

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6378499号  
(P6378499)

(45) 発行日 平成30年8月22日(2018.8.22)

(24) 登録日 平成30年8月3日(2018.8.3)

(51) Int. Cl.	F I	
<b>FO1D</b> 5/18 (2006.01)	FO1D	5/18
<b>FO1D</b> 5/28 (2006.01)	FO1D	5/28
<b>FO2C</b> 7/00 (2006.01)	FO2C	7/00 D
<b>FO2C</b> 7/18 (2006.01)	FO2C	7/18 A
<b>C23F</b> 1/02 (2006.01)	C23F	1/02

請求項の数 12 外国語出願 (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2014-40024 (P2014-40024)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成26年3月3日(2014.3.3)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(65) 公開番号	特開2014-173595 (P2014-173595A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123
(43) 公開日	平成26年9月22日(2014.9.22)		45、スケネクタデイ、リバーロード、1
審査請求日	平成29年2月23日(2017.2.23)		番
(31) 優先権主張番号	13/790, 615	(74) 代理人	100137545
(32) 優先日	平成25年3月8日(2013.3.8)		弁理士 荒川 聡志
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100105588
			弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久
		(74) 代理人	100113974
			弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タービンプレード冷却チャネル形成

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

タービンプレードの表面に沿って冷却チャネルを形成する方法であって、  
タービンプレードの表面の第1の部分に第1のマスク材料を塗工する工程と、  
第1のマスク材料の上及びタービンプレードの表面の第2の部分の上に第1のバリア層を形成する工程と、  
第1のマスク材料及び第1のマスク材料の上のバリア層を除去して、タービンプレードの表面の第1の部分に露出させる工程と、  
タービンプレードの表面の第1の部分のエッチングして、タービンプレードの表面に沿って冷却チャネルを形成する工程と、  
冷却チャネルに第2のマスク材料を充填する工程と、  
第2のマスク材料の上及びタービンプレードの表面の第2の部分の上に、高温金属層を堆積させる工程と、  
高温金属層の上に第3のマスク材料を堆積させる工程と、  
第3のマスク材料及び高温金属層の上に第2のバリア層を堆積させる工程と、  
第3のマスク材料、及び第3のマスク材料の上の第2のバリア層を除去する工程と、  
第2のマスク材料まで通すように高温金属層をエッチングする工程と、  
第2のマスク材料を除去する工程と  
を含み、  
高温金属層を堆積させる工程が、

高温金属層をアルミナ化工程と、  
アルミナ化した高温金属層をアルミナ層に変換する工程と、  
多孔質金属層を形成するために、アルミナ層からアルミニウムを除去する工程と  
によって多孔質金属層を形成する工程を含む、方法。

【請求項 2】

冷却チャンネルとタービンブレード内の冷却源との間の通路を形成する工程をさらに含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

タービンブレードの表面に、冷却チャンネルを覆うのに十分であるが冷却チャンネルを充填しない金属ボンドコートを塗工する工程をさらに含む、請求項 1 記載の方法。

10

【請求項 4】

冷却チャンネルが第 1 の幅を有し、高温金属層をエッチングする工程が、高温金属層の少なくとも一部が冷却チャンネルの上に延在するように、高温金属層を、第 1 の幅未満である第 2 の幅にエッチングする工程を含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 5】

アルミナ化工程が、高温金属層をアルミニウム浴湯に浸漬する工程、高温金属層上にアルミニウムを噴霧堆積する工程、又は高温金属層上にアルミニウムを蒸着する工程のうち少なくとも 1 つを含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 6】

アルミナ層からアルミニウムを除去する工程が、苛性溶液を使用してアルミナ層からアルミニウムを浸出させる工程を含む、請求項 1 記載の方法。

20

【請求項 7】

多孔質金属層を酸化させる工程をさらに含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 8】

第 1 のマスク材料が、フォトリソグラフィ及びポリマ材料から成る群から選択される、請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 9】

第 1 のバリア層が、酸化チタン、 $TiO_2$ 、 $TaO_2$ 、 $TiN$ 、 $SiO_2$ 、酸化アルミニウム、及び耐火金属酸化物から成る群から選択される少なくとも 1 種類の材料を含む、請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか 1 項記載の方法。

30

【請求項 10】

タービンブレードをコーティングする方法であって、タービンブレード表面の金属層をアルミナ化工程と、アルミナ化した金属層をアルミナ層に変換する工程と、アルミナ層からアルミニウムを除去し、多孔質金属層を形成する工程とを含む方法。

【請求項 11】

タービンブレードであって、  
ニッケル基超合金翼形部と、  
翼形部の表面上の酸化多孔質金属層と、  
酸化多孔質材料上のボンドコート又は遮熱コーティングのうちの少なくとも一方と  
を備え、  
前記酸化多孔質金属層が、タービンブレード表面の金属層をアルミナ化工程と  
、アルミナ化した金属層をアルミナ層に変換する工程と、アルミナ層から  
アルミニウムを除去する工程と、により形成された、タービンブレード。

40

【請求項 12】

翼形部の表面に沿った少なくとも 1 つの冷却チャンネルと、少なくとも 1 つの冷却チャンネルとタービンブレード内の冷却剤の供給源との間の少なくとも 1 つの通路とをさらに備える、請求項 11 記載のタービンブレード。

50

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明の実施形態は、一般に、タービンブレードに関し、より詳細には、タービンブレードの表面に冷却チャンネルを形成すること、及びこのような冷却チャンネルを含むタービンブレードに関する。

**【背景技術】****【0002】**

高温用途に用いるタービンブレードは、通常は、ニッケル基超合金であり、金属ボンドコート及びセラミック遮熱コーティングで覆われる。本発明の実施形態は、冷却チャンネルを形成する公知の構成及び方法と比較して、タービンブレードの冷却を改善することを促進する。ひいては、これにより、ニッケル合金の使用と比較して、より高い温度を有する高温ガス通路内でタービンブレードを使用すること、より薄い遮熱コーティングを使用すること、及びコストを削減することが可能になる。いくつかの場合、タービンブレードのより一層の能動的冷却がブレード表面で生じるため、タービンブレード内の冷却流路は、簡素化することができる。加えて、すべての冷却チャンネルを同時に製造することができ、これにより、ウォータージェット又は放電加工などの公知の冷却チャンネル形成方法と比較して、費用が抑えられる。

10

**【先行技術文献】**

20

**【特許文献】****【0003】**

【特許文献1】米国特許第6602053号公報

**【発明の概要】****【課題を解決するための手段】****【0004】**

一実施形態では、本発明は、タービンブレードの表面に沿って冷却チャンネルを形成する方法を提供し、方法は、タービンブレードの表面の第1の部分に第1のマスク材料を塗工する工程と、第1のマスク材料の上及びタービンブレードの表面の第2の部分の上に第1のバリア層を形成する工程と、第1のマスク材料及び第1のマスク材料の上のバリア層を除去して、タービンブレードの表面の第1の部分を露出させる工程と、タービンブレードの表面の第1の部分をエッチングして、タービンブレードの表面に沿って冷却チャンネルを形成する工程とを含む。

30

**【0005】**

別の実施形態では、本発明は、タービンブレードをコーティングする方法を提供し、方法は、タービンブレード表面の金属層をアルミナイジングする工程と、アルミナイジングした金属層をアルミナイド層にする工程と、アルミナイド層からアルミニウムを除去し、多孔質金属層を形成する工程とを含む。

**【0006】**

さらに別の実施形態では、本発明は、ニッケル基超合金翼形部と、翼形部の表面上の酸化多孔質金属層と、酸化多孔質材料上の遮熱コーティングとを備えるタービンブレードを提供する。

40

**【0007】**

本発明のこれら及び他の特徴は、本発明の様々な実施形態を示す添付図面と併せて本発明の様々な態様の以下の詳細な説明から、より容易に理解されるであろう。

**【図面の簡単な説明】****【0008】**

【図1】本発明の一実施形態に係るタービンブレードの斜視図である。

【図2】本発明の一実施形態に係る方法の流れ図及び断面側面図である。

【図3】本発明の別の実施形態に係る方法の流れ図及び断面側面図である。

50

【図4】本発明の実施形態によって形成される冷却チャネルの概略上面図である。

【図5】本発明の実施形態によって形成される冷却チャネルの概略上面図である。

【図6】本発明の一実施形態に係る方法の工程の断面側面図である。

【図7】本発明の実施形態によって形成される冷却チャネルの概略上面図である。

【図8】本発明の実施形態によって形成される冷却チャネルの概略上面図である。

【図9】本発明の実施形態によって形成される冷却チャネルの概略上面図である。

【図10】本発明の別の実施形態に係る方法の流れ図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

本発明の図面は、正確な縮尺でないことに留意されたい。図面は、本発明の典型的な態様のみを示すことを目的としており、本発明の範囲を限定するものとみなすべきではない。図面では、同様の番号付けは、図面間で同様の要素を表す。

10

【0010】

図1は、本発明の実施形態に係るタービンブレード1の一部の断面側面図を示す。タービンブレード1は、前縁面8及び後縁面10を含む。本発明の1つの方法にしたがって、複数の冷却チャネル20が、後縁面10に沿って形成されている。ボンドコート層70及び遮熱コーティング層72が、後縁面10上に形成され、複数の冷却チャネル20を覆う。冷却チャネル20は、図1では、後縁面10に沿ってのみ示されているが、冷却チャネルは、後縁面10ではなく、又は後縁面10に加えて、同様に前縁面8に沿って配置されてもよいことを理解すべきである。

20

【0011】

図2は、本発明の一実施形態に係る方法の流れ図及び添付の断面側面図を示す。S1では、第1のマスク材料30が、タービンブレードの表面10の上に堆積される。本発明の実施形態に係る使用に適したマスク材料は、例えば、フォトレジスト又はポリマ材料を含む。第1のマスク材料30を、例えば、浸漬、噴霧、もしくは蒸着を含むいくつかの方法又は技術を使用して堆積させることができる。使用する特定の方法又は技術は、第1のマスク材料30に少なくとも部分的に依存することになる。第1のマスク材料30を、個別的に堆積させることができ、又はより大きな領域にわたって堆積させ、その後、パターン化することができる。図2に示すように、第1のマスク材料30は、第2の部分14を露出したままにして、表面10の第1の部分12を覆う。第1の部分12は、冷却チャネルを形成すべき表面10の1つ又は複数の領域を含む。第2の部分14は、冷却チャネルを形成すべきでない表面10の領域を含み、第1の部分12以外の表面10の一部又はすべてを含むことができる。当業者は、もちろん、開示したものの以外の材料及び堆積技術を用いることができることを理解するであろう。

30

【0012】

S2では、第1のバリア層40が、第1のマスク材料30と表面10の第2の部分14の両方を覆って、表面10の上に形成される。第1のバリア層40は、例えば、酸化チタン、 $TiO_2$ 、 $TaO_2$ 、 $TiN$ 、 $SiO_2$ 、及び酸化アルミニウムなどの高融点酸化物を含むことができる。第1のバリア層40を、例えば、化学蒸着、スパッタリング、又は反応性スパッタリングを含む、任意の数の方法又は技術を用いて形成することができる。使用する特定の方法又は技術は、第1のバリア層40に少なくとも部分的に依存することになる。S3では、第1のマスク材料30が、第1のマスク材料30の上のバリア層40の部分と共に除去され、表面10の第1の部分12を露出させる。次に、S4で、第1の部分12をエッチングして、表面10に冷却チャネル20を形成することができる。第1の部分12をエッチングすることは、例えば、液体化学エッチング及び反応性イオンエッチングを含む、任意の数の方法又は技術を含むことができる。

40

【0013】

本発明のいくつかの実施形態では、冷却チャネル20をさらに処理して、冷却チャネル20の上に張出し構造を形成することができる。これは、冷却チャネル20への開口部を有効に減少させ、いくつかの状況では望ましい可能性がある。図3は、このような張出し

50

構造を形成する方法の流れ図及び添付の断面側面図を示す。S5では、冷却チャンネル20に、第2のマスク材料32が充填される。第2のマスク材料32は、第1のマスク材料30(図2)と同じであってもよく、又は異なるマスク材料であってもよい。同様に、マスク材料32を、第1のマスク材料30と同じ方法もしくは技術を用いて堆積させることができ、又は異なる方法もしくは技術によって堆積させることができる。

【0014】

S6では、高温金属層50が、第2のマスク材料32及び第1のバリア層40の上に堆積、形成、又は塗工される。高温金属層50は、例えば、ニッケル基超合金又は耐火金属を含むことができ、蒸着、スパッタリング、又は電気化学的堆積などの任意の数の方法又は技術を用いて、堆積、形成、又は塗工することができる。

10

【0015】

次に、S7で、第3のマスク材料34及び第2のバリア層42が、高温金属層50の上に堆積又は形成される。図3に見られるように、第3のマスク材料34は、少なくとも一次元で、その幅が、冷却チャンネル20の幅未満になるように堆積される。第3のマスク材料34及び第2のバリア層42の堆積又は形成は、図2の第1のマスク材料30及び第1のバリア層40の堆積又は形成と同様である。第3のマスク材料34は、第1のマスク材料30もしくは第2のマスク材料32と同じであってもよく、又は異なるマスク材料であってもよく、同じ方法もしくは同じ技術又は異なる方法もしくは異なる技術を用いて堆積され得る。同様に、第2のバリア層42は、第1のバリア層40と同じであってもよく、又は異なるマスク材料であってもよく、同じ方法もしくは同じ技術又は異なる方法もしくは異なる技術を用いて堆積され得る。

20

【0016】

S8では、第3のマスク材料34、及び第3のマスク材料34の上の第2のバリア層42の部分が、図2のS3での第1のマスク材料30及び第1のバリア層40の除去と同様に、除去される。S9では、第3のマスク材料34及び第2のバリア層42の除去によって露出された場所で、高温金属層50がエッチングされ、第2のマスク材料32が冷却チャンネル20から除去される開口部22を形成する。図3に見られるように、冷却チャンネル20と比較して、第3のマスク材料34の寸法がより小さいことにより、結果として、冷却チャンネル20の上の高温金属層50及び第2のバリア層42の張出し60、62が生じる。

30

【0017】

図4は、本発明の一実施形態に係る冷却チャンネル20の上面図を示す。例示及び説明を容易にするために、第2のバリア層42のみを示す。しかしながら、当業者は、高温金属層50が、第2のバリア層42の下にあることを認識するであろう。図4では、張出し60、62が、開口部22に隣接して、冷却チャンネル20の一部の上に存在する。他の構成も可能である。図5では、例えば、張出し60は、実質的に正方形の開口部22の周りに連続する。

【0018】

図6は、本発明の別の実施形態の断面図を示す。ここで、開口部122は、オフセットされ、冷却チャンネル120の壁121と実質的に同一平面である。したがって、単一の張出し160が、冷却チャンネル120の上に形成される。図7～図9は、このような実施形態に係る冷却チャンネル120に対する開口部122の様々な配置構成の上面図を示す。

40

【0019】

図3～図9では、開口部22、122は、実質的に正方形又は長方形の形状のものとして示される。しかしながら、これは、必要でも本質的でもなく、本発明の様々な実施形態によって形成される開口部は、任意の数の二次元形状を有することができる。

【0020】

本発明の実施形態のいずれでも、冷却チャンネル20、120を形成するために表面10、110がエッチングされると、MCrAlYなどの金属ボンドコートを、第1のバリア層40又は第2のバリア層140を覆うのに十分で、冷却チャンネル20、120を覆うの

50

に十分であるが、冷却チャネル20、120を充填しないように塗工することができる。同様に、本発明の実施形態のいずれでも、形成した冷却チャネル20、120を、例えば、タービンプレード1(図1)内の、空気又は蒸気などの冷却流体の供給源に結合することができる。例えば、冷却チャネル20、120が形成されると、例えば穿孔によって、冷却チャネル20、120の底面から、タービンプレードの中心の冷却空気の供給源まで通る通路を形成することができる。

#### 【0021】

本発明のいくつかの実施形態では、高温金属層50、150は、多孔質金属層を含む。このような多孔質金属層を使用すると、タービンプレード自体又は遮熱コーティング(TBC)のいずれかよりも適合しているため、後の処理工程中にタービンプレードに塗工されるTBC内の応力が抑えられる。多孔質金属層はまた、同様の非多孔質金属層と比較して、熱拡散率を低下させる。これにより、高温ガスとタービンプレードの間の温度降下が増大する。

10

#### 【0022】

図10は、一実施形態に係るタービンプレード上に多孔質金属層を形成する方法の流れ図を示す。S10では、金属層、例えば図3の42をアルミナイズングする。これは、例えば、アルミニウム浴湯中への金属層の浸漬、金属層上へのアルミニウムの噴霧堆積、又は金属層上へのアルミニウムの蒸着を含む、任意の数の方法又は技術を使用して達成することができる。

#### 【0023】

S11では、アルミナイズングした金属層は、アルミナイド層に変換される。典型的には、これは、アルミナイズングした金属層を、酸素の非存在下で、約660 ~ 約1200の温度に加熱することによって達成される。

20

#### 【0024】

S12では、多孔質金属層を形成するために、アルミニウムがアルミナイド層から除去される。アルミニウムは、任意の数の方法又は技術を使用して除去することができるが、典型的には、アルミナイド層に苛性溶液を使用することによって除去することができる。金属層がニッケル合金であった場合には、形成した多孔質金属層は、多孔質ニッケル合金層を含む。

#### 【0025】

多孔質金属層において、いくつかの追加の処理を実施することができる。例えば、S13では、多孔質金属層を、適宜、酸化によって不動態化することができる。これは、例えば、金属層が高温に曝される場合、多孔質金属層の高表面積は、自然発火性である可能性が高いため、望ましい可能性がある。多孔質金属層の酸化は、例えば、空気中で約400に加熱することによって達成することができる。

30

#### 【0026】

S14では、ボンドコート及び/又は遮熱コーティングを、適宜、S12で形成した多孔質金属層、又はS13で形成した酸化多孔質金属層に塗工することができる。

#### 【0027】

本明細書に記載のように、多孔質金属層は、高温金属層50、150から形成されるが、同様に、他の金属層を、適合性を増すために、多孔質にすることができる。例えば、タービンプレード自体のニッケル基超合金を、上述した方法又は同様の方法を用いて多孔質にすることができる。加えて、タービンプレードを、ニッケル基耐熱合金の層で被覆することができ、ニッケル基耐熱合金は、その後、上述した方法又は同様の方法を用いて多孔質にされる。

40

#### 【0028】

いずれの場合でも、タービンプレードの仕上げを完了するために、多孔質金属層の上に追加の層を堆積させることができる。例えば、本発明のいくつかの実施形態では、タービンプレードは、ニッケル基超合金翼形部、翼形部の表面上の酸化多孔質金属層、ボンドコート、及び酸化多孔質材料上の遮熱コーティングを備える。

50

## 【 0 0 2 9 】

本明細書で使用する用語は、特定の実施形態を説明する目的のみのためであり、開示を限定することを意図するものではない。本明細書で使用する場合、単数形「a」、「an」、及び「the」は、文脈が明確にそうでないと示さない限り、複数形も含むことを意図するものである。「備える」及び/又は「備えている」という用語は、本明細書で使用する場合、述べられた特徴、整数、工程、動作、要素、及び/又は構成要素の存在を特定するが、1つ又は複数の他の特徴、整数、工程、動作、要素、構成要素、及び/又はこれらの群の存在或いは追加を排除しない。

## 【 0 0 3 0 】

本明細書は、最良の形態を含む本発明を開示するため、さらに、当業者が、任意のデバイス又はシステムを形成及び使用すること、並びに任意の関連する又は組み込まれた方法を実行することを含む、本発明を実施することを可能にするために、例を使用する。本発明の特許性のある範囲は、特許請求の範囲によって定義され、当業者が想到する他の例を含み得る。このような他の例は、それらが特許請求の範囲の文言と異なる構造要素を有する場合、又はそれらが特許請求の範囲の文言と実質的に違いのない等価な構造要素を有する場合、特許請求の範囲内にあるものとする。

10

## 【符号の説明】

## 【 0 0 3 1 】

- 1 タービンブレード
- 8 前縁面
- 10、110 表面
- 12 第1の部分
- 14 第2の部分
- 20、120 冷却チャンネル
- 22、122 開口部
- 30 第1のマスク材料
- 32 第2のマスク材料
- 34 第3のマスク材料
- 40、140 第1のバリア層
- 42、142 第2のバリア層
- 50、150 高温金属層
- 60、62、160 張出し
- 70 ボンドコート層
- 72 遮熱コーティング層
- 121 壁

20

30

【図1】

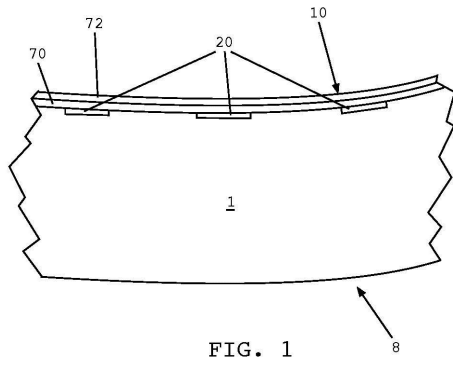


FIG. 1

【図2】

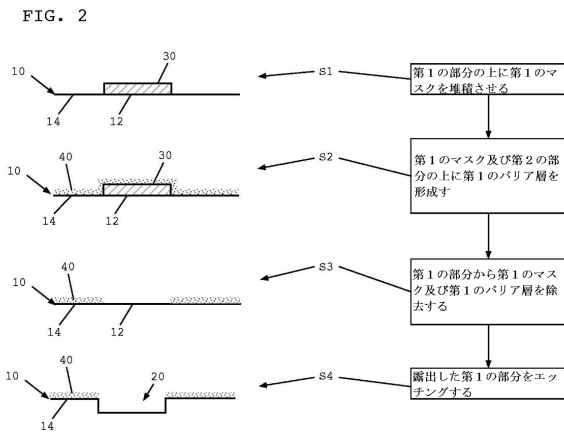


FIG. 2

【図3】

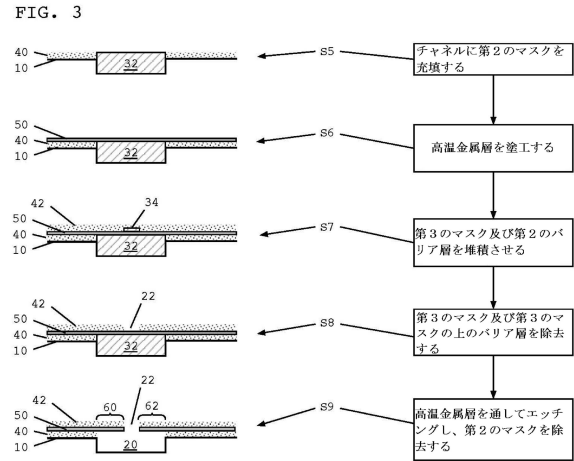
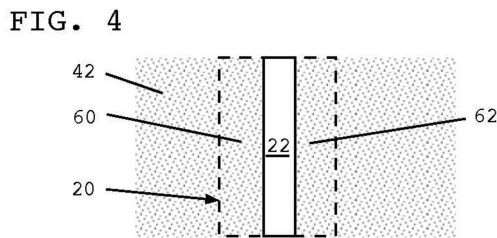
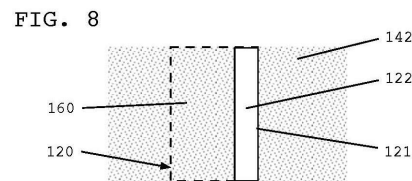


FIG. 3

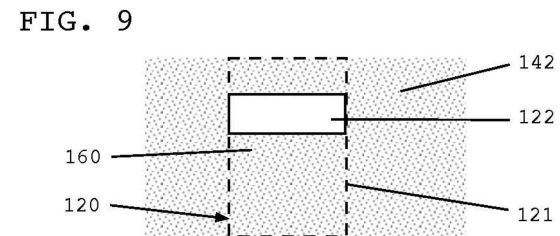
【図4】



【図8】



【図9】



【図5】

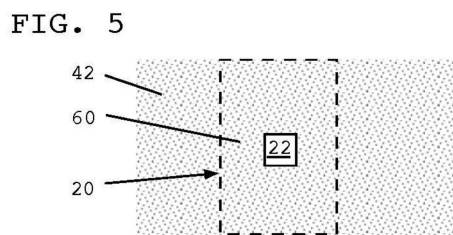


FIG. 5

【図6】

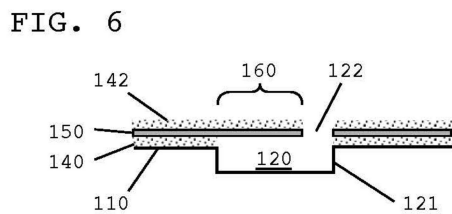


FIG. 6

【図7】

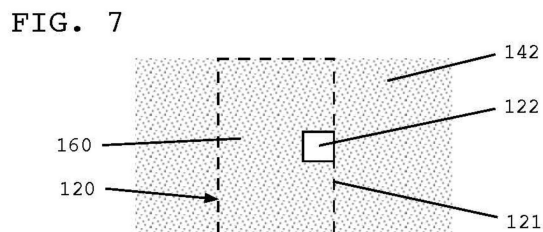
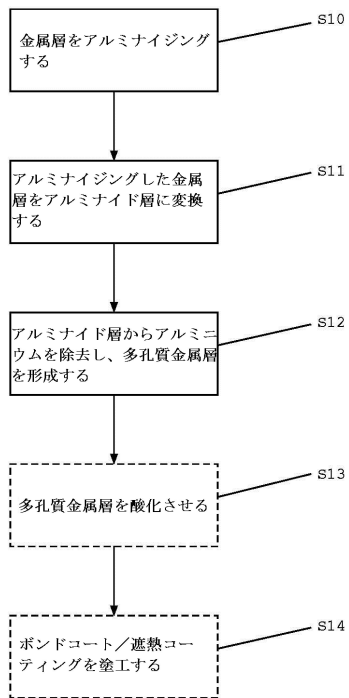


FIG. 7

【図 10】

FIG. 10



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
C 2 3 F	1/00	(2006.01)	C 2 3 F	1/00	1 0 2
C 2 3 F	1/36	(2006.01)	C 2 3 F	1/36	
			C 2 3 F	1/00	1 0 1

(72)発明者 デイヴィッド・ブルース・ノール  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州・1 2 3 4 5、スケネクタディ、リバー・ロード、1 番

(72)発明者 キャサリン・ブランシェ・モレイ  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州・1 2 3 4 5、スケネクタディ、リバー・ロード、1 番

審査官 北村 亮

(56)参考文献 特開2012-112381(JP,A)  
 特開平02-106955(JP,A)  
 特開2007-051336(JP,A)  
 特開2003-003247(JP,A)  
 特開平06-220618(JP,A)  
 国際公開第2012/040214(WO,A1)  
 特開2008-303438(JP,A)  
 特開2010-099660(JP,A)  
 特開2008-163449(JP,A)  
 特開昭62-207885(JP,A)  
 特開昭48-010109(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 0 1 D	5 / 1 8
C 2 3 F	1 / 0 0
C 2 3 F	1 / 0 2
C 2 3 F	1 / 3 6
F 0 1 D	5 / 2 8
F 0 2 C	7 / 0 0
F 0 2 C	7 / 1 8