

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4463427号  
(P4463427)

(45) 発行日 平成22年5月19日 (2010.5.19)

(24) 登録日 平成22年2月26日 (2010.2.26)

(51) Int. Cl.

F I

F 2 3 R 3/06 (2006.01)

F 2 3 R 3/06 Z A B

F 0 2 C 3/22 (2006.01)

F 0 2 C 3/22

F 2 3 R 3/42 (2006.01)

F 2 3 R 3/42 C

請求項の数 29 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2000-595093 (P2000-595093)  
 (86) (22) 出願日 平成12年1月21日 (2000.1.21)  
 (65) 公表番号 特表2002-535598 (P2002-535598A)  
 (43) 公表日 平成14年10月22日 (2002.10.22)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2000/001454  
 (87) 国際公開番号 W02000/043714  
 (87) 国際公開日 平成12年7月27日 (2000.7.27)  
 審査請求日 平成19年1月10日 (2007.1.10)  
 (31) 優先権主張番号 09/235,209  
 (32) 優先日 平成11年1月22日 (1999.1.22)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 501278283  
 アルゼタ コーポレーション  
 ALZETA CORPORATION  
 アメリカ合衆国 95054-1008  
 カリフォルニア州 サンタ クララ カレ  
 デル マンド 2343  
 (74) 代理人 100123788  
 弁理士 宮崎 昭夫  
 (74) 代理人 100088328  
 弁理士 金田 暢之  
 (74) 代理人 100106138  
 弁理士 石橋 政幸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスタービンを動作させるバーナーと方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

気体燃料および混合される圧縮空気の噴射のための入口を備えたプレナムと、大気圧で燃焼させたときに放射型の表面燃焼を生じる領域および青炎燃焼を生じる高い気孔率の散在領域を有し、前記プレナムに取り付けられる多孔質の繊維のバーナー表面と、前記プレナム内の前記バーナー表面の後ろ側の有孔シェルと、前記バーナー表面と隣接する小型の燃焼ゾーンを形成するように配置され、冷却用の圧縮空気を通過させて前記燃焼ゾーンのガスと合流させる複数の開口部を有する金属ライナーと、を有する、空気汚染物質の含有量が少ない燃焼ガスを生成させるために高い過剰空気量で高圧で動作可能なガスタービン用の改良されたバーナー。

【請求項 2】

前記バーナー表面が、円筒状のプレナムを囲んで円筒状であり、前記金属ライナーも円筒状であり、前記ライナーの開口部が、前記ライナーのフィルムの冷却を促進するルーバーを有する、請求項 1 に記載のバーナー。

【請求項 3】

前記バーナー表面は、有孔領域が散在している多孔質の金属繊維のマットである、請求項 2 に記載のバーナー。

【請求項 4】

前記プレナムが、環状の円筒形を有し、前記バーナー表面が、前記プレナムの内側の円筒の側面であり、前記金属ライナーが管状で前記バーナー表面の長さに沿って軸線方向に

延びており、前記ライナーの開口部が、前記ライナーのフィルムの冷却を促進するルーバーを有する、請求項 1 に記載のバーナー。

【請求項 5】

前記バーナー表面は、有孔領域が散在している多孔質の金属繊維のマットである、請求項 4 に記載のバーナー。

【請求項 6】

前記バーナー表面は、有孔領域が散在している多孔質の金属繊維のマットである、請求項 1 に記載のバーナー。

【請求項 7】

大気圧で燃焼させたときに、前記多孔質の金属繊維のマットが、 $110 \sim 630 \text{ kW/m}^2$  ( $35,000 \sim 200,000 \text{ BTU/hr/sf}$ ) の速度で燃焼させることが可能であり、前記有孔領域が、 $1,577 \sim 25,234 \text{ kW/m}^2$  ( $500,000 \sim 8,000,000 \text{ BTU/hr/sf}$ ) の速度で燃焼させることが可能である、請求項 6 に記載のバーナー。

10

【請求項 8】

気体燃料および混合される圧縮空気を、大気圧で燃焼させたときに表面燃焼を生じる領域と青炎燃焼を生じる高い気孔率の散在領域とを有する多孔質の繊維のバーナー表面に通ず段階と、前記燃料および混合される空気を、前記バーナー表面に隣接し、複数の開口部を備えた金属ライナーによって囲まれている小型の燃焼ゾーンにおいて、約  $3 \sim 20$  気圧の圧力と少なくとも約  $1,577 \text{ kW/m}^2 / \text{bar}$  ( $500,000 \text{ BTU/hr/sf/atm}$ ) の速度で燃焼させる段階と、冷却用の圧縮空気を、前記圧縮空気の一部が前記開口を通して前記燃焼ゾーンのガスと合流する状態で前記ライナーに沿って流す段階と、断熱火炎温度を  $1,427 \sim 1,815$  ( $2600^\circ\text{F} \sim 3300^\circ\text{F}$ ) に維持するために、前記混合される空気を過剰量約  $40\% \sim 150\%$  になるように調整し、したがって、 $\text{NO}_x$  を  $5 \text{ ppm}$  以下しか含まず、 $\text{CO}$  および  $\text{UHC}$  を合わせて  $10 \text{ ppm}$  以下しか含まない燃焼ガスを生成する段階と、を含む、空気汚染物質の生成を抑えるように改良されたガスタービンの燃焼方法。

20

【請求項 9】

前記前記多孔質の繊維のバーナー表面は、有孔領域が散在している多孔質の金属繊維のマットである、請求項 8 に記載の方法。

30

【請求項 10】

前記多孔質の金属繊維のマットは、大気圧で燃焼させたときに  $110 \sim 630 \text{ kW/m}^2$  ( $35,000 \sim 200,000 \text{ BTU/hr/sf}$ ) の速度で燃焼させることが可能であり、前記多孔質の領域は、 $1,577 \sim 25,234 \text{ kW/m}^2$  ( $500,000 \sim 8,000,000 \text{ BTU/hr/sf}$ ) の速度で燃焼させることが可能である、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

燃焼が、約  $5 \sim 10$  気圧の圧力で行われ、過剰空気量が、断熱火炎温度を  $1,510 \sim 1,593$  ( $2750^\circ\text{F} \sim 2900^\circ\text{F}$ ) に維持するように調整され、したがって、 $\text{NO}_x$  を  $2 \text{ ppm}$  以下しか含まない燃焼ガスを生成する、請求項 8 に記載の方法。

40

【請求項 12】

前記多孔質の繊維のバーナー表面と前記金属ライナーが円筒状であり、環状で小型の燃焼ゾーンを形成している、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

前記多孔質の繊維のバーナー表面は、有孔領域が散在している多孔質の金属繊維のマットである、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

気体燃料および混合される圧縮空気の噴射のため入口を備えたプレナムと、前記プレナムと流通状態にあり、大気圧で燃焼させられるときに、青炎燃焼が散在していると共に放射型の表面燃焼を生じる 2 種類の気孔率を有する多孔質の繊維のバーナー表面と、前記バ

50

ーナー表面に隣接する小型の燃焼ゾーン内で燃焼を囲むように配置されている、冷却の増強に適した金属ライナーと、を有する、燃焼空気汚染物質の生成を抑えるために高い過剰空気量で動作可能なガスタービン用の高圧バーナー。

【請求項 15】

前記バーナー表面および前記金属ライナーが円筒状であり、前記ライナーがルーバー付きの開口部を有している、請求項 14 に記載のバーナー。

【請求項 16】

前記バーナー表面は、有孔領域が散在している多孔質の金属繊維のマットである、請求項 15 に記載のバーナー。

【請求項 17】

前記バーナー表面の 2 種類の気孔率の小さい方は、大気圧で燃焼させたときに、 $110 \sim 630 \text{ kW/m}^2$  ( $35,000 \sim 200,000 \text{ BTU/hr/sf}$ ) の速度で燃焼させることが可能であり、気孔率の大きい方は、 $1,577 \sim 25,234 \text{ kW/m}^2$  ( $500,000 \sim 8,000,000 \text{ BTU/hr/sf}$ ) の速度で燃焼させることが可能である、請求項 14 に記載のバーナー。

【請求項 18】

気体燃料および混合される圧縮空気を、大気圧で燃焼させたときに、青炎燃焼が散在する表面燃焼を生じる 2 種類の気孔率を有する多孔質の繊維のバーナー表面に通す段階と、前記バーナー表面に隣接する小型の燃焼ゾーンにおける燃焼を、増強冷却に適した金属ライナーによって囲み、前記燃料および混合される空気を、少なくとも約 3 気圧の圧力と少なくとも約  $1,577 \text{ kW/m}^2/\text{bar}$  ( $500,000 \text{ BTU/hr/sf/atm}$ ) の速度で燃焼させる段階と、冷却用の圧縮空気を前記ライナーに沿って前記ライナーを冷却するように流す段階と、断熱火炎温度を  $1,427 \sim 1,815$  ( $2600^\circ\text{F} \sim 3300^\circ\text{F}$ ) に維持するために、前記混合される空気を過剰量約 40% ~ 150% になるように調整し、したがって、 $\text{NO}_x$  を 5 ppm 以下しか含まず、CO および UHC を合わせて 10 ppm 以下しか含まない燃焼ガスを生成する段階と、を含む、ガスタービンの高圧バーナーを燃焼空気汚染物質の生成を抑えるように動作させる方法。

【請求項 19】

前記多孔質の繊維のバーナー表面は、孔が散在している多孔質の金属繊維のマットである、請求項 18 に記載の方法。

【請求項 20】

前記金属ライナーが、複数の開口部を有し、前記ライナーに沿って流される圧縮空気が、前記開口部を通過して前記燃焼ゾーンの燃焼ガスと合流する、請求項 19 に記載の方法。

【請求項 21】

前記多孔質の繊維のバーナー表面と前記金属ライナーが円筒状であり、環状で小型の燃焼ゾーンを形成している、請求項 20 に記載の方法。

【請求項 22】

燃焼が、約 5 ~ 10 気圧の圧力で行われ、過剰空気量が、断熱火炎温度を  $1,510 \sim 1,593$  ( $2750^\circ\text{F} \sim 2900^\circ\text{F}$ ) に維持するように、したがって、 $\text{NO}_x$  を 2 ppm 以下しか含まない燃焼ガスを生成するように調整される、請求項 21 に記載の方法。

【請求項 23】

気体燃料および混合される圧縮空気を導入するための入口を備えたプレナムと、全体を通じて圧力降下が 3% 未満であることを保証し、大気圧で燃焼されたときに多数の青炎を生じるように十分に孔が設けられている、前記プレナムの側面を形成する多孔質の繊維のバーナー表面と、前記プレナム内部の前記バーナー表面の後ろ側の多孔シェルと、前記バーナー表面と隣接する小型燃焼ゾーンを形成するように配置され、冷却用の圧縮空気を通過させて前記燃焼ゾーンの燃焼ガスと合流させる複数の開口部を有する金属のライナーと、を有する、燃焼空気汚染物質の生成を抑えるために高い過剰空気量で動作可能なガスタ

10

20

30

40

50

ービン用の高圧バーナー。

【請求項 2 4】

前記バーナー表面および前記金属ライナーが円筒状であり、前記金属ライナーの開口部がルーバーを有している、請求項 2 3 に記載のバーナー。

【請求項 2 5】

前記バーナー表面は、孔が散在している多孔質の金属繊維マットである、請求項 2 4 に記載のバーナー。

【請求項 2 6】

コンプレッサからの少なくとも 3 気圧の圧力の圧縮空気と、混合する気体燃料とを、全体を通じて圧力降下が 3 % 未満であることを保証し、大気圧で燃焼されたときに多数の青炎を生じるように十分に孔が設けられている多孔質の繊維のバーナー表面に流す段階と、前記混合される燃料と圧縮空気とを、前記バーナー表面と隣接し、複数の開口部を有する金属ライナーによって囲まれている小型の燃焼ゾーンにおいて、少なくとも約  $1,577 \text{ kW/m}^2/\text{bar} (500,000 \text{ BTU/hr/sf/atm})$  の速度で燃焼させる段階と、前記コンプレッサからの圧縮空気を、前記圧縮空気の一部が前記開口部を通して前記燃焼ゾーンのガスと合流する状態で前記ライナーに沿って流す段階と、断熱火炎温度を  $1,427 \sim 1,815 (2600^\circ\text{F} \sim 3300^\circ\text{F})$  に維持し、したがって  $\text{NO}_x$  を 5 ppm 以下しか含まず、CO および UHC を合わせて 10 ppm 以下しか含まない燃焼ガスを生成させるために、前記混合される燃料と圧縮空気を、過剰空気量約 40 % ~ 150 % となるように比例配分する段階と、を含む、回転式コンプレッサと、共通軸線上のタービンとを有するガスタービンの運転中の燃焼空気汚染物質の生成を抑える、改良された方法。

【請求項 2 7】

前記バーナー表面および前記金属ライナーが円筒状である、請求項 2 6 に記載の方法。

【請求項 2 8】

前記多孔質の繊維のバーナー表面が、2 種類の大きさの孔を有するセラミック繊維部材であり、より大きな各孔の孔面積は、より小さい各孔の孔面積の約 20 倍である、請求項 2 6 に記載の方法。

【請求項 2 9】

前記過剰空気量が、断熱火炎温度を  $1,510 \sim 1,593 (2750^\circ\text{F} \sim 2900^\circ\text{F})$  に維持するように、したがって、 $\text{NO}_x$  を 2 ppm 以下しか含まない燃焼ガスを生じるように調整される、請求項 2 6 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の背景】

本発明は、大気汚染物質、特に窒素酸化物 ( $\text{NO}_x$ ) の排出を極力少なくするバーナーと、ガスタービンの操作方法とに関する。特に、本バーナーおよび本方法は、ガスタービンの燃焼器を高い過剰空気量と高圧で動作させることができる。

【0002】

ガスタービンのキャスティングに装着され、限られた含有量の大気汚染物質 [ $\text{NO}_x$ 、一酸化炭素 (CO)、および未燃炭化水素 (UHC)] しか含まない燃焼生成物を生じる小型バーナーの開発は、商業的に容認できる製品を長いあいだ送り出していない。1981 年に、ラクレイ (Rackley) 他の米国特許第 4,280,329 号が、多孔質セラミックス製の V 字形の構成要素の形の放射型表面バーナーを開示した。提案されたバーナーは、理論的には興味をそそるものであったが、実際には、脆弱、それを通して著しい圧力降下、および限られた熱流束など、重大な欠陥があった。ラクレイ他の提案以来、ガスタービン用の放射型表面燃焼技術に進歩は見られなかった。

【0003】

ガスタービンの作動に起因する大気汚染物質の放出を最小限にする努力は、種々の方法に向けられた。米国特許第 4,339,924 号、同第 5,309,709 号、および同第

10

20

30

40

50

5, 457, 953号は、複雑で高価な装置を要する提案の実例である。カタリティカ社 (Catalytica Inc.) は、評価を受けていると伝えられている (サンフランシスコ・クロニクル (San Francisco Chronicle)、1996年11月21日) ガスタービン用の触媒燃焼器を推進しようとしている。しかし、この提案は単純な小型の装置でなく、触媒は高価で、しかも耐用年数が限られている。

【0004】

本発明の主目的は、最小限の汚染放出物しか生じさせないために、高い過剰空気量を伴う高い燃焼速度で実施される表面安定型の燃焼を特徴とするガスタービン用小型バーナーを提供することである。

【0005】

別の重要目的は、熱流束を広範囲に調節できるガスタービン用バーナーを提供することである。

【0006】

関連した目的は、圧力降下が小さく、広い圧力範囲と過剰空気量の変化にわたって安定した動作をする小型バーナーを提供することである。

【0007】

さらに別の目的は、簡易で耐久性のある構造を有するガスタービン用のバーナーを提供することである。

【0008】

本発明の別の主目的は、大気汚染物質含有量がきわめて少ない燃焼生成物しか出ないようにガスタービンを動作させる方法を提供することである。

【0009】

本発明の前述および他の特徴と利点は、以下の説明から明らかになるであろう。

【0010】

【発明の概要】

本発明で使用されるバーナー表面は、基本的には、金属繊維またはセラミック繊維で形成されている多孔質で低伝導率の材料であり、それを通過する気体燃料と空気との混合気を放射型表面燃焼させるのに適している。好適なバーナー表面は、大気圧で燃焼させたときに、青炎燃焼する高気孔率の散在部または散在領域とともに、放射型の表面燃焼を生じる多孔質の金属繊維マットである。複数の孔を備えたバンドまたは領域を散在させた、硬質であるが多孔質の焼結金属繊維のマットを開示しているデュレット他 (Durett) に対する米国特許第 5, 439, 372号のそのようなバーナー表面を図1に示す。多孔質の金属繊維の供給業者の1つは、ベルギー国ツウェベジエムのエヌ・ヴィー・アコテック・エス・エー (Accotech S.A.) である。特許権所有者によって示されているように、青炎燃焼させるための複数の孔を備えたバンドが多孔質のマットに形成されており、一方、多孔質のマットの隣接領域が放射型の表面燃焼をもたらす。

【0011】

アコテック社が販売する多孔質の金属繊維マットの別の形態は、金属繊維で形成されたヤーンで作られているニット布である。ヤーンは多孔質であるのと同時に、ニット布の編目により、当然のことながら、気孔率が高い箇所が均一に散在している。したがって、金属繊維のニット布は複数の青炎箇所が混合している表面放射型燃焼を生じる。

【0012】

本発明に適した多孔質のバーナー表面のさらに別の形態は、放射型の表面燃焼に効果的な小孔を有するカースウェル (Carswell) に対する米国特許第 5, 595, 816号において開示されている有孔のセラミック繊維のプレートであるが、これは、より大きな青炎燃焼用の孔を備えた散在領域を有するように変更しただけのものである。

【0013】

本発明に適応させた有孔のセラミックまたは金属繊維のプレートの別の変形物は、青炎燃焼を生じさせる均一な孔を有するものであるが、そのようなプレートは、プレートの選択箇所が放射型またはそれに近い状態の表面燃焼で作用するように該箇所への流れを制限す

10

20

30

40

50

る上流構成と組み合わされている。この方法の一実施形態は、主プレートの上流側からわずかに間隔をあけて配置した別の有孔プレートをただ単に含むことができる。支持プレートの複数の孔は、その孔のいくつかが主プレートの孔と位置合わせされるような大きさと分布のものであり、主プレートの孔が青炎燃焼を支援するようになっている。主プレートの孔と位置合わせされている支持プレートの無孔部は、これらの孔への空燃混合気の流れを妨げ、それにより表面燃焼を生じる。支持プレートは、バーナー表面である主プレートのような低伝導率のプレートである必要はない。この場合、支持プレートが、有孔のセラミック繊維または金属繊維のプレートの選択領域を通過する空燃混合気の流れを減少させるように働くことは明らかである。

#### 【0014】

有孔の支持プレートは、前述のバーナー表面の他のさまざまな形態と組み合わせて使用することもできるが、支持プレートは、通常は、空燃混合気がバーナー表面全体に向かって確実に均一に流れるのを助ける。金属繊維のヤーンで形成されたニット布を使用する場合、支持プレートは、ニット布を支持し、また、ニット布に対する均一な流れを形成する。したがって、有孔の支持プレートは、組み合わせられるバーナー表面に応じて違った機能を有することができる。以下に説明するように、バーナー表面はほとんどの場合は円筒状になるので、やはり円筒状になるであろう支持プレートのことを、これ以後、有孔シェルと呼ぶことにする。

#### 【0015】

本発明の完全なバーナーは、気体燃料と空気の混合気を噴射する入口を備えたプレナムを横切って取り付けられている多孔質の繊維のバーナー表面と、プレナム内部のバーナー表面の後ろ側の有孔シェルと、バーナー表面と隣接する小型の燃焼ゾーンを形成するように配置されている金属のライナーとを有する。そのようなバーナーを、高い燃焼速度すなわち高い熱流速で、高い過剰空気量で作動させて、 $\text{NO}_x$  を 5 ppm 以下しか含まず、CO と UHC を合わせて 10 ppm 以下しか含まない燃焼ガスを生じさせることに成功した。バーナーは、過剰空気量の制御により、 $\text{NO}_x$  を 2 ppm 以下しか含まず、CO と UHC を合わせて 10 ppm 以下しか含まない燃焼ガスを送出できる。明細書および請求項に記載されている  $\text{NO}_x$ 、CO、および UHC のすべての ppm (100 万分率) は、ガスタービン基準である 15%  $\text{O}_2$  に対して補正された値である。

#### 【0016】

ガスタービンのケーシングにはめ込むことができるバーナーに要求される、バーナー表面の高い表面燃焼速度、すなわち、少なくとも  $1,577 \text{ kW/m}^2$  (500,000 BTU/hr/sf) (英熱量/時間/平方フィート) では、気孔率が高い領域からの火炎は、気孔率がより低い領域からの通常の表面放射が消滅するような強い非表面放射を生じる。しかしながら、2種類の気孔率により、表面安定型の燃焼、すなわち、バーナー表面に付属する青炎を安定させる表面燃焼が可能になる。簡略のために、2種類の気孔率を備えた表面を有するバーナーを、表面安定化バーナーと呼ぶ。

#### 【0017】

視覚的には有炎燃焼が非常にコンパクトなので、強度の赤外線放射ゾーンがバーナー表面の近くに吊り下げられているように見える。有炎燃焼のコンパクト性は、バーナー表面近傍に燃焼を閉じ込める金属ライナーによって支援される。この表面安定型の燃焼が、入口温度に応じて過剰空気量約 40% ~ 150% で行われたとしても、燃焼生成物に 2 ppm という少なさの  $\text{NO}_x$  と、合わせて 10 ppm 以下の CO および UHC が含まれさせることができる。

#### 【0018】

バーナー表面の少なくとも約  $1,577 \text{ kW/m}^2$  (500,000 BTU/hr/sf) という前述の燃焼速度は、大気圧での燃焼の場合である。ガスタービンは高圧で作動するので、基本燃焼速度に、気圧で表される圧力を乗じなくてはならない。例えば、 $10.3 \text{ bar}$  (150 ポンド/平方インチ)、すなわち  $10.1 \text{ bar}$  (10 気圧) の絶対圧力のとき、公称最小燃焼速度は  $15,770 \text{ kW/m}^2$  (5,000,000 BTU

10

20

30

40

50

$/hr/sf)$ になる。高圧での表面安定化バーナーの安定動作により、 $47,310 kW/m^2(15,000,000 BTU/hr/sf)$ という高さの燃焼速度、すなわち熱流束が可能となることは全く予測外で、正に注目に値する。この熱流束は、前述のラクレイ他の特許の多孔質のセラミック繊維のバーナーの少なくとも10倍になると算定され、また、バーナーのセラミック繊維の被覆は、高圧および高ガス流の作用でこなごなになるであろう。

【0019】

本発明の説明および理解を容易にするために、添付図面を参照する。

【0020】

【好適な実施形態の説明】

10

図1に、エアコンプレッサ11の出口部と、燃焼部12と、タービン13の入口部と、を備えたガスタービン10を概略的に示す。コンプレッサ11およびタービン13は、共通の軸15を共有している。2種類の気孔率を備えた表面18を有するバーナー16は、シャフト15を中心として環状に燃焼部12の内部に配置されている。図1には2個のバーナー16が示されているが、ガスタービン10の大きさに応じて通常は6~12個のバーナー16が軸15を中心として燃焼部12の内部に等間隔で配置される。各バーナー16は円筒状で、バーナー表面18から間隔をあけて配置されている外側の金属ライナー17を有する。

【0021】

コンプレッサ11を出た圧縮空気の一部は、各バーナー16の円筒状の首部19に入り、残りはライナー17の外側に流れる。各バーナー16は、ガスタービン10のケーシングを貫通して延びている管20によって気体燃料を供給される。管20は、ネック19に間隔をおいて配置されている2つのブロック21の間(または、単一ブロック21の複数の半径方向の穴を通じて)に吐出し、それによって気体燃料が、ネック19を通り抜ける圧縮空气中に放射状に全方向に流入する。そのようにして得られた燃料と空気との混合物がバーナーのプレナム22を満たす。空燃混合気は、そこから、2種類の気孔率のバーナー表面18から間隔をあけて配置されている有孔シェル23を通過する。シェル23は、すべてのバーナー表面18を通る均一な流れの形成を助ける。点火すると、バーナー表面18から出る混合気は、視覚的に低気孔率の領域が無炎に見え、かつ高気孔率の領域に安定した火炎パターンを有する小型の燃焼ゾーンの形で燃焼する(先に表面安定型の燃焼と呼んだ)。本発明による燃焼に不可欠なのは、少なくとも $1,577 kW/m^2/bar(500,000 BTU/hr/sf/atm)$ の燃焼速度で過剰空気量40%~150%の空燃混合気を供給することである。

20

30

【0022】

コンプレッサ11からの圧縮空気の一部は、燃焼部12の、空気を通過させるための複数の開口部を有するいくつかの円筒状の金属ライナー17の間およびそのまわりの空間を流れる。したがって、燃焼に利用されない圧縮空気は、金属ライナー17を冷却し、タービン部13に入る前に燃焼生成物を冷却するのを助ける。ライナー17は、タービン部13の入口まで延びており、まだ熱い圧縮されたガス混合気をタービン13に供給して、その回転翼を駆動して動力を生じさせる。エンジン13を出る膨張したガス混合気は、排熱回収装置(図示せず)に排出してもよい。バーナー表面18と有孔シェル23によって閉じられているバーナー16の端部が図1に示されている。該端部は、固体のプレートで任意に密閉することもできるが、それにより燃焼容量が少なくなることは言うまでもない。

40

【0023】

図2は、ガスタービン10の燃焼ゾーン12内で軸15を中心として等間隔に配置された5つのバーナーの閉じた端部に対して平行にとった、5つのバーナー16の簡略図である。5つのバーナー16は、個別の金属ライナー17を含んでいる。

【0024】

図3は、個別のライナー17が、5つのバーナー16すべての燃焼を1つの環状ゾーンに閉じ込める一対の金属ライナー17Aおよび17Bと置き換えられている点を除き、図2

50

と同じである。ライナー１７Ａおよび１７Ｂを冷却し、ライナー１７Ａ、１７Ｂの開口部を通じて環状の燃焼ゾーンに入る圧縮空気は、ライナー１７Ａの外面の長さに沿っておよびライナー１７Ｂの内面の長さに沿って流れる。

【００２５】

図４に、バーナー１６の変形態態を示す。閉じた端部Ｅは、断熱材（図示せず）によって保護された不浸透性のディスクによって密閉されている。短い首部１９が、中心のテーパ型の穴２６を有する円形のプレート２５に取り付けられている。金属ライナー１７もプレート２５に取り付けられている。穴２６のテーパとプラグ２９との間の間隙を調節するためにテーパ型のプラグ２９が移動できる中心穴２８を備えている別の円形のプレート２７が、プレート２５から間隔をあけて配置されている。気体燃料の供給管２０が、ガスタービン１０のシェルを貫通してプレート２７の環状のボア３０に連結されている。ボア３０は、気体燃料をプレート２５に向かって放出するいくつかの直角な開口部３１（示されているのは２つだけ）を有する。プレート２５、２７の間隙を流れる圧縮空気は、開口部３１から出る気体燃料と混じり、プレナム２２を満たす。混合気は、そこからすべての円筒状の有孔シェル２３およびバーナー表面１８を一樣に通過して、表面１８と金属ライナー１７の間の小型ゾーンで表面安定化燃焼させられる。プレート２５、２７の間隙を流れない圧縮空気は、ライナー１７の外面に沿って流れて、その冷却を行い、また、該空気の一部はライナー１７の複数の開口部を通過して燃焼生成ガスと混じり、それによってその温度を和らげる。

【００２６】

図４は、気体燃料と圧縮空気の確実に十分に混合させる方法の１つと、プレナム２２に流入する圧縮空気の量を調整する方法の１つを説明するのに役立つ。テーパ型のプラグ２９からガスタービン１０のシェルの外側まで延びている機械的または空圧式または電気式の連結機構により、プラグ２９は、プラグ２９のテーパと穴２６のテーパの間隙を絞るまたは広げるように移動させられることが可能であり、それによって燃料と混合させる空気の量を調整する。プラグ２９を移動させる手段は本発明の一部ではなく、熟練した機械作業従事者の知識の範囲内のことである。

【００２７】

図５に、圧縮空気が、燃焼ガス流と逆方向にバーナーに向かって流れる；円筒状のバーナーが、外側ではなく内側で燃焼する；金属ライナーが、バーナーの周囲ではなくバーナーの内部にある；コンプレッサからバーナーのプレナムに流入する空気の比率が、バーナーを迂回させる、すなわちバーナーのプレナムに入らせない比率を変更することによって間接的に調整される、という４つの主たる態様が図４のものと異なっているバーナーを示す。バーナー３５は、圧縮空気を、円筒状の金属壁３８と円筒状のバーナー表面３９との間に環状のプレナム３７が形成されているバーナー３５の供給端部に向かって導くように働く金属ケーシング３６の内部にある。プレナム３７の供給端部は、壁３８と、プレナム３７への入り口として作用するように互いに間隔をおいて円形に配置されている複数の開口部４１を有する環状のディスク４０に連結されている。円筒状のプレナム３７の反対側の端部は、壁３８とバーナー表面３９に連結されている環状のプレートＡによって閉じられている。すべてのプレナム３７内の有孔シェル４２が、多孔質のバーナー表面３９を包囲するとともに該表面３９から間隔をあけて配置されており、全てのバーナー表面３８に対する空燃混合気の均一な流れを促進する。

【００２８】

バーナー３５の入口端部において、円形のブロック４３が環状のディスク４０に連結されており、円形のブロック４３は、ディスク４０の開口部と一致する中心のテーパ型の穴４４を有する。ディスク４０の中心開口部に取り付けられているのは、内部の円筒状の金属ライナー４８である。バーナー３５への入口に向かって流れる圧縮空気は、ディスク４０とブロック４３のくぼんでいる側４６の間隙を流れることによってプレナム３７に入ることができる。圧縮空気は、同時に、テーパ型の穴４４とテーパ型のプラグ４７の間隙を流れることができる。図４のバーナーに関連して述べたように、プラグ４７は、円

10

20

30

40

50



筒状のライナー４５への圧縮空気の流れを制限したり増大したりするように移動させられることが可能である。図４とは異なり、バーナー３５のプレナム３７に流入する空気の量は、テーパ型の穴４４に向かってまたはテーパ型の穴４４から離れるようにテーパ型のプラグ４６を移動させることにより、コンプレッサからライナー４５に流入するすべての空気の可変比率を可能にすることによって間接的に調整される。

【００２９】

内部に金属のケーシング３６が取り付けられているガスタービン（図示せず）のシェルを貫通する管４８によって、ガス状の、すなわち気化している燃料が供給される。管４８は、ケーシング３６も貫通しており、円形のブロック４３の環状のボア４９に接続されている。ブロック４３のくぼんでいる側４６からボア４９までの、等間隔に配置されているいくつかの穴５０は、ディスク４０とブロック４３のくぼんでいる側４６との間の間隙に燃料を噴射する働きをする。この間隙を流れる圧縮空気は、間隔をおいて配置された穴５０によって噴射される気体燃料と十分に混じり、該混合気はバーナーのプレナム３７に流入する。多孔質のバーナー表面３９から出る混合気は、バーナー表面３９と有孔ライナー４５との間の囲まれた環状の空間において表面安定化燃焼させられる。ライナー４５を流れる圧縮空気は、ライナー４５を冷却するとともに、燃焼生成ガスと混ざることによって燃焼生成ガスを冷却する。

【００３０】

図６のガスタービン５５は、エアコンプレッサ５７、タービン５８、５７と５８を連結する軸５９を包囲するケーシング５６を有する。コンプレッサ５７とタービン５８の間には、コンプレッサ５７から、ケーシング５６に取り付けられる外側ハウジング６１への空気の流れを誘導する溝付き部６０がある。円筒状のバーナー６２がハウジング６１の中に吊り下げられている。

【００３１】

バーナー６２のプレナム６３は、プレート６７のテーパ型の穴６６に取り付けられているバーナーの首部６５に連結されている２種類の気孔率のバーナー表面６４を有している。プレナム６３内の有孔シェル６８は、バーナー表面６４から間隔をあけて配置されており、すべての表面６４に対する空燃混合気の均一な流れを促進する。保護の断熱材（図示せず）を備えているディスク６９が、首部、すなわち入口端部６５と反対側のプレナム６３の端部を密閉している。金属のライナー７０が、バーナー表面６４から間隔をおいて配置され、バーナー表面６４を包囲し、その間に囲まれた燃焼ゾーンを形成している。

【００３２】

プレート６７の穴６６に心合わせされる穴７２を備えているブロック７１が、プレート６７の上方に間隔をおいて配置されている。テーパ型のプラグ７３は、穴７２の中を上下に滑って、穴６６のテーパとプラグ７３のテーパの間隙を変化させ、それによってハウジング６１およびプレート６７とブロック７１との間からプレナム６３に流入する圧縮空気の量を変化させることができる。ガス状の又は気化している燃料は、ハウジング６１を貫通し、プレート６７に沿って流れてプレナム６３に流入する圧縮空気と十分な混合を遂げるようにプレート６７に向かって燃料を誘導するブロック７１内のノズル７５と接続しているいくつかの管７４によって、バーナー６２に供給される。

【００３３】

表面安定化燃焼は、バーナー表面６４とライナー７０との間の囲まれた環状の空間で行われる。ノズル７５を通じて噴射される燃料との混合物としてプレナム６３に流入しない、ハウジング６１を満たすコンプレッサ５７からの空気は、ライナー７０の開口部を通り抜けて燃焼生成ガスと混ざる。混合されたガスは、流路付き部６０によってタービン５８に誘導される。

【００３４】

図７のバーナーは、図５のものと同様に金属のケーシング８０の内部にあるが、コンプレッサからの空気は、図５に示されているように長軸方向に入るのではなく、横方向のダクト８１を通じて半径方向に入る。前述のバーナーとは異なり、バーナー８２は、有孔シェ

10

20

30

40

50

ル 85 を含む皿状のプレナム 84 全体に広がる平坦なバーナー表面 83 を有している。バーナーのこの形は、有孔シェル 85 が金属繊維のニット布の支持物としておよび表面 83 全体に均一にガスを流す補助物として作用する状態で、金属繊維のニット布をバーナー表面 83 として使用する場合にとっても適している。

【 0035 】

プレナム 84 の側壁 86 は、バーナー表面 83 を、プレナム 84 への入口として働く中心のテーパ型の穴 88 を有するプレート 87 に連結する。中心の穴 90 を備えたブロック 89 が、プレート 87 から距離をあけて配置されている。穴 90 の中のテーパ型のプラグ 91 は、プレナム 84 への圧縮空気の流入を変化させるようにプレート 87 の穴 88 に向かってまたは離れるように移動させることができる。いくつかの管 92 がケーシング 80 を貫通して、ブロック 89 のノズル 93 に接続されている。管 92 によって供給される気体燃料は、プレート 87 にぶつかって、ケーシング 80 からプレート 87 とブロック 89 との間の空間に流入する圧縮空気と混ざる。そのようにして得られた混合気は、プレナム 84 に入り、2 種類の多孔質のバーナー表面 83 から出て、表面安定化燃焼させられる。

【 0036 】

バーナー表面 83 と隣接する管状のゾーン内の燃焼を囲む、複数の開口部を備えている金属ライナー 94 が、皿状のプレナム 84 の側壁 86 に取り付けられている。燃焼を助けるためにプレナム 84 に流入しないケーシング 80 内の圧縮空気は、ライナー 94 のまわりを流れてライナー 94 を冷却し、ライナー 91 の開口部を通過して、燃焼ガスと混ざることによって燃焼ガスを冷却する。

【 0037 】

図 8 は、デュレット他に対する前述の特許で教示されている、間を空けて配置されたバンド 101 に沿って孔があげられている、焼結金属の繊維からなる多孔質のマット 100 の拡大図である。バーナー表面のこの好適な形態は、一般に、バーナー表面 100 の上流側から間隔をあけて配置されている金属またはセラミックのプレート 102 と組み合わせて使用される。有孔シェルは、例えば図 1 および図 2 に示されているように円筒状などに曲がっていることが多いので、プレート 102 のためにこれまで採用されていた用語である。すべてのバーナー表面 100 に向かって均一な流れを達成するのを助けるために、比較的大きな孔を備えた有孔シェル 102 が、バーナーのプレナムの中に配置されている。

【 0038 】

図 9 に、金属繊維のヤーンで作られたニット布の形態のバーナー表面 103 を同様にしめす。この場合、有孔シェル 102 は、表面 103 を支持するとともに、表面 103 への均一なガス流を促進するように働く。

【 0039 】

図 10 は、均一に孔があげられているバーナー表面 104 と、間をあけて配置されたバンド 106 に孔が並んでいる有孔シェル 105 とを示す。焼結金属の繊維で作られた表面 104 は、放射型表面燃焼を行うために低すぎる気孔率を有することもできる。表面 104 の気孔率は、青炎燃焼するように選択される。有孔シェル 105 は、表面 104 の孔のいくつかへのガス流が減少させるように設計されている。具体的には、シェルの有孔バンド 106 間の無孔領域により、無孔領域に位置合わせされている表面 104 の孔へのガス流が減少する。減少した流れを受け入れるそのような孔が表面燃焼を支援し、一方、有孔バンド 106 と直線状に並んだ、表面 104 の他の孔が、青炎燃焼を生じる。焼結金属繊維の表面 104 の代わりに、間隔をおいて配置される青炎燃焼のバンドと共に表面燃焼を生じさせるように均一に孔をあけたセラミック繊維の表面を使用することもできる。

【 0040 】

図 11 に、小さい孔のバンド 108 と大きな孔のバンド 109 が交互に並んでいるバーナー表面 107 を示す。バンド 109 のより大きな孔は青炎燃焼するが、バンド 108 の孔は、大気圧で燃焼させたときに、放射型の表面燃焼を生じるように寸法決定されている。大まかな指針として、より大きな各孔の孔面積は、通常は、小さい各孔の孔面積の約 20 倍である。バーナー表面 107 は、金属またはセラミック繊維で形成された熱伝導率の低

10

20

30

40

50

い材料で作られている。バーナー表面 107 の好適な実施形態は、所望の 2 タイプの燃焼を生じさせるようになっている 2 種類の大きさの孔を備えている、カースウェルに対する前述の特許のセラミックファイバー製品である。図 11 に示されているように、バーナー表面 107 は、有孔シェルと組みあせないで使用されることもしばしばある。

#### 【0041】

図 8 に示されているタイプのバーナー表面は、2 ppm という少なさの  $\text{NO}_x$  と、合わせて 10 ppm 以下の CO および UHC を含む生成ガスを生じる燃焼を実現するのに好適である。バーナー表面に供給される空燃混合気中の過剰空気量を調整しながら、少なくとも 3 気圧の圧力および少なくとも約  $1,577 \text{ kW/m}^2 / \text{bar}$  ( $500,000 \text{ BTU/hr/sf/atm}$ ) の速度で燃焼させたとき、前述のすべてのバーナー表面は、 $\text{NO}_x$  を 5 ppm 以下しか含まず、CO および UHC を合わせて 10 ppm 以下しか含まない燃焼生成ガスを送出できる。過剰空気量は、気体燃料と混合される圧縮空気の温度に応じて約 40% ~ 150% の間で変化させられ、また、断熱火炎温度が  $1,427 \sim 1,815$  ( $2600^\circ\text{F} \sim 3300^\circ\text{F}$ ) の範囲に維持するために、圧縮空気が高温であるほど過剰空気量の割合が高くなる。燃焼ガス内の空気汚染物質の含有量を、CO と UHC が合わせて 10 ppm 以下の状態で  $\text{NO}_x$  を 2 ppm 以下に下げするために、過剰空気量は、断熱火炎温度を  $1,510 \sim 1,593$  ( $2750^\circ\text{F} \sim 2900^\circ\text{F}$ ) に保つように調整されることが好ましい。

#### 【0042】

図 8 に示されており、天然ガスを用いて、10 気圧、速度  $31,540 \text{ kW/m}^2$  ( $10,000,000 \text{ BTU/hr/sf}$ ) で燃焼させる表面を備えた図 4 のバーナーのようなバーナーについて実施された試験では、空燃混合気の温度が増加したとしても、過剰空気量も増加するならば、燃焼生成ガス中の  $\text{NO}_x$  の含有量は 2 ppm 未満に保たれた。具体的には、以下の試験では、2 ppm 未満の  $\text{NO}_x$  しか生じなかった。

空燃混合気の温度 (°F) .	過剰空気量の範囲
<u>204 (400)</u>	55 ~ 67 %
<u>316 (600)</u>	66 ~ 81 %
<u>427 (800)</u>	81 ~ 98 %
<u>538 (1,000)</u>	98 ~ 118 %

全試験の断熱火炎温度は、過剰空気量を前述の範囲内に調整することによって  $1,510 \sim 1,593$  ( $2750^\circ\text{F} \sim 2900^\circ\text{F}$ ) に維持された。そのような高い燃焼速度を達成しかつ  $\text{NO}_x$  を 2 ppm 未満に抑えることは、これまで及びもしないことであつたと考えられる。同様の卓越した結果は、燃焼速度を  $15,770 \text{ kW/m}^2$  ( $5,000,000 \text{ BTU/hr/sf}$ ) に減少させるか、 $47,310 \text{ kW/m}^2$  ( $15,000,000 \text{ BTU/hr/sf}$ ) まで増加させたときに達成可能であり、これは、オペレータが、燃焼速度を、任意の与えられた圧力において最小値の少なくとも約 3 倍の最大値まで変化させる自由を持っていることを意味する。この操作適応性は、それ自体が注目に値する。

#### 【0043】

天然ガスは、ガスタービンと組み合わせて一般に利用される燃料であるが、本発明のバーナーは、プロパンなど、より高度な炭化水素を使用して燃焼させることもできる。多孔質のバーナー表面に通す前に完全に気化されるのであれば、アルコールやガソリンなどの液体燃料を本発明のバーナーと組み合わせて利用することもできる。気体燃料という用語は、常に気体の燃料ならびに液体であるがバーナー表面に通す前に完全に気化される燃料を含むように使用されている。本発明の別の特徴は、しばしばわずか約 40% のメタンである埋立地発生ガスなど、低 BTU ガスの場合でさえもバーナーが有効であることである。

#### 【0044】

本願明細書では、過剰空気量という用語は、混合される燃料の化学量的な要求量を上回る空気量を意味する従来と同じように使用されている。

#### 【0045】

当業者であれば、前述の教示内容に照らして本発明の精神または範囲から逸脱しない本発明の変更物または修正物をすぐに思い浮かべるであろう。たとえば、図面に示されているバーナー表面の平坦な形状および円筒状の形状のほかに、円錐形およびドーム形が使用されてもよい。ガスタービンのバーナーへの圧縮空気の流入を調整する手段に関する数多くの特許は、バーナーに入る圧縮空気を調整するための、図面に概略的に示されている可動プラグの代用品を示唆するものであることは間違いない。したがって、添付クレームに記載されている通りに本発明に対して、そのような制限だけが課せられるべきである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 一般的なエアコンプレッサと一般的なガスタービンとの間に配置される、環状配置の本発明のガスバーナーの一実施形態の概略図である。

10

【図 2】 コンプレッサとタービンを連結するシャフトを中心とするバーナーの配列の断面図である。

【図 3】 コンプレッサとタービンを連結するシャフトを中心とするバーナーの別の配列の断面図である。

【図 4】 本発明のバーナーの別の実施形態の縦断面図である。

【図 5】 本発明のバーナーのさらに別の実施形態の縦断面図である。

【図 6】 ガスタービンのケーシングの外側のハウジング内にバーナーが記載されている点が図 1 と異なっている。

【図 7】 図 5 と同様に、本発明のバーナーのさらに別の実施形態を示す。

【図 8】 本発明に準じて使用されるバーナー表面の一実施形態を示す。

20

【図 9】 本発明に準じて使用されるバーナー表面の別の実施形態を示す。

【図 10】 本発明に準じて使用されるバーナー表面のさらに別の実施形態を示す。

【図 11】 本発明に準じて使用されるバーナー表面のさらに別の実施形態を示す。

【図 1】

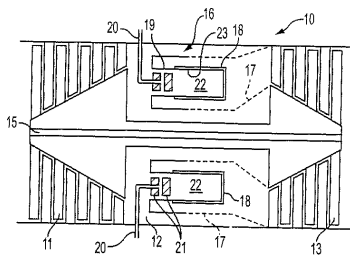


FIG. 1

【図 2】

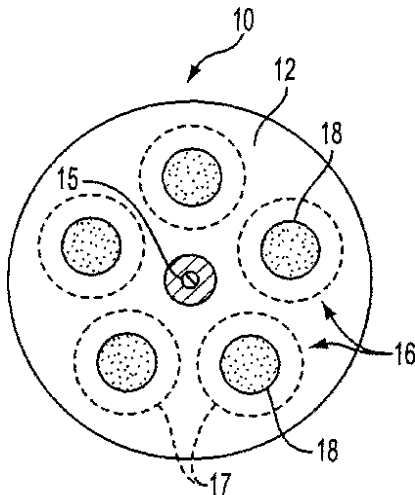


FIG. 2

【図 3】

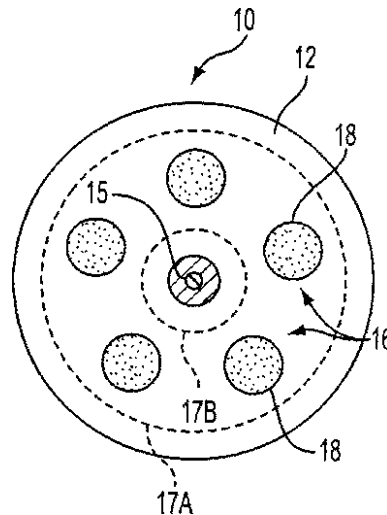


FIG. 3



【図 8】

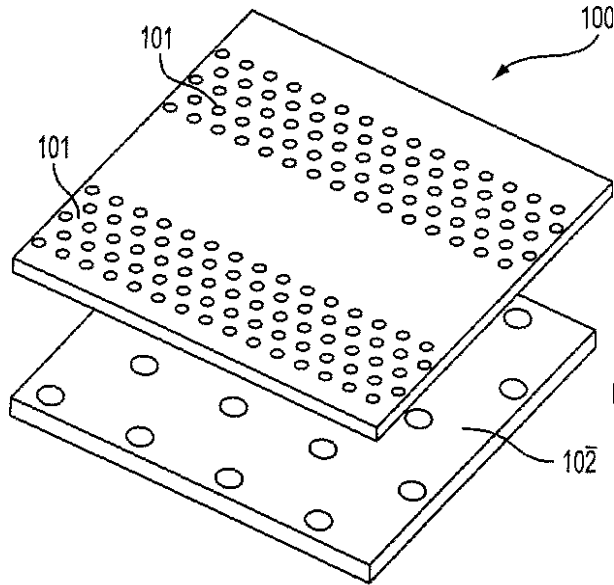


FIG. 8

【図 9】

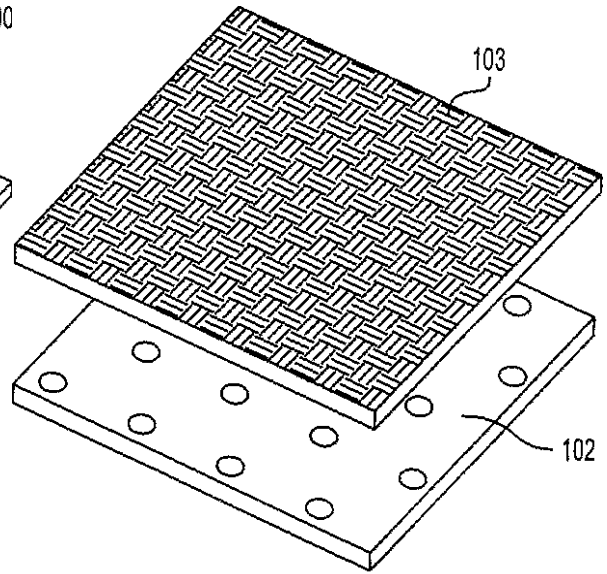


FIG. 9

【図 10】

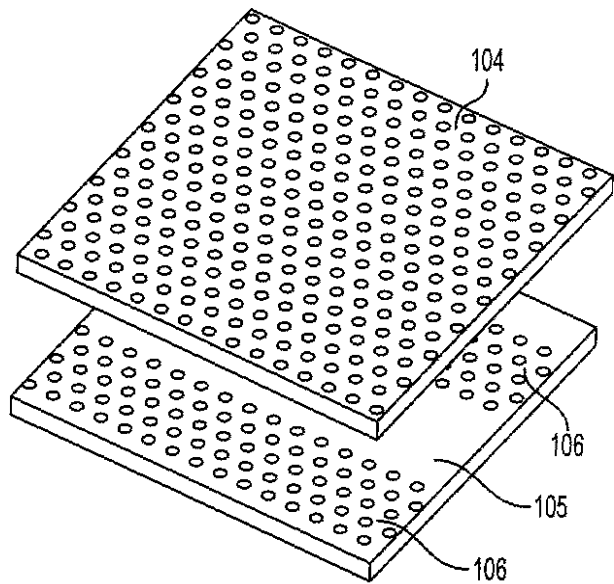


FIG. 10

【図 11】

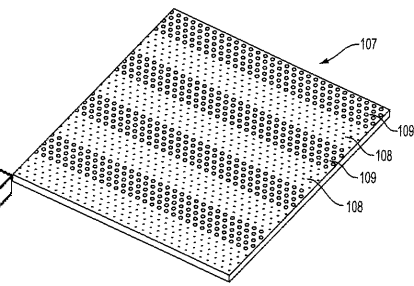


FIG. 11

---

フロントページの続き

- (72)発明者 ケンドル、 ロバート、 エム .  
アメリカ合衆国 9 4 0 8 7 カリフォルニア州 サニーヴェール エンダービー ウェイ 1 0  
9 7
- (72)発明者 グリーンバーグ、 スティーヴン、 ジェイ .  
アメリカ合衆国 9 5 0 5 4 カリフォルニア州 サンタ クララ ペアド アヴェニュー 7 7  
6

審査官 稲葉 大紀

- (56)参考文献 特開平 1 0 - 3 3 2 1 1 3 ( J P , A )  
国際公開第 9 3 / 0 1 8 3 4 2 ( W O , A 1 )  
米国特許第 0 4 2 8 0 3 2 9 ( U S , A )  
米国特許第 0 3 9 9 0 8 3 7 ( U S , A )  
米国特許第 0 3 9 8 1 6 7 5 ( U S , A )  
米国特許第 0 3 9 3 7 0 0 7 ( U S , A )  
米国特許第 0 2 6 5 7 7 4 5 ( U S , A )  
米国特許第 0 5 4 3 9 3 7 2 ( U S , A )  
欧州特許出願公開第 0 0 2 4 5 0 8 4 ( E P , A 1 )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

F23R 3/06  
F02C 3/22  
F23R 3/42  
F23D 14/12  
F23D 14/02