

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4746261号  
(P4746261)

(45) 発行日 平成23年8月10日 (2011. 8. 10)

(24) 登録日 平成23年5月20日 (2011. 5. 20)

(51) Int. Cl.

F I

B 2 3 K 20/00 (2006. 01)

B 2 3 K 31/00 (2006. 01)

G 2 1 C 19/02 (2006. 01)

G 2 1 D 1/00 (2006. 01)

B 2 3 K 11/00 (2006. 01)

B 2 3 K 20/00 3 4 O

B 2 3 K 31/00 B

G 2 1 C 19/02 J

G 2 1 D 1/00 X

B 2 3 K 11/00 5 1 O

請求項の数 6 (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2003-309546 (P2003-309546)  
 (22) 出願日 平成15年9月2日 (2003. 9. 2)  
 (65) 公開番号 特開2004-98168 (P2004-98168A)  
 (43) 公開日 平成16年4月2日 (2004. 4. 2)  
 審査請求日 平成18年9月1日 (2006. 9. 1)  
 (31) 優先権主張番号 10/232, 653  
 (32) 優先日 平成14年9月3日 (2002. 9. 3)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 390041542  
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー  
 GENERAL ELECTRIC CO  
 MPANY  
 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 100137545  
 弁理士 荒川 聡志  
 (74) 代理人 100105588  
 弁理士 小倉 博  
 (74) 代理人 100106541  
 弁理士 伊藤 信和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高温割れを受けやすい原子炉材料の溶接方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

長期に亘って使われた原子炉炉心の恒久使用の金属基体 ( 2 2 ) であって、ホウ素又はヘリウムを含有する前記金属基体 ( 2 2 ) 上に金属シート ( 2 0 ) を溶接する方法であって、

( a ) 前記金属基体と前記金属シートの境界に低入熱固相溶接を施して溶接部 ( 2 6 ) を形成すると共に、前記溶接部の厚さ方向の実質的な部分における温度を前記金属基体 ( 2 2 ) の液相温度未満に保つ段階であって、前記溶接部 ( 2 6 ) における前記金属シート材料 ( 2 2 ) 及び前記金属基体 ( 2 0 ) の大半部分又は全てに前記低入熱固相溶接による入熱を行う、前記段階と、

( b ) 前記段階 ( a ) を行いながら、局所的な力 ( P ) を加えて前記溶接部 ( 2 6 ) に圧縮応力を与える段階であって、前記低入熱固相溶接が電極 ( 3 0 ) を用いた非溶融電気抵抗溶接法を用い、前記電極に前記圧縮力を加えながらこの電極を前記シートに接触させることにより、前記溶接部 ( 2 6 ) に塑性歪みを与えつつ冷却する、前記段階と、

( c ) 前記段階 ( a ) の前記低入熱固相溶接の適用と前記段階 ( b ) の前記圧縮応力の適用状態を所定時間の間保って前記段階 ( a ) 及び ( b ) を行う段階と、

( d ) 前記金属基体 ( 2 0 ) の上に位置する前記金属シート材料のほぼ全区域にわたって、前記段階 ( a ) ~ ( c ) を行う段階とを含むことを特徴とする方法。

## 【請求項 2】

前記段階 ( a ) は、前記電極 ( 3 0 ) を前記金属シート材料に当接する段階を具備するこ

とにより、前記金属シート材料（２２）又は金属基体（２０）の溶融を、前記シート材料（２２）と前記電極（３０）との間の当接区域に抑えたことを特徴とする、請求項１に記載の方法。

【請求項３】

前記段階（ａ）～（ｃ）を、前記金属シート材料の外周縁部で行い、該金属シート材料（２２）を前記金属基体（２０）に構造的に固定し、かつ前記縁部の内部にある前記金属基体の区域を環境への外部露出から密閉することを特徴とする、請求項１または２に記載の方法。

【請求項４】

前記段階（ａ）～（ｃ）の後に、前記最初に述べた溶接部に融接を施す段階をさらに具備し、

10

この融接段階により前記最初の溶接部が、該融接の結果として前記金属基体のその後の高温割れ発生を抑制することを特徴とする、請求項１乃至３のいずれかに記載の方法。

【請求項５】

前記圧縮応力は間欠的に加えられることを特徴とする請求項１乃至４のいずれかに記載の方法。

【請求項６】

前記電極（３０）の前記金属シート（２２）への接触部分はローラ形状（４０）を有していることを特徴とする請求項１乃至５のいずれかに記載の方法。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【０００１】

本発明は、一般的に溶接に関し、具体的には、融接部区域におけるヘリウム誘発高温割れ又は他の種類の高温割れ発生の危険性なしに、後続の従来型の融接を行うことを可能にするような方法で、応力割れに敏感な材料上に溶接を行うことに関する。

【背景技術】

【０００２】

電弧溶接、レーザービーム溶接又は電子ビーム溶接のような、様々な種類の従来型の融接工程がある。これらの工程においては、基体を溶融すること又は充填金属を加えることのいずれか、或いはその両方によって、高温金属の溶融池が形成される。しかしながら、材料は、多くの場合高温割れに敏感である。溶接された表面の高温割れは、一般的に冷却時、つまり液体高温金属から固体状態への相変化の間の収縮に起因する歪み及び応力によって引き起こされる。高温割れに敏感な材料の極端ではあるが実際の例は、年数を経た原子炉容器内部の燃料コア近くの恒久部分におけるような、高レベルのヘリウムを含有する材料上への融接である。多量のホウ素含有量（ヘリウムに変換可能である）を有する、中性子の照射を受けたオーステナイト系ステンレス鋼においては、溶接部材料中のヘリウムが、機械的特性の変化による幾つかの悪影響を引き起こす。例えば、高ヘリウム含有材料が溶接サイクルの熱に曝された場合、その高温によりヘリウムが結晶粒界に急速に拡散することになり、そのことがボイドを形成し、このボイドが次に材料を脆弱化させ、結果として高温割れを発生させる。公知の低入熱融接工程においてさえ、高温割れを生じることなく信頼性のある溶接を行える可能性は、比較的低いヘリウムのレベルを有する材料に限定される。高温割れはまた、ヘリウム含有量を有する材料に限られるものではなくて、高温割れが発生する材料の単に１つの種類を示しているに過ぎない。更に、この高温割れの問題は、一般的に溶融工程によって引き起こされる高い張力の一時的及び残留表面応力によっていっそう悪化される。溶接されたままの状態におけるこの不都合な応力状況は、すべての従来型の溶接工程及び用途、特に、一般的に恒久的な原子力容器内部において見られる大きな断面厚さの材料、及び容器壁それ自身又はその付属設備における特徴である。

30

40

【０００３】

実行可能な融接工程を依然として行いながら、融接工程において、高温割れ発生を避けるのに十分な低い入熱とすることは事実上不可能である。

50

## 【 0 0 0 4 】

溶接池の冷却時における高温割れ発生の問題に加えて、酸素又はハロゲンを含有する高温の原子炉水又は減速材のような、攻撃的な環境内で使用された場合、熱又は中性子増感を受けやすい材料内に応力腐食割れ（SCC）が発生する場合がある。この種の環境的に誘発された割れは、表面残留応力のレベルが一般的に従来型の融接を実施する場合と同じ程度の十分な張力になる場合に、発生する。

【特許文献 1】米国特許第 5 7 0 5 7 8 6 号 1 9 9 8 年 1 月

【特許文献 2】米国特許第 5 7 1 0 4 0 5 号 1 9 9 8 年 1 月

【特許文献 3】米国特許第 6 3 6 4 9 7 1 号 2 0 0 2 年 4 月

【特許文献 4】米国特許第 6 3 8 4 3 6 5 号 2 0 0 2 年 5 月

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 0 5 】

本発明の好ましい実施形態によると、高温割れを受けやすい材料上に完全な強度の構造的溶接部を作りだし、後続の従来型で施される融接工程を可能にするための低コストで信頼性がある方法が提供される。例えば、原子炉容器におけるような、高度に中性子の照射を受けた基体材料は、融接区域におけるヘリウム誘発高温割れ又は他の種類の高温割れ発生の危険性なしに、引き続いて融接を行うことができる。具体的には、極めて低い局所の入熱による非溶融電気抵抗溶接又は固相溶接工程が、溶接及び冷却段階両方の間に溶接部に局所的な力を加えて、割れを受けやすい又は割れに敏感な基体における溶接部に圧縮応力を与えることと併せて使用される。更に、高度に熱伝導性の電極をヒートシンク源として使用することによって、本工程は同時に、クラッド又は基体中に残留圧縮応力を与えて、応力腐食割れのようなその後の環境的に誘発される損傷を緩和する。このクラッドは、基体の上に位置する別個の材料シートとすることができ、或いは、クラッドが金属シート・オーバーレイとなる位置の基体の表面を溶融することによって形成されることができる。電気抵抗溶接を、オーバーレイの縁部の周りで、或いは金属シート・オーバーレイ及び基体の一部分又は全体にわたって行い、それによって、その下に位置する基体を外部環境への露出から保護することができる。例えば、この金属シート・オーバーレイは、その下に位置する基体を原子炉容器内の攻撃的な水環境から密閉し、その下に位置する基体の応力腐食割れに関連する問題を最小化又は排除することができる。

20

30

## 【 0 0 0 6 】

基体に付着する溶接部の部分は、特に多量のヘリウムを含有する材料において、融接がその領域において行われる場合に、高温割れを最も受けやすいことが分かるであろう。結合される材料の大半部分又は全てが液相温度以下に保たれる程度の低入熱での電気抵抗加熱を使用することによって、熱は、ヘリウムが拡散して結晶粒界に影響を与え高温割れを発生する程に十分には浸透しない。つまり、本発明の好ましい実施形態の電気抵抗溶接は、溶接時及び溶接後に生じる引張応力の結果として高温割れを招く可能性がある温度状態になるような十分な熱を与えることはない。更に、低温度での溶接工程の間に圧縮力が加えられて、溶接部中に三軸圧縮応力が与えられ、この三軸圧縮応力は徐々に軽減されて誘発引張応力（高温割れ）に起因する熱収縮を防止する。

40

## 【 0 0 0 7 】

具体的には、本発明の好ましい実施形態においては、電極が溶接部表面、例えば基体の上に位置する薄いシート材料に当てられ、熱及び圧縮力がその溶接部に加えられる。熱が電極により加えられる間の塑性溶接ナゲットの寸法は比較的小さいので、電極接触領域における圧縮表面応力は、該溶接ナゲットに含まれる部分において三軸圧縮応力となる。電極はまた、溶接部における高温割れ発生を実質的に排除するような温度及び力状態の下で所定時間の間に溶接が行われるように、溶接部にとってのヒートシンクとしての役割を果たす。

【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 8 】

50

本発明による好ましい実施形態においては、高温割れを受けやすい基体上に溶接する方法が提供され、該方法は、(a)高温割れを受けやすい基体に非熔融電気抵抗溶接部を施す段階と、(b)段階(a)を行いながら、局所的な力を加えて溶接部に圧縮応力を与える段階と、(c)溶接部におけるその後の高温割れ発生を実質的に排除するような温度及び力状態の下で所定時間の間に、段階(a)及び(b)を行う段階とを含む。

【0009】

本発明による別の好ましい実施形態においては、高温割れを受けやすい基体上に溶接する方法が提供され、該方法は、(a)高温割れを受けやすい基体に低入熱固相溶接部を施す段階と、(b)段階(a)を行いながら、局所的な力を溶接部に加えて該溶接部に圧縮応力を与える段階と、(c)溶接部におけるその後の高温割れ発生を実質的に排除するよ

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

さて、図面、特に図1を参照すると、従来型の融接工程によって互いに結合された基体10と例えば金属材料のシートのような隣接する材料12とが示されている。従来型の融接は、結合される表面に大きな熱を加えることを伴い、その表面が高温割れを発生する大きな危険性を有することが分かるであろう。公知の低入熱融接工程においてさえ、高温割れを発生することなく信頼性のある溶接を行える可能性は、比較的低いヘリウムのレベルを有する材料に限定される。更に、この高温割れの問題は、一般的に溶融工程によって引き起こされる高い張力の残留表面応力によっていっそう悪化させられる。図1においては、溶接部における熱損傷区域が、符号14で示され、高度に高温割れを受けやすい区域を構成することになる。大きなヘリウム含有量を有するそれら材料においては、低入熱融接工程を使用した場合でさえ高温割れ発生の大きな危険性が残る。

20

【0011】

図2及び図3を参照すると、高温割れに敏感な材料、特に高いヘリウム含有量の材料における割れ発生を最小化又は排除する本発明による方法によって行われた溶接部が示されている。図2に示されるように、基体20及び例えば金属材料のシート22のような材料22は、基体20を覆うシート材料22のフランジ24によって互いに重ね合わされる。図示する本発明は、シート材料と基体とを結合することを含むが、本発明は更に、基体を別の材料に結合することなく溶接が基体の露出された表面上に行われるような基体に対し

30

【0012】

電極を介して様々な形態の電力を加えることができる。例えば、低電圧の容量放電、交流又は直流、或いは高周波抵抗型の電力を電極に加えることができる。また、溶接部上に圧縮力を加えるために、様々な力発生装置を利用することができる。例えば、機械式バネ、油圧式又は空圧式シリンダ、或いは電磁ソレノイド及び電気機械式駆動装置を電極に対して使用して、電極によって熱が加えられる区域内のシート材料と基体との結合部分において三軸応力を発生させることができる。その結果、溶接部は、X、Y平面内に、同時にX、Y平面に対してほぼ垂直な方向に圧縮力を有することになる。溶接部が冷却するにつれて、圧縮力はある程度軽減されるが、冷却時における張力誘発割れを実質的に排除するのに十分なだけ残る。

40

【0013】

電極による圧縮力と電流とは、回転する導電性円形ホイールの端縁部又はロッドの端部(それぞれ図5及び図6)のような可動電極上の接触面を使用して、同時に加えられるこ

50

とが分かるであろう。溶接面上での電極の移動は、連続的なもの、又は所定間隔の間欠的なものとして行うことができる。同様に、電極に加えられる電流は、パルス化できる。電極への電流と電極の移動とは、溶接部における局所的な温度上昇を制御するように調和させることができる。図4に示されるように、また、電気抵抗溶接部26に引き続き、シート材料22と基体20との接合部は、高温割れ発生の大きな危険性なしに、従来型の融接によって、更に溶接されることができる。この融接部が、符号28で示されている。従って、最初の電気抵抗溶接は、従来型の融接によって施された付加的な溶接材料のオーバーレイに耐えられず溶接部においてその後の高温割れが発生するのを実質的に排除する温度強制状態においてある時間の間に行われる。第2の融接部の大きな利点は、融接工程の間における高温割れ発生の危険性が事実上排除されることである。

10

#### 【0014】

図5を参照すると、シート材料32をその下に位置する基体34に溶接するための電気抵抗溶接技術を使用している状態にある電極30が、示されている。電極30は、概略的に符号Pで示される力付与装置に組合わされている。圧縮力は、溶接部の区域における金属シート32と基体34との境界面に加えられる。電極30による低入熱と三軸圧縮力とが、溶接部に沿って該電極30を周期的に衝突させることによって、また付加的に該電極30を効果的なヒートシンクとして働くように高度に熱伝導性とすることによって、もたらされる。従って、溶接部への熱は比較的低いレベルに保たれ、同時に溶接部における三軸圧縮力は、特に大きなヘリウム含有量を有するそれら材料における高温割れを発生する傾向を減少させる。

20

#### 【0015】

次に、図6を参照すると、電極は、固定具42上に回転するように装着されたローラディスク40を含む。固定具42は、前述の溶接工程の間に、溶接部に圧縮力を加えるための力付与装置Pに結合される。最終の複合溶接部は、最初の抵抗溶接の後に引き続いて融接を施すことにより、高温割れ発生に対する大きな耐性をもたらす。図5及び図6に示されるように、本発明の溶接工程は、乾燥或いは湿潤環境、例えば水中のいずれにおいても達成できる。例えば、原子炉においては、多数のシートが、所定厚さになるまで一方が他方の上に位置するように順次溶接されて、個々のシート厚さを最小にし、また特に基体境界面における対応する溶接ナゲットに対する入熱を最小化することができるのが分かるであろう。別の実施形態では、その厚さ全体にわたって選択された特性変動を有する複合シート材料を使用して、高温割れ発生の可能性を最小にすることができる。多数層の薄いシート材料を使用することによって、入熱を最小化し、従って高温割れ発生の危険性を低下させることができる。更に、耐食性を強化する触媒、或いはパラジウム、クロム又はニオブのようなカーバイド安定化合金元素を使用して、表面性能、特に耐応力腐食割れ性を強化することができることも分かるであろう。図面の図5及び図6は、基体の上に位置するシート材料の区域全体にわたって施された最初の溶接を示しているが、シート材料の外周部又は縁部を本発明の電気抵抗溶接技術を使用して最初に溶接して、その下に位置する基体の中央区域をその環境から気密密閉すると同時に、溶接区域における十分な構造的縁部を形成することができる。従来通りの熱放を与えることができる。例えば、シート材料は、溶接時の温度上昇を制御又は最小にするクランプによって、基体上に拘束することができる。また、電極を使用することもできる。電極それ自体は、シート材料と接触する絶縁体及び導体を支持し、加熱された表面全体にわたってより均一な圧縮応力及び歪みを与えることができる。

30

40

#### 【0016】

要約すれば、割れに敏感な基体における急速低入熱固相溶接は、加えられた圧縮力と共に、高温割れの形成を実質的に減少又は排除する。固相溶接というのは、結合された材料の厚さの大部分又は全てが、液相温度以下に保たれ、また、溶融は、あったとしても、電極下方の接触領域に制限されることを意味している。

#### 【0017】

本発明を現在最も実用的かつ好ましい実施形態であると考えられるものに関して説明し

50

てきたが、本発明は開示した実施形態に限定されるべきものではなく、また、特許請求の範囲に記載された符号は、理解容易のためであってなんら発明の技術的範囲を実施例に限定するものではない。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】2つの表面間に従来型の融接部を有する金属シート材料及び基体の部分断面図。

【図2】基体の上に位置し、溶接区域に加えられる圧縮力と共に電気抵抗溶接を使用して互いに溶接された金属シート材料の断面図。

【図3】基体の上に位置し、溶接区域に加えられる圧縮力と共に電気抵抗溶接を使用して互いに溶接された金属シート材料の断面図。

【図4】最初の溶接部に施されて複合溶接部を形成する従来型の融接部を示す、図2及び図3と同様な図。

【図5】圧縮力が電極によって溶接部に加えられている状態での、電気抵抗溶接において使用される電極の概略図。

【図6】抵抗溶接用のディスク型電極を示す、図5と同様な図。

【符号の説明】

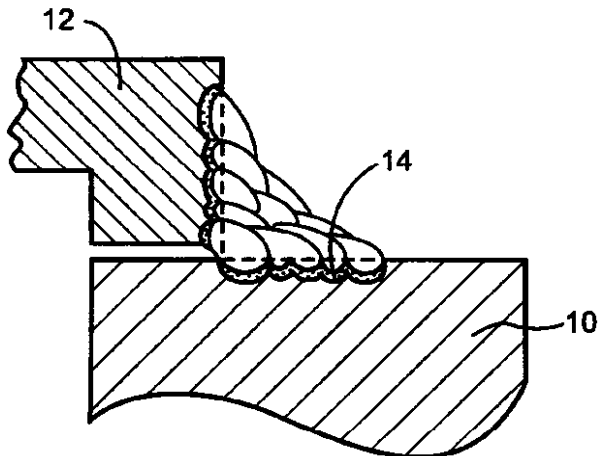
【0019】

- 20 基体
- 22 シート材料
- 24 フランジ
- 26 電気抵抗溶接部
- 28 融接部
- 30 電極

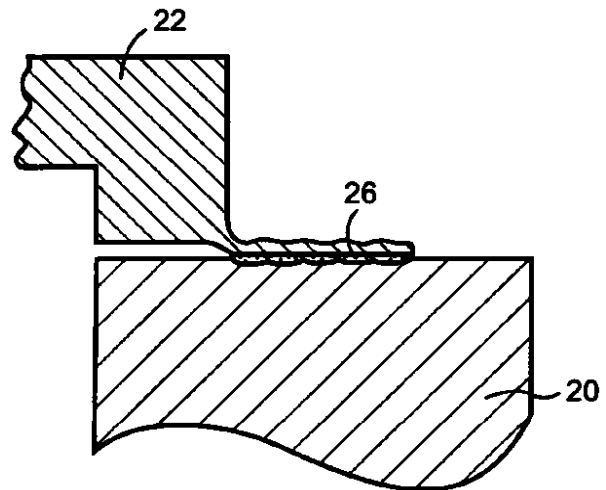
10

20

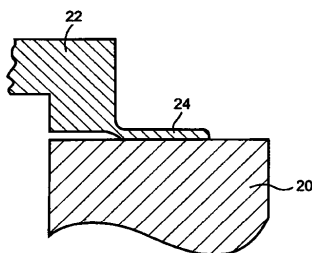
【図1】  
(従来技術)



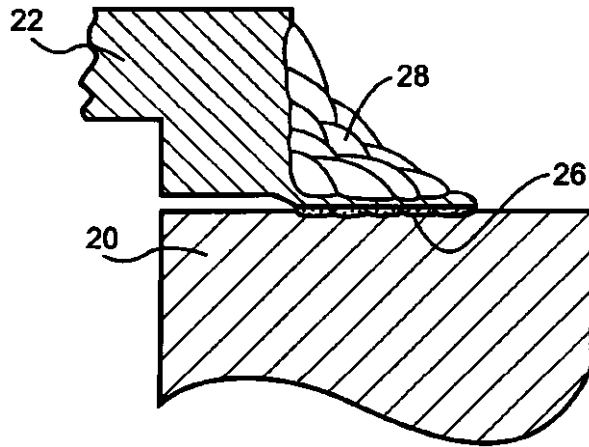
【図3】



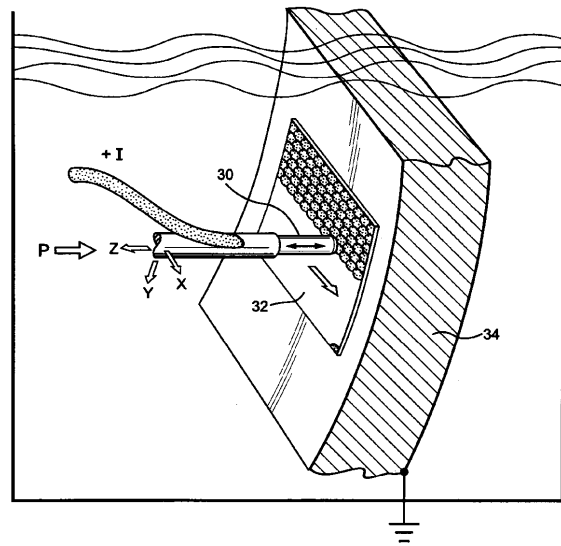
【図2】



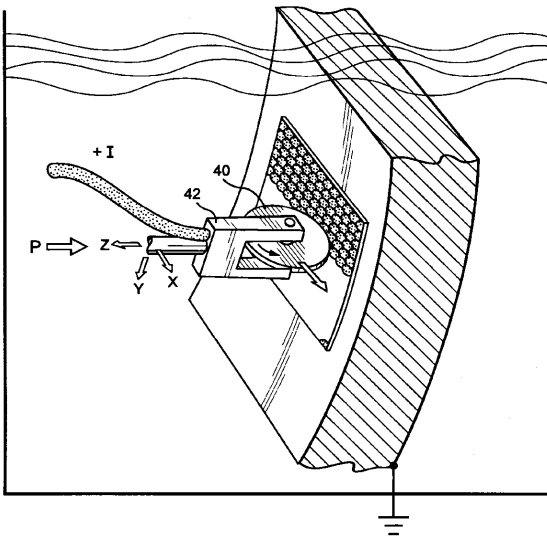
【図 4】



【図 5】



【図 6】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
B 2 3 K 11/06 (2006.01) B 2 3 K 11/06 5 1 0

(72)発明者 ヘンリー・ピーター・オファー  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、サンタ・クルーズ、イースト・ザヤンテ・ロード、1562  
2番

(72)発明者 エリック・ラッセル・ウィリス  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、サン・ノゼ、ラリオス・ウェイ、6125番

審査官 松本 公一

(56)参考文献 特開平09-225648(JP,A)  
特開平11-080905(JP,A)  
特開昭54-103983(JP,A)  
特開昭55-046116(JP,A)  
特開平08-278390(JP,A)  
特開2000-052047(JP,A)  
特開2001-033576(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 2 3 K	2 0 / 0 0 -	2 0 / 2 6
B 2 3 K	1 1 / 0 0 -	1 1 / 3 6
G 2 1 D	1 / 0 0 -	1 / 3 2
G 2 1 D	1 3 / 0 0 -	1 3 / 1 0