電機。

20

**【請求項 4】**

前記複数の巻線が、前記ステータの周りで半径方向に均等に離間している、請求項 1 に記載のラムエアタービン発電機。

**【請求項 5】**

前記複数の永久磁石が、少なくとも 2 つの直径方向に対向する永久磁石である、請求項 4 に記載のラムエアタービン発電機。

**【請求項 6】**

前記ロータハウジングが、前記シャフトに回転可能にマウントされたシリンダである、請求項 1 に記載のラムエアタービン発電機。

**【請求項 7】**

一対のベアリングであって、各ベアリングが、前記シャフト上の、前記ステータの反対側に設けられ、前記シリンダが前記ベアリングに載置される一対のベアリングを更に有する、請求項 6 に記載のラムエアタービン発電機。

30

**【請求項 8】**

前記ロータハウジングが磁束リターンパスを形成する、請求項 1 に記載のラムエアタービン発電機。

**【請求項 9】**

前記プロペラが前記ロータハウジングに直接マウントされる、請求項 1 に記載のラムエアタービン発電機。

**【請求項 10】**

前記発電機が、前記プロペラを前記ロータハウジングに作動的に結合するギヤボックスを更に有する、請求項 1 に記載のラムエアタービン発電機。

40

**【請求項 11】**

前記ギヤボックスが前記シャフトに支持される、請求項 10 に記載のラムエアタービン発電機。

**【請求項 12】**

前記ギヤボックスに増速ギヤトレインを設け、前記ギヤボックス出力素子が前記プロペラよりも高速で回転するようになっている、請求項 10 に記載のラムエアタービン発電機。

**【請求項 13】**

50

前記シャフトが回転しない、請求項 1 に記載のラムエアタービン発電機。

【請求項 1 4】

航空機用ラムエアタービン発電機であって、  
複数の巻線を有するステータと、  
少なくとも部分的に前記ステータを内包し且つ複数の永久磁石を有するロータと、  
前記ロータと一緒に回転するように前記ロータに結合され且つ複数のブレードを有するプロペラと、  
を有し、

前記ブレード上を流れる空気が前記プロペラを回転させて前記ロータを回転させ、これによって、前記複数の巻線の周りで前記永久磁石を回転させて前記巻線において電流を発生させる、ラムエアタービン発電機。

10

【請求項 1 5】

前記複数の巻線が前記ステータの周りで半径方向に均等に離間している、請求項 1 4 に記載のラムエアタービン発電機。

【請求項 1 6】

前記複数の永久磁石が、少なくとも 2 つの直径方向に対向する永久磁石である、請求項 1 5 に記載のラムエアタービン発電機。

【請求項 1 7】

前記プロペラが前記ロータハウジングに直接的にマウントされる、請求項 1 4 に記載のラムエアタービン発電機。

20

【請求項 1 8】

前記発電機が、前記プロペラに結合され且つ前記ロータに作動的に結合されたギヤボックス出力素子を有するギヤボックスを更に有する、請求項 1 4 に記載のラムエアタービン発電機。

【請求項 1 9】

前記ギヤボックスに増速ギヤトレインを設け、前記ギヤボックス出力素子が前記プロペラよりも高速で回転するようになっている、請求項 1 8 に記載のラムエアタービン発電機。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、航空機のラムエアタービン発電機に関する。

【背景技術】

【0002】

ラムエアタービン (RAT) システムは、非常用電源又は補助電源システムとして現代の航空機に使用されている。これらは、通常、作動的に発電機に結合された、回転ハブ及び複数のブレードを備えたタービンを有する。このタービンは、発電機の駆動源となる。当初、飛行時は、航空機の機体の、コンパートメントドアに覆われたコンパートメントに RAT システムが収容されている。非常用電源又は補助電源として必要な場合、RAT システムは、機体から周囲気流へと展開され、ブレードを駆動させて発電機を回転させ、気流からエネルギーを抽出する。航空機システムの動力需要が増大するにつれて、RAT システムの発電能力が増大し続けている。

40

【発明の概要】

【0003】

一態様において、航空機用ラムエアタービン発電機は、複数の巻線を有するステータと、ステータを少なくとも部分的に内包し且つ複数の永久磁石を有するロータと、ロータと一緒に回転するようにロータに結合され且つ複数のブレードを有するプロペラを有し、ブレード上を流れる空気がプロペラを回転させることでロータを回転させ、これによって、(巻線において電圧を誘起する等して) 永久磁石を複数の巻線の周りで回転させて電流を発生させる。

50

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 0 4 】

【図 1】本発明の一実施形態に係る、ラムエアタービンを有する航空機の部分側面図である。

【図 2】図 1 のラムエアタービンの概略断面図である。

【図 3】本発明の第 2 の実施形態に係る、統合ギヤボックスアセンブリを備えたラムエアタービンの概略断面図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 0 5 】

図 1 に示すように、航空機 10 は、航空機 10 の外部気流に曝されると航空機 10 への発電を行う R A T システム 12 を有する。R A T システム 12 は R A T 14 を有し、R A T 14 は、航空機 10 からパイロン 16 とマウントアセンブリ 18 によって吊架される。R A T 14 は、航空機 10 の機体又はウィングの適当なコンパートメント内に格納されており、パイロン 16 をマウントアセンブリ 18 に対して移動させることで迅速且つ容易に展開可能である。これによって、R A T システム 12 を、航空機 10 を通過する気流中の露出位置へと移動させる。

## 【 0 0 0 6 】

図 2 に示すように、R A T 14 は、発電機 22 を内蔵するハウジング 20 を有する。ハウジング 20 は、ハウジング 20 の端部を閉じて航空機 10 の一部に実装するように構成された、マウントプレート 21 を有する。プロペラ 28 から突出した複数のブレード 26 の形態をとるタービンは、マウントプレート 21 の反対側の、ハウジング 20 の他端に設けられる。図示の実施形態では 2 枚のブレード 26 のみを示しているが、何枚のブレード 26 を使用してもよいものとする。

## 【 0 0 0 7 】

タービンは、更に、タービン出力シャフト 30 を有し、この出力シャフト 30 は、第 1 の端部 32 においてブレード 26 に作動的に結合され、ブレード 26 の回転によってタービン出力シャフト 30 が回転するようになっている。タービン出力シャフト 30 は、ブレード 26 に適当に結合されてブレード 26 から後方に突出しており、発電機 22 等の補助電源ユニットを駆動させる回転出力を提供する。非限定的な例として、ロータシャフト 34 が、ブレード 26 から延出し、タービン出力シャフト 30 にスプライン嵌合されているか、或いは適当に機械的に結合されており、ブレード 26 の回転が、このロータシャフト 34 からタービン出力シャフト 30 へと伝達されるようになっている。或いは、ブレード 26 又はプロペラ 28 の一部がタービン出力シャフト 30 に直接結合される。タービン出力シャフト 30 の第 2 の端部 36 が、発電機 22 の一部に作動的に結合される。

## 【 0 0 0 8 】

ハウジング 20 は、図示のように、対向する第 1 及び第 2 のキャップ 46、48 によって閉鎖された本体部 44 を有し、発電機 22 を受容する内部 40 を画定する、共通のハウジングとなっている。図示のように、ハウジング 20 は、複数の放熱フィン又は冷却フィン 50 を更に含む。冷却フィン 50 は、ハウジング 20 の周縁から外方へと突出するように、いずれかの適当な態様で形成される。冷却フィン 50 は、本体部 44 の周縁まわりで離間していてもよい。冷却フィン 50 の寸法及び数は、R A T システム 12 の個々の放熱需要に応じたものであってよい。

## 【 0 0 0 9 】

マウントプレート 21 は、マウントプレート 21 にパイロン 16 が実装されるように、R A T システム 12 を支持するように構成される。発電機 22 は、コンダクタケーブル 58 によって航空機 10 に電氣的に結合される。パイロン 16 は、コンダクタケーブル 58 が発電機 22 から航空機 10 へと通る通路 59 を、更に画定する。こうして、コンダクタケーブル 58 と、R A T システム 12 と航空機 10 の間のその他の何らかのリンケージが、パイロン 16 内で保護的に覆い隠されるので、損傷を抑えることができる。

## 【 0 0 1 0 】

発電機 22 は、ハウジング内部 40 内に配置され、更に、ロータハウジング 55 に囲繞される（軟磁性鋼で形成されるものとして図示する）ステータ 54 を有し、これによってロータ 56 を画定している。この意味で、発電機 22 は、外部ロータ構造を有している。ステータ 54 は、コア（当該コアの周りで均等に半径方向に離間した複数の電気巻線を受容するスロット構造を形成する巻線積層体から成るコア）等のいずれかの適当な構造を有する。ロータ 56 は、更に、いずれの適当な構造を有してもよいが、図示においてはロータ極を画定する複数の永久磁石 57 を備えたロータである。永久磁石 57 はロータハウジング 55 に貼り付けられ、ロータハウジング 55 は、磁石 57 を受容するスロットを有してもよい。

【0011】

10

発電機 22 は、非回転式マウントシャフト 42 の形態であるステータサポートを更に有し、非回転式マウントシャフト 42 は、少なくとも、片持ち構造でマウントプレート 21 にマウントされた第 1 の端部 43 を有する。片持ち構造を図示しているが、その他のマウント構造も可能である。ステータ 54 は、ステータコアをマウントシャフト 42 にスライドさせる等して、マウントシャフト 42 に固定的にマウントされている。キー/キーウェイ構成を、ステータコア及びマウントシャフト 42 に形成することで、ステータ 54 のマウントシャフト 42 に対する回転を防止できる。

【0012】

ロータ 56 は、組立時、ステータ 54、ハウジング本体部 44、及びマウントプレート 21 から離間しており、これによって回転時の機械的クリアランスを提供する。ロータハウジング 55 は、マウントシャフト 42 にマウントされた複数の離間したベアリング 38 上で回転的に支持されており、これによってマウントシャフト 42 周りでロータハウジング 55 が回転する。RAT 14 は、タービン出力シャフト 30 によってロータハウジング 55 に作動的に結合されており、ブレード 26 を流れる空気に伴うプロペラ 28 の回転によって、ロータハウジング 55 を回転させるようになっている。

20

【0013】

発電機 22 は、発電機制御ユニット（GCU）70 を更に有し、発電機制御ユニット（GCU）70 は、コントローラ 72 と（シリコン制御全波整流器等の）全波整流器 74 を有し、このとき、GCU 70 は、第 2 のハウジング端部キャップ 48 内に物理的に配置され、ステータ巻線の電圧出力部 76 とコンダクタケーブル 58 の間に電氣的に配置されている。GCU 70 は、航空機 10 の電気システムへ送電するために、発生した電力の整流及び調整を行う。典型的な航空機の電圧は、例えば 28 VDC 及び 270 VDC であるが、電気システムの需要に応じて可変である。GCU 70 は、発電機 22 の後方に図示されているが、航空機 10 の内部等の別の配置も考えられる。コントローラ 72 は、典型的なバック/ブーストコンバータ構成に組み込まれる、1 つ以上の絶縁ゲートバイポーラトランジスタ（IGBT）を含み得る。

30

【0014】

RAT システム 12 の作動中、RAT 14 は航空機を取り巻く気流中に延出する。この気流は、ブレード 26 上を流れてブレード 26 を回転させ、ひいてはタービン出力シャフト 30 をブレード 26 と同じ rpm で回転させる。タービン出力シャフト 30 は、ロータハウジング 55 をマウントシャフト 42 とステータ 54 の周りでロータハウジング 55 を駆動させ、GCU で調整された電力を生成し、これをコンダクタケーブル 58 から航空機 10 へと伝達できる。

40

【0015】

更に、図 3 に、本発明の第 2 の実施形態に係る、別の RAT システム 112 を示す。第 2 の実施形態は第 1 の実施形態に類似しているため、100 を加算した同様の数字で同様のパーツを示している。なお、第 1 の実施形態と同様のパーツの説明は、別途記載しない限り、第 2 の実施形態でも同じである。第 1 の実施形態と第 2 の実施形態の違いは、RAT ハウジング 120 がギヤボックス 123 を有し、ギヤボックス 123 が、RAT 114 を発電機 122 に結合するギヤボックス出力素子 124 を、第 1 の実施形態の直接接続の

50

代わりに有することである。

【0016】

図示のように、タービン出力シャフト130の第2の端部136を、ギヤボックス123の一部に作動的に結合できる。ロータハウジング155は、更に、ギヤボックス出力素子124に作動的に結合され、ギヤボックス出力素子124がロータハウジング155への駆動力を提供して発電を行うようになっている。

【0017】

ギヤボックス123は、増速ギヤトレイン160を有する。具体的には、出力ギヤ162、第1の中間ギヤ164、第2の中間ギヤ166、及び出力駆動ギヤ168が、増速ギヤトレイン160に含まれる。入力ギヤ162の呼称は別の名称であってもよいが、ここで入力ギヤとしている理由は、動力が、ギヤボックス123の増速ギヤトレイン160へと、増速ギヤトレイン160の入力ギヤエンドにおいて入力されるからである。入力ギヤ162は、タービンシャフト130に、通常はその第2の端部136付近において、スプライン嵌合或いは適当に機械的に結合される。入力ギヤ162は、入力ギヤ162と第2の中間ギヤ166の両方に架かる高さを有する第1の中間ギヤ164に噛合する。こうして、第1の中間ギヤ164が、第2の中間ギヤ166に噛合する。第2の中間ギヤ166は、出力駆動ギヤ168に更に噛合し、出力駆動ギヤ168は、ギヤボックス出力素子124にスプライン嵌合されるか或いは適当に機械的に結合されているが、これが、ベアリング138によって回転可能に支持されるシャフトとして図示されている。ベアリング138は、ギヤボックス出力素子124を、タービン出力シャフト130と同軸に回転可能に支持する構造内に設けられる。

【0018】

ギヤトレイン160を含む、ギヤボックス123の別の構成も可能である。例えば、ギヤボックス123は、発電機122を備えたRATハウジング120内に配置されるものとして図示されているが、発電機122に結合された別個のハウジングであってもよい。

【0019】

RATシステム112の作動中、RAT114が航空機を取り巻く気流へと延出しており、ブレード126上を流れるこの気流が、ブレード126を回転させ、ひいてはタービン出力シャフト130を、ブレード126と同じrpmで回転させる。タービン出力シャフト130が、増速ギヤトレイン160の入力ギヤ162を駆動させ、これがひいては、第1及び第2の中間ギヤ164、166を駆動させ、更には、出力駆動ギヤ168及びギヤボックス出力要素124を駆動させる。増速ギヤトレイン160が、ギヤボックス出力素子124をブレード126よりも高速で回転させ、これに続く低速回転を、発電に適した高速回転へと変換するように作用する。

【0020】

非限定的な例として、発電機22は、20,000rpmで少なくとも30kWを創出できるように構成可能である。具体的には、出力駆動ギヤ168に対する入力ギヤ162の比を、出力駆動ギヤ168が、入力ギヤ162よりも実質的に高速で回転するように選択できる。増速ギヤトレイン160のギヤ構成及びギヤ比を、タービン出力シャフトの所定の回転速度である6,000rpmに応動してギヤボックス出力素子124が20,000rpmで回転するように選択できる。ロータハウジング155がギヤボックス出力素子124によって駆動され、これによって、発電機122で、コンダクタケーブル158から航空機110へと受け渡されるGCUで調整された電力が生成される。発電機22は、更に、パンケーキ構造のものであってよく、このとき、ステータ54とロータ56は両方とも、典型的なRATシステムよりも大きな直径及び短い軸方向長さを有する。パンケーキ構造は、増速ギヤボックス123を要することなく、プロペラ28及びロータ56の最低速度において、典型的なRATシステムと同量の動力を生成可能であることが知られている。非限定的な例として、パンケーキ型発電機22は、6,000rpmで少なくとも30kWを生成するように構成可能である。したがって、パンケーキ構造の発電機を適用すると、その部品点数の少なさ、低速回転の動作条件から、本質的に信頼性が高まるの

で好適であり、或いは、航空機においては、R A Tシステムの組み込みに必要な軸方向の空間が少なく済む。

【 0 0 2 1 】

以上に説明した図面以外にも、多くの別の実施形態及び構成が、本開示から考えられる。例えば、本発明の一実施形態は、マウントプレート 2 1 に取り付けられるマウントシャフト 4 2 を意図しており、ステータ 5 4 がロータハウジング 5 5 と共通の軸周りを回転可能になっている。このとき、ステータ 5 4 の回転方向が、ロータハウジング 5 5 と同じであっても反対であってもよい。更に、こうした実施形態では、ステータ 5 4 の回転速度がロータハウジング 5 5 の速度とは異なってもよい。本発明の別の例では、冷却用の自給オイルシステム又は冷却用空気を用いることを意図している。本発明のまた別の例では、開口又は耐火山灰構造を有することを意図している。加えて、様々な部品の設計及び配置を、多数の異なるインライン構成が可能となるように変更してもよい。

10

【 0 0 2 2 】

ここで開示する実施形態は、インサイドアウト構造を備えた P M G R A T システムを提供する。上記の実施形態で可能な利点のひとつは、上記の実施形態が、重量及び寸法の点で従来型の R A T システムを上回る利点を有することである。提示したパンケーキ構造を用いると、ギヤなしで高周縁速度 P M G が可能になる。その理由は、永久磁石を確実に封入できるのがシリンダリングならではの性質であり、これによって、封じ込め及び磁束リターンパスがもたらされるからである。更に、電磁ギャップは機械的な半径方向のクリアランスと同じであることから、電磁ギャップが最小限となるので、高い周縁速度が可能になる。周縁速度が高いほど、発電機の電磁石の重量が軽くて済む。

20

【 0 0 2 3 】

航空機部品の設計時、取り組むべき重要なファクターは、寸法、重量、及び信頼性である。上記の R A T システムでは、当該システムが最小限の電力変換設備で D C 出力を調整できることから、パーツの点数が少なく、システム全体の信頼性を本質的に更に高めることができる。これによって、軽量、小型、高性能、及び高い信頼性のシステムになる。パーツの点数が少なくメンテナンスが減少することによって、製品コストが減少し、稼働コストが削減される。軽量化及び小型化は、飛行時に競合する利点と相互に関係する。

【 0 0 2 4 】

本明細書では、最良の態様を含む例を用いて本発明を開示し、更に、あらゆる装置又はシステムの作製及び使用、並びにあらゆる付随の方法の実施を含め、当業者が本発明を実施できるように本発明を開示している。本発明の特許請求の範囲は、請求項によって定義されるが、当業者に想到可能なその他の例もこれに含まれる。かかるその他の例は、請求項の文言と相違ない構成要素を有する場合、又は請求項の文言と実質的に相違ない等価の構成要素を有する場合、特許請求の範囲内であることを意図している。

30

【 図 1 】

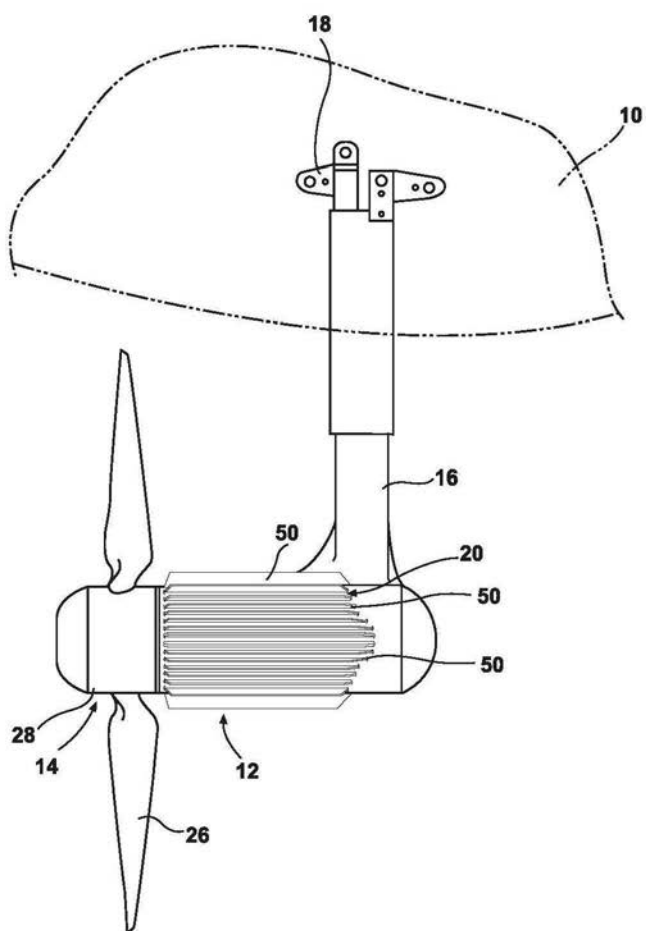


FIG. 1

【図 2】

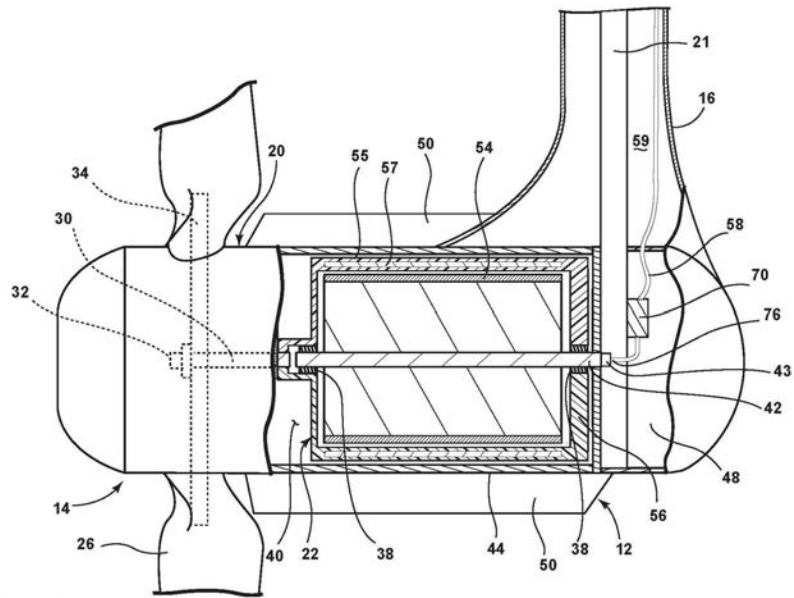


FIG. 2

【図 3】

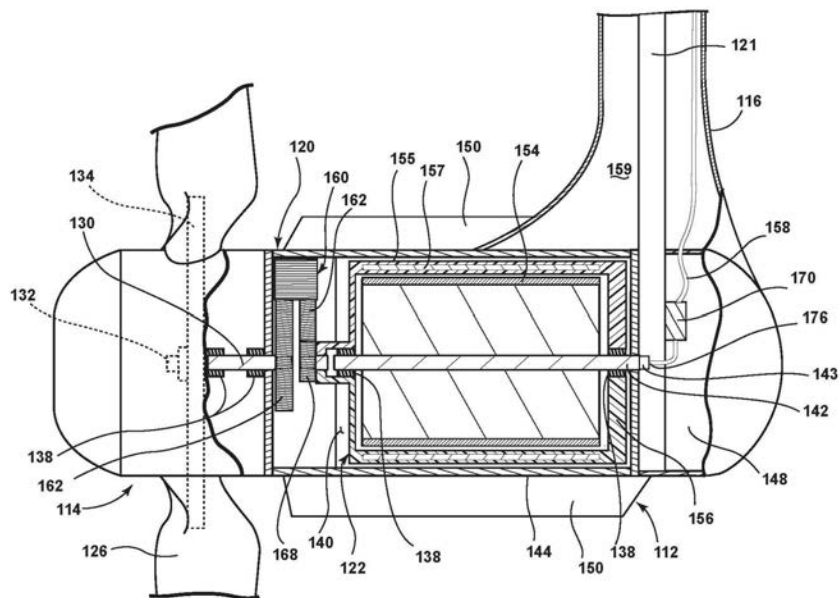


FIG. 3

---

フロントページの続き

(72)発明者 ディネッシュ・ネイス・タネジャ

アメリカ合衆国、オハイオ州・４５３７７、ヴァンダリア、ティンバーウィンド・レーン、２３０番

(72)発明者 ポール・ジェイムズ・ワーシュ

アメリカ合衆国、オハイオ州・４５４０９、デイトン、リバー・パーク・ドライブ、１１１番

Fターム(参考) 5H607 BB02 BB07 BB14 CC05 DD03 EE24 EE36 FF26