

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4733284号  
(P4733284)

(45) 発行日 平成23年7月27日 (2011.7.27)

(24) 登録日 平成23年4月28日 (2011.4.28)

(51) Int.Cl.

F I

F 2 3 R 3/00 (2006.01)

F 2 3 R 3/00

A

F 0 2 C 3/30 (2006.01)

F 0 2 C 3/30

B

F 0 2 C 9/26 (2006.01)

F 0 2 C 3/30

C

F 0 2 C 9/48 (2006.01)

F 0 2 C 9/26

F 2 3 R 3/28 (2006.01)

F 0 2 C 9/48

請求項の数 11 外国語出願 (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-107879 (P2001-107879)  
 (22) 出願日 平成13年4月6日 (2001.4.6)  
 (65) 公開番号 特開2001-324142 (P2001-324142A)  
 (43) 公開日 平成13年11月22日 (2001.11.22)  
 審査請求日 平成20年4月2日 (2008.4.2)  
 (31) 優先権主張番号 09/545554  
 (32) 優先日 平成12年4月7日 (2000.4.7)  
 (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・カンパニー  
 GENERAL ELECTRIC CO  
 MPANY  
 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  
 (72) 発明者 リチャード・ブラッドフォード・フック、  
 ジュニア  
 アメリカ合衆国、オハイオ州、シャロンビ  
 ル、ウッドクロフト・ドライブ、7374  
 番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスタービンエンジンの排気を低減する方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガスタービンエンジン (10) に連結された水供給装置 (130) を用いて、前記ガスタービンエンジンに備えられる 1 未満の燃料 / 空気混合当量比で運転可能な希薄予混合式燃焼器 (16) からの排気の量を低減する方法であって、

1 未満の燃焼器燃料 / 空気混合当量比で前記ガスタービンエンジンを運転する段階と、  
 水及び蒸気のうちの少なくとも 1 つが複数のドーム (56) を備える前記燃焼器中に噴射されるように、前記水供給装置を用いて前記ガスタービンエンジン中に水及び蒸気のうちの少なくとも 1 つを供給する段階と、  
 を含み、

水及び蒸気のうちの少なくとも 1 つを供給する前記段階が、前記複数のドームのうちの少なくとも 1 つに水及び蒸気のうちの少なくとも 1 つを供給する段階をさらに含み、  
 前記ガスタービンエンジンは第 1 モード及び第 2 モードからなる 2 モードのいずれかで運転され、前記第 1 モードのときは第 1 の流量で前記燃焼器 (16) に水を供給するようにさらに構成され、前記第 2 モードのときはより大きい流量で前記燃焼器に水を供給するように構成されている

ことを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記複数のドームは、第 1 ドーム (58)、第 2 ドーム (64)、及び第 3 ドーム (70) からなり、前記第 2 ドームが前記第 1 ドーム及び前記第 3 ドームよりも半径方向内部

に配置されており、前記複数のドームのうちの少なくとも1つに水及び蒸気のうちの少なくとも1つを供給する前記段階が、前記燃焼器第2ドームに水及び蒸気のうちの少なくとも1つを供給することを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記第1モードでは前記水の1つを前記3つ全てのドームに同じ流量で供給し、前記第2モードでは前記第2ドームに他の2つの前記ドームより高い流量で前記水の1つを供給することを特徴とする請求項2に記載の方法。

【請求項4】

前記第2モードは、前記第1モードよりも高い定格エンジン出力性能で動作されることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項5】

前記第2モードは、定格エンジン出力性能の90%よりも大きい運転速度で動作されることを特徴とする請求項4に記載の方法。

【請求項6】

ガスタービンエンジン(10)からの排気を低減するように構成された燃焼器装置を含むガスタービンエンジンであって、

前記燃焼器装置が燃焼器(16)及び水供給装置(130)を含み、

前記燃焼器は1未満の燃料/空気混合当量比で運転するように構成された希薄予混合式燃焼器であり、

前記水供給装置は前記ガスタービンエンジンに連結され、水及び蒸気のうちの少なくとも1つが前記燃焼器中に噴射されるように前記ガスタービンエンジンに水及び蒸気のうちの少なくとも1つを供給するように構成され、

前記燃焼器が複数のドームを備え、

前記水供給装置が前記ドームの少なくとも1つに水及び蒸気の少なくとも1つを供給するよう構成され、

前記ガスタービンエンジンは、第1モード及び第2モードからなる2モードのいずれかで運転され、前記第1モードのときは第1の流量で前記燃焼器(16)に水を供給するようにさらに構成され、前記第2モードのときはより大きい流量で前記燃焼器に水を供給するように構成されている

ことを特徴とするガスタービンエンジン(10)。

【請求項7】

前記燃焼器(16)が少なくとも1つのプレミキサ(108)を含み、前記水供給装置(130)が前記燃焼器の少なくとも1つのプレミキサに水及び蒸気のうちの少なくとも1つを供給するようにさらに構成されていることを特徴とする請求項6に記載のガスタービンエンジン(10)。

【請求項8】

前記複数のドームは、第1ドーム(58)、第2ドーム(64)、及び第3ドーム(70)からなり、前記第2ドームが前記第1及び第3ドームの間に配置され、前記水供給装置が前記燃焼器第2ドームに水及び蒸気のうちの少なくとも1つを供給するようにさらに構成されていることを特徴とする請求項7に記載のガスタービンエンジン(10)。

【請求項9】

前記第1モードでは前記水の1つを前記3つ全てのドームに同じ流量で供給し、前記第2モードでは前記第2ドームに他の2つの前記ドームより高い流量で前記水の1つを供給することを特徴とする請求項8に記載のガスタービンエンジン(10)。

【請求項10】

前記第2モードは、前記第1モードよりも高い定格エンジン出力性能で動作されることを特徴とする請求項9に記載のガスタービンエンジン(10)。

【請求項11】

前記第2モードは、定格エンジン出力性能の90%よりも大きい運転速度で動作されることを特徴とする請求項10に記載のガスタービンエンジン(10)。

10

20

30

40

50

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、一般的にガスタービンエンジンに関し、より具体的にはガスタービンエンジン用燃焼器に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

大気汚染への懸念は世界的な広がりを持ち排気基準はより厳しくなっている。これらの基準は、ガスタービンエンジン運転の結果発生する窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )、未燃炭化水素( $\text{HC}$ )、及び一酸化炭素( $\text{CO}$ )の排気を規制する。特に、窒素酸化物は燃焼器の高温の火炎の結果としてガスタービンエンジン内で形成される。窒素酸化物の排気を減少させる目的でガスタービンエンジンに変更を加えることが、しばしばガスタービンエンジン自体の運転性能レベルに悪影響を及ぼしてきた。

10

## 【0003】

ガスタービンエンジンにおいては、窒素酸化物の排気は運転状態の間にガスタービン燃焼器を通過する空気流を増加させることによって減少させることが可能である。ガスタービンエンジンは事前に設定した運転パラメータを備えており、如何なる空気流の増加も、タービンノズル冷却パラメータを含む事前設定パラメータにより制限される。その結果、ガスタービン燃焼器内の空気流を増加させるには、ガスタービンエンジン及びその関連の構成部品は新しい運転パラメータに変更されなければならない。

20

## 【0004】

そのようなガスタービンエンジンの変更は人手がかかりかつ時間を消費するので、ユーザはしばしばガスタービンエンジンの運転出力性能を低下させることを余儀なくされ、ガスタービンエンジンを全性能で運転するのを阻まれる。そのような出力を低下させた運転は、全出力性能でのエンジン運転時に形成される窒素酸化物の量を抑制しないで、むしろガスタービンエンジンの運転性能を制限する。

## 【0005】

## 【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上記課題を解決しようとするものである。

## 【0006】

30

## 【課題を解決するための手段】

例示的な実施形態において、ガスタービンエンジンは、ガスタービンエンジンによって形成される窒素酸化物排気の量を低減させる燃焼器装置を備えている。燃焼器装置は、燃焼器と、燃料及び水供給装置とを備えている。燃焼器は、複数のプレミキサを備える希薄予混合式燃焼器であり、1未満の燃料/空気混合等価比で作動可能である。水供給装置は、水または蒸気が燃焼器中に噴射されるように、ガスタービンエンジンに水または蒸気のうちのすくなくとも1つを供給する。

## 【0007】

通常ガスタービンエンジン運転中は、燃料は、燃焼器が1未満の燃料/空気混合当量比で運転されるように燃焼器に空気流と比例して供給される。ガスタービンエンジンの運転速度が増加し追加の燃料と空気が燃焼器に供給されるときは、水供給装置は燃焼器に水または蒸気のどちらかを供給する。追加燃料が燃焼器内で燃焼される結果発生する燃焼器区域の焔焼温度の上昇は、燃焼器に供給される水または蒸気により最小化される。その結果、発生する窒素酸化物の排気は低減される。若しくは、ガスタービンエンジンは、定められた窒素酸化物排気のレベルで増加した運転出力レベルを得ることができる。

40

## 【0008】

## 【発明の実施の形態】

図1は、低圧圧縮機12、高圧圧縮機14、及び燃焼器16を備えたガスタービンエンジン10の概略図である。エンジン10はまた、高圧タービン18及び低圧タービン20も備えている。燃焼器16は希薄予混合式燃焼器である。圧縮機12及びタービン20は第

50

１シャフト２１によって結合され、圧縮機１４及びタービン１８は第２シャフト２２によって結合されている。負荷部分(図示せず)もまた第１シャフト２１でガスタービンエンジン１０に結合されている。ある実施形態では、ガスタービンエンジン１０は、オハイオ州シンシナティのゼネラル・エレクトリック・エアクラフト・エンジン社から入手可能なLM6000である。もしくは、オハイオ州シンシナティのゼネラル・エレクトリック・エアクラフト・エンジン社から入手可能なLM2500である。

#### 【０００９】

運転中は、空気は低圧圧縮機１２を流れて、圧縮空気は低圧圧縮機１２から高圧圧縮機１４へと供給される。高圧圧縮された空気は燃焼器１６に供給される。燃焼器１６からの空気流は、タービン１８及び２０を駆動し、ノズル２４を流れてガスタービン１０から出てゆく。

#### 【００１０】

図２は、ガスタービンエンジン１０(図１に示す)に使用される燃焼器１６の断面図である。燃焼器１６は希薄予混合式燃焼器なので、燃焼器１６に供給される燃料/空気混合気は、燃料を完全燃焼させるのに必要な量以上の空気を含む。従って、燃焼器１６に対する燃料/空気混合当量比は１未満である。燃焼器１６は燃料と空気を予混合するので、燃焼器１６は希薄予混合式燃焼器である。燃焼器１６は、環状の外側ライナ４０、環状の内側ライナ４２、並びに外側及び内側ライナ４０及び４２の間に延びるドーム状端部４４をそれぞれ備える。外側ライナ４０及び内側ライナ４２は、燃焼器ケーシング１３６から半径方向内部に間隔を置いて配置され、燃焼室４６を画定している。燃焼器ケーシング１３６は全般的に環状であり、ディフューザ４８から下流に延びている。燃焼室４６は、形状が全体的に環状であり、ライナ４０及び４２から半径方向内部に配置される。外側ライナ４０及び燃焼器ケーシング１３６は外側通路５２を画定し、内側ライナ４２及び燃焼器ケーシング１３６は内側通路５４を画定する。外側及び内側ライナ４０及び４２はディフューザ４８から下流に配置されたタービンノズル５５まで延びている。

#### 【００１１】

燃焼器ドーム状端部４４は、３つの環状構成で配置された複数のドーム５６を備えている。若しくは、燃焼器ドーム状端部４４は２つの環状構成を備えている。他の実施形態では、燃焼器ドーム状端部４４は単一の環状構成を備えている。外側ドーム５８は、燃焼器外側ライナ４０に固着された外部端部６０と中間ドーム６４に固着された内部端部６２とを備えている。中間ドーム６４は、外側ドームの内部端部６２に取付けられた外部端部６６と内側ドーム７０に取付けられた内部端部６８とを備えている。従って、中間ドーム６４は、それぞれ外側および内側ドーム５８及び７０の間にある。内側ドーム７０は、中間ドームの内部端部６８に取付けられた外部端部７２と燃焼器内側ライナ４２に固着された内部端部７４とを備えている。

#### 【００１２】

また、燃焼器のドーム状端部４４は、外側ドーム遮熱板７６、中間ドーム遮熱板７８、及び内側ドーム遮熱板８０を備え、燃焼室４６内で燃焼している火炎から各それぞれのドーム５８、６４及び７０を遮熱している。外側ドーム遮熱板７６は、環状のエンドボディ８２を備え、燃焼器外側ライナ４０を外側１次燃焼区域８４内で燃焼している火炎から遮熱する。中間ドーム遮熱板７８は、環状のセンタボディ８６及び８８を備え、中間ドーム６４をそれぞれ外側及び内側ドーム５８及び７０から隔離する。中間ドームのセンタボディ８６及び８８は、中間１次燃焼区域９０から半径方向外部側に配置されている。内側ドーム遮熱板８０は、環状のエンドボディ９２を備え、燃焼器内側ライナ４２を内側１次燃焼区域９４内で燃焼している火炎から遮熱する。点火器９６は燃焼器ケーシング１３６を貫通して延びており、外側ドーム遮熱板のエンドボディ８２から下流に配置されている。

#### 【００１３】

ドーム５８、６４及び７０は、プレミキサ及び組立マニホールド装置(図示せず)を介して燃料と空気を供給される。複数の燃料管１０２が燃料供給源(図示せず)と複数のドーム５６との間に延びている。具体的には、外側ドーム燃料管１０３は外側ドーム５８中に

配置されたプレミキサカップ 104 に燃料を供給し、中間ドーム燃料管 106 は中間ドーム 64 中に配置されたプレミキサカップ 108 に燃料を供給し、内側ドーム燃料管 110 は内側ドーム 70 中に配置されたプレミキサカップ 112 に燃料を供給する。

【0014】

燃焼器 16 はまた、水が燃焼器 16 中に噴射されるようにガスタービンエンジン 10 に水を供給する水供給装置 130 を備えている。水供給装置 130 は、水供給源(図示せず)に接続された複数の水噴射ノズル 134 を備えている。水噴射ノズル 134 は、プレミキサカップ 104、108、及び 112 と流れ連通しており、プレミキサカップ 104、108、及び 112 内に生成された燃料/空気混合気中に霧化された水噴霧を噴射する。別の実施形態では、噴射ノズル 134 は水蒸気の供給源(図示せず)に接続されており、ノズル 134 を用いて水蒸気が燃料/空気混合気中に噴射される。

10

【0015】

ガスタービンエンジン 10 の運転中に、空気と燃料がプレミキサカップ 104、108、及び 112 で混合され、燃料/空気混合気はそれぞれドーム 58、64 及び 70 内に導かれる。混合気は、作動しているドーム 58、64、及び 70 の 1 次燃焼区域 84、90、及び 94 で燃焼する。ガスタービンエンジン 10 の高出力運転では、プレミキサカップ 108 に入る燃料が増加され、ドーム 64 内の燃料/空気比が高くなる。

【0016】

中間ドーム 64 は、パイロットドームとして知られ、エンジン 10 のあらゆる状態での運転中に燃料が供給される。ドーム 58 及び 70 は、ガスタービンエンジン 10 の運転出力要求による必要に応じて燃料が供給される。ガスタービンエンジン 10 の運転出力要求が増加すると、窒素酸化物の排気要求条件に適合させるための必要性に従って、水もまたドーム 58、64、及び 70 に供給される。ガスタービンエンジン 10 には定格エンジン運転性能がある。ガスタービンエンジン 10 を定格エンジン出力性能の 90%を超えて運転するためには、追加の燃料が燃焼器中間ドーム 64 のみに供給される。そのようなエンジン出力運転中には、水供給装置 130 が追加の水を中間ドーム 64 に供給して、追加燃料が燃焼器中間ドーム 64 内で燃焼する結果生じる温度上昇を最小限にする。

20

【0017】

より具体的には、ガスタービンエンジン 10 を定格エンジン運転出力性能のほぼ 90%を超えて運転する場合、外側及び内側ドームの火炎温度は動圧あるいは音響境界によって制限されるので、追加の燃料は燃焼器の中間ドーム 64 のみに供給される。ガスタービンエンジン 10 がそのような性能で運転されているとき、水供給装置 130 は、中間ドーム 64 内で発生する火炎温度を外側及び内側ドーム 58 及び 70 内で発生する火炎温度とほぼ等しく保つために、燃焼器 16 に水を供給する。さらに、中間ドーム 64 内で発生する窒素酸化物排気は、外側及び内側ドーム 58 及び 70 内で発生する窒素酸化物排気のレベルとほぼ等しいレベルに保たれる。さらに、そのようなエンジンの運転中に中間ドーム 64 のみに追加の水を供給することによって、燃焼器 16 内の一酸化炭素排気の発生の増加という潜在的な悪影響が、窒素酸化物排気の減少及び運転出力性能の増大によって相殺される。若しくは、定められた窒素酸化物排気レベルでガスタービンエンジンの出力を増大させることができる。

30

40

【0018】

同様に、エンジンの性能が時間とともに低下するので、同一のエンジン出力を発生させるためには、低下させていないエンジンに比較して追加の燃料が必要になる。上記の理由によって、燃焼器中間ドーム 64 に追加の燃料が供給される。そのようなエンジン運転中に、水供給装置 130 は中間ドーム 64 に増加した流量で水を供給し、中間ドームの火炎温度を維持し、燃料流量の増加がもたらす排気の発生を抑制する。

【0019】

さらに他の実施形態では、水供給装置 130 は第 1 運転モード及び第 2 運転モードの間で選択的に運転可能である。水供給装置 130 の第 1 運転モードは、エンジンのアイドリング運転を超えるエンジンの全ての運転状態で作動する。一般的には第 1 運転モードでは、

50

水供給装置 130 は 3 つのドーム 58、64、及び 70 全てにほぼ同一流量で水を供給する。

【0020】

水供給装置 130 の第 2 運転モードは、ガスタービンエンジン 10 が定格エンジン運転出力の 90% を超えて運転されているときに作動する。水供給装置 130 が第 2 運転モードで運転しているときは、水供給装置 130 が第 1 運転モードにあるとき供給される水の流量よりも大きい流量で中間ドーム 64 に、水が供給される。第 2 運転モード中に増大した流量で供給される水が、ガスタービンエンジン 10 からの窒素酸化物排気を低減させる。

【0021】

また別の実施形態では、ガスタービンエンジン 10 が定格運転出力性能の 90% を超えて運転されるときには、燃焼器 16 の上流で蒸気が燃料に加えられる。さらに他の実施形態では、ガスタービンエンジンがアイドリング出力運転を超えて運転されているときには、燃焼器 16 の上流で蒸気が燃料に加えられる。外側及び内側ドームの火炎温度は動圧または音響境界によって制限されるので、蒸気/燃料混合体は燃焼器中間ドーム 64 のみに供給される。蒸気/燃料混合物は、凝縮の形成を防ぐために中間ドーム 64 に導入される前に加熱され、中間ドーム 64 に噴射される前に完全に混合される。追加された蒸気により、中間ドーム 64 内に発生する火炎温度を外側及び内側ドーム 58 及び 70 内に発生する火炎温度とほぼ等しい温度に保つことができる。その結果、中間ドーム 64 内で発生する窒素酸化物排気が外側及び内側ドーム 58 及び 70 内で発生する窒素酸化物排気のレベルとほぼ等しいレベルに保たれる。さらに、追加の蒸気は中間ドーム 64 のみに供給されるので、燃焼器 16 内で追加の一酸化炭素排気が発生するという潜在的悪影響が、窒素酸化物排気の低減及びエンジン運転出力性能の増加によって相殺される。

【0022】

上記のガスタービンエンジン用燃焼器装置は、コスト効果及び信頼性が高い。燃焼器装置は、1 未満の燃料/空気混合当量比で運転可能である燃焼器と、ガスタービンエンジン運転中に発生する窒素酸化物排気を減少させるために燃焼器中に水及び/または蒸気を噴射する水供給装置とを備えている。その結果、特定のタービン運転出力レベルでの窒素酸化物排気が低減される。若しくは、ガスタービンエンジンの運転出力レベルを、特定の窒素酸化物排気のレベルで増大させることができる。

【0023】

本発明を種々の具体的な実施形態について説明してきたが、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形形態で実施できることは当業者には理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 ガスタービンエンジンの概略図。

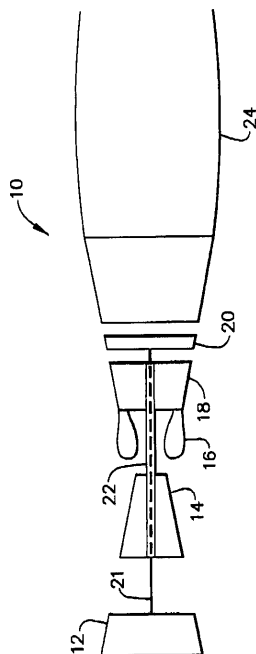
【図 2】 図 1 に示すガスタービンエンジンに用いられる燃焼器の断面図。

【符号の説明】

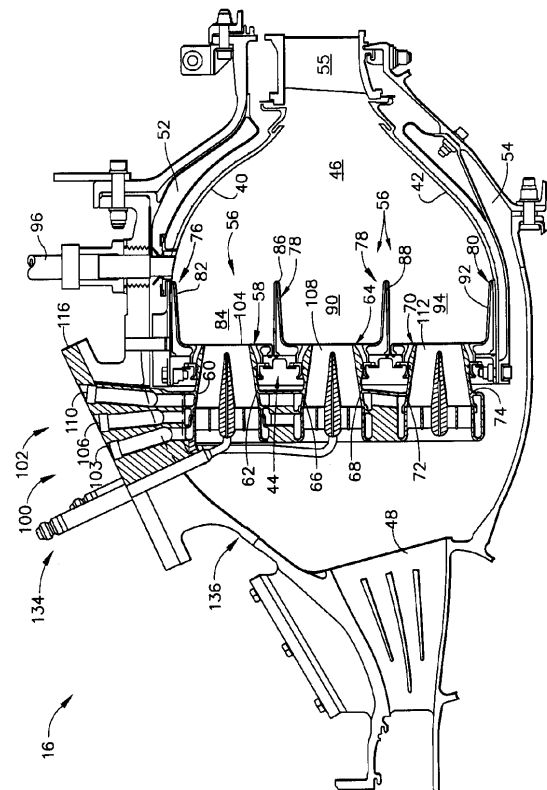
- 16 燃焼器
- 40 外側ライナ
- 42 内側ライナ
- 46 燃焼室
- 48 ディフューザ
- 55 タービンノズル
- 58 外側ドーム
- 64 中間ドーム
- 70 内側ドーム
- 76 外側ドーム遮熱板
- 78 中間ドーム遮熱板
- 80 内側ドーム遮熱板
- 96 点火器
- 102 燃料管

- 104、108、112 プレミキサカップ  
 130 水供給装置  
 134 噴射ノズル  
 136 燃焼器ケーシング

【図1】



【図2】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
**F 2 3 R 3/30 (2006.01)** F 2 3 R 3/28 B  
 F 2 3 R 3/28 D  
 F 2 3 R 3/30

- (72)発明者 ジョン・メルトン・ダビッドソン  
 アメリカ合衆国、オハイオ州、プレゼント・プレイン、フォルカーディング・ロード (番地なし)
- (72)発明者 エリック・ジョン・クレス  
 アメリカ合衆国、オハイオ州、ラブランド、フォーン・コート、1 2 2 8 番
- (72)発明者 ジャック・ウィラード・スミス、ジュニア  
 アメリカ合衆国、オハイオ州、ラブランド、クウェイルウッズ・ドライブ、8 5 4 番
- (72)発明者 ジェームズ・ウィリアム・ステグマイアー  
 アメリカ合衆国、オハイオ州、ウエスト・チェスター、マッカーシー・コート、5 7 4 7 番
- (72)発明者 ポール・ピンセント・ヘベルリング  
 アメリカ合衆国、インディアナ州、ローレンスバーグ、マターホーン・ドライブ、2 0 3 0 1 番
- (72)発明者 デビッド・ブルース・パターソン  
 アメリカ合衆国、オハイオ州、メイソン、ハミングバード・ドライブ、6 3 5 0 番

審査官 藤原 弘

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 1 5 9 7 5 6 ( J P , A )  
 米国特許第 0 5 6 3 0 3 1 9 ( U S , A )  
 特開平 1 1 - 0 3 0 4 2 2 ( J P , A )

## (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

F02C 3/30  
 F02C 9/26  
 F02C 9/48  
 F23R 3/00  
 F23R 3/28  
 F23R 3/30