

(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2014-238014

(P2014-238014A)

(43) 公開日 平成26年12月18日(2014.12.18)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
F O 4 D 29/38 (2006.01)	F O 4 D 29/38 F	3 H 1 3 O
F O 4 D 29/70 (2006.01)	F O 4 D 29/70 N	4 K O 2 9
F O 4 D 29/02 (2006.01)	F O 4 D 29/02	
C 2 3 C 14/06 (2006.01)	C 2 3 C 14/06 A	
	C 2 3 C 14/06 F	
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 11 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2013-119563 (P2013-119563)	(71) 出願人	000000099
(22) 出願日	平成25年6月6日(2013.6.6)		株式会社 I H I
			東京都江東区豊洲三丁目1番1号
		(74) 代理人	100083806
			弁理士 三好 秀和
		(74) 代理人	100100712
			弁理士 岩▲崎▼ 幸邦
		(74) 代理人	100101247
			弁理士 高橋 俊一
		(74) 代理人	100095500
			弁理士 伊藤 正和
		(74) 代理人	100098327
			弁理士 高松 俊雄
		最終頁に続く	

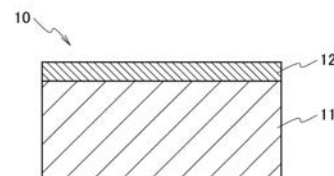
(54) 【発明の名称】 航空機用ジェットエンジンの圧縮機のブレード及びその表面処理方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 砂漠地帯で運用される場合に砂の堆積を防止する。

【解決手段】 航空機用ジェットエンジンの圧縮機のブレード10であって、ブレードの表面にアモルファス層によるコーティング12が形成される。アモルファス層は、TiAlSiN、TiAlCrN、AlCrSiN、AlTiSiN、TiCN、DLCの少なくとも一つを含み、AlTiSiNを含むことが好ましい。また、前記ブレードの表面に所定の表面粗さが形成し、さらにその上にコーティングを形成することができ、前記表面粗さは0.1Raより小さいことが好ましい。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

航空機用ジェットエンジンの圧縮機のブレードであって、
ブレードの表面にアモルファス層によるコーティングが形成されたこと
を特徴とするブレード。

【請求項 2】

前記アモルファス層は、TiAlSiN、TiAlCrN、AlCrSiN、AlTiSiN、TiCN、DLCの少なくとも一つを含むことを特徴とする請求項 1 に記載のブレード。

【請求項 3】

前記アモルファス層は、AlTiSiNを含むことを特徴とする請求項 2 に記載のブレード。

【請求項 4】

前記ブレードの表面が所定の表面粗さに形成され、さらにその上にコーティングが形成されたことを特徴とする請求項 1 に記載のブレード。

【請求項 5】

前記表面粗さは 0.1 Ra 以下であることを特徴とする請求項 4 に記載のブレード。

【請求項 6】

前記圧縮機は、高圧圧縮機であることを特徴とする請求項 1～5 のいずれかに一項に記載のブレード。

【請求項 7】

航空機用ジェットエンジンの圧縮機に備えられるブレードを製造する方法であって、
このブレードの表面にアモルファス層によるコーティングを形成するステップを含むこと

を特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、航空機用ジェットエンジンの圧縮機のブレード及びその表面処理方法に関し、特に砂の堆積を防止するような航空機ジェットエンジンの圧縮機のブレード及びその表面処理方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

航空機用ジェットエンジンには、吸気口から排気口に向かう軸に沿って圧縮機、燃焼室、タービンが順に設けられ、このうち圧縮機はさらに低圧圧縮機、中圧圧縮機、高圧圧縮機から構成されている。

【0003】

これら圧縮機においては、軸流圧縮機を構成するために金属により形成されたブレードが備えられている。従来、ブレードには、裸の金属が使用され、金属表面に処理はなされていなかった。

【0004】

これらのブレードは、高圧の空気をさらに圧縮するものであるもので、ブレードの表面に空気中の微粒子が堆積しやすいという性質がある。このような微粒子の堆積は、特に高圧圧縮機において顕著である。

【0005】

例えば、航空機が砂漠地帯で運用される場合には、空気中に大量の砂が含まれるため、高圧圧縮機のブレードへの砂の堆積が見られる。砂の堆積により高圧圧縮機のブレードの形状が変化して空力性能が劣化し、ひいてはジェットエンジンの燃費に悪影響を与えることがあった。

【0006】

10

20

30

40

50

このような高圧圧縮機のブレードに堆積した砂の層は高密度に押し固められ、強固にブレード表面に固着しており、ジェットエンジンの吸気口から水を散布することでは除去できなかった。砂の堆積を除去するためには、ジェットエンジンを分解してブレードごとに洗浄する必要がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2010-90892号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0008】

このため、航空機を砂漠地帯で運用する場合、高圧圧縮機のブレードに砂が堆積して空力性能が劣化し、航空機用ジェットエンジンの燃費に悪影響を与えていた。また、砂が堆積した高圧圧縮機のブレードを洗浄するためにジェットエンジンを分解する必要がある、保守に要する負担が大きかった。

【0009】

本発明は、上述の実情に鑑みて提案されるものであって、砂漠地帯で運用される場合に砂の堆積を防止するような航空機用ジェットエンジンの圧縮機のブレード及びその表面処理方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

20

【0010】

本願に係るブレードは、航空機用ジェットエンジンの圧縮機のブレードであって、ブレードの表面にアモルファス層によるコーティングが形成されたものである。前記アモルファス層は、TiAlSiN、TiAlCrN、AlCrSiN、AlTiSiN、TiCN、DLCの少なくとも一つを含むことが好ましい。前記アモルファス層は、AlTiSiNを含むことが好ましい。前記ブレードの表面が所定の表面粗さに形成され、さらにその上にコーティングが形成されることが好ましい。前記所定の表面粗さは、空力性能を悪化させない粗さであることが好ましい。前記表面粗さは0.1Ra以下であることが好ましい。前記圧縮機は、高圧圧縮機であることが好ましい。

【0011】

30

本願に係る方法は、航空機用ジェットエンジンの圧縮機に備えられるブレードを製造する方法であって、このブレードの表面にアモルファス層によるコーティングを形成するステップを含むものである。

【発明の効果】

【0012】

本発明によると、航空機用ジェットエンジンのブレードへの砂の堆積を防止し、高圧圧縮機の空力性能の劣化を防止し、ひいてはジェットエンジンの性能を確保することができる。また、航空機用ジェットエンジンのブレードへの砂の堆積を防止することにより、高圧圧縮機を含むジェットエンジンの保守のための負担を軽減することができる。

【図面の簡単な説明】

40

【0013】

【図1】表面処理されたブレードの拡大断面図である。

【図2】航空機用ジェットエンジンの構造を示す図である。

【図3】ブレードにコーティングを形成する成膜装置を示す図である。

【図4】表面処理されたブレードの断面を示す顕微鏡像である。

【図5】バーナーリグ装置を用いた試験の様子を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明に係る航空機用ジェットエンジンの圧縮機のブレード及びその表面処理方法の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

50

【0015】

図1は、航空機用ジェットエンジンの高圧圧縮機のブレードの拡大断面図であり、ブレード10の一部の断面を拡大して示すものである。なお、この図はブレード10の表面処理を説明するためのものであり、図中のスケールは実際のブレード10に対応するものではない。

【0016】

ブレード10は、基材11の表面にアモルファス層による被膜、すなわちコーティング12が形成されている。基材11には、例えばチタン合金が用いられる。コーティング12には、TiAlSiN、TiAlCrN、AlCrSiN、AlTiSiN、TiCN、DLC（ダイヤモンドライクカーボン）の少なくとも一つを含むアモルファス層が基材11上に形成される。このコーティング12は、AlTiSiNを含むことが好ましい。コーティング12は、例えば1～50μm、好ましくは2～20μmの厚さに形成されることが好ましい。

10

【0017】

図2は、このようなブレード10が備えられる航空機用のジェットエンジン20の構成を示す図である。ジェットエンジン20には、吸気口から排気口に向きに回転軸に沿って、ファン21、低圧圧縮機22、中圧圧縮機23、高圧圧縮機24、燃焼室25、タービン26が備えられている。ブレード10は、これらのうち高圧圧縮機24に備えられる。

【0018】

なお、本実施の形態のブレードは、航空機用ジェットエンジンの圧縮機であれば適用することができ、高圧圧縮機24のブレードに限定されない。例えば、低圧圧縮機22や中圧圧縮機23のブレードに適用することもできる。

20

【0019】

図3は、ブレード10にコーティングを形成する成膜装置を示す図である。成膜装置30は、チャンバ31内に基材11を格納し、この基材11の表面に蒸着等の物理気相成長法（PVD）によりアモルファス層によるコーティングを形成する。

【0020】

図中の成膜装置30は、チャンバ31内のテーブル32で基材11を支持し、テーブル32を回転軸33により所定速度で回転させている。チャンバ31の内壁には複数の蒸発源34が設けられ、コーティングを形成するための蒸着材料が気化されている。

30

【0021】

蒸発源34には蒸発源電源35から電源が供給され、また、基材11にはバイアス源36によりバイアス電圧が供給されている。さらに、チャンバ31には吸気口37からガスが供給されるとともに、真空ポンプ38により排気され、チャンバ31内は所定の雰囲気 に保たれている。

【0022】

このような成膜装置30のチャンバ31内に格納された基材11は、所定時間にわたって蒸着材料を蒸着されることにより、表面にアモルファス層によるコーティングが形成される。アモルファス層の性質は、堆積速度、成膜速度等によって調整することができる。例えば、基材11上に形成されるコーティングが結晶化することなくアモルファス化するように高速で堆積することができる。

40

【0023】

図4は、コーティング12が形成されたブレード10の顕微鏡像を示す図である。この顕微鏡像は、AlTiSiN系の材料を蒸着した場合に基材11の表面に形成されるコーティング12の断面を走査電子顕微鏡により約一万倍に拡大したものである。

【0024】

基材11の表面に蒸着したAlTiSiN系の材料は二層に別れ、基材上に数μmの厚さのTiAl系窒化物による層が形成され、この上に1μmより薄いTiSi系窒化物の層が形成されている。

【実施例1】

50

【0025】

実施例として、各種材料によりブレード10を構成する基材11を作成することを想定し、当該材料による丸棒形状の試験片61上にコーティング12を形成し、砂の付着性を比較した。この実施例においては、高速バーナーリグ装置を用いて、稼働中の高圧圧縮機における高圧、高速の空気流を再現し、砂を模擬した硫酸カルシウム（ CaSO_4 ）の粉末を試験片61に吹き付けて砂を堆積させた。

【0026】

図5は、バーナーリグ装置を用いた試験片61に対する砂の付着の試験の様子を示す図である。試験は、図のように配置したバーナーリグ装置を用いて2回にわたって試験片61に CaSO_4 の粉末を吹き付けた。粉末の平均粒径は約 $1.5\mu\text{m}$ であった。

10

【0027】

バーナーリグ装置において、図5中（a）に示すように、円周上に試験片61を保持して回転する試験片ホルダ55に向け、燃焼器51から火炎52とともに硫酸カルシウム粉末を噴射し、試験片61に火炎52と硫酸カルシウム粉末が均等に当たるようにした。

【0028】

図5（b）は図5（a）の矢視Aによるものであり、回転シャフト56によって回転駆動される試験片ホルダ55に保持された試験片61は、火炎と硫酸カルシウム粉末を噴射する燃焼器51正面に位置するようになされている。

【0029】

実験の結果、試験片61に形成されたコーティング12の材質と試験片61に対する砂の付着性について、次のような結果が得られた。評価は、コーティング無の試験片に対する重量増加比に基づいて行った。

20

【表1】

試料	コーティング	コーティング無の試験片を1としたときの重量増加比	評価
1	Al_2O_3	1.0	効果なし
2	TiAlSiN系	0.4	良好
3	TiAlCrN系	0.65	やや良い
4	AlCrSiN系	1.0	効果なし
5	AlTiSiN系	0.3	最もよい
6	TiCN	0.4	良好
7	耐熱DLC	0.4	良好
8	DLC	0.6	良好
9	TiO_2	1.0	効果なし
10	SiO_2	1.0	効果なし

30

40

【0030】

試料5のAlTiSiN系の場合に最も砂の付着が少ない結果が得られた。このAlTiSiN系のコーティング12の顕微鏡像は、前記図4に示したものである。また、このAlTiSiN系に次いで、試料2のTiAlSiN系、試料6のTiCN、試料7の耐熱DLC（ダイヤモンドライクカーボン）、試料8のDLCにおいても良好な結果が得られた。さらに、試料3のTiAlCrN系においてもやや良い結果が得られた。

【0031】

このような砂の付着性が少ない試験片61の材料を基材11としたブレード10を使用することにより、ブレード10への砂の堆積を防止することができ、ひいては、空力性能

50

の劣化を低減し、ジェットエンジンの燃費の低下させないようにすることができる。

【実施例 2】

【0032】

他の実施例として、砂の付着性に対する表面粗さの影響についてさらに比較した。この実施例では、ブレード 10 の基材 11 と同じ材質を有する丸棒形状の試験片 61 の表面に空力性能を悪化させないような所定の表面粗さを形成し、その上に TiAlN コーティング 12 を形成した。そして、コーティングなしの試験片に対する重量変化を測定した。

【0033】

実験の結果、表面粗さと砂の付着性について、次のような関係が得られた。評価は、コーティング無の試験片に対する重量増加比に基づいて行った。

10

【表 2】

コーティング	表面粗さ	コーティング無の試験片 に対する重量増加比	評価
TiAlN	約 0.3Ra	約 90%	効果なし
TiAlN	約 0.1Ra	約 60~70%	やや良い

【0034】

表面粗さ約 0.3Ra の時は砂の付着が比較的多く、効果が認められなかった。これに対して、表面粗さ約 0.1Ra の時は砂の付着に低下が見られ、やや効果が認められた。したがって、表面粗さ約 0.1Ra 以下のときに砂の付着の低下を期待できる。

20

【0035】

このようにコーティング 12 に表面粗さを組み合わせることにより、コーティング 12 の効果に加えてさらなる砂の付着防止を図ることができる。

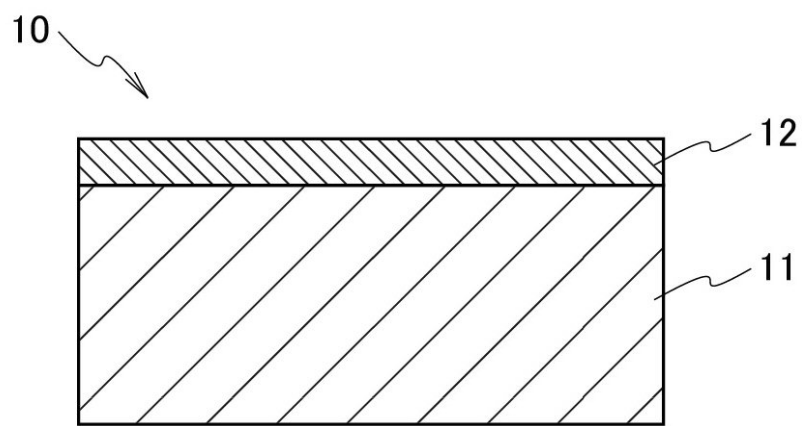
【符号の説明】

【0036】

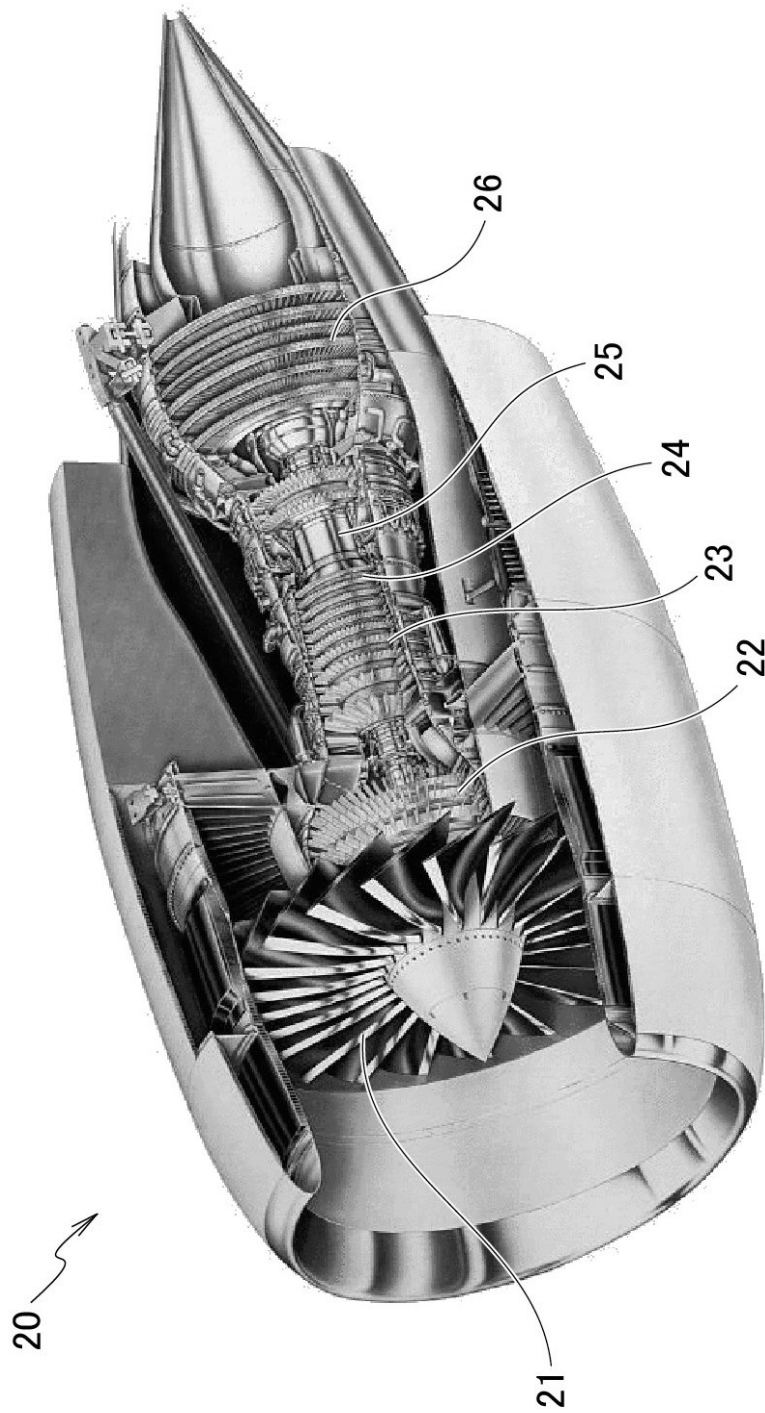
- 10 ブレード
- 11 基材
- 12 コーティング
- 20 ジェットエンジン
- 24 高圧圧縮機
- 30 成膜装置
- 51 燃焼器
- 61 試験片

30

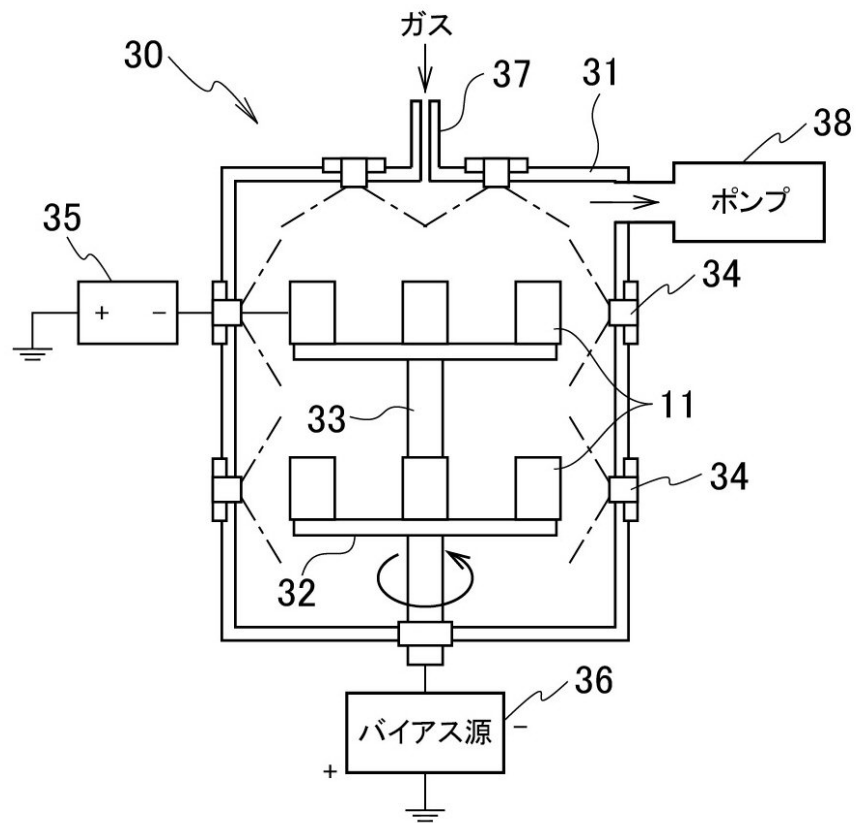
【図 1】



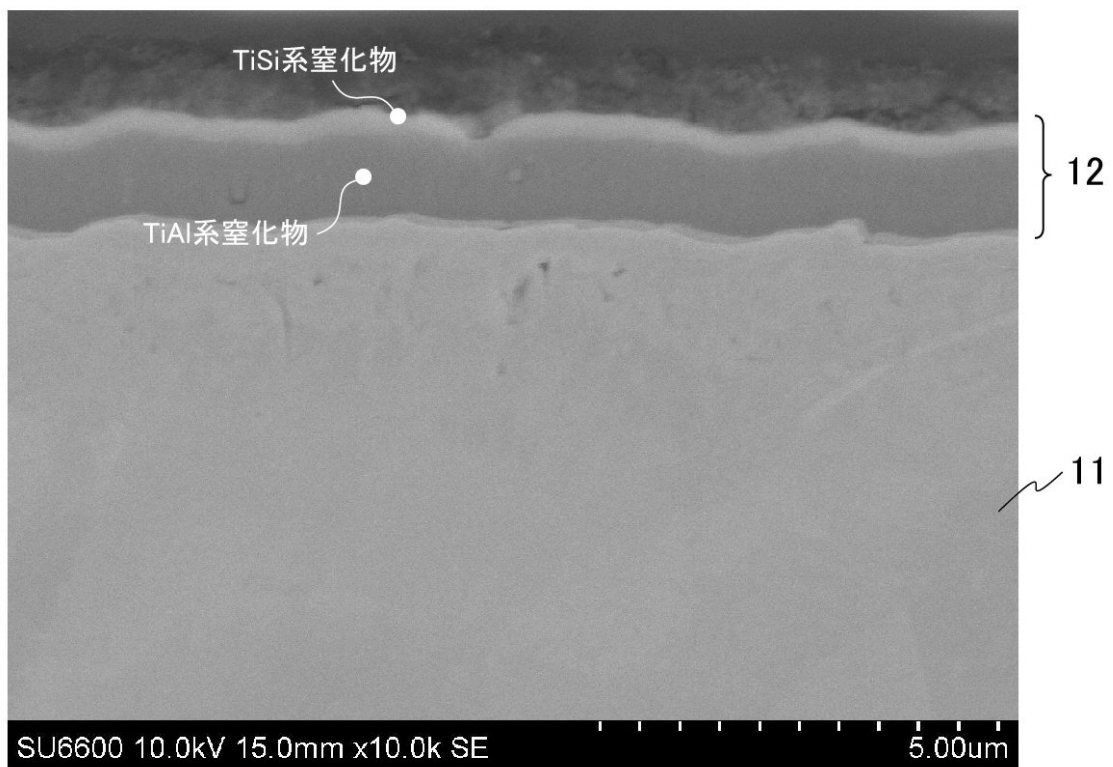
【図 2】



【図 3】

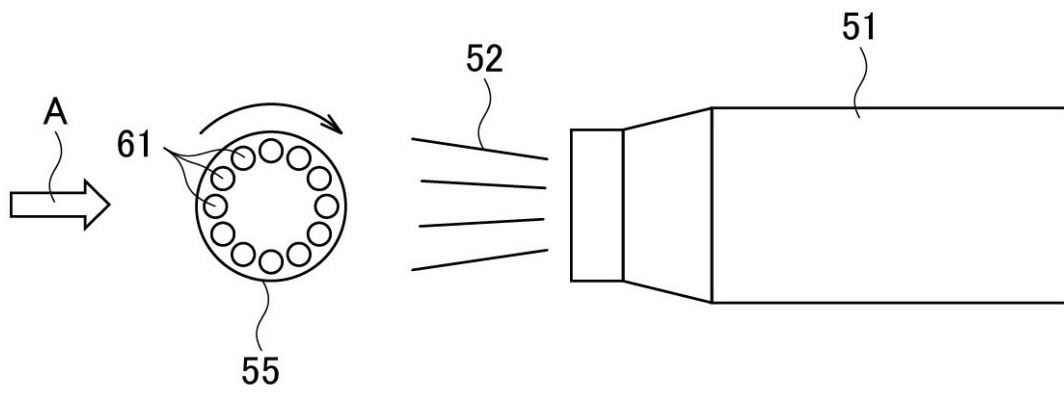


【図 4】

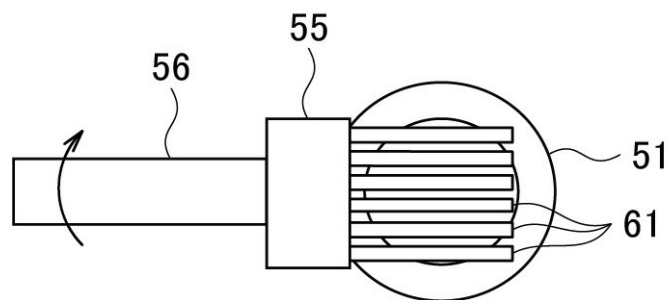


【図 5】

(a)



(b)



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード (参考)
C 2 3 C 14/06 H

(72)発明者 大寺 一生
東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社 I H I 内

(72)発明者 森 信儀
東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社 I H I 内

(72)発明者 馬場 正信
東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社 I H I 内

(72)発明者 田中 勇太
東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社 I H I 内

(72)発明者 柿沼 和彦
東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社 I H I 内

(72)発明者 荒木 隆人
東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社 I H I 内

Fターム(参考) 3H130 AA13 AB07 AB12 AB27 AB52 AB62 AB65 AB69 AC17 BA45C
CB01 DD09Z EC14C EC18C
4K029 AA02 AA24 BA34 BA54 BA58 BB10 BD03 CA01 DA02 DA05
DB05 DB14 EA03 JA02