

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4859375号
(P4859375)

(45) 発行日 平成24年1月25日(2012.1.25)

(24) 登録日 平成23年11月11日(2011.11.11)

(51) Int.Cl.

F 1

HO 1 M	8/00	(2006.01)	HO 1 M	8/00	A
HO 1 M	8/04	(2006.01)	HO 1 M	8/04	J
HO 1 M	8/06	(2006.01)	HO 1 M	8/06	S
HO 1 M	8/12	(2006.01)	HO 1 M	8/06	B
HO 1 M	8/10	(2006.01)	HO 1 M	8/12	

請求項の数 11 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2005-61157(P2005-61157)

(22) 出願日

平成17年3月4日(2005.3.4)

(65) 公開番号

特開2006-244915(P2006-244915A)

(43) 公開日

平成18年9月14日(2006.9.14)

審査請求日

平成19年11月16日(2007.11.16)

(73) 特許権者 000190688

新光電気工業株式会社

長野県長野市小島田町80番地

(74) 代理人 100099759

弁理士 青木 篤

(74) 代理人 100092624

弁理士 鶴田 準一

(74) 代理人 100102819

弁理士 島田 哲郎

(74) 代理人 100113826

弁理士 倉地 保幸

(74) 代理人 100108383

弁理士 下道 晶久

(74) 代理人 100082898

弁理士 西山 雅也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】燃料電池発電システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料供給系と排ガス系を有する燃料電池装置と、
固体酸化物基板と、該基板の一方の面に設けられたカソード電極層と、該面と対向した
該基板の他方の面に設けられたアノード電極層とを有し、前記排ガス系及び前記燃料供給
系にそれぞれ組み込まれた第1及び第2の固体酸化物型燃料電池と、を備え、

第1の固体酸化物型燃料電池は、前記排ガス系に設けられた排ガス処理装置に設置され
、発電用燃料として前記燃料電池装置から排出される排ガスが供給され、

第2の固体酸化物型燃料電池は、前記燃料電池装置に供給される燃料を加熱する燃料前
処理装置の燃焼装置に配置され、カソード電極層には空気が供給され、アノード電極層に
は前記燃焼装置の火炎が供給され、該燃焼装置には前記燃料電池装置から排出されるアノ
ード側排ガスが供給されることを特徴とする燃料電池発電システム。

【請求項 2】

前記第1の固体酸化物型燃料電池の一つ又は複数が、前記排ガス処理装置内で、前記燃
料電池装置から排出されるカソード側排ガスとアノード側排ガスの両方が存在する雰囲気
中に配置されることを特徴とする請求項1に記載の燃料電池発電システム。

【請求項 3】

前記複数の第1の固体酸化物型燃料電池が、前記雰囲気中で、互いに並行に配置され
ることを特徴とする請求項2に記載の燃料電池発電システム。

【請求項 4】

前記排ガス処理装置内において、前記燃料電池装置から排出されるカソード側排ガスが前記第1の固体酸化物型燃料電池のカソード電極層に供給され、前記燃料電池装置から排出されるアノード側排ガスと前記カソード側排ガスの一部が前記第1の固体酸化物型燃料電池のアノード電極層に供給され、

前記第1の固体酸化物型燃料電池のアノード電極層が、前記アノード側排ガスと前記カソード側排ガスの混合ガスによる予混火炎で曝されることを特徴とする請求項1に記載の燃料電池発電システム。

【請求項5】

前記第1の固体酸化物型燃料電池の前記カソード電極層に、空気が供給されることを特徴とする請求項4に記載の燃料電池発電システム。

10

【請求項6】

前記第1の固体酸化物型燃料電池の前記カソード電極層には、空気が供給され、

前記第1の固体酸化物型燃料電池の前記アノード電極層には、前記燃料電池装置から排出された前記カソード側排ガスと前記アノード側排ガスとの混合ガスが供給され、

前記第1の固体酸化物型燃料電池のアノード電極層は、前記混合ガスによる予混火炎で曝されることを特徴とする請求項1に記載の燃料電池発電システム。

【請求項7】

前記第2の固体酸化物型燃料電池の前記カソード電極層は、前記燃焼装置に面して配置され、該燃焼装置の火炎で曝され、

前記第2の固体酸化物型燃料電池の前記アノード電極層は、前記燃料前処理装置内の前処理雰囲気に曝されることを特徴とする請求項1に記載の燃料電池発電システム。

20

【請求項8】

前記燃焼装置には、空気と、前記燃料電池装置から排出されるアノード側排ガスとが供給されることを特徴とする請求項7に記載の燃料電池発電システム。

【請求項9】

前記固体酸化物基板は、ジルコニア系セラミック又はセリア系セラミックで形成され、

前記カソード電極層は、マンガナイト系セラミック又はコバルタイト系セラミックで形成され、

前記アノード電極層は、ジルコニア系又はセリア系セラミックをベースとしたニッケル又は銅のサーメットで形成されていることを特徴とする請求項1乃至8に記載の燃料電池発電システム。

30

【請求項10】

前記第1又は第2の固体酸化物型燃料電池は、前記固体酸化物基板における一方の面に複数のカソード電極層と、該一方の面に対向する他方の面に複数のアノード電極層とを有し、該固体酸化物基板を介して対向する前記カソード電極層及び前記アノード電極層とで複数の燃料電池セルが形成され、該燃料電池セルが順次に電気接続されて発電出力されることを特徴とする請求項1乃至9のいずれか一項に記載の燃料電池発電システム。

【請求項11】

前記燃料電池装置は、固体高分子型燃料電池、溶融炭酸塩型燃料電池、アルカリ型燃料電池、リン酸型燃料電池、又は、固体酸化物燃料電池のいずれか一つを含むことを特徴とする請求項1乃至10のいずれか一項に記載の燃料電池発電システム。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料電池発電システムに関し、特に、燃料電池本体に関わる燃料の前処理過程や排ガス処理過程においても、別の燃料電池を設置して発電を行える燃料電池発電システムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、火力発電などに替わる低公害の発電手段として、或いは、ガソリンなどを燃

50

料とするエンジンに取って代わる電動自動車の電気エネルギー源として、燃料電池が開発され、実用化されている。また、パーソナルコンピュータなどの電源としても、燃料電池の利用が注目され、電気エネルギー源としてその用途も拡大されている。そして、この燃料電池本体に対しては、高効率化、低コスト化を目指して多くの研究がなされている。

【0003】

この燃料電池には、種々の発電形式があり、固体高分子型燃料電池、溶融炭酸塩型燃料電池、アルカリ型燃料電池、リン酸型燃料電池などが挙げられるが、これらの燃料電池から一種の燃料電池が選択され、当該燃料電池を用いて発電システムが構成される。そこで、図8に、従来の燃料電池発電システムの構成を示した。

【0004】

図8に示された燃料電池発電システムは、燃料電池の本体である燃料電池装置1、燃料の前処理過程に配置された前処理の一つである燃料改質装置2、そして、排ガス処理過程に配置された排ガス処理装置3を備えている。

【0005】

燃料電池装置1に、例えば、固体高分子電解質型燃料電池が使用されている場合、図8には、その詳細を示していないが、その燃料電池には、固体高分子電解質膜を挟んだ酸化剤極（カソード極）及び燃料極（アノード極）が含まれる。カソード極には、酸化剤供給路を通して、例えば、空気G₀が供給される。供給された空気は、カソード極と接する所定の通路を下流側へ流れると、空気中の酸素が必要量だけ電極反応して消費されて、発電し、電力Pを出力する。

【0006】

一方、燃料電池装置1には、燃料Fが供給されるが、そのアノード極に供給される前に、前処理（精製、改質、CO除去など）が施される。図8の発電システムでは、燃料Fを改質処理する場合が示され、燃料改質装置2が設置されている。燃料Fとしては、天然ガスなどのガス類が使用される。燃料改質装置2には、加熱装置21が備えられ、水蒸気G_wが供給された燃料改質雰囲気を加熱している。加熱装置21は、例えば、電気ヒーターであっても、また、原燃料の燃焼器でもよい。この雰囲気中で水蒸気改質されて、水素リッチとなった改質燃料F_rは、燃料電池装置1のアノード極に供給される。

【0007】

燃料電池装置1において、改質燃料F_rの水素と空気G₀の酸素が必要量だけ電極反応した後に、その残りの水素及び酸素は、残ガスとなり、カソード極側から排ガスG_ecが、そして、アノード極側から排ガスG_eaが排出される。これらのカソード側排ガスG_ecとアノード側排ガスG_eaは、燃料電池装置1の下流側に設置された排ガス処理装置3に導入され、ここで、排ガス処理されて、排ガスG_eとして発電システム外に排出される。

【0008】

ところで、図8に示された従来の燃料電池発電システムでは、発電システムとしてのエネルギー利用効率が低いため、このエネルギー利用効率の向上を図る試みが、種々行われている（例えば、特許文献1、2を参照）。そのエネルギー利用効率の向上を図った燃料電池発電システムの一例が、図9に示されている。

【0009】

図9に示された燃料電池発電システムの構成は、図8に示された従来の燃料電池発電システムを基本としているが、図8の発電システムでは、燃料改質装置に加熱装置が備えられたのに対し、図9の発電システムでは、この加熱装置として、燃料燃焼器による燃焼装置21が備えられている点が異なっている。そして、燃料電池装置1からのアノード側排ガスG_eaの一部又は全部が、この燃焼装置21で燃焼される燃料として供給される。燃焼装置21には、この燃焼を助けるために、外部から空気G₀も供給される。ここで、燃料電池装置1で消費しきれなかった残りの燃料が、燃焼装置21で燃焼され、燃料改質雰囲気の加熱に利用される。燃料改質装置で生成された改質燃料F_rをシステム内で有効に消費される。

10

20

30

40

50

【0010】

さらに、図9に示された燃料電池発電システムでは、燃料電池装置2から排出されたカソード側排ガスG_ecとアノード側排ガスG_eaを処理する排ガス処理装置3で生成された水蒸気G_wが、燃料改質装置2の燃料改質雰囲気中に供給されるようになっている。図8に示された燃料電池発電システムにおける燃料改質装置には、燃料改質に必要な水蒸気G_wが、単に、別途に生成されて、燃料改質雰囲気中に供給されていたが、図9の発電システムでは、排ガス処理装置3で生成される水蒸気を燃料改質に必要な水蒸気G_wとして利用し、水蒸気生成エネルギーを節約している。

【0011】

【特許文献1】特開2003-51327号公報

10

【特許文献2】特開2004-356011号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

上述した従来の燃料電池発電システムでは、燃料電池装置で消費されずに残った水素を、該燃料電池装置の上流側に備えられた燃料改質装置の加熱源に供給して、燃焼に利用し、さらに、燃料電池装置の下流側に備えられた排ガス処理装置で生成された水蒸気を、燃料改質装置の水蒸気改質に必要な水蒸気として利用している。

【0013】

しかしながら、この燃料電池発電システム内において、エネルギーの有効利用が図られ、システム全体のエネルギー効率が向上しているが、このエネルギーの利用対策は、燃料電池本体の発電効率に直接的に寄与するものではないので、燃料電池発電システムの発電量を増大させることに対しては、エネルギー利用が充分に行われていないという問題があった。

20

【0014】

そこで、本発明は、発電システムに設けられた燃料電池装置に関連して発生する燃料と酸素とが存在する雰囲気、或いは、燃料と水蒸気とが共存する雰囲気に、固体酸化物型燃料電池を配置して、該燃料電池装置とは別に発電し、取り出せる電力を増大できる燃料電池発電システム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】

30

【0015】

以上の課題を解決するために、本発明の燃料電池発電システムでは、燃料供給系と排ガス系を有する燃料電池装置と、固体酸化物基板と、該基板の一方の面に設けられたカソード電極層と、該面と対向した該基板の他方の面に設けられたアノード電極層とを有し、前記排ガス系及び前記燃料供給系にそれぞれ組み込まれた第1及び第2の固体酸化物型燃料電池と、を備え、第1の固体酸化物型燃料電池は、前記排ガス系に設けられた排ガス処理装置に設置され、発電用燃料として前記燃料電池装置から排出される排ガスが供給され、第2の固体酸化物型燃料電池は、前記燃料電池装置に供給される燃料を加熱する燃料前処理装置の燃焼装置に配置され、カソード電極層には、空気が供給され、アノード電極層には、前記燃焼装置の火炎が供給され、該燃焼装置には、前記燃料電池装置から排出されるアノード側排ガスが供給される。

40

【0017】

前記第1の固体酸化物型燃料電池の一つ又は複数が、前記排ガス処理装置内で、前記燃料電池装置から排出されるカソード側排ガスとアノード側排ガスの両方が存在する雰囲気中に配置され、具体的に、前記複数の第1の固体酸化物型燃料電池が、前記雰囲気内で、互いに並行に配置されることとした。

【0018】

前記排ガス処理装置内において、前記燃料電池装置から排出されるカソード側排ガスが前記第1の固体酸化物型燃料電池のカソード電極層に供給され、前記燃料電池装置から排出されるアノード側排ガスと前記カソード排ガスの一部が前記第1の固体酸化物型燃料電

50

池のアノード電極層に供給され、前記第1の固体酸化物型燃料電池のアノード電極層が、前記アノード側排ガスと前記カソード側排ガスによる予混火炎で曝されることとし、前記第1の固体酸化物型燃料電池の前記カソード電極層に、空気が供給されることとした。

【0019】

前記第1の固体酸化物型燃料電池の前記カソード電極層には、空気が供給され、前記第1の固体酸化物型燃料電池の前記アノード電極層には、前記燃料電池装置から排出された前記カソード側排ガスと前記アノード側排ガスとの混合ガスが供給され、前記第1の固体酸化物型燃料電池のアノード電極層は、前記混合ガスによる予混火炎で曝されることとした。

【0022】

前記第2の固体酸化物型燃料電池の前記カソード電極層は、前記燃焼装置に面して配置され、該燃焼装置の火炎で曝され、前記第2の固体酸化物型燃料電池の前記アノード電極層は、前記燃料前処理装置内の前処理雰囲気に曝されることとし、さらに、前記燃焼装置には、空気と、前記燃料電池装置から排出されるアノード側排ガスとが供給されることとした。

【0023】

本発明の燃料電池発電システムでは、前記固体酸化物基板は、ジルコニア系セラミック又はセリア系セラミックで形成され、前記カソード電極層は、マンガナイト系セラミック又はコバルタイト系セラミックで形成され、前記アノード電極層は、ジルコニア系又はセリア系セラミックをベースとしたニッケル又は銅のサーメットで形成されていることとした。

【0024】

本発明の燃料電池発電システムの前記固体酸化物型燃料電池は、前記固体酸化物基板における一方の面に複数のカソード電極層と、該一方の面に対向する他方の面に複数のアノード電極層とを有し、該固体酸化物基板を介して対向する前記カソード電極層及び前記アノード電極層とで複数の燃料電池セルが形成され、該燃料電池セルが順次に電気接続されて発電出力されることとした。

【0025】

本発明の燃料電池発電システムの前記燃料電池装置は、固体高分子型燃料電池、溶融炭酸塩型燃料電池、アルカリ型燃料電池、リン酸型燃料電池、又は、固体酸化物燃料電池のいずれか一つを含むこととした。

【発明の効果】

【0026】

以上のように、本発明による燃料電池発電システムによれば、固体酸化物基板と、該基板の一方の面に設けられたカソード電極層と、該面と対向した該基板の他方の面に設けられたアノード電極層とを有する固体酸化物型燃料電池を使用しているので、燃料と酸素とが存在する雰囲気、或いは、燃料と水蒸気とが共存する雰囲気が存在すれば、簡単に組み込むことができ、発電を容易に実行できる。

【0027】

そのため、燃料電池本体を備えた発電システムには、燃料供給系に燃料改質装置が、備えられ、排ガス系に排ガス処理装置が備えられており、これらの燃料供給系及び排ガス系には、固体酸化物型燃料電池の発電に適した燃料と酸素とが存在する雰囲気、或いは、燃料と水蒸気とが共存する雰囲気が存在しているので、これらの雰囲気を利用して固体酸化物型燃料電池を配置して発電することにより、システム全体的に消費燃料当りの発電量を向上することができる。

【0028】

また、燃料電池本体を備えた発電システムにおいて、燃料供給系に備えられた燃料改質装置又は排ガス系に備えられた排ガス処理装置には、装置内の雰囲気を加熱するための燃焼装置が設けられているので、これらの燃焼装置に、燃料電池装置で消費しきれなかった燃料を供給するようにしたので、システム全体のエネルギー利用効率を高くすることができます。

10

20

30

40

50

きる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

次に、本発明による燃料電池発電システムの実施形態について、図を参照しながら、説明する。図1に、本実施形態の燃料電池発電システムの構成例が示される。この燃料電池発電システムは、図9に示された燃料電池発電システムの構成を基本としており、同じ構成には、同じ符号が付されている。本実施形態の燃料電池発電システムにおける特徴的な構成に関して、太線のブロックで示されている。

【0030】

その特徴的構成の一つとして、第1燃料電池31が、燃料電池装置の排ガス系における排ガス処理装置3に組み込まれている。この第1燃料電池31が、カソード側排ガスGeとアノード側排ガスGeaとで発電し、電力P1を出力する。また、他の特徴的構成として、第2燃料電池22が、燃料電池装置の燃料供給系に係る燃料改質装置2の改質雰囲気を加熱する燃焼装置21に組み込まれている。この第2燃料電池22が、アノード側排ガスGeaと空気Goとで、或いは、改質燃料Frと空気Goとで発電し、電力P2を出力する。

10

【0031】

電力P1及びP2は、燃料電池装置1が発電する電力Pとは、別に発電されるものであり、発電システム全体の出力としては、電力P1、P2だけ増量される。なお、図1に示された燃料電池発電システムでは、第1燃料電池と第2燃料電池の両方が、排ガス系と燃料供給系に組み込まれているが、燃料電池としては、排ガス系と燃料供給系のいずれか一方に組み込まれても、電力の増大を図ることができる。

20

【0032】

次に、第1燃料電池31及び第2燃料電池22を燃料電池発電システムに組み込む構成に関する実施例について説明するが、その説明の前に、第1燃料電池31及び第2燃料電池22に関して、本発明の目的を達成するために各装置に組み込むのに適した燃料電池自体の構成について、図2及び図3を参照して説明する。

【0033】

図2には、固体酸化物燃料電池に係る基本構成が示されている。図2(a)では、その固体酸化物燃料電池の概略構成による側面図が示され、図2(b)には、その上面図が示されている。図2(a)及び(b)に示された固体酸化物燃料電池は、固体酸化物基板S、カソード電極層C及びアノード電極層Aを有している。

30

【0034】

固体酸化物基板Sは、例えば、矩形形状の平板であり、カソード電極層Cとアノード電極層Aとが、固体酸化物基板Sを介して対向するよう、その平面のほぼ全面に形成されている。そして、カソード電極層Cには、リード線L1が接続され、アノード電極層Aには、リード線L2が接続されており、リード線L1とL2とで、燃料電池出力が取り出される。なお、固体酸化物基板Sは、板状に形成されればよく、矩形形状に限られず、装置に組み込む際に適した大きさに変形でき、任意の形状とすることができる。

【0035】

40

固体酸化物基板Sには、例えば、公知のものを採用でき、次に示す材料を使用できる。

a) YSZ(イットリア安定化ジルコニア)、ScSZ(スカンジア安定化ジルコニア)、これらにCe、Al等をドープしたジルコニア系セラミックス

b) SDG(サマリアドープドセリ亞)、SGC(ガドリアドープドセリ亞)等のセリ亞系セラミックス

c) LSGM(ランタンガレート)、酸化ビスマス系セラミックス

【0036】

また、アノード電極層には、例えば、公知のものを採用でき、次に示す材料を使用できる。

d) ニッケルと、イットリア安定化ジルコニア系、スカンジア安定化ジルコニア系、又

50

は、セリア系（S D C、G D C、Y D C等）セラミックとのサーメット

e) 導電性酸化物を主成分（50重量%以上99重量%以下）とする焼結体（導電性酸化物とは、例えば、リチウムが固溶された酸化ニッケル等である）

f) d)、e)に挙げたものに、白金族金属元素から成る金属、又は、その酸化物が1~10重量%程度配合されたもの

等が挙げられ、この中でも、特にd)、e)が好ましい。

【0037】

e)の導電性酸化物を主成分とする焼結体は、優れた耐酸化性を有するのでアノード電極層の酸化に起因して発生する、アノード電極層の電極抵抗の上昇による発電効率の低下、或いは、発電不能、アノード電極層の固体酸化物層からの剥離といった現象を防止できる。また、導電性酸化物としては、リチウムが固溶された酸化ニッケルが好適である。さらに、上記d)、e)に挙げたものに、白金族金属元素から成る金属、またはその酸化物を配合することにより、高い発電性能を得ることができる。10

【0038】

カソード電極層は、公知のものを採用でき、例えば、ストロンチウム（Sr）が添加された周期律表第3族元素（ランタン等）を含むマンガン酸化化合物（例えば、ランタンストロンチウムマンガナイト）、ガリウム又はコバルト酸化化合物（例えば、ランタンストロンチウムコバルタイト）等が挙げられる。

【0039】

アノード電極層とカソード電極層とは、共に多孔質体で形成されるが、固体酸化物基板Sも多孔質に形成されるとよい。固体酸化物基板は、緻密質に形成された場合には、耐熱衝撃性が低く、急激な温度変化によって、ひび割れが生じやすい。また、一般に、固体酸化物基板は、アノード電極層及びカソード電極層よりも厚く形成されるので、固体酸化物基板のひび割れが引き金となり、固体酸化物型燃料電池の全体にひび割れが発生し、バラバラになってしまっていた。20

【0040】

固体酸化物基板が多孔質に形成されることで、発電時に、火炎中、或いは、火炎の近傍に配置されて、急激に温度変化を与えても、さらに、温度差の激しいヒートサイクルに対しても、ひび割れ等がなくなり、耐熱衝撃性が向上する。また、多孔質であっても、その気孔率が10%未満のときは、耐熱衝撃性に著しい向上が認められなかつたが、10%以上であると良好な耐熱衝撃性が見られ、20%以上であるとより好適である。これは、固体酸化物層が多孔質であると、加熱による熱膨張が空隙部分で緩和されるためと考えられる。30

【0041】

固体酸化物型燃料電池は、例えば、次のように製造される。先ず、固体酸化物層の材料粉末を所定配合割合で混合し、平板状に成形する。その後、これを焼成して焼結することで固体酸化物層としての基板が作られる。このとき、気孔形成剤等の材料粉末の種類や配合割合、焼成温度、焼成時間、予備焼成等の焼成条件等を調整することによって、様々な気孔率の固体酸化物層を作ることができる。こうして得られた固体酸化物層としての基板の一面側に、カソード電極層となる形状でペーストを、他面側にアノード電極層となる形状でペーストを夫々塗布した後に、焼成を行うことにより、図3に示されるように、一枚の固体酸化物基板に2つの固体酸化物型燃料電池を製造することができる。40

【0042】

また、固体酸化物型燃料電池は、さらに耐久性を向上することができる。この耐久性の向上手法としては、平板形の燃料電池におけるカソード電極層とアノード電極層とに、メッシュ状金属を埋設、或いは、固着させるものである。埋設する方法としては、各層の材料（ペースト）を固体酸化物基板に塗布し、メッシュ状金属をその塗布された材料中に埋め込んだ後に焼成を行う。固着する方法としては、メッシュ状金属を各層の材料によって完全に埋め込むことなく、接着させて焼結しても良い。

【0043】

50

20

30

40

50

メッシュ状金属としては、これを埋設する、或いは、固着するカソード電極層、アノード電極層との熱膨張係数の調和や、耐熱性に優れたものが好適である。具体的には、白金や、白金を含む合金から成る金属でメッシュ状にしたものが挙げられる。SUS300番代(304、316等)、或いは、SUS400番代(430等)のステンレスでも良く、これらはコストの点で有利である。

【0044】

また、メッシュ状金属を用いる代わりに、ワイヤ状金属をアノード電極層、カソード電極層に埋設或いは固着させてもよい。ワイヤ状金属は、メッシュ状の金属と同様の金属から成り、その数や配設形状等に限定はない。メッシュ状金属やワイヤ状金属を、アノード電極層やカソード電極層に埋設、或いは、固着することにより、熱履歴等によってひび割れした固体酸化物基板がバラバラになって崩れないように補強されることになり、さらに、メッシュ状金属やワイヤ状金属は、ひび割れした部分を電気的に接続することができる。

10

【0045】

なお、これまで、固体酸化物基板を多孔質性にした場合を説明したが、燃料電池の固体酸化物基板に、緻密構造のものを使用することができ、この場合には、特に、熱履歴によるひび割れに対処するのに、カソード電極層及びアノード電極層にメッシュ状金属又はワイヤ状金属を埋め込み、或いは、埋設することは、有効な手段となる。

【0046】

メッシュ状金属或いはワイヤ状金属は、アノード電極層とカソード電極層の両方に配設しても良いし、どちらか一方に配設しても良い。また、メッシュ状金属とワイヤ状金属を組み合わせて配設しても良い。熱履歴によってひび割れが生じたときには、少なくともアノード電極層に、メッシュ状金属又はワイヤ状金属が埋設されていれば、その発電能力を低下させることができなく、発電を継続することができる。固体酸化物燃料電池セルの発電能力は、アノード電極層の燃料極としての有効面積に負うところが大きいので、少なくともアノード電極層にメッシュ状金属或いはワイヤ状金属を配設すると良い。

20

【0047】

以上で、固体酸化物型燃料電池の構成について説明されたが、以下に、この固体酸化物型燃料電池を用いた場合の発電原理について説明する。

【0048】

上述した固体酸化物型燃料電池のカソード電極層C側に酸素(O_2)が供給される。カソード電極層Cと固体酸化物基板Sとの境界で酸素イオン(O^{2-})にイオン化され、この酸素イオン(O^{2-})は、固体酸化物基板Sによってアノード電極層Aに伝導される。アノード電極層Aに伝導された酸素イオン(O^{2-})は、アノード電極層Aに供給された例えば、メタン(CH_4)ガスと反応し、水(H_2O)、二酸化炭素(CO_2)、水素(H_2)、一酸化炭素(CO)が生成される。かかる反応の際に、酸素イオンが電子を放出するため、カソード電極層Cとアノード電極層Aとの間に電位差が生じる。このため、カソード電極層Cとアノード電極層Aとに電気的に接続されたリード線L1、L2によって、燃料電池としての電力を取り出すことができる。

30

【0049】

そこで、上述したような、固体酸化物基板の両面側にカソード電極層Cとアノード電極層Aとが形成された固体酸化物型燃料電池を、メタンガスと酸素とが混合された混合燃料ガス内に載置することにより、カソード電極層Cとアノード電極層Aとの間に起電力が発生し、リード線L1とL2とから、燃料電池としての電力を取り出せる。

40

【0050】

また、上述した固体酸化物型燃料電池の利用の一形態として、固体酸化物基板の外面に形成されたアノード電極層を火炎で直接暴露することにより発電することができる。この固体酸化物型燃料電池では、固体酸化物基板の形状を板状とし、例えば、薄い平板による固体酸化物基板Sが採用され、この固体酸化物基板Sの片面には、カソード電極層Cが形成され、そして、他の反対側面に、アノード電極層Aが形成されているので、カソード電

50

極層Cを空気極とし、アノード電極層Aを燃料極として、空気と燃料を分離して供給することが可能となり、カソード電極層側の酸素リッチ状態と、アノード電極層側の燃料リッチ状態とを容易に形成できる。

【0051】

ここで、燃料電池としての発電用の火炎が、アノード電極層Aの全面を曝すように供給され、この火炎は、供給される燃料の燃焼によって生成される。この火炎を生成する燃料、例えば、気体燃料であれば、メタン等を、液体燃料であれば、メタノール等を供給するようになる。また、カソード電極層Cには、空気が供給される。

【0052】

なお、図2(a)及び(b)に示した固体酸化物型燃料電池では、固体酸化物基板Sの面に設けられるカソード電極層C及びアノード電極層Aは、全面に広がる一枚の層で形成され、一つの燃料電池セルを構成したが、図3(a)及び(b)に示されるように、平板による固体酸化物基板Sの片面に、複数ずつのカソード電極層、アノード電極層を形成し、燃料電池全体として、複数の燃料電池セルを構成することもできる。

10

【0053】

図3(a)では、基板Sの面上に、2つのカソード電極層C1、C2と、その反対面に、2つのアノード電極層A1、A2が形成されている。カソード電極層C1とアノード電極層A1とで、そして、カソード電極層C2とアノード電極層A2とで、夫々、一個の燃料電池セルが構成される。そして、カソード電極層C1に、起電力取出し用のリード線L1が取り付けられ、アノード電極層A2にも、起電力取出し用のリード線L2が取り付けられている。さらに、図3(b)に示されるように、カソード電極層C2とアノード電極層A1とは、接続線L0で電気的に接続されている。リード線及び接続線としては、耐熱性のある白金製、或いは、白金を含む合金製のものが使用される。

20

【0054】

そこで、2つの固体酸化物型燃料電池セルの下方で、メタンガス等の燃料が燃焼して、火炎が生成されると、アノード電極層A1、A2の全面がその火炎に曝される。2つの燃料電池セルは、接続線L0で直列接続されるので、リード線L1とリード線L2との間に2つの燃料電池セルの起電力が足し合わされた大きさの出力が得られる。

【0055】

構成された燃料電池セルのアノード電極層A1、A2は、平板形状に形成されているので、管状のものに比べて、ムラなく火炎を当てることが可能となる。さらに、アノード電極層A1、A2を火炎側に向けられ、火炎中に存在する炭化水素、水素、ラジカル(OH、CH、C₂、O₂H、CH₃)などを燃料として利用しやすくしている。

30

【0056】

また、平板形であると、カソード電極層C1、C2を火炎から遮断することができるのアノード電極層A1、A2を火炎側に向けた状態で、カソード電極層C1、C2を空气中に露出することが容易となる。これにより、2つの燃料電池セルによる燃料電池は、開放型形態のままで、カソード電極層C1、C2側では、空気中の酸素を利用しやすくなり、酸素リッチ状態を維持できる。なお、カソード電極層C1、C2がさらに効率良く酸素を利用できるように、カソード電極層C1、C2に向かって酸素を含有する气体(空気、酸素リッチガス等)を供給することもできる。

40

【0057】

燃焼のための燃料としては、火炎を伴って燃焼酸化するもの(燃えるもの)であれば良い。燐、硫黄、フッ素、塩素、又は、これらの化合物等でも良いが、有機物が好ましい。有機物燃料としては、例えば、メタン、エタン、プロパン、ブタン等のガス、ヘキサン、ヘプタン、オクタン等のガソリン系液体、メタノール、エタノール、プロパノール等のアルコール、アセトン等のケトン、その他の有機溶剤各種、食用油、灯油等が挙げられる。この中でも、特に、ガスが好ましい。

【0058】

さらに、火炎は、拡散火炎でも予混火炎でも良いが、拡散火炎は、火炎が不安定であり

50

、煤の発生によってアノード電極層の機能低下を招きやすいので、予混火炎の方が好適である。予混火炎は安定している上に、火炎サイズを調整しやすいので有利であり、さらに燃料濃度を調整して、煤の発生を防止することができる。

【0059】

以上の様にして、一枚の固体酸化物基板に、複数の燃料電池セルが構成され、火炎を、同一面に形成されたアノード電極層に晒すことができ、カソード電極層側では、空気が、火炎と分離して供給される固体酸化物型燃料電池を作成することができる。図3に示された固体酸化物型燃料電池では、2つの燃料電池セルを直列接続するために、接続線L0が、固体酸化物基板Sの外側を渡って、カソード電極層C2とアノード電極層A1とを接続していた。この接続線L0は、固体酸化物基板の外側に飛び出した形状となっているため、接続線L0が邪魔である場合がある。そこで、固体酸化物基板Sにおいて、カソード電極層又はアノード電極層が形成されていない部分に、ピアを設け、このピアを介して、カソード電極層とアノード電極層を接続することもできる。

【0060】

以上で、燃料と酸素とが存在する雰囲気、或いは、燃料と水蒸気とが共存する雰囲気でも発電可能であり、第1燃料電池31及び第2燃料電池22として組み込むことに適した燃料電池は、固体酸化物基板と、該基板の一方の面に設けられたカソード電極層と、該面と対向した該基板の他方の面に設けられたアノード電極層とを有する固体酸化物型燃料電池であることが説明された。なお、図1に示された燃料電池発電システムの燃料電池装置自体に、上述した固体酸化物型燃料電池を採用することができる。

【0061】

次に、図4乃至図7を参照して、上述された固体酸化物型燃料電池を第1燃料電池31及び第2燃料電池22として組み込む具体的構成が、実施例1乃至4に分けて、以下に説明される。実施例1及び2は、固体酸化物型燃料電池が、燃料電池装置の排ガス系に組み込まれる場合であり、実施例3及び4は、固体酸化物型燃料電池が、燃料電池装置の燃料供給系に組み込まれる場合である。

【実施例1】

【0062】

実施例1は、第1燃料電池31が、燃料電池装置1の排ガス系に備えられた排ガス処理装置3に配置される場合であって、第1燃料電池31が、排ガス処理装置3内に置かれ、第1燃料電池自体が、燃料電池装置1から排出されるカソード側排ガスGec及びアノード側排ガスGeaの混合ガス中に配置される。第1燃料電池31の配置の仕方が、図4に示されている。

【0063】

図4は、図1に示された燃料電池発電システムにおける排ガス処理装置3の構成を中心にして示されており、同じ部分には、同じ符号が付されている。図4では、第1燃料電池31として、上述したように、固体酸化物基板の両面にカソード電極層とアノード電極層を形成した固体酸化物型燃料電池を採用しており、3個の固体酸化物型燃料電池31-1乃至31-3が、混合ガスの雰囲気中に並行配置されている。排ガス処理装置3では、排ガスを処理するために、この混合ガスの雰囲気は、元々、適当な温度に加熱されているので、この混合ガスの雰囲気は、固体酸化物型燃料電池の発電に適した環境になっている。

【0064】

排ガス処理装置内に配置する固体酸化物型燃料電池の数は、3個に限られず、1個又は複数個を適宜選択することができる。また、各々の固体酸化物型燃料電池に接続されているリード線L1とL2の結線の仕方により、複数の燃料電池を、直列接続、並列接続、又は、直並列接続とすることによって、電力P1の出力電圧値又は出力電流値を変更することができる。

【0065】

各々の固体酸化物型燃料電池は、燃料電池装置1から排出されたカソード側排ガスGecに含まれた酸素と、同じく排出されたアノード側排ガスGeaに含まれた水素との電極

10

20

30

40

50

反応により発電し、電力 P 1 を出力する。ここでは、各々の固体酸化物型燃料電池が、アノード側排ガス G e a を発電用燃料としている。必要に応じて、排ガス処理装置 3 に空気 G o を供給し、酸素を補うようにしてもよい。各々の固体酸化物型燃料電池が消費しきれずに残った水素は、排ガス処理装置 3 内で処理され、排ガス G e となってシステム外に放出される。

【 0 0 6 6 】

従来の燃料電池発電システムでは、燃料電池装置 1 から排出された排ガスに含まれた発電で消費されずに残った燃料は、排ガス処理装置で排ガス処理されて捨てられていたが、以上に説明した実施例 1 によれば、排ガス処理装置内に配置された固体酸化物型燃料電池で、残った燃料が発電用に有效地に利用され、発電システムの全体的に、消費燃料当りの発電量を増加させることができる。

10

【 実施例 2 】

【 0 0 6 7 】

実施例 2 も、第 1 燃料電池 3 1 が、燃料電池装置 1 の排ガス系に備えられた排ガス処理装置 3 に配置される場合であって、第 1 燃料電池 3 1 が、排ガス処理装置 3 内に置かれる点では、実施例 1 の場合と同様であるが、実施例 2 では、第 1 燃料電池自体を、燃料電池装置 1 から排出されるカソード側排ガス G e c 及びアノード側排ガス G e a の混合ガス中に配置するのではなく、カソード側排ガス G e c とアノード側排ガス G e a とを、個別に、第 1 燃料電池である固体酸化物型燃料電池のカソード電極層側とアノード電極層側に分けて供給される。その第 1 燃料電池 3 1 の配置の仕方が、図 5 に示されている。

20

【 0 0 6 8 】

図 5 は、図 1 に示された燃料電池発電システムにおける排ガス処理装置 3 の構成を中心にして示されており、同じ部分には、同じ符号が付されている。図 5 でも、第 1 燃料電池 3 1 として、上述したように、固体酸化物基板 S の両面にカソード電極層 C とアノード電極層 A を形成した固体酸化物型燃料電池が採用されている。

【 0 0 6 9 】

固体酸化物型燃料電池 3 1 は、排ガス処理装置 3 の内部において、燃料電池装置から排出されるカソード側排ガス G e c とアノード側排ガス G e a の排ガス処理装置 3 への導入部位に配置されると都合がよい。カソード側排ガス G e c は、固体酸化物型燃料電池 3 1 のカソード電極層 C の側に供給され、アノード側排ガス G e a は、そのアノード電極層 A の側に供給される。必要に応じて、排ガス処理装置 3 に空気 G o を供給し、酸素を補うようにしてもよい。

30

【 0 0 7 0 】

固体酸化物型燃料電池 3 1 のアノード電極層 A が、燃料を燃焼させるバーナーを有する燃焼装置 3 2 に面して配置される。この燃焼装置 3 2 は、燃料電池装置 1 から排出されたアノード側排ガス G e a を燃焼させて、火炎を発生させる。アノード電極層 A の全面が、この火炎に曝される。そこで、固体酸化物型燃料電池 3 1 は、この火炎に含まれる活性種を燃料として、カソード側排ガス G e c に含まれる酸素と電極反応して発電し、電力 P 1 を出力する。

【 0 0 7 1 】

40

燃焼装置 3 2 は、特別に設ける必要がなく、元々備えられている、排ガス処理の雰囲気を加熱する燃焼装置を使用することができ、この燃焼装置にアノード側排ガス G e a を供給することもできる。また、固体酸化物型燃料電池 3 1 が消費しきれずに残った燃料は、排ガス処理装置 3 内で処理され、排ガス G e となってシステム外に放出される。

【 0 0 7 2 】

従来の燃料電池発電システムでは、燃料電池装置 1 の発電で消費されずに残った排ガスに含まれた燃料は、排ガス処理装置で排ガス処理されて捨てられていたが、以上に説明した実施例 2 によれば、排ガス処理装置内に配置された固体酸化物型燃料電池で、残った燃料が発電用に有效地に利用され、発電システムの全体的に、消費燃料当りの発電量を増加させることができる。

50

【実施例3】

【0073】

実施例3は、第2燃料電池22が、燃料電池装置1の燃料供給系に備えられた燃料改質装置2に配置される場合であって、第2燃料電池22は、燃料改質装置2内に置かれ、第2燃料電池自体が、燃料改質雰囲気を加熱するための燃料改質装置に元々備えられた燃焼装置に組み込まれるようにした。第2燃料電池22の配置の仕方が、図6に示されている。

【0074】

図6は、図1に示された燃料電池発電システムにおける燃料改質装置2の構成を中心にして示されており、同じ部分には、同じ符号が付されている。図6では、第2燃料電池22として、上述したように、固体酸化物基板の両面にカソード電極層とアノード電極層を形成した固体酸化物型燃料電池を採用している。実施例3の場合には、燃料改質装置2の燃焼装置21において発生される火炎を固体酸化物型燃料電池の発電用燃料としているので、カソード電極層側を酸素リッチ状態とするため、空気G₀が供給される空気室を設けている。燃料改質雰囲気は、この空気室を介して加熱される。

10

【0075】

燃焼装置21には、燃料電池装置1から排出されたアノード側排ガスG_{e a}の一部又は全部が供給され、さらに、アノード側排ガスG_{e a}を燃焼させるための空気が空気室23を通じて供給される。固体酸化物型燃料電池22は、カソード電極層Cに供給された空気G₀中の酸素と、アノード電極層Aの全面を曝す火炎に含まれる活性種との電極反応で発電し、電力P₂を出力する。

20

【0076】

従来の燃料電池発電システムでは、燃料電池装置1の発電で消費されずに残った排ガスに含まれた燃料は、排ガス処理装置で排ガス処理されて捨てられていたが、以上に説明した実施例3によれば、燃料改質装置に配置された固体酸化物型燃料電池で、残った燃料が発電用と加熱用に有効に利用され、発電システムの全体的に、消費燃料当たりの発電量を増加させることができる。

【実施例4】

【0077】

実施例4も、第2燃料電池22が、燃料電池装置1の燃料供給系に備えられた燃料改質装置2に配置される場合であって、第2燃料電池22は、燃料改質装置2内に置かれ、第2燃料電池自体が、燃料改質雰囲気を加熱するための燃料改質装置に元々備えられた燃焼装置に組み込まれ、燃料電池装置1から排出されるアノード側排ガスG_{e a}が燃料改質雰囲気を加熱する燃焼装置に利用される点では、実施例3の場合と同様であるが、実施例4では、第2燃料電池の燃料が燃料改質雰囲気から供給されるようになっている。その第2燃料電池22の配置の仕方が、図7に示されている。

30

【0078】

図7は、図1に示された燃料電池発電システムにおける燃料改質装置2の構成を中心にして示されており、同じ部分には、同じ符号が付されている。図7では、第2燃料電池22として、上述したように、固体酸化物基板の両面にカソード電極層とアノード電極層を形成した固体酸化物型燃料電池を採用している。実施例4の場合には、燃料改質装置2における燃料改質雰囲気から燃料が供給されるように、固体酸化物型燃料電池22のアノード電極層Aが、この燃料改質雰囲気側に向いて、該雰囲気に接している。

40

【0079】

また、固体酸化物型燃料電池22のアノード電極層Aが燃料改質雰囲気側に向いているため、カソード電極層Cは、必然的に燃焼装置21側に向うことになる。そこで、燃料電池装置1から排出されるアノード側排ガスG_{e a}の一部又は全部を燃焼装置21で燃焼するためと、カソード電極層C側を酸素リッチ状態とするためとを併せて、燃焼装置21に空気G₀を供給する。燃焼装置21には、アノード側排ガスG_{e a}だけでなく、他のガス類を燃料として併用することができる。

50

【0080】

固体酸化物型燃料電池22は、カソード電極層Cに供給された空気G₀中の酸素と、アノード電極層Aの全面を曝す燃料改質霧囲気で生成された改質燃料に含まれる活性種との電極反応で発電し、電力P₂を出力する。

【0081】

従来の燃料電池発電システムでは、燃料電池装置1の発電で消費されずに残った排ガスに含まれた燃料は、排ガス処理装置で排ガス処理されて捨てられていたが、以上に説明した実施例4によれば、燃料改質装置に備えられた燃焼装置で燃焼される燃料となり、燃料電池装置で残った燃料が加熱用に有効に利用され、発電システムの全体的に、消費燃料当りの発電量を増加させることができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0082】

【図1】本発明による燃料電池発電システムの基本構成を説明する図である。

【図2】本発明の燃料電池発電システムに組み込まれる第1及び第2燃料電池に用いられる固体酸化物型燃料電池の構成を説明する図である。

【図3】第1及び第2燃料電池の構成の変形例を説明する図である。

【図4】排ガス処理装置に組み込まれる第1燃料電池の構成の実施例1を説明する図である。

【図5】排ガス処理装置に組み込まれる第1燃料電池の構成の実施例2を説明する図である。

20

【図6】燃料改質装置に組み込まれる第2燃料電池の構成の実施例3を説明する図である。

【図7】燃料改質装置に組み込まれる第2燃料電池の構成の実施例4を説明する図である。

【図8】従来技術による燃料電池発電システムの構成を説明する図である。

【図9】燃料電池排ガスの有効利用を図った燃料電池発電システムの構成を説明する図である。

【符号の説明】

【0083】

1 燃料電池装置

30

2 燃料改質装置

3 排ガス処理装置

21 燃焼装置

22 第2燃料電池

23 空気室

31、31-1～31-3 第1燃料電池

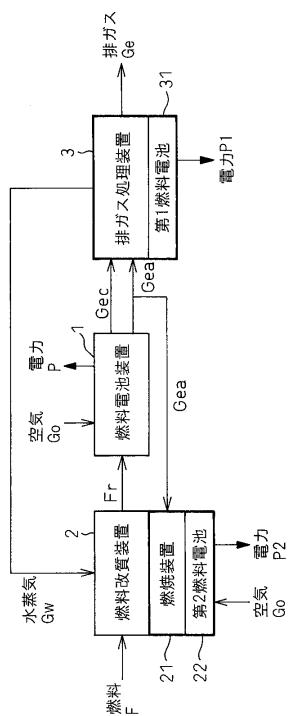
A、A1、A2 アノード電極層

C、C1、C2 カソード電極層

S 固体酸化物基板

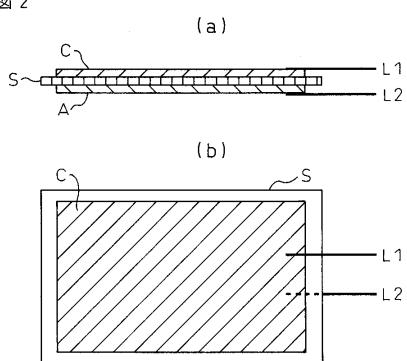
【図1】

図1



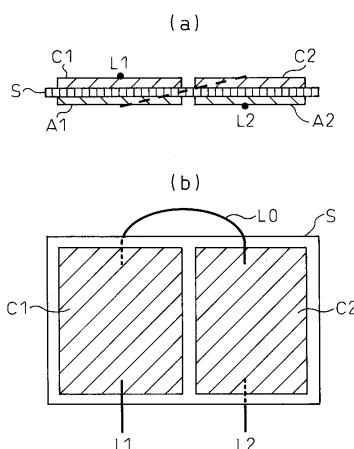
【図2】

図2



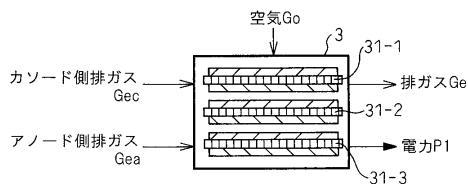
【図3】

図3



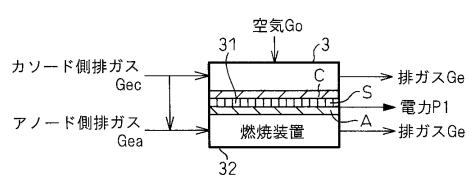
【図4】

図4



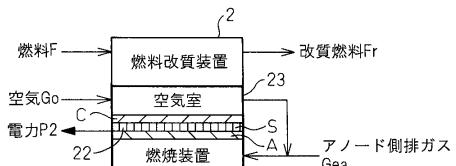
【図5】

図5



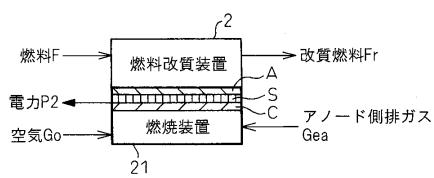
【図6】

図6



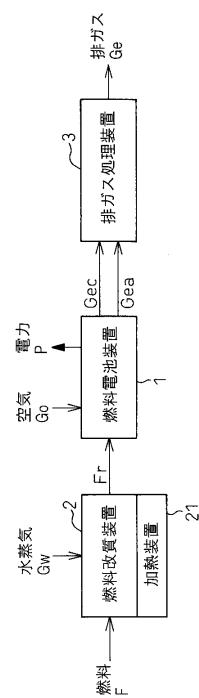
【図7】

図7



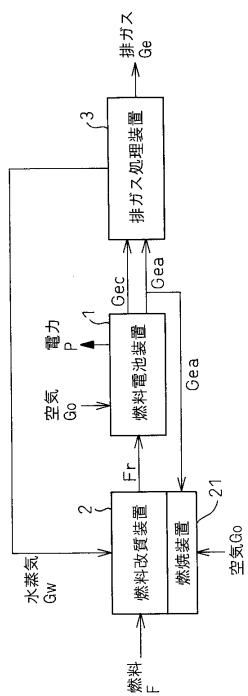
【図8】

図8



【図9】

図9



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 01M 8/10

(72)発明者 堀内 道夫
長野県長野市小島田町80番地 新光電気工業株式会社内
(72)発明者 菅沼 茂明
長野県長野市小島田町80番地 新光電気工業株式会社内
(72)発明者 渡邊 美佐
長野県長野市小島田町80番地 新光電気工業株式会社内
(72)発明者 徳武 安衛
長野県長野市小島田町80番地 新光電気工業株式会社内

審査官 渡部 朋也

(56)参考文献 特開2002-313402 (JP, A)
特開平08-306369 (JP, A)
特開2004-139936 (JP, A)
特開2001-273914 (JP, A)
特開平06-196176 (JP, A)
特開平6-123427 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 01M 8/00 - 8/24