

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第4498508号
(P4498508)

(45) 発行日 平成22年7月7日(2010.7.7)

(24) 登録日 平成22年4月23日(2010.4.23)

(51) Int.Cl.

F I

FO1D 5/18 (2006.01)

FO1D 5/18

FO1D 9/02 (2006.01)

FO1D 9/02 1 O 2

請求項の数 7 外国語出願 (全 8 頁)

| | | | |
|--------------|------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願平11-324807 | (73) 特許権者 | 390041542 |
| (22) 出願日 | 平成11年11月16日(1999.11.16) | | ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ |
| (65) 公開番号 | 特開2000-154701(P2000-154701A) | | GENERAL ELECTRIC CO |
| (43) 公開日 | 平成12年6月6日(2000.6.6) | | MPANY |
| 審査請求日 | 平成18年11月15日(2006.11.15) | | アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ |
| (31) 優先権主張番号 | 09/192227 | | クタデイ、リバーロード、1番 |
| (32) 優先日 | 平成10年11月16日(1998.11.16) | (74) 代理人 | 100137545 |
| (33) 優先権主張国 | 米国(US) | | 弁理士 荒川 聡志 |
| | | (72) 発明者 | ロバート・フランシス・マニング |
| | | | アメリカ合衆国、マサチューセッツ州、ニ |
| | | | ューベリーポート、ロラム・ストリート、 |
| | | | 1番 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 軸方向蛇行冷却エーロフォイル

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガスタービンエンジンエーロフォイルであって、
相対する前縁（26）と後縁（28）で一つにつながっていて長手方向に翼根元から翼先端まで延在する第1側壁（22）と第2側壁（24）と、
半径方向の1列に複数積み重ねられた軸方向蛇行冷却回路（38）と、
冷却空気を前記複数の軸方向蛇行冷却回路（38）に供給すべく前記複数の軸方向蛇行冷却回路（38）と連通して配設された共通の供給通路（40）と
を備え、
軸方向蛇行冷却回路（38）は、前記エーロフォイルの前記後縁（28）にて前記第1側壁（22）と前記第2側壁（24）の間を連絡しており、
前記軸方向蛇行冷却回路（38）は、前記エーロフォイル内で供給通路（40）との境界をなす隔壁で終端しており、
前記後縁が無孔であり、前記第1側壁及び第2側壁の少なくとも一方が、該後縁の上流から冷却空気を吐出すべく前記蛇行回路の各々と連通して前記第2通路（44）の前方端に配設された複数の出口孔（48）を含んでいる、
ことを特徴とするエーロフォイル。

【請求項 2】

前記蛇行回路が各々前記供給通路と連通して配設されていて、軸方向に後縁まで延在する第1通路（42）と、

上記第 1 通路と半径方向に離隔していて、軸方向に後縁から遠ざかるように延在する第 2 通路 (44) と、
半径方向に後縁に沿って延在していて、第 1 通路と第 2 通路とを連絡すべく双方と連通している反転通路 (46) と、
を含んでなる、請求項 1 記載のエーロfoil。

【請求項 3】

前記出口孔が、第 2 通路と連通して第 1 側壁を貫通している、請求項 2 記載のエーロfoil。

【請求項 4】

前記出口孔が、冷却空気を第 1 側壁沿いの冷却フィルムとして吐出すべく第 1 側壁を軸方向に傾いて貫通している、請求項 3 記載のエーロfoil。

【請求項 5】

前記出口孔がさらに半径方向にも傾いている、請求項 4 記載のエーロfoil。

【請求項 6】

第 1 側壁がエーロfoilの凹面正圧側壁であり、第 2 側壁がエーロfoilの凸面負圧側壁である、請求項 4 記載のエーロfoil。

【請求項 7】

前記第 1 通路 (42) は横方向が後縁 (28) に向かって収束していて冷却空気を後縁に向けて加速し、第 2 通路 (44) は後縁 (28) とは反対側に発散していて冷却空気を拡散した後に前記軸方向蛇行冷却回路から吐出させる、請求項 1 に記載のエーロfoil。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の技術的背景】

本発明は、概括的にはガスタービンエンジンに関し、さらに具体的にはガスタービンエンジンの冷却タービンブレード及びステータベーンに関する。

【0002】

ガスタービンエンジンでは、空気を圧縮機で加圧し、燃焼器に導いて燃料と混合・点火して、高温燃焼ガスを発生する。燃焼ガスは単段又は複数段のタービンを通して下流に流れ、タービンで圧縮機を駆動するためのエネルギーが抽出されるとともに、出力を発生する。

【0003】

燃焼器下流に配設されるタービンロータブレード及び静止ノズルベーンは中空エーロfoilを有しており、これらの部品を冷却して耐用寿命を全うすべく圧縮機から抽出した圧縮空気の一部が供給される。圧縮機から抽出した空気は必ずしも動力の発生に使われず、それに応じてエンジンの全体的効率が低下する。

【0004】

例えばスラスト重量比で表されるような、ガスタービンエンジンの作動効率を高めるためには、タービン入口ガス温度を高くする必要があるが、それにはそれだけブレード及びベーンの冷却を向上させることが必要とされる。

【0005】

従って、従来技術には、圧縮機から抽出される冷却空気の量を最小限に抑えつつ、冷却効果を最大限にするための様々な構成が多数存在する。典型的な冷却構造には、ブレード及びベーンのエーロfoilの内部を対流冷却するための半径法交蛇行冷却通路があり、様々な形態のタービュレータを用いて対流冷却効果を高めることができる。エーロfoil内面をインピンジメント冷却するための内部インピンジメント孔も用いられる。さらに、エーロfoil外面のフィルム冷却を行うためフィルム冷却孔がエーロfoil側壁を貫通している。

【0006】

エーロfoilは軸方向に前縁と後縁の間に延在する略凹面の正圧側面と反対側の略凸面の負圧側面とを有するので、エーロfoilの冷却設計は一段と複雑さを増す。燃焼ガス

10

20

30

40

50

は、正圧側面及び負圧側面の表面を様々に変化する圧力及び速度分布で流れる。従って、エーロfoilへの熱負荷はその前縁と後縁で異なっているととも、半径方向内方の翼根元から半径方向外方の翼先端にかけても種々変化する。

【0007】

エーロfoilの後縁は必然的に比較的細く、後縁には特別な冷却構造が必要とされる。例えば、後縁は通例1列の後縁出口孔を含んでいて、エーロfoil内を半径方向外方に流れた後の冷却空気の一部がかかる後縁出口孔を通して吐出される。後縁出口孔のすぐ上流には、後縁冷却を向上させるためピンの形態のタービュレータが配設されるのが通例である。冷却空気は軸方向にタービュレータの周囲を流れ、そのまま後縁出口孔から燃焼ガス流路中に吐出される。

10

【0008】

従って、後縁冷却の改善されたエーロfoilを提供することが望まれている。

【0009】

【発明の概要】

ガスタービンエンジンエーロfoilは、内部に軸方向蛇行冷却回路を有する。好ましくは、後縁を冷却するため、上記蛇行回路はさらに後縁に沿って半径方向の1列に複数積み重ねられる。

【0010】

【発明の詳しい説明】

以下の発明の詳しい説明において、添付図面を参照しながら、本発明の好ましい例示の実施形態を本発明のさらなる目的及び効果と併せて具体的に説明する。

20

【0011】

図1に示したのは、ガスタービンエンジンのタービンロータ（図示せず）の外周に装着される構成をしたロータブレード10である。ブレード10は、燃焼器の下流に配設され、燃焼器から高温燃焼ガス12を受け、エネルギーを抽出してタービンロータを回転し、仕事を行う。

【0012】

ブレード10は、表面を燃焼ガスの流れるエーロfoil14と一体プラットホーム16とを含んでおり、プラットホーム16で燃焼ガス流路の半径方向内側境界が画成される。ダブテール18はプラットホーム16の底部から一体に延在しており、ロータディスクに保持するためロータディスクの外周の対応ダブテールスロットに軸方向に挿入できるように構成される。

30

【0013】

作動中にブレードを冷却するため、加圧冷却空気20が圧縮機（図示せず）から抽出され、ダブテール18を通じて半径方向上方に中空エーロfoil14内に導かれる。本発明では、エーロfoil14はその内部での冷却空気の効果向上をさせる特別な構成とされる。例示のためロータブレード用のエーロfoilに関して本発明を説明するが、本発明はタービンステータベーンにも応用できる。

【0014】

まず図1に示す通り、エーロfoil14は第1（すなわち正圧）側壁22と周方向（すなわち横方向）に反対側の第2（すなわち負圧）側壁24とを含んでいる。負圧側壁24は略凸面、正圧側壁22は略凹面であり、これらの側壁は軸方向に相対する前縁26と後縁28で一つにつながっており、半径方向（すなわち長手方向）に翼根元30のブレードプラットホームから半径方向外方の翼先端32まで延在している。

40

【0015】

エーロfoilの例示的半径方向断面を図2にさらに詳細に示すが、これは燃焼ガス12からエネルギーを抽出するため従来と同様の翼形を有する。例えば、燃焼ガス12は、軸下流方向に向かって前縁26で最初にエーロfoil14と衝突し、そこで燃焼ガスは周方向に分割されて正圧側壁22と負圧側壁24の両面に沿って流れ、後縁28でエーロfoilから離れる。

50

【 0 0 1 6 】

本発明以外の部分では、図 1 に示すエーロfoil 1 4 は前縁 2 6 及び翼弦中央部を冷却するための慣用の構成とし得る。例えば、慣用の 3 パス半径方向蛇行冷却回路 3 4 をエーロfoil の翼弦中央部の冷却に用いてもよい。空気 2 0 はダブテール 1 8 を通じて半径方向蛇行回路 3 4 に入り、主として半径方向に延在する複数の通路内を流れるが、これらの複数の半径方向通路は、冷却エーロfoil 内を上下する半径方向（すなわち長手方向）多重経路内で冷却空気を方向転換するための複数の軸方向に延在する反転通路（すなわちベンド）によって端部同士がつながっている。空気は、翼先端の出口孔又は側壁のフィルム冷却孔或いはその両方を通じて蛇行回路から排出される。

【 0 0 1 7 】

エーロfoil 1 4 は慣用の専用前縁冷却回路 3 6 を含んでいてもよく、冷却空気 2 0 の別の部分を前縁 2 6 の背後で半径方向上方に、別の半径方向蛇行冷却回路或いは前縁を内部からインピンジメント冷却するため冷却空気をジェット状で噴出するインピンジメントブリッジもしくは隔壁で導く。使用されたインピンジメント空気は 1 以上の列の慣用フィルム冷却孔を通じて前縁部で排出される。

【 0 0 1 8 】

本発明では、図 1 に示すエーロfoil 1 4 は、冷却空気 2 0 の別の部分を翼弦に沿って主として軸方向に多段軸方向パスで流す構成をした軸方向（すなわち翼弦方向）蛇行冷却回路 3 8 を含んでいる。図 1 に示す半径方向蛇行回路 3 4 とは対照的に、軸方向蛇行回路 3 8 は冷却空気を主として半径方向ではなく軸方向に流し、各パス間で冷却空気は軸方向ではなく半径方向に曲げられる。

【 0 0 1 9 】

さらに具体的には、エーロfoil 1 4 は、好ましくは個々の軸方向蛇行冷却回路 3 8 を半径方向の 1 列に複数積み重ねたものを含む。共通の供給通路 4 0 が半径方向上方にダブテール 1 8 からエーロfoil 1 4 を通って翼先端まで延在しており、上記数段の蛇行回路 3 8 に冷却空気 2 0 を供給すべく該軸方向蛇行回路 3 8 と連通して配設される。

【 0 0 2 0 】

例示的实施形態では、上記数段の軸方向蛇行回路 3 8 は、エーロfoil の後縁 2 8 にて側壁 2 2 と側壁 2 4 の間に慣用法で鋳造でき、これら側壁間の対応リブもしくは隔壁によって画成される。

【 0 0 2 1 】

軸方向蛇行回路 3 8 の一例を図 2 にさらに詳しく示すが、この回路 3 8 には、供給通路 4 0 と連通して配設されていて軸方向に供給通路から後縁まで延在する第 1（すなわち導入）通路 4 2 が含まれる。第 2（すなわち吐出）通路 4 4 は、第 1 通路 4 2 と半径方向に離隔していて、軸方向に後縁 2 8 から遠ざかるように延在する。第 3（すなわち反転）通路 4 6 は、半径方向に後縁に沿って延在しており、第 1 通路と第 2 通路とを連絡してそれらの間で冷却空気を方向転換すべく双方と連通している。

【 0 0 2 2 】

第 1 通路 4 2 及び第 2 通路 4 4 はそれぞれ軸方向に延在する隔壁によって画成されるが、隔壁は 2 つの側壁 2 2 , 2 4 を連絡しており、これらの通路と隔壁とは互いに平行で軸方向に延在している。第 2 通路 4 4 は冷却空気 2 0 を第 3 通路 4 6 から受け入れるが、それは冷却空気 2 0 が第 1 通路 4 2 から 1 8 0 度反転した後である。第 2 通路 4 4 は供給通路 4 4 との境界をなす隔壁を終端としており、それ以外には供給通路と連通していない。

【 0 0 2 3 】

最初に図 1 に示す通り、後縁 2 8 は好ましくは無孔であり、第 1 側壁 2 2 及び第 2 側壁 2 4 の少なくとも一方で、後縁の上流から冷却空気を吐出すべく軸方向蛇行回路 3 8 の各々と連通して配設された複数の出口孔 4 8 を含んでいる。

【 0 0 2 4 】

図 3 及び図 4 にさらに詳しく示した通り、出口孔 4 8 は、好ましくはそれぞれ第 2（すなわち吐出）通路 4 4 と連通して、第 1 側壁 2 2 を貫通する。このようにして、比較的低温

10

20

30

40

50

の冷却空気 20 は、図 2 に示す通り、まず第 1 通路 42 を通して軸方向後方に流れ、第 3 通路 46 で方向転換し、次いで逆に後縁 28 から遠ざかるように軸方向前方に流れて、エーロフォイルのこの局所領域を冷却する。

【0025】

冷却空気は、第 3 通路 46 内で方向転換する際に後縁 28 の内面に直接衝突し、この領域でのインピンジメント及び対流冷却を促進する。冷却空気は 3 つの通路 42, 46, 44 を通過する際にエーロフォイルを冷却するとともに、出口孔 48 から吐出されるまでに後縁 28 をその内部から冷却する。冷却空気 20 の有効冷却能力は、かくして、エーロフォイルから排出されるまでに巡回軸方向蛇行回路内でさらに一段と有効活用される。

【0026】

図 4 に示す通り、出口孔 48 は、好ましくは、冷却空気を第 1 側壁沿いの冷却フィルムとして吐出すべく第 1 側壁 22 を軸方向に傾いて貫通してる。図 3 に示す通り、出口孔 48 は、促進フィルム冷却孔とするため、好ましくは半径方向にも傾いていて複合傾斜角をなす。フィルム冷却用出口孔 48 自体は、その対流冷却及びフィルム冷却能力を最大限にするための慣用の構成を取り得る。

【0027】

図 1、図 3 及び図 4 に示す例示的な実施形態では、出口孔 48 は、上記数段の第 2 通路 44 の軸方向前方出口端で、軸方向後方に傾斜した 4 つの孔からなるグループとして配置される。これら 4 つの孔は、半径方向外方及び半径方向内方に傾斜した各 2 つの孔の対として配設されてもいる。

【0028】

図 4 に示す好ましい実施形態では、出口孔 48 は、エーロフォイルの凸面状負圧側壁として規定される第 2 側壁 24 ではなく、エーロフォイルの凹面状正圧側壁として規定される第 1 側壁 22 に配設される。出口孔 48 からの正圧側フィルム冷却は、エーロフォイルの凸面に出口孔を設ける場合とは対照的に、後縁温度をさらに低下させる。ただし、別の実施形態では、出口孔を凸面負圧側に配設してもよい。

【0029】

図 2 に示す例示的な実施形態では、第 2 通路 44 は第 1 通路 42 の半径方向外側に配設され、冷却空気 20 はまず後縁 28 に向かって軸方向後方に流れ、次に半径方向外方に方向転換して第 2 通路 44 に入る。図 5 に示す本発明の別の実施形態では、第 2 通路 44 はそれぞれ対応する第 1 通路 42 の半径方向内側に配設され、それぞれの第 3 通路 46 は冷却空気の流れを第 1 通路から第 2 通路に半径方向内方に流す。さらにまた別の実施形態（図示せず）では、図 2 と図 5 とを組み合わせ、共通の第 1 通路 42 の半径方向上下に 2 つの第 2 通路 44 が配設された T 字形構成としてもよい。

【0030】

図 5 及び図 6 に示す通り、出口孔 48 はこの場合も第 2 通路 44 の前方端に配設されており、好ましくは 1 対ずつ両側壁 22, 24 を貫通する。出口孔 48 は、図 6 に示す通り、好ましくはエーロフォイルの両側面で対として同一直線上に整列して略 X 字形に交差する。これはレーザ穿孔を用いて慣用法でなされる。

【0031】

上記で開示した軸方向蛇行冷却回路 38 の各種実施形態は、冷却媒体の冷却効果を最大限にするため、好ましくは 2 パスに限定される。エーロフォイルの半径方向スパン全域にわたって後縁 28 での冷却空気の冷却効果を最大限にするため、各蛇行回路 38 には共通の供給通路 40 から冷却空気 20 の一部が独立して供給され。別の実施形態では、3 パス以上を軸方向蛇行冷却回路に用いてもよいが、追加したパス内の冷却空気の温度は、空気が熱を吸収するので、相対的に高くなる。

【0032】

さらに別の実施形態では、後縁冷却を微調整すべく、第 1 通路 42 及び第 2 通路 44 は軸流方向だけでなく部分的に半径方向に傾斜させてもよい。これらの通路は互いに平行でもよいし、或いは半径方向の幅が後縁に向かって収束もしくは発散していてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 3 】

図 4 に示す通り、エーロフォイルの後縁部は比較的細いので、軸方向蛇行回路 3 8 はその対応隔壁を鋳造する殊によって簡単に形成し得る。従って、第 1 通路 4 2 は横方向（周方向の幅）が後縁 2 8 に向かって収束していて冷却空気を後縁に向けて加速し、第 2 通路 4 4 は後縁 2 8 とは反対側に発散していて冷却空気を拡散した後フィルム冷却用出口孔 4 8 から吐出する。加速された空気流は内部熱伝達対流を増大させ、最も冷却が必要とされる後縁部の冷却を改善する。

【 0 0 3 4 】

さらに、後縁 2 8 自体を無孔に保つとともにその上流に出口孔 4 8 を設けることによって、出口孔から吐出される冷却空気を後縁上流のエーロフォイルのフィルム冷却にも利用することができ、冷却空気を後縁 2 8 自体から直接吐出する場合と比べて、有益な効果がさらに得られる。

10

【 0 0 3 5 】

所望に応じて、軸方向蛇行冷却回路 3 8 は、該回路内を流れる冷却空気をさらに有効利用すべく、その内部に慣用のタービュレータその他の対流促進手段を含んでいてもよい。また、軸方向蛇行回路は、所望に応じて、エーロフォイルの他の位置で使用してもよい。

【 0 0 3 6 】

以上、本発明の好ましい例示的实施形態と考えられるものを説明してきたが、本明細書の教示内容から本発明のその他の変更は当業者には自明であろう。従って、本発明の技術的思想及び技術的範囲に属するかかる変更がすべて特許請求の範囲に包含されることを望むものである。

20

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一つの例示的实施形態によって冷却されるエーロフォイルを有するガスタービンエンジン用の例示的タービンロータブレードの部分断面斜視図。

【図 2】 図 1 に示す本発明の一つの例示的实施形態によるエーロフォイルの軸方向蛇行冷却回路の一部分の拡大断面図。

【図 3】 図 1 に示す軸方向蛇行冷却回路の矢視 3 - 3 部の半径方向縦断面図。

【図 4】 図 1 に示す軸方向蛇行冷却回路の矢視 4 - 4 部の軸方向断面図。

【図 5】 図 1 に示すエーロフォイルの、本発明の別の例示的实施形態による軸方向蛇行冷却回路の部分の部分断面図。

30

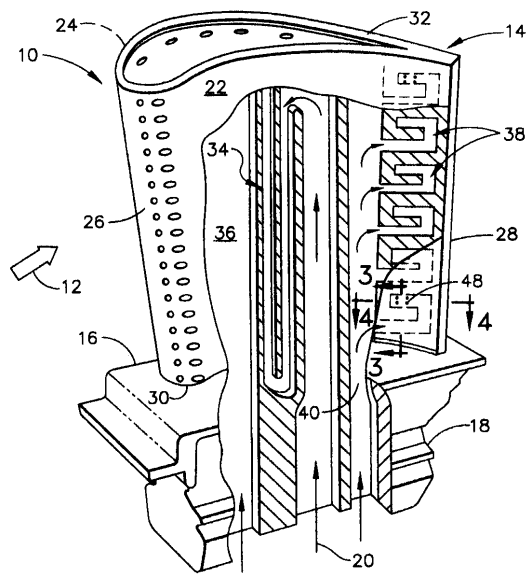
【図 6】 図 5 に示す軸方向蛇行冷却回路の矢視 6 - 6 部の半径方向縦断面図。

【符号の説明】

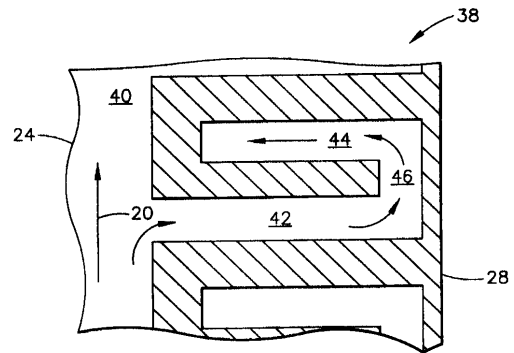
- 1 4 エーロフォイル
- 2 0 冷却空気
- 2 2 第 1 側壁
- 2 4 第 2 側壁
- 2 6 前縁
- 2 8 後縁
- 3 8 軸方向蛇行冷却回路
- 4 0 共通供給通路
- 4 2 第 1 通路
- 4 4 第 2 通路
- 4 6 第 3 通路
- 4 8 出口孔

40

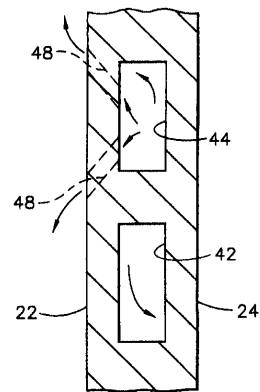
【図 1】



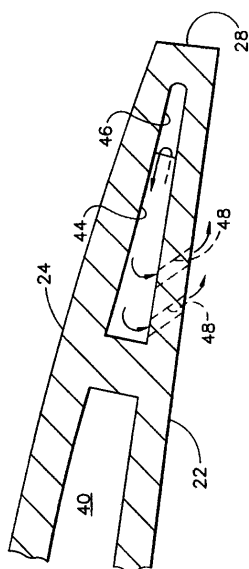
【図 2】



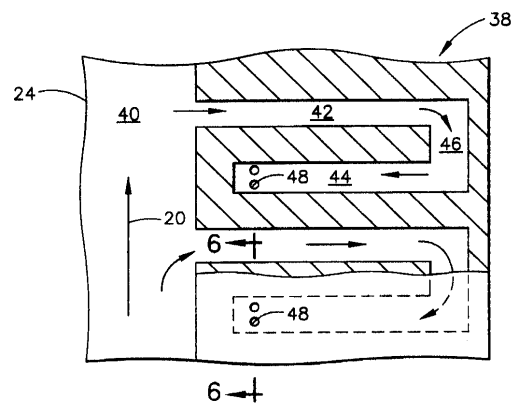
【図 3】



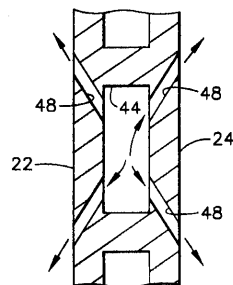
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

- (72)発明者 ポール・ジョセフ・アクアヴィヴァ
アメリカ合衆国、マサチューセッツ州、ウェイクフィールド、セイラム・ストリート、7番
- (72)発明者 ダニエル・エドワード・ディマース
アメリカ合衆国、マサチューセッツ州、エプスウィッチ、フィレ・ストリート、1番

審査官 藤原 弘

- (56)参考文献 米国特許第4684322(US, A)
特開昭56-165703(JP, A)
特開平10-054203(JP, A)
特開平09-195705(JP, A)
特公昭45-019641(JP, B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F01D 5/18
F01D 9/00-06