

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6348965号
(P6348965)

(45) 発行日 平成30年6月27日(2018.6.27)

(24) 登録日 平成30年6月8日(2018.6.8)

(51) Int. Cl.		F I	
FO2C	7/00	(2006.01)	FO2C 7/00 D
FO2C	7/18	(2006.01)	FO2C 7/18 A
FO1D	5/18	(2006.01)	FO1D 5/18
FO1D	9/02	(2006.01)	FO1D 9/02 102
B23H	9/10	(2006.01)	B23H 9/10

請求項の数 12 (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2016-501224 (P2016-501224)	(73) 特許権者	590005449
(86) (22) 出願日	平成26年3月11日(2014.3.11)		ユナイテッド テクノロジーズ コーポレイション
(65) 公表番号	特表2016-519236 (P2016-519236A)		UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION
(43) 公表日	平成28年6月30日(2016.6.30)		アメリカ合衆国, コネチカット, ファーミントン, ファーム スプリングス ロード 10
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/023393	(74) 代理人	100086232
(87) 国際公開番号	W02014/150490		弁理士 小林 博通
(87) 国際公開日	平成26年9月25日(2014.9.25)	(74) 代理人	100092613
審査請求日	平成29年1月27日(2017.1.27)		弁理士 富岡 潔
(31) 優先権主張番号	61/790, 122	(72) 発明者	シュー, ジンクアン
(32) 優先日	平成25年3月15日(2013.3.15)		アメリカ合衆国, コネチカット, グロトン, レッジウッド ロード 11
(33) 優先権主張国	米国 (US)		最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 冷却孔内に構造物を付加するための付加製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板に拡散冷却孔を形成する方法であって、
前記基板から材料を除去して前記基板の第1の面に吸入口を有する計量部を形成すること、
前記基板から材料を除去して、前記計量部と、前記第1の面の略反対側の前記基板の第2の面に位置する排出口と、の間に延びる拡散部を形成すること、
前記計量部及び前記拡散部の一方の内部において基板表面に第1の構造物を形成すること、及び
前記排出口に隣接する実質的に全ての基板表面に沿って第2の構造物を形成することを含み、前記第2の構造物を形成する前の前記排出口が第1の角度を有する角部を含み、前記第2の構造物が、前記第1の角度よりも概ね小さい第2の角度を有する第2の角部を形成し、

前記第1の構造物及び前記第2の構造物の形成は、
材料を前記基板表面に堆積させること、及び
前記材料を選択的に加熱して前記材料を前記基板表面に接合し、前記第1の構造物及び前記第2の構造物を形成することを含む方法。

【請求項 2】

前記基板から材料を除去して計量部を形成する工程及び前記基板から材料を除去して拡散部を形成する工程が、成形、ドリル加工、レーザドリル加工、機械加工、放電加工及び

これらの組合せからなる群から選択される手法によって実行される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記第 1 の構造物が形成される前記基板表面が前記計量部内に位置する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記第 1 の構造物が前記吸入口と前記排出口の間の見通し線を遮る、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記第 1 の構造物が前記計量部の一部分を遮りカスプ状の開口を形成する、請求項 3 に記載の方法。

10

【請求項 6】

前記第 1 の構造物が形成される前記基板表面が前記拡散部内に位置する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記第 1 の構造物が、頂点及び前記頂点から延在する複数の平坦な面を備える、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記基板表面上に堆積される前記材料が金属である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記基板表面上に堆積される前記材料がセラミックである、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 10】

前記基板表面上に堆積される前記材料が、レーザを用いて選択的に熔融される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

前記基板表面上に堆積される前記材料が、電子ビームを用いて選択的に熔融される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】

前記材料が前記基板表面に噴霧によって堆積される、請求項 1 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般にターボ機械に関し、具体的にはガスタービンエンジンのためのタービン流路部材に関する。特に、本発明は、これらに限られないが、動翼及び静翼、プラットフォーム、ブレード外側エアシール (BOAS)、シュラウド付き圧縮器及びタービンの筐体、燃焼器ライナ、タービン排気アセンブリ、推力増強装置及び吐出ノズルなどといった高温作動流体の流れに曝されるエアfoil及び他のガスタービンエンジン部材のための冷却技術に関する。

【背景技術】

【0002】

ガスタービンエンジン性能は、圧力比及びコアガス通路温度とそれに関係する負荷及び摩耗に起因する運用寿命及び信頼性への影響とのバランスに依存する。このバランスは、高いガス通路温度に起因するダメージを防止するのに能動的な冷却が必要となる圧縮器、燃焼器、タービン及び排気部分におけるガスタービンエンジン部材に特に関係する。

40

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0003】

基板に拡散冷却孔を形成する方法は、基板から材料を除去して基板の第 1 の面に吸入口を有する計量部を形成すること、及び基板から材料を除去して、計量部と、第 1 の面の略反対側の基板の第 2 の面に位置する排出口との間に延びる拡散部を形成することを含む。

50

方法はまた、計量部及び拡散部の一方の内部において基板表面に構造物を形成することを含む。構造物を形成することは、材料を基板表面に堆積させること、及び材料を選択的に加熱して材料を基板表面に接合し、構造物を形成することを含む。

【図面の簡単な説明】

【0004】

【図1】図1は、拡散冷却孔を有する壁部の図である。

【図2】図2は、図1の拡散冷却孔の2-2線に沿った断面図である。

【図3】図3は、隆起構造物が付加される前の拡散冷却孔の斜視図である。

【図4】図4は、付加製造によって形成された構造物を有する拡散冷却孔の一実施形態の斜視図である。

10

【図5A】図5Aは、付加製造によって形成された構造物を有する拡散冷却孔の他の実施形態の断面図である。

【図5B】図5Bは、図5Aの拡散冷却孔のB-B線に沿った断面図である。

【図6】図6は、付加製造によって形成された構造物を有する拡散冷却孔の他の実施形態の斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0005】

図1に、本発明の一実施形態によって形成された冷却孔を有する壁部の図を示す。壁部10は主に金属からなり、反対向きの表面12及び14を含む。表面12及び14の一方または両方が熱バリアコーティングなどのコーティング層を含んでいてもよい。冷却孔16は、それらの吸入口18が壁部10の表面12に沿って位置し、それらの排出口20が壁部10の表面14に沿って位置するように向けられている。ガスタービンエンジンの動作中は、表面14が高温ガス（例えば、燃焼ガス、高温空気）に近接する。冷却空気が、壁部10の表面12に沿って供給され、冷却孔16の吸入口18に入り、冷却孔16の排出口20を出て、表面14の冷却膜を形成する。冷却を要する種々の部材が冷却孔16を含み得る。適切な部材としては、これらに限られないが、タービンペーン及びブレード、燃焼器、ブレード外側エアシール、推力増強装置などがある。冷却孔16は、ペーン及びブレードの正圧面または負圧面で利用され得る。冷却孔16は、ブレードの先端またはブレード若しくはペーンのプラットフォームでも利用され得る。

20

【0006】

図2に、図1の冷却孔16の2-2線に沿った断面図を示す。後述する図面との比較のため、図2には、冷却孔16を画定する表面に沿って微細構造物が形成される前の冷却孔16を示す。冷却孔16は、吸入口18、排出口20、計量部22及び拡散部24を含む。吸入口18は、表面12に位置する開口である。冷却空気Cは吸入口18を通過して冷却孔16に入り、表面14に沿って排出口20で冷却孔16を出る前に、計量部22及び拡散部24を通過する。

30

【0007】

計量部22は、吸入口18に隣接してそこから下流側にあり、冷却孔16を通る気流を制御（計量）する。図2及び3に示すように、計量部22は、連続した、略円形の表面26によって画定される。いくつかの実施形態では、計量部22は、概ね吸入口18から拡散部24への実質的に一定の流域を有する。計量部22は、円形、長円形（卵形または楕円形）、レーストラック形（直線部分を有する平行な2辺をもつ卵形）、三日月形、カスプ形または双カスプ形の断面を有していればよい。いくつかの実施形態では、計量部22は、図2に示すように壁部10の表面12と表面14の間で傾斜している（すなわち、計量部22は壁部10に対して垂直ではない）。軸27は、図2に示すように計量部22の中心を通過して延びる。

40

【0008】

拡散部24は、計量部22に隣接してそこから下流側にある。図2及び3に示すように、拡散部24は、底面28、側面30及び32並びに上面34によって画定される。図2に示すように、拡散部24は、軸27及び計量部22から長手方向に広がる。底面28は

50

、表面 26 から排出口 20 に向かうにつれて軸 27 から長手方向に離れていく。図 3 に最も良く示すように、拡散部 24 は計量部 22 から横方向にも広がる。側面 30 及び 32 は、それらが表面 26 から排出口 20 に向かうにつれて広がる。冷却孔 16 を通って移動する冷却流体は、拡散及び膨脹して拡散部 24 を満たす。

【0009】

図 3 は、冷却孔を画定する 1 以上の表面に沿って微細構造物が形成される前の冷却孔 16 の斜視図である。壁部 10 の表面 12 及び 14 は、冷却孔の構造物をより良く示すことができるように、図 3 では図示されていない。図 3 に示すように、底面 28、側面 30 及び 32 並びに上面 34 が拡散部 24 を画定し、表面 26 から排出口 20 まで延在する。

【0010】

図 2 及び 3 に示す冷却孔 16 は、通常は、壁部 10 から材料が除去されて、冷却孔 16 を画定する表面 26、28、30、32 及び 34 を形成するといった従来的な製造技術によって形成される。材料の除去の適切な方法としては、これらに限られないが、ドリル加工、レーザドリル加工、機械加工、放電加工 (EDM) 及びこれらの組合せがある。例えば、冷却孔 16 の計量部 22 がドリル加工によって形成される一方で、冷却孔 16 の拡散部 24 が EDM によって形成される。場合によっては、冷却孔 16 は、成形処理を用いて作製されてもよい。

【0011】

図 4 に、微細構造物を有する冷却孔の一実施形態を示す。図 4 は、底面 28 の隆起構造物 (raised feature) 36 を有する冷却孔 16 の斜視図である。隆起構造物 36 は、底面 28 に材料を付加することによって冷却孔 16 内に形成される。本実施形態では、構造物 36 は、底面 28 に位置する材料の隆起領域である。計量部 22 及び拡散部 24 とは異なり、隆起構造物 36 は、壁部 10 から材料を除去することによっては容易に形成することができない。成形、ドリル加工、レーザドリル加工、機械加工及び EDM 技術では、通常は、隆起構造物 36 の幾何学的形状を、確実に、再現性よく、または安価に形成することはできない。本発明の実施形態によると、隆起構造物 36 は、付加製造技術を用いて形成される。

【0012】

隆起部 36 を形成するための適切な付加製造技術として、これらに限定されないが、選択的レーザ溶融、直接金属レーザ焼結、選択的レーザ焼結及び電子ビーム溶融がある。選択される付加製造技術は、隆起構造物 36 を形成するのに使用される材料のタイプによる。いくつかの実施形態では、隆起構造物 36 は、金属、合金または超合金で形成される。これらの実施形態では、前述した技術のいずれも適切なものとなり得る。他の実施形態では、隆起構造物 36 はセラミック材料で形成される。これらの実施形態では、セラミック製の隆起構造物 36 を形成するのに選択的レーザ焼結が通常は使用される。これらの技術の各々は、材料の薄層を加熱すること、及び基板に接合するようにそれを溶融することを含む。加熱/溶融及び接合処理は、材料が所望の隆起構造物 36 を形成するまで何度か繰り返される。

【0013】

より詳細には、隆起構造物 36 は、底面 28 に材料を堆積させ、それが溶融して底面 28 に接合するように材料を選択的に加熱してその後固化することによって、冷却孔 16 内に形成される。この処理は、所望の構造物の幾何学的形状及び厚さが形成されるまで繰り返される。材料を底面 28 に接合することによって、図 4 に示すような隆起構造物 36 が形成される。隆起構造物 36 を形成するのに使用される材料のタイプ (例えば、合金、セラミックなど) に応じて、異なる堆積方法が使用され得る。底面 28 に塗布される材料は、底面 28 に噴霧または載置される金属またはセラミックの粉末であればよい。代替的に、金属の薄層が、各加熱工程の前に底面 28 に沿って順次配置されてもよい。金属及びセラミックの原料がスラリーに形成されて底面 28 上に塗られてもよい。

【0014】

材料の層が底面 28 に堆積されると、材料は、それが溶解して底面 28 と接合するよう

10

20

30

40

50

に融点以上に選択的に加熱される。材料を溶融するのに必要なエネルギーを供給する高出力レーザまたは電子ビームを用いて材料が加熱される。材料を加熱するのに電子ビームが用いられるいくつかの実施形態では、全体が真空中に配置される。材料の第1の「層」が底面28（すなわち、基板）に塗布される場合は、場合によってはレーザまたは電子ビームのエネルギーが底面28の一部も溶融し、底面28と隆起構造物36との強力な結合を形成する。溶融された材料が固化された後、追加の材料が堆積され、加熱処理が再度実行される。この一連の工程（堆積、加熱/溶融、固化）が、隆起構造物36が所望の三次元形状及び厚さに構成されるまで繰り返される。

【0015】

形成する前に、隆起構造物36の所望の幾何学的特徴が決定される。これらの特性は、一般に、所望の構造物の形状、厚さ、曲率及び他の三次元性質を含む。これらの構造物が決定されると、コンピュータが、付加製造動作を制御する指示を与えるコンピュータ援用設計（CAD）ファイル、付加製造ファイル形式（AMF）ファイルまたは他のタイプのファイルを生成する。このファイルは、上述した層毎の堆積及び溶融処理を制御する情報を含む。いくつかの実施形態では、付加製造機械またはシステムが冷却孔16内の材料を堆積させ、選択的に材料を溶融して隆起構造物36を形成する。

【0016】

図4に示す冷却孔16では、隆起構造物36はピラミッド状の三次元構造である。上記のように、隆起構造物36の幾何学的形状を表すCAD、AMFまたは他のファイルがコンピュータによって生成される。このファイルが、隆起構造物36を作製するための層毎の付加製造処理を制御するのに使用される。隆起構造物36は、頂点38、及び頂点38から底面28に延在する比較的平坦な4つの面を含む。2012年7月9日出願の、米国特許出願第13/544090号、発明の名称「マルチローブ冷却孔」における図8及びその説明において更に詳細に図示及び記載されるように、隆起構造物36は、冷却空気を拡散部24、ローブ40及び42の横方向縁部に向けて逸らす。

【0017】

底面28への隆起構造物36の形成を説明してきたが、隆起構造物36は、側面30及び32並びに上面34または表面26に同様に形成されることができる。隆起構造物36はまた、冷却孔16を通る冷却空気を逸らす必要に応じて平坦であっても湾曲していてもよい。

【0018】

付加製造技術が、冷却孔の計量部におけるカスプなど、他のタイプの隆起構造物を形成するのに使用されてもよい。図5A及び5Bに、冷却孔の断面図、及び冷却孔16Aの計量部22内に形成された隆起構造物36Aの一実施例を示す。図5Aに示すように、隆起構造物36Aは、表面26において計量部22の下流端付近に形成される。隆起構造物36Aは計量部22の一部分を遮り、図5Bに示すようにカスプ状の開口を作る。隆起構造物36Aは、冷却孔16Aの吸入口18と排出口20の間の見通し線を遮る。隆起構造物36Aは、ドリル加工法またはEDM法によっては容易に形成することができない。したがって、隆起構造物36Aは、図4に関して上述した付加製造方法によって形成される。

【0019】

図6に、付加製造技術によって形成された隆起構造物を有する冷却孔の他の実施形態を示す。図6は、計量部22から排出口24に延在する全ての表面（底面28、側面30及び32並びに上面34）に沿う隆起構造物36Bを有する冷却孔16Bの斜視図である。冷却孔16Bは、図4に示す冷却孔16と同様の外観である。排出口20A付近の破線は、図4に示す排出口20の位置を示す。本実施形態では、追加の材料が、底面28、側面30及び32並びに上面34に対して、排出口20Aに沿ってかつその付近に付加されて「より鋭い角部」を有する冷却孔を提供する。上記のように、隆起構造物36Bの幾何学的形状（排出口20と排出口20Aとの距離の差）を表すCAD、AMFまたは他のファイルがコンピュータによって生成される。このファイルは、排出口20の鋭い角部を減少させる隆起構造物36Bを作るための層毎の付加製造処理を制御するのに使用される。

10

20

30

40

50

【0020】

広い角部によって壁部10の熱機械疲労が減少する一方、鋭い角部によって拡散部24を出る冷却空気の流れの剥離のおそれが減少し、これにより冷却能力が向上する。冷却孔は、冷却孔の場所に基づく特定の必要性を満たすように、広い角部、鋭い角部、または広い角部と鋭い角部の双方の組合せを排出口に沿って含むように微調整されてもよい。図6に示すように、材料が側面32及び底面28に付加される前の(すなわち、排出口20における)側面32と底面28の接合部付近の角部の角度(θ_2)は、排出口20Aにおける側面32と底面28の接合部付近の角部の角度(θ_1)よりも大きい。したがって、表面に付加される追加の材料によって、側面32と底面28とが交わる角部がより鋭く形成され、その角部における流れの剥離のおそれが減少する。

10

【0021】

図6は排出口20Aにおける複数の表面の全てが追加の材料を含む実施形態を示すが、他の実施形態では追加の材料は複数の表面の1つだけに付加されてもよい。

【0022】

以下は、本発明の可能な実施形態の非排他的な説明である。

【0023】

基板に拡散冷却孔を形成する方法は、基板から材料を除去して基板の第1の面に吸入口を有する計量部を形成すること、及び基板から材料を除去して、計量部と、第1の面の略反対側の基板の第2の面に位置する排出口との間に延びる拡散部を形成することを含むことができる。方法はまた、計量部及び拡散部の一方の内部において基板表面に構造物を形成することを含むことができる。構造物を形成することは、材料を基板表面に堆積させること、及び材料を選択的に加熱して材料を基板表面に接合し、構造物を形成することを含むことができる。

20

【0024】

前段落の方法は、追加的に及び/または代替的に、以下の構造物、構成及び/または追加の部材のいずれか1つ以上を選択的に含むことができる。

【0025】

上記方法の更なる実施形態は、基板から材料を除去して計量部を形成する工程及び基板から材料を除去して拡散部を形成する工程が、成形、ドリル加工、レーザドリル加工、機械加工、放電加工及びこれらの組合せからなる群から選択される手法によって実行されることを含むことができる。

30

【0026】

上記方法のいずれかの更なる実施形態は、構造物が形成される基板表面が計量部内に位置することを含むことができる。

【0027】

上記方法のいずれかの更なる実施形態は、構造物が吸入口と排出口の間の見通し線を遮ることを含むことができる。

【0028】

上記方法のいずれかの更なる実施形態は、構造物が計量部の一部分を遮ってカスプ状の開口を形成することを含むことができる。

40

【0029】

上記方法のいずれかの更なる実施形態は、構造物が形成される基板表面が拡散部内に位置することを含むことができる。

【0030】

上記方法のいずれかの更なる実施形態は、構造物が頂点及び頂点から延在する複数の平坦な面を備えることを含むことができる。

【0031】

上記方法のいずれかの更なる実施形態は、構造物が、排出口に隣接する基板の表面に沿って形成されることを含むことができる。

【0032】

50

上記方法のいずれかの更なる実施形態は、構造物を形成する前の排出口が第1の角度を有する角部を含み、構造物が、第1の角度よりも概ね小さい第2の角度を有する第2の角部を形成することを含むことができる。

【0033】

上記方法のいずれかの更なる実施形態は、構造物が、排出口に隣接する基板表面の実質的に全てに沿って形成されることを含むことができる。

【0034】

上記方法のいずれかの更なる実施形態は、基板表面上に堆積される材料が金属であることを含むことができる。

【0035】

上記方法のいずれかの更なる実施形態は、基板表面上に堆積される材料がセラミックであることを含むことができる。

【0036】

上記方法のいずれかの更なる実施形態は、基板表面上に堆積される材料がレーザを用いて選択的に加熱されることを含むことができる。

【0037】

上記方法のいずれかの更なる実施形態は、基板表面上に堆積される材料が電子ビームを用いて選択的に加熱されることを含むことができる。

【0038】

上記方法のいずれかの更なる実施形態は、材料が基板表面に噴霧によって堆積されることを含むことができる。

【0039】

好適な実施形態を参照して本発明を説明したが、当業者であれば、発明の主旨と範囲から逸脱することなく変更が形式及び詳細においてなされ得ることを認識するはずである。

【図1】

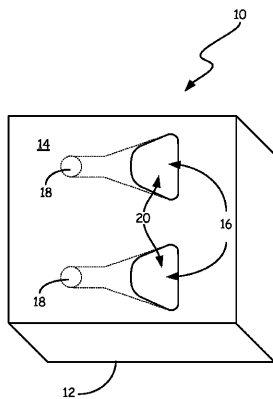


FIG. 1

【図2】

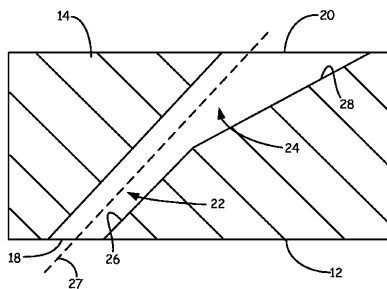


FIG. 2

【図3】

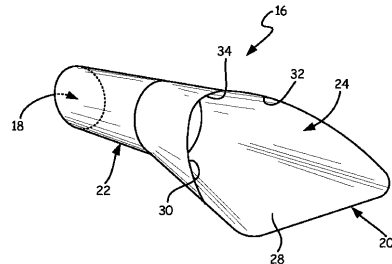


FIG. 3

【図4】

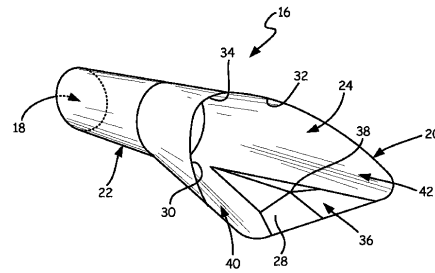


FIG. 4

【 5 A 】

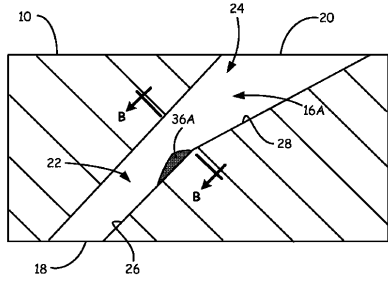


FIG. 5A

【 5 B 】

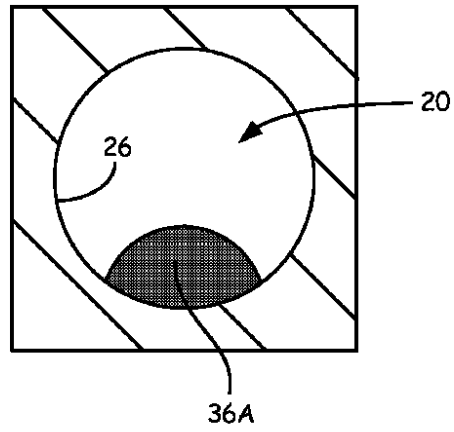


FIG. 5B

【 6 】

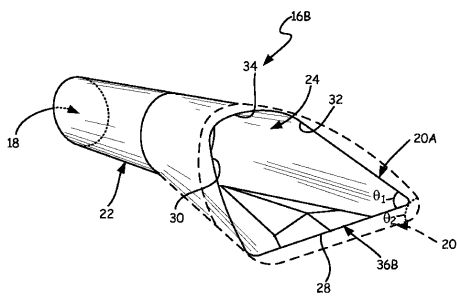


FIG. 6

フロントページの続き

(51) Int.Cl.		F I		
B 2 3 K	15/00	(2006.01)	B 2 3 K	15/00 5 0 1 B
B 2 3 K	26/342	(2014.01)	B 2 3 K	15/00 5 0 5
B 2 3 K	26/382	(2014.01)	B 2 3 K	26/342
B 2 3 P	13/00	(2006.01)	B 2 3 K	26/382
			B 2 3 P	13/00

審査官 高吉 統久

- (56) 参考文献 特開平 10 - 089005 (JP, A)
 米国特許出願公開第 2005 / 0123401 (US, A1)
 特開 2006 - 009785 (JP, A)
 米国特許出願公開第 2013 / 0101761 (US, A1)
 欧州特許出願公開第 1288435 (EP, A2)

(58) 調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 2 3 H 9 / 10
 B 2 3 K 1 5 / 0 0
 B 2 3 K 2 6 / 3 4 2
 B 2 3 K 2 6 / 3 8 2
 B 2 3 P 1 3 / 0 0
 F 0 1 D 5 / 1 8
 F 0 1 D 9 / 0 2
 F 0 2 C 7 / 0 0
 F 0 2 C 7 / 1 8