

(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2008-229842

(P2008-229842A)

(43) 公開日 平成20年10月2日 (2008. 10. 2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 3 H 3/04 (2006.01)	B 2 3 H 3/04 Z	3 C 0 5 9
B 2 3 H 9/14 (2006.01)	B 2 3 H 9/14	
B 2 3 H 9/10 (2006.01)	B 2 3 H 9/10	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2008-73409 (P2008-73409)	(71) 出願人	390041542
(22) 出願日	平成20年3月21日 (2008. 3. 21)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(31) 優先権主張番号	11/726, 410		GENERAL ELECTRIC CO
(32) 優先日	平成19年3月22日 (2007. 3. 22)		MPANY
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
			クタデイ、リバーロード、1 番
		(74) 代理人	100093908
			弁理士 松本 研一
		(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	100137545
			弁理士 荒川 聡志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 テーパー冷却孔を形成するシステム及び方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 電解加工用電極を提供する。

【解決手段】 電解加工 (ECM) 用電極は、その外周を絶縁体 106 で包囲してなる第一セクション 102 と、その外周に絶縁体 106 が部分的にしか延在していない第二セクション 104 とを含む。電極は、第一の断面を有する第一部分と、第二の断面を有する第二部分とを含む孔を被加工物にシングルパスで形成するように構成されている。

【選択図】 図 1

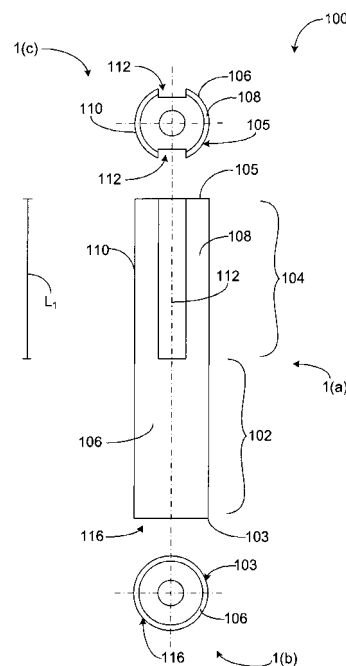


Fig. 1

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

電解加工（ECM）用電極（100）であって、当該電極が、
その外周を絶縁体（106）で包囲してなる第一セクション（102）と、
その外周に絶縁体が部分的にしか延在していない第二セクション（104）
とを含み、第一の断面（234）を有する第一部分（230）と第二の断面（236）を
有する第二部分（232）とを含む孔（200）を被加工物にシングルパスで形成するよ
うに構成されている、電解加工（ECM）用電極（100）。

【請求項 2】

当該電極の第一セクション（102）が実質的に円形の断面（234）の孔の第一部分（230）を形成するように構成されている、請求項 1 記載の電解加工（ECM）用電極（100）。 10

【請求項 3】

当該電極の第二セクション（104）が、非円形の断面（234）の孔の第二部分（232）を形成するように構成されている、請求項 1 記載の電解加工（ECM）用電極（100）。

【請求項 4】

被加工物の第一の側面に孔（200）の入口（207）を、被加工物の第一の側面と反対側の第二の側面に孔（200）の出口（208）を形成するように構成されている、請求項 1 記載の電解加工（ECM）用電極（100）。 20

【請求項 5】

電極の第二セクション（104）が、第一の断面を有する第一の端部と第一の断面よりも広い第二の断面を有する第二の端部とを含む孔の第二部分（232）を形成するように構成されている、請求項 1 記載の電解加工（ECM）用電極（100）。

【請求項 6】

電極の第二セクション（104）が、その第一の側面及び第一の側面と反対側の第二の側面に絶縁体（106）を備える、請求項 1 記載の電解加工（ECM）用電極（100）。

【請求項 7】

孔の第一部分（230）から被加工物の外表面に画成される出口まで孔の第二部分（232）が徐々に広がる孔（200）を形成するように構成されている、請求項 1 記載の電解加工（ECM）用電極（100）。 30

【請求項 8】

タービンエンジン部品に孔（200）を穿孔加工するためのシステムであって、当該システムが電解加工（ECM）用電極（100）を備えており、上記電極が、

その外周を絶縁体（106）で包囲してなる第一セクション（102）と、

その外周に絶縁体が部分的にしか延在していない第二セクション（104）

とを含み、上記電極が、第一の断面（234）を有する第一部分（230）と第二の断面（236）を有する第二部分（232）とを含む孔（200）を被加工物にシングルパスで形成するように構成されている、システム。

【請求項 9】

前記電極の第一セクション（102）が実質的に円形の断面（234）の孔の第一部分（230）を形成するように構成されている、請求項 8 記載のシステム。 40

【請求項 10】

前記電極の第二セクション（104）が、非円形の断面（234）の孔の第二部分（232）を形成するように構成されている、請求項 8 記載のシステム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は広義には電解加工に関し、具体的にはタービンエンジン翼形部に冷却孔を形成するシステム及び方法に関する。 50

【背景技術】

【0002】

電解加工（ECM）及び／又はSTEM（shaped tube electrochemical machining）電解加工は、タービンエンジン翼形部に冷却孔を形成するのに常用されている。ECMプロセスでは、加工される工作物を直流電源の正極につなぎ、電極を直流電源の負極につなぐ。電解液を電極と工作物の間に流す。電解液は例えば酸溶液又は塩水溶液などでよい。加工プロセスでは、制御された電気化学反応で工作物が溶解して冷却孔を形成する。一般に、かかる加工では円形断面を有する冷却孔が形成される。円形断面は冷却孔入口を通して所望の流量が流入する寸法とされるが、円形断面ではブレード内部及び／又は冷却孔下流での潜在的な熱伝達量が低減して、ブレード内部での冷却量が低下することが多々ある。さらに、冷却孔の出口を円形断面に画成するのは、概して、後縁が狭い翼形部には適していないことがある。さらに、冷却孔の出口を円形断面に画成すると、冷却孔周囲の翼形部領域に高い応力集中部を惹起しかねない。

10

【0003】

従って、少なくとも幾つかの公知の冷却孔は、円形断面の入口と、楕円形断面の出口をもつように設計されている。かかる冷却孔は一般に電解加工法で形成される。かかる冷却孔は円形断面と楕円形断面の双方の利点を有するものの、円形断面と楕円形断面の間に拡大部も含んでいる。拡大部で気流が急激な流れの変化を起こして、流れが乱れ、実質的に不均一となりかねない。さらに、公知の電解加工法でかかる冷却孔を形成するには電極を2回以上パスする必要があるので、かかる冷却孔の製造には概して他のタイプの冷却孔の製造よりも時間と費用がかかる。

20

【特許文献1】米国特許第6997679号明細書

【特許文献2】米国特許第6997675号明細書

【特許文献3】米国特許第6994514号明細書

【特許文献4】米国特許第6910864号明細書

【特許文献5】米国特許第6824360号明細書

【特許文献6】米国特許第6743350号明細書

【特許文献7】米国特許第6582584号明細書

【特許文献8】米国特許第6554571号明細書

【特許文献9】米国特許第6539627号明細書

30

【特許文献10】米国特許第6413407号明細書

【特許文献11】米国特許第6340284号明細書

【特許文献12】米国特許第6303193号明細書

【特許文献13】米国特許第6267868号明細書

【特許文献14】米国特許第5820744号明細書

【特許文献15】米国特許第5739497号明細書

【特許文献16】米国特許第5416289号明細書

【特許文献17】米国特許第5413463号明細書

【特許文献18】米国特許第5306401号明細書

【特許文献19】米国特許第4690737号明細書

40

【特許文献20】米国特許第4250011号明細書

【特許文献21】米国特許第3803018号明細書

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0004】

一実施形態では、被加工物に孔を形成する方法を提供する。当該方法は、その外周を絶縁体で包囲してなる第一セクションと、その外周に絶縁体が部分的にしか延在していない第二セクションとを含む電解加工（ECM）用電極を準備することを含む。当該方法は、第一の断面を有する第一部分と第二の断面を有する第二部分とを含む孔を上記電極がシングルパスで形成するように、被加工物に上記電極を挿入することを含む。

50

【0005】

別の実施形態では、電解加工（ECM）用電極を提供する。当該電極は、その外周を絶縁体で包囲してなる第一セクションと、その外周に絶縁体が部分的にしか延在していない第二セクションとを含む。当該電極は、第一の断面を有する第一部分と第二の断面を有する第二部分とを含む孔を被加工物にシングルパスで形成するように構成されている。

【0006】

さらに別の実施形態では、タービンエンジン部品に孔を穿孔加工するためのシステムを提供する。当該システムは、その外周を絶縁体で包囲してなる第一セクションと、その外周に絶縁体が部分的にしか延在していない第二セクションとを含む電解加工（ECM）用電極を備える。上記電極は、第一の断面を有する第一部分と第二の断面を有する第二部分とを含む孔を被加工物にシングルパスで形成するように構成されている。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

本発明は、タービンエンジン翼形部の穿孔加工に使用できるシステムを提供する。本システムでは、中空の電解加工（ECM）用電極を使用し、その中を通して電解液を流す。電解液の例は酸溶液又は塩水溶液などである。加工前に、翼形部を直流電源の正極につなぎ、電極を直流電源の負極につなぐ。電極と翼形部の間に電解液を流す、制御された電気化学反応によって翼形部が溶解し、冷却孔が形成される。

【0008】

電極は、第一の断面で規定される第一部分と第二の断面で規定される第二部分とを含む冷却孔をタービンエンジン翼形部に形成する。例示的な実施形態では、第一部分は略円形断面を有し、第二部分は略楕円形断面を有する。さらに、例示的な実施形態では、冷却孔の第一部分は翼形部の内表面に画成され、冷却孔の第二部分は翼形部の外表面に画成される。

20

【0009】

本発明をタービン翼形部での冷却孔の形成に関して説明するが、当業者には明らかな通り、本発明は、冷却孔が必要とされるエンジンのその他の部品及び／又は他のシステムの部品、例えばタービンケーシング、排気管、排気ダクトなどでの冷却孔の形成にも利用できる。また、本発明を電解加工に関して説明するが、当業者には明らかな通り、本発明は、その他の穿孔法にも適用できる。

30

【0010】

図1に、電解加工（ECM）用電極100の例を示す。具体的には、図1では、電極100の第一の端部103から延びる第一セクション102と、電極100の第二の端部105から延びる第二セクション104とを有する中空電解加工用電極100の側面図1（a）、第一の端部103の端面図1（b）並びに第二の端部105の端面図1（c）を示す。例示的な実施形態では、電極100は実質的に円筒形であり、その内部を通して電解液を運ぶように構成されている。電解液は、加工すべき部材から金属を除去するための電気化学溶解用の媒質として働く。電解液は、また、加工域から溶解金属を除去する。当業者には自明であろうが、電極100は、所望の機能に基づいて適当な形状を有していればよい。さらに、例示的な実施形態では、電極100は、その周囲に延在する絶縁体106を含む。絶縁体106は、所望の寸法及び形状の冷却孔が得られるように、金属の溶解を所望の領域に限定する。

40

【0011】

例示的な実施形態では、絶縁体106は、第一セクション102の外周を包囲するが、第二セクション104の外周には部分的にしか延在しない。具体的には、例示的な実施形態では、絶縁体106は、第二セクション104の第一の側面108とその反対側の第二の側面110にしか延在しない。したがって、第二セクション104は、互いに相対して位置し、絶縁されずに露出された部分112を2箇所含む。別の実施形態では、絶縁体106及び非絶縁部112は、第二セクション104において本明細書に記載の機能を電極100が果たすことのできる任意の配置に配設される。さらに、例示的な実施形態では、

50

非絶縁部 112 は、電極 100 に沿って L_1 の長さに延在する。当業者には自明であろうが、非絶縁部 112 は、電極 100 に沿って、本明細書に記載の機能を電極 100 が果たすことのできる任意の長さ L_1 に延在し得る。また、当業者には自明であろうが、非絶縁部 112 の構成、数、寸法及び長さは、電極 100 の所望の機能及び／又は動作結果に基づいて種々選択し得る。

【0012】

作動に際して、電解液を通して電極 100 と電極 100 で加工する部材とに電流が流れる。絶縁体 106 は、電極 100 の非絶縁部 112 及び非絶縁電極チップ 116 から放電を起こす。非絶縁部 112 の構成、数、寸法及び長さは種々選択できるので、非絶縁部 112 の構成、数、寸法及び長さを変更すれば非絶縁部 112 及びチップ 116 からの放電量を変えることができる。

10

【0013】

図 2 に、例示的なタービン翼形部 202 での冷却孔 200 の形成に用いられる電極 100 を示す。具体的には、図 2 では、翼形部 202 の外表面 204 から翼形部 202 の内表面 206 に向かって挿入した電極 100 の側面図 2 (a) 並びに加工時の電極の第二の端部 105 の方向から見た端面図 2 (b) を示す。

【0014】

図 3 に、加工プロセスが完了し、冷却孔 200 が形成された翼形部 202 を示す。具体的には、図 3 では、冷却孔 200 を含む翼形部 202 の側面図 3 (a)、冷却孔入口 207 の断面図 3 (b) 並びに冷却孔出口 208 の断面図 3 (c) を示す。

20

【0015】

加工プロセスに際して、第一セクション 102 は、矢印 210 で示すように、外表面 204 から内表面 206 に向かって挿入される。例示的な実施形態では、電極 100 は、外表面 204 に対して、特に限定されないが、 0° 、 90° その他 $0^\circ \sim 90^\circ$ の間の任意の傾斜角を始めとして、様々な角度で挿入できる。一部の電流 212 は翼形部 202 と電極チップ 116 との間で発生し、一部の電流 214 は非絶縁部 112 と翼形部 202 との間で発生する。第一セクション 102 を翼形部 202 内に並進させると、電流 212 によって翼形部 202 からの金属の除去が促進され、冷却孔 200 を形成し始める。具体的には、第一セクション 102 の挿入によって翼形部 202 に実質的に円形の断面が形成される。例示的な実施形態では、金属は電気化学的溶解によって除去され、冷却孔 200 を形成する。当業者には自明であろうが、代替的な実施形態では、電極 100 は、第一セクション 102 によって翼形部 202 に非円形断面が画成されるような形状に形成してもよい。

30

【0016】

第二セクション 104 を翼形部 202 に挿入すると、電極 100 から放電される電流 214 によって、翼形部 202 からの、さらに具体的には第一セクション 102 によって形成された略円形断面からの金属の除去が促進される。このような追加の金属除去によって、翼形部 202 に楕円形断面が形成される。具体的には、非絶縁部 112 から放電される電流 214 によって楕円形断面が画成される。当業者には自明であろうが、非絶縁部 112 の配置を変更すれば、第二セクション 104 で画成される断面の形状を変えることができる。翼形部 202 への第二セクション 104 の挿入に伴って、第二セクション 104 から放電される電流 214 に暴露される翼形部 202 の部分に画成される断面は大きくなる。その結果、例示的な実施形態では、外表面 204 に画成される冷却孔 200 の断面積は、電極チップ 116 から放電される電流 212 にしか暴露されない翼形部 202 の部分に画成される冷却孔 200 の断面積よりも広い。

40

【0017】

例示的な実施形態では、電極 100 を翼形部 202 に挿入すると、第一の部分 230 とそこから延びる第二の部分 232 とを含む冷却孔 200 が翼形部 202 に形成される。具体的には、第一セクション 102 から放電される電流 212 にしか暴露されていない第一部分 230 は略円形の断面 234 を有し、非絶縁部 112 及び電極チップ 116 からそれ

50

ぞれ放電される電流 2 1 2 及び電流 2 1 4 の双方に暴露された第二部分 2 3 2 は略楕円形の断面 2 3 6 を有する。例示的な実施形態では、第二部分 2 3 2 は、第一部分 2 3 0 近傍に画成される半径方向内端 2 4 0 と、外表面 2 0 4 に画成される半径方向外端 2 4 2 とを含む。半径方向外端 2 4 2 の方が暴露される電流 2 1 4 の量が大きいのので、半径方向外端 2 4 2 の断面積 2 3 6 は半径方向内端 2 4 0 の断面積 2 4 6 よりも広い。例示的な実施形態では、第二部分 2 3 2 は、半径方向外端 2 4 2 から半径方向内端 2 4 0 に向かって先細となっている。従って、冷却孔 2 0 0 は、公知の従来技術に存在するような断面の急激な変化は伴わない。

【0018】

従って、電極 1 0 0 は、異なる断面 2 3 4 及び 2 3 6 を有する冷却孔 2 0 0 の電極 1 0 0 のシングルパスでの形成を促す。例示的な実施形態では、断面 2 3 4 及び 2 3 6 は、平坦面、粗面及び／又は波形表面仕上げの少なくともいずれかを有し得る。こうして、冷却孔 2 0 0 の第一部分 2 3 0 は、冷却孔 2 0 0 を通過する気流量の調節を容易にする。さらに、冷却孔 2 0 0 の第二部分 2 3 2 は、翼形部 2 0 2 内部及び／又は冷却孔 2 0 0 下流の熱伝達量の増加を促して、翼形部 2 0 2 内部の冷却量を増大させる。さらに、冷却孔の第二部分 2 3 2 の配向及び断面形状によって、翼形部外表面の冷却孔 2 0 0 を画成する領域に惹起されかねない応力集中部を、たとえ外表面の狭い翼形部であっても低減することができる。さらに、冷却孔の第二部分 2 3 2 のテーパ構成によって冷却孔 2 0 0 を徐々に拡げることができ、冷却孔 2 0 0 を通して冷却空気をほとんど乱さずに均一に流すことができる。

【0019】

一実施形態では、被加工物に冷却孔を形成する方法は、その外周を絶縁体で包囲してなる第一セクションと、その外周に絶縁体が部分的にしか延在していない第二セクションとを含む電解加工（ECM）用電極を提供することを含む。当該方法は、第一の断面を有する第一部分と第二の断面を有する第二部分とを含む冷却孔を上記電極がシングルパスで形成するように、被加工物に上記電極を挿入することを含む。例示的な実施形態では、当該方法は、略円形の断面を有する冷却孔の第一部分を形成し、非円形の断面を有する冷却孔の第二部分を形成することを含む。例示的な実施形態では、当該方法は、被加工物の第一の側面に冷却孔入口を形成し、被加工物の第一の側面とは反対側の第二の側面に冷却孔出口を形成することを含む。例示的な実施形態では、当該方法は、第一の断面を有する第一の端部と第一の断面よりも広い第二の断面を有する第二の端部とを有する冷却孔の第二部分を形成することを含む。例示的な実施形態では、当該方法は、冷却孔の第一部分から被加工物の外表面に画成される出口まで冷却孔の第二部分が徐々に拡がる冷却孔を形成することを含む。例示的な実施形態では、当該方法は、電極をタービンエンジン翼形部に挿入することを含む。

【0020】

上述のシステム及び方法は、異なる断面を有する冷却孔を翼形部にシングルパスで形成する電極を提供する。上述のシステム及び方法はさらに、流入する空気量を絞る冷却孔を形成するとともに、翼形部内部及び／又は冷却孔下流での熱伝達を大きく促進する。冷却孔は、翼形部外表面の冷却孔を画成する領域に惹起されかねない応力集中部を、たとえ外表面の狭い翼形部であっても低減することができる。冷却孔はテーパ形状を含んでおり、その中を通して冷却空気を実質的に均一に流すことができる。

【0021】

本明細書で単数形で記載した構成要素又はステップは、特記しない限り、複数の要素又はステップも包含する。さらに、本発明の「一実施形態」とは、記載した特徴を備える他の実施形態の存在を除外するものではない。

【0022】

以上、翼形部に冷却孔を形成するためのシステム及び方法の例示的な実施形態を説明してきた。例示したシステム及び方法は、本明細書に記載した特定の実施形態に限定されるものではなく、本システムの部品は、本明細書に記載した他の部品とは別途独立して使用

し得る。また、本方法について記載したステップも、本明細書に記載した他のステップとは別途独立して実施し得る。

【0023】

様々な特定の実施形態に関して本発明を説明してきたが、特許請求の範囲に記載された技術的思想及び技術的範囲内で様々な変更を施して本発明を実施できることは当業者には明らかであろう。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】例示的な電解加工（ECM）用電極を示す図。

【図2】図1に示す電極をタービン翼形部の冷却孔の形成に用いたときの図。

10

【図3】冷却孔が形成された図2に示す翼形部の断面図。

【符号の説明】

【0025】

- 100 電解加工用電極
- 102 第一セクション
- 103 第一の端部
- 104 第二セクション
- 105 第二の端部
- 106 絶縁体
- 108 第一の側面
- 110 第二の側面
- 112 非絶縁部
- 116 電極チップ
- 200 冷却孔
- 202 翼形部
- 204 外表面
- 206 内表面
- 207 冷却孔入口
- 208 冷却孔出口

20

【図 1】

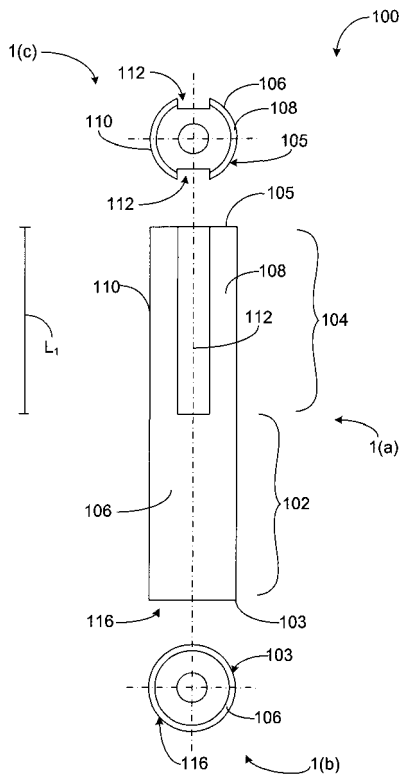


Fig. 1

【図 2】

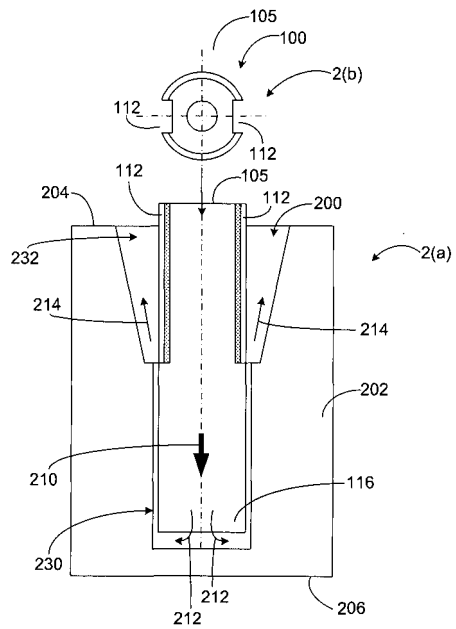


Fig. 2

【図 3】

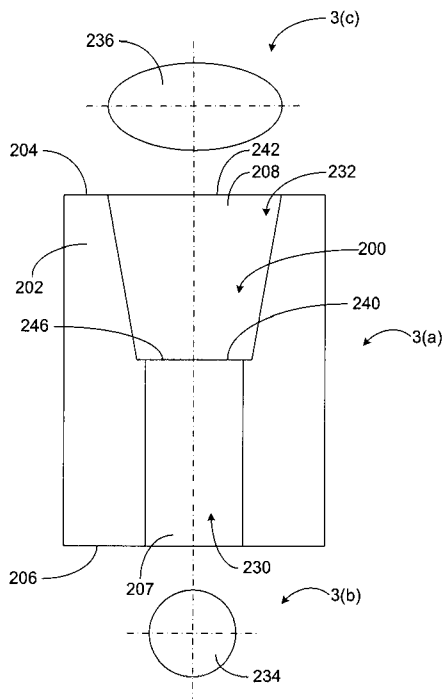


Fig. 3

フロントページの続き

(72)発明者 チンーパン・リー

アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナティ、カマルゴ・パインズ・レーン、12番

(72)発明者 ビン・ウェイ

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、メカニックヴィル、ダンフォース・ロード、8番

(72)発明者 チェンーユ・ジャック・チョウ

アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナティ、ヒースコック・コート、7417番

Fターム(参考) 3C059 AA02 AB03 DA03 DA07 HA13 HA14