

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

燃料および酸化剤ガスの供給により発電を行う発電部と、
前記発電部側へ液体燃料を供給すると共に、この液体燃料の供給量を調節可能な燃料供給部と、
前記燃料供給部により供給された液体燃料を気化させることによって、気体燃料を前記発電部へ供給する燃料気化部と、
前記発電部から供給される発電電圧を昇圧する昇圧回路と、
所定の制御用テーブルを用いて前記昇圧回路の動作を制御することにより、この昇圧回路から負荷へ供給される負荷電圧および負荷電流に対する制御を行う制御部と
を備えた燃料電池システム。

10

【請求項 2】

前記制御部は、前記負荷電圧が一定となるように、前記昇圧回路の動作制御を行う
請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 3】

前記昇圧回路は、前記負荷電圧に基づく電圧と所定の基準電圧との電位比較結果に応じて昇圧動作を行うものであり、
前記制御部は、前記負荷電圧の設定値が大きくなるのに応じて前記基準電圧の設定値が大きくなるように、前記昇圧回路の動作制御を行う
請求項 2 に記載の燃料電池システム。

20

【請求項 4】

前記制御部は、前記制御用テーブルを用いて、前記発電部における燃料変換効率の設定値が大きくなるのに応じて前記負荷電流が小さくなるように、前記昇圧回路の動作制御を行う
請求項 2 に記載の燃料電池システム。

【請求項 5】

前記制御部は、前記負荷電流が一定となるように、前記昇圧回路の動作制御を行う
請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 6】

前記制御部は、前記燃料供給部による液体燃料の供給量が一定である場合に、前記制御用テーブルを用いて、前記負荷の大きさに応じて前記負荷電圧および負荷電流の大きさの調整を行う
請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システム。

30

【請求項 7】

前記昇圧回路が、DC / DC コンバータを含んで構成されている
請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 8】

前記液体燃料を収容する燃料タンクを備えた
請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 9】

燃料電池システムを備え、
前記燃料電池システムは、
燃料および酸化剤ガスの供給により発電を行う発電部と、
前記発電部側へ液体燃料を供給すると共に、この液体燃料の供給量を調節可能な燃料供給部と、
前記燃料供給部により供給された液体燃料を気化させることによって、気体燃料を前記発電部へ供給する燃料気化部と、
前記発電部から供給される発電電圧を昇圧する昇圧回路と、
所定の制御用テーブルを用いて前記昇圧回路の動作を制御することにより、この昇圧回路から負荷へ供給される負荷電圧および負荷電流に対する制御を行う制御部と

40

50

を有する電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、メタノール等と酸化剤ガス（酸素）との反応により発電を行う燃料電池システムおよびそのような燃料電池システムを備えた電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、燃料電池は、発電効率が高く、有害物質を排出しないため、産業用や家庭用の発電装置として、あるいは人工衛星や宇宙船などの動力源として実用化されてきた。また、近年では、乗用車、バス、トラック等の車両用の動力源としての開発が進んでいる。このような燃料電池は、アルカリ水溶液型、リン酸型、熔融炭酸塩型、固体酸化物型および直接型メタノールなどの種類に分類される。中でも、ダイレクトメタノール固体高分子電解質型燃料電池（DMFC；Direct Methanol Fuel Cell）は、燃料水素源としてメタノールを用いることによって高エネルギー密度化することができ、また改質器が不要であり小型化が可能であることから、小型携帯用燃料電池向けに研究が進められている。

10

【0003】

DMFCでは、固体高分子電解質膜を2枚の電極で挟み、一体化させて接合した単位セルであるMEA（Membrane Electrode Assembly；膜電極接合体）が使用される。そしてガス拡散電極の一方を燃料電極（負極）とすると共に、その表面に燃料としてのメタノールを供給すると、メタノールが分解されて水素イオン（プロトン）と電子とが生じ、水素イオンが固体高分子電解質膜を透過する。また、ガス拡散電極の他方を酸素電極（正極）とすると共に、その表面に酸化剤ガスとしての空気を供給すると、空気中の酸素と上記水素イオンおよび電子とが結合し、水が生成される。このような電気化学反応により、DMFCから起電力が生じるようになっている。

20

【0004】

ところで、このような燃料電池を備えた燃料電池システムでは、燃料電池による発電電圧および発電電流（発電電力）を2次電池に充電させ、負荷を駆動するようにしたものがある。したがって、このような燃料電池システムでは、燃料電池による発電電力を、できるだけ効率的に2次電池へ充電させることが望まれる。

30

【0005】

そこで、例えば特許文献1には、DC/DCコンバータを用いて、燃料電池の発電電圧値が一定に保たれるように制御するようにしたものが提案されている。

【0006】

【特許文献1】特表2006-501798号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところが、上記特許文献1には、DC/DCコンバータを用いた詳細な制御方法については記載されていないため、より効率的な制御方法の実現が望まれる。

40

【0008】

また、上述したDMFCでは、燃料電極へメタノールを供給する方法として、液体供給型（液体燃料（メタノール水溶液）を、そのまま燃料電極へ供給するもの）と、気化供給型（液体燃料を気化した状態で、燃料電極へ供給するもの）とが提案されている。これらのうち、気化供給型では、液体供給型のような燃料の濃度に応じた燃料供給制御を行うことができず、燃料供給周期に応じた断続的な燃料供給制御となっている。そのため、特に気化供給型のDMFCでは、断続的な燃料供給制御に起因して、発電電圧や発電電流を制御するのが困難であり、安定した発電動作を実現することが望まれていた。

【0009】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、気化供給型の燃料電池に

50

において従来よりも安定した発電を行うことが可能な燃料電池システム、およびそのような燃料電池システムを備えた電子機器を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の燃料電池システムは、燃料および酸化剤ガスの供給により発電を行う発電部と、この発電部側へ液体燃料を供給すると共にこの液体燃料の供給量を調節可能な燃料供給部と、この燃料供給部により供給された液体燃料を気化させることによって、気体燃料を発電部へ供給する燃料気化部と、発電部から供給される発電電圧を昇圧する昇圧回路と、所定の制御用テーブルを用いて昇圧回路の動作を制御することにより、この昇圧回路から負荷へ供給される負荷電圧および負荷電流に対する制御を行う制御部とを備えたものである。

10

【0011】

本発明の電子機器は、上記燃料電池システムを備えたものである。

【0012】

本発明の燃料電池システムおよび電子機器では、燃料気化部において、燃料供給部により供給された液体燃料が気化されることにより、気体燃料が発電部に供給される。そして発電部では、この気体燃料と酸化剤ガスとの供給により、発電が行われる。また、このような発電により発電部から供給される発電電圧は、昇圧回路により昇圧され、負荷電圧として負荷へ供給される。その際、所定の制御用テーブルを用いて昇圧回路の動作が制御されることにより、この昇圧回路から負荷へ供給される負荷電圧および負荷電流が制御される。

20

【発明の効果】

【0013】

本発明の燃料電池システムまたは電子機器によれば、発電部から供給される発電電圧を昇圧回路によって昇圧すると共に、所定の制御用テーブルを用いて昇圧回路の動作を制御することにより、この昇圧回路から負荷へ供給される負荷電圧および負荷電流に対する制御を行うようにしたので、気化供給型の燃料電池において断続的な燃料供給がなされている場合であっても、負荷電圧や負荷電流に対する効率的な制御が実現される。よって、気化供給型の燃料電池において、従来よりも安定した発電を行うことが可能となる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0015】

図1は、本発明の一実施の形態に係る燃料電池システム（燃料電池システム5）の全体構成を表すものである。燃料電池システム5は、負荷6を駆動するための電力を出力端子T2、T3を介して供給するものである。この燃料供給システム5は、燃料電池1と、電流検出部31と、電圧検出部32と、昇圧回路33と、分圧回路36と、二次電池34と、制御部35とから構成されている。

【0016】

燃料電池1は、発電部10と、燃料タンク40と、燃料ポンプ42とを含んで構成されている。なお、この燃料電池1の詳細構成については、後述する。

40

【0017】

発電部10は、メタノールと酸化剤ガス（例えば、酸素）との反応により発電を行う直接メタノール型の発電部であり、正極（酸素電極）および負極（燃料電極）を有する複数の単位セルを含んで構成されている。なお、この発電部10の詳細構成については、後述する。

【0018】

燃料タンク40は、発電に必要な液体燃料（例えば、メタノールまたはメタノール水溶液）を内蔵するものである。なお、この燃料タンク40の詳細構成については、後述する。

50

【 0 0 1 9 】

燃料ポンプ 4 2 は、燃料タンク 4 0 に収容された液体燃料を汲み上げて、発電部 1 0 側へ供給（輸送）するためのポンプであり、燃料の供給量を調節することができるようになっている。また、このような燃料供給ポンプ 4 2 の動作（液体燃料の供給動作）は、後述する制御部 3 5 によって制御されるようになっている。なお、燃料ポンプ 4 2 の詳細構成については、後述する。

【 0 0 2 0 】

電流検出部 3 1 は、接続ライン L 1 H 上において、発電部 1 0 の正極側と接続点 P 1 との間に配置されており、発電部 1 0 の発電電流 I_1 を検出するものである。この電流検出部 3 1 は、例えば抵抗器を含んで構成されている。なお、このような電流検出部 3 1 を、
10 接続ライン L 1 L 上（発電部 1 0 の負極側と接続点 P 2 との間）に配置するようにしてもよい。

【 0 0 2 1 】

電圧検出部 3 2 は、接続ライン L 1 H 上の接続点 P 1 と、接続ライン L 1 L 上の接続点 P 2 との間に配置されており、発電部 1 0 の発電電圧 V_1 （昇圧回路 3 3 の入力電圧 V_{in} ）を検出するものである。この電圧検出部 3 2 は、例えば抵抗器を含んで構成されている。

【 0 0 2 2 】

昇圧回路 3 3 は、接続ライン L 1 H 上の接続点 P 1 と、出力ライン L O 上の接続点 P 3 との間に配置されており、発電部 1 0 の発電電圧 V_1 （直流入力電圧 V_{in} ）を昇圧して、
20 直流出力電圧 V_{out} を生成する電圧変換部である。この昇圧回路 3 3 は、例えば DC / DC コンバータを含んで構成されており、後述する分圧回路 3 6 により生成される分圧電圧 V_{FB} と所定の基準電圧（後述する基準電圧 V_{ref} ）との電位比較結果に応じて、昇圧動作を行うようになっている。このような昇圧回路 3 3 の昇圧動作により、例えば図 2 に示したように、出力電圧 V_{out} を二次電池 3 4 の端子電圧 V_L よりも大きくして電位差 Δ を生じさせることができ、二次電池 3 4 に対する充電動作が可能となっている。また、このときの昇圧回路 3 3 からの出力電流 I_{out} の値は、上記電位差 Δ と、二次電池 3 4 の内部抵抗値とによって定まるようになっている。なお、昇圧回路 3 3 の詳細構成および詳細動作については、後述する。

【 0 0 2 3 】

分圧回路 3 6 は、出力ライン L O 上の接続点 P 3 と、接地ライン L G 上の接続点 P 4 との間に配置され、抵抗器 R_3 、 R_4 と、可変抵抗器 R_v とにより構成されている。抵抗器 R_3 の一端は接続点 P 3 に接続され、他端は可変抵抗器 R_v の一端に接続されている。また、可変抵抗器 R_v の他端は、接続点 P 5 において抵抗器 R_4 の一端に接続されている。また、抵抗器 R_4 の他端は接続点 P 4 に接続されている。このような構成により分圧回路 3 6 では、接続点 P 5、P 4 間に生ずる、昇圧回路 3 3 からの出力電圧 V_{out} の分圧電圧 V_{FB} （フィードバック電圧）を、昇圧回路 3 3 へフィードバックするようになっている。なお、このフィードバック動作の詳細については、後述する。

【 0 0 2 4 】

二次電池 3 4 は、出力ライン L O 上の接続点 P 6 と、接地ライン L G 上の接続点 P 7 との間に配置されており、昇圧回路 3 3 により生成された直流出力電圧 V_{out} （負荷電圧）と、昇圧回路 3 3 からの出力電流 I_{out} （負荷電流）とに基づいて蓄電を行うものである。この二次電池 3 4 は、例えばリチウムイオン二次電池などにより構成されている。

【 0 0 2 5 】

制御部 3 5 は、電流検出部 3 1 により検出された発電電流（検出電流） I_1 と、電圧検出部 3 2 により検出された発電電圧（検出電圧） V_1 （入力電圧 V_{in} ）とに基づいて、燃料ポンプ 4 2 による液体燃料の供給量を調整するものである。また、制御部 3 5 は、後述する所定の制御用テーブルを用いて昇圧回路 3 3 の昇圧動作を制御することにより、この昇圧回路 3 3 から負荷（二次電池 3 4 および負荷 6）へ供給される出力電圧 V_{out} （負荷電圧）および出力電流 I_{out} （負荷電流）に対する制御を行うようになっている。このよ
50

うな制御部 35 は、例えばマイクロコンピュータなどにより構成されている。なお、制御部 35 による出力電圧 V_{out} および出力電流 I_{out} の制御動作の詳細については、後述する。

【0026】

次に、図 3 ~ 図 5 を参照して、燃料電池 1 の詳細構成について説明する。図 3 および図 4 は、燃料電池 1 内の発電部 10 における単位セル 10A ~ 10F の構成例を表すものであり、図 2 は、図 3 における I I - I I 線に沿った矢視断面構成に対応する。単位セル 10A ~ 10F は、面内方向に例えば 3 行 × 2 列に配置されると共に、複数の接続部材 20 により電氣的に直列に接続された平面積層構造とされている。単位セル 10C, 10F には、接続部材 20 の延長部分である端子 20A が取り付けられている。また、単位セル 10A ~ 10F の下方には、燃料タンク 40 と、燃料ポンプ 42 と、ノズル 43 と、燃料気化部 44 とが設けられている。

10

【0027】

単位セル 10A ~ 10F は、それぞれ、電解質膜 11 を間にして対向配置された燃料電極（負極、アノード電極）12 と酸素電極 13（正極、カソード電極）とを有している。

【0028】

電解質膜 11 は、例えば、スルホン酸基（ $-SO_3H$ ）を有するプロトン伝導材料により構成されている。プロトン伝導材料としては、ポリパーフルオロアルキルスルホン酸系プロトン伝導材料（例えば、デュボン社製「Nafion（登録商標）」）、ポリイミドスルホン酸などの炭化水素系プロトン伝導材料、またはフラーレン系プロトン伝導材料などが挙げられる。

20

【0029】

燃料電極 12 および酸素電極 13 は、例えば、カーボンペーパーなどよりなる集電体に、白金（Pt）あるいはルテニウム（Ru）などの触媒を含む触媒層が形成された構成を有している。触媒層は、例えば、触媒を担持させたカーボンブラックなどの担持体をポリパーフルオロアルキルスルホン酸系プロトン伝導材料などに分散させたものにより構成されている。なお、酸素電極 13 には図示しない空気供給ポンプが接続されていてよいし、接続部材 20 に設けられた開口（図示せず）を介して外部と連通し、自然換気により空気すなわち酸素が供給されるようになっていてもよい。

【0030】

30

接続部材 20 は、二つの平坦部 21, 22 の間に屈曲部 23 を有し、一方の平坦部 21 において一つの単位セル（例えば、10A）の燃料電極 12 に接し、他方の平坦部 22 において隣接する単位セル（例えば、10B）の酸素電極 13 に接しており、隣接する二つの単位セル（例えば、10A, 10B）を電氣的に直列に接続すると共に、各単位セル 10A ~ 10F で発生した電気を集電する集電体としての機能も有している。このような接続部材 20 は、例えば、厚みが $150\mu m$ であり、銅（Cu）、ニッケル（Ni）、チタン（Ti）またはステンレス鋼（SUS）により構成され、金（Au）または白金（Pt）等でめっきされていてよい。また、接続部材 20 は、燃料電極 12 および酸素電極 13 に燃料および空気をそれぞれ供給するための開口（図示せず）を有しており、例えば、エキスパンドメタルなどのメッシュ類や、パンチングメタルなどにより構成されている。なお、屈曲部 23 は、予め単位セル 10A ~ 10F の厚みに合わせて折曲加工されていてよいし、接続部材 20 が厚み $200\mu m$ 以下のメッシュなど柔軟性を有している場合は製造工程においてたわむことにより形成されるようにしてもよい。このような接続部材 20 は、例えば、電解質膜 11 の周辺部に設けられた PPS（ポリフェニレンスルフィド）あるいはシリコンゴム等の封止材（図示せず）が接続部材 20 にネジ締めされることにより、単位セル 10A ~ 10F に接合されている。

40

【0031】

燃料タンク 40 は、例えば、液体燃料 41 の増減によっても内部に気泡などが入らずに体積が変化する容器（例えばビニール袋など）と、この容器を覆う直方体形状のケース（構造体）とにより構成されている。この燃料タンク 40 には、その中央付近の上方に、燃

50

料タンク 40 内の液体燃料 41 を吸引してノズル 43 から排出させるための燃料ポンプ 42 が設けられている。

【0032】

燃料ポンプ 42 は、例えば、圧電体（図示せず）と、この圧電体を支持するための圧電体支持樹脂部（図示せず）と、燃料タンク 40 からノズル 43 までを接続する配管としての流路（図示せず）とを含んで構成されている。この燃料ポンプ 42 は、例えば図 5（A）、（B）に示したように、1 回の動作当りの燃料供給量または燃料供給周期 Δt の変化に応じて、燃料の供給量を調節することができるようになっている。なお、この燃料ポンプ 42 が、本発明における「燃料供給部」の一具体例に対応する。

【0033】

燃料気化部 44 は、燃料ポンプ 42 により供給された液体燃料を気化させることによって、気体燃料を発電部 10（各単位セル 10A ~ 10F）へ供給するものである。この燃料気化部 44 は、例えばステンレス鋼、アルミニウムなどを含む金属や合金、シクロオレフィンコポリマー（COC）などの剛性の高い樹脂材料よりなるプレート（図示せず）上に、燃料の拡散を促進するための拡散部（図示せず）が設けられたものである。拡散部としては、アルミナ、シリカ、酸化チタンなどの無機多孔質材料や樹脂多孔質材料を用いることができる。

【0034】

ノズル 43 は、燃料ポンプ 42 の流路（図示せず）によって輸送される燃料の噴出口であり、燃料気化部 44 の表面に設けられた拡散部に向けて、燃料を噴出するようになっている。これにより、燃料気化部 44 へ輸送された燃料が拡散気化され、発電部 10（各単位セル 10A ~ 10F）に向けて供給される。このノズル 43 は、例えば直径 0.1 mm ~ 0.5 mm の口径を有している。

【0035】

次に、図 6 および図 7 を参照して、昇圧回路 33 および分圧回路 36 の詳細構成について説明する。図 6 は、昇圧回路 33 および分圧回路 36 の詳細な回路構成を表したものである。

【0036】

昇圧回路 33 は、インダクタ 33L、コンデンサ 33C および 2 つのスイッチング素子 $Tr1$ 、 $Tr2$ からなる DC / DC コンバータと、リファレンス電源（基準電源）331 と、エラーアンプ 332 と、発振回路 333 と、PWM（Pulse Width Modulation；パルス幅変調）信号生成部 334 とから構成されている。

【0037】

DC / DC コンバータは、発電部 10 の発電電圧 V_1 （直流入力電圧 V_{in} ）を昇圧して、直流出力電圧 V_{out} を生成する電圧変換部である。この DC / DC コンバータにおいて、インダクタ 33L は、接続ライン $L1H$ 上に挿入配置されている。また、スイッチング素子 $Tr1$ は、接続ライン $L1H$ と接続ライン $L1L$ との間に配置されている。スイッチング素子 $Tr2$ は、接続ライン $L1H$ および出力ライン LO 上に挿入配置されている。コンデンサ 33C は、出力ライン LO と接地ライン LG との間に配置されている。

【0038】

ここで、スイッチング素子 $Tr1$ 、 $Tr2$ はそれぞれ、例えば N チャネルの MOS - FET（Metal Oxide Semiconductor - Field Effect Transistor；電界効果型トランジスタ）により構成されている。これらスイッチング素子 $Tr1$ 、 $Tr2$ のゲート端子には、後述する PWM 信号生成部 334 から出力される制御信号（PWM 信号） $S1$ 、 $S2$ が供給されており、各々のスイッチング動作が制御されるようになっている。

【0039】

リファレンス電源（基準電源）331 は、エラーアンプ 332 のリファレンス電圧（基準電圧） V_{ref} を供給する電源である。

【0040】

エラーアンプ 332 は、分圧回路 36 により供給される分圧電圧 V_{FB} と、基準電源 3

10

20

30

40

50

31から供給される基準電圧 V_{ref} との電位差の大小を比較し、その比較結果（「H（ハイ）」または「L（ロー）」の信号）をPWM信号生成部334へ出力するものである。

【0041】

発振回路333は、PWM信号生成部334においてPWM信号を生成する際に用いるパルス信号を生成し、PWM信号生成部334へ供給するものである。

【0042】

PWM信号生成部334は、エラーアンプ332における比較結果と、発振回路333から供給されるパルス信号とに基づいて、PWM信号からなるスイッチング素子 Tr_1 、 Tr_2 の制御信号 S_1 、 S_2 を生成するものである。具体的には、例えば図7（A）、（B）に示したように、のこぎり波からなる基準電圧 V_{ref} よりも分圧電圧 V_{FB} のほうが電位が大きい場合に、その期間にパルス幅を有するPWM信号（制御信号 S_1 ）が生成されるようになっている。また、この際、図中のパルス幅 $\Delta t_1 \sim \Delta t_3$ で示したように、分圧電圧 V_{FB} の電位がより大きくなるのに応じて制御信号 S_1 のパルス幅がより小さくなる一方、逆に分圧電圧 V_{FB} の電位がより小さくなるのに応じて制御信号 S_1 のパルス幅がより大きくなるようになっている。

【0043】

本実施の形態の燃料電池システム5は、例えば次のようにして製造することができる。

【0044】

まず、上述した材料よりなる電解質膜11を、上述した材料よりなる燃料電極12および酸素電極13の間に挟んで熱圧着することにより、電解質膜11に燃料電極12および酸素電極13を接合し、単位セル10A～10Fを形成する。

【0045】

次いで、上述した材料よりなる接続部材20を用意し、図8および図9に示したように、6個の単位セル10A～10Fを3行×2列に配置し、接続部材20により電氣的に直列に接続する。なお、電解質膜11の周辺部には上述した材料よりなる封止材（図示せず）を設け、この封止材を接続部材20の屈曲部23にネジ締めにより固定する。

【0046】

そののち、連結された単位セル10A～10Fの燃料電極12側に、液体燃料41が収容されると共に燃料ポンプ42およびノズル43等が設けられた燃料タンク40を配設することにより、燃料電池1を形成する。そしてこの燃料電池1に対し、上述した電流検出部31、電圧検出部32、昇圧回路33、分圧回路36、二次電池34および制御部35をそれぞれ、図1に示したように電氣的に接続して取り付ける。以上により、図1～図4に示した燃料電池システム5が完成する。

【0047】

次に、本実施の形態の燃料電池システム5の作用および効果について詳細に説明する。

【0048】

この燃料電池システム5では、燃料タンク40に収容される液体燃料41が燃料ポンプ42によって汲み上げられることにより、液体燃料41が、流路423a、逆止弁425a、ポンプ室420、逆止弁425bおよび流路423bをこの順に通じ、燃料気化部44に到達する。また、燃料気化部44では、ノズル43によって液体燃料が噴出すると、その表面に設けられた拡散部（図示せず）によって広範囲に拡散される。これにより、液体燃料41が自然気化され、気体燃料が発電部10（具体的には、各単位セル10A～10Fの燃料電極12）に供給される。

【0049】

一方、発電部10の酸素電極13へは、自然換気あるいは空気供給ポンプ（図示せず）によって空気（酸素）が供給される。すると、酸素電極13では、以下の（1）式に示した反応が起こり、水素イオンと電子とが生成される。この水素イオンは電解質膜11を通過して燃料電極12へ到達し、燃料電極12では、以下の（2）式に示した反応が起こり、水と二酸化炭素が生成される。よって、燃料電池1全体としては、以下の（3）式に示した反応が生じ、発電が行われる。

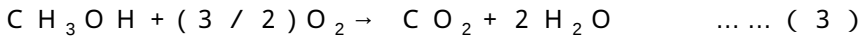
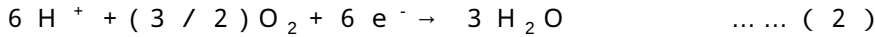
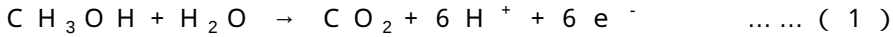
10

20

30

40

50



【0050】

これにより、液体燃料41すなわちメタノールの化学エネルギーの一部が電気エネルギーに変換され、接続部材20により集電されて、発電部10から電流（発電電流I1）として取り出される。この発電電流I1に基づく発電電圧（直流電圧）V1（入力電圧Vin）は、昇圧回路33によって昇圧（電圧変換）され、直流電圧（出力電圧）Voutとなる。この出力電圧Vout（負荷電圧）および昇圧回路33からの出力電流Iout（負荷電流）は、二次電池34または負荷（例えば、電子機器本体）へ供給される。そして、二次電池34へ出力電圧Voutおよび出力電流Ioutが供給された場合、これらの電圧および電流に基づいて二次電池34に蓄電がなされる一方、出力端子T2, T3を介して負荷6へ出力電圧Voutおよび出力電流Ioutが供給された場合、負荷6が駆動され、所定の動作がなされる。

10

【0051】

このとき、燃料ポンプ42では、制御部35によって、1回の動作当りの燃料供給量または燃料供給周期Δtが制御され、それに応じて燃料の供給量が調節される。

【0052】

また、この際、本実施の形態の昇圧回路33では、より具体的には、例えば図10(A)～図10(C)に示したような昇圧動作がなされる。図10(A)～図10(C)は、昇圧回路33の昇圧動作を回路状態図を用いて表したものであり、昇圧回路33内の前述したDC/DCコンバータの部分を取り出して表している。ただし、入力電圧Vinを便宜的に電源として図示していると共に、出力側に接続される負荷を便宜的に負荷抵抗RLとして図示している。また、スイッチング素子Tr1, Tr2のオン・オフ状態を分かりやすくするため、これらスイッチング素子Tr1, T2を便宜的にスイッチの形状で図示している。

20

【0053】

この昇圧回路33内のDC/DCコンバータでは、まず、図10(A)に示したように、入力電圧Vinが供給されると、インダクタ33Lに対し、図中に示した電流経路からなる電流Iaが流れる。なお、このとき、スイッチング素子Tr1はオフ状態であると共に、スイッチング素子Tr2はオン状態となっている。

30

【0054】

次に、図10(B)に示したように、スイッチング素子Tr1がオン状態になると、インダクタ33Lおよびスイッチング素子Tr1に流れる電流ILが、負荷抵抗RLに流れる出力電流Ioutよりも大きくなる。このように電流ILが増加することにより、インダクタ33Lには大きなエネルギーが蓄積される。

【0055】

次に、図10(C)に示したように、再びスイッチング素子Tr1がオフ状態になると、図中に示した電流経路からなる電流Iaが流れる。このとき、この電流Iaには、インダクタ33Lに蓄積されたエネルギーによる電流も重畳されるため、負荷抵抗RLに供給される出力電圧Voutは、インダクタ33Lで発生する電圧をVLとすると、以下の(4)式により表される。また、このとき同時にコンデンサ33Cには、両端間の電圧が出力電圧Voutとなるまで充電される。

40

$$V_{\text{out}} = V_{\text{in}} + V_L \quad \dots\dots (4)$$

【0056】

そして、その後は図10(B)および図10(C)の動作が繰り返されることにより、入力電圧Vinよりも高い電圧である出力電圧Voutが生成され（昇圧動作がなされ）、負荷抵抗RLへ供給されることになる。

【0057】

また、このとき、分圧回路36によって、例えば図7(A)に示したような出力電圧V

50

outの分圧電圧 V_{FB} が、昇圧回路33へフィードバックされる。そして、PWM信号生成部334において、エラーアンプ332における比較結果と、発振回路333から供給されるパルス信号とに基づき、例えば図7(B)に示したような、PWM信号からなるスイッチング素子 Tr_1 、 Tr_2 の制御信号 S_1 、 S_2 が生成される。また、この際、分圧電圧 V_{FB} の電位がより大きくなるのに応じて制御信号 S_1 のパルス幅がより小さくなる一方、逆に分圧電圧 V_{FB} の電位がより小さくなるのに応じて制御信号 S_1 のパルス幅がより大きくなる。

【0058】

したがって、出力電圧 V_{out} が低いときには、制御信号 S_1 のパルス幅が大きくなって出力電圧 V_{out} を増加させる動作となる一方、出力電圧 V_{out} が高いときには、制御信号 S_1 のパルス幅が小さくなって出力電圧 V_{out} を低下させる動作となる。このようにして、分圧電圧 V_{FB} が基準電圧 V_{ref} と等しくなるように制御されることにより、出力電圧 V_{out} (負荷電圧)が一定となるように制御される(定電圧動作)。

【0059】

具体的には、例えば図11(A)~(D)および図12に示したようにして、定電圧動作がなされる。すなわち、出力電圧 V_{out} (FC電圧、発電電圧)が一定値に固定されている状態において、燃料ポンプ42によって液体燃料41が供給された直後から出力電流 I_{out} (FC電流、発電電流)が増加し、液体燃料41の減少に伴ってFC電流は徐々に減少する。これは、一定量の液体燃料41により発電部10が発電可能な電力量も、一定の値になることによる。そのため、断続的に供給された液体燃料41が発電部10における発電によって消費されるにしたがって、発電部10からのFC電流が減少することになる。

【0060】

また、本実施の形態では、例えば発電電流(入力電流) I_1 に対応する電圧を昇圧回路33に対してフィードバックすることにより、出力電流 I_{out} (負荷電流)が一定となるように、昇圧回路33の動作制御を行う(定電流動作)も可能である。

【0061】

この場合、具体的には例えば図13(A)~(D)および図14に示したようにして、定電流動作がなされる。すなわち、この場合、燃料ポンプ42によって液体燃料41が供給された直後から、液体燃料41が増加する。したがって、出力電流 I_{out} (FC電流、発電電流)が一定値で固定されている状態では、液体燃料41の供給量に応じて出力電圧 V_{out} (FC電圧、発電電圧)が上昇する一方、液体燃料41が減少するのに従い、FC電圧は減少することになる。

【0062】

ここで、本実施の形態では、このような定電圧動作や定電流動作の際に、制御部35において、例えば図15(A)~(C)に示したような制御用テーブルを用いることにより、昇圧回路33の昇圧動作が制御される。

【0063】

具体的には、例えば図15(A)に示した制御用テーブルを用いた場合、出力電圧 V_{out} (FC電圧、負荷電圧)の設定値が大きくなるのに応じて、基準電圧 V_{ref} の設定値が大きくなるように、昇圧回路33の動作制御がなされる。これにより、FC電圧の設定値に応じた定電圧動作や定電流動作が可能となる。

【0064】

また、例えば図15(B)に示した制御用テーブルを用いた場合、燃料ポンプ42による液体燃料41の供給量が一定であるときに、負荷6の大きさに応じて出力電圧 V_{out} (FC電圧、負荷電圧)および出力電流 I_{out} (FC電流、負荷電流)の大きさの調整がなされる。これにより、単位時間あたりの燃料供給量を一定にした状態で、負荷状況に応じたFC電圧およびFC電流の設定が可能となる。

【0065】

また、例えば図15(C)に示した制御用テーブルを用いた場合、発電部10における

燃料変換効率の設定値が大きくなるのに応じて、出力電流 I_{out} (FC 電流、負荷電流) が小さくなるように、昇圧回路 33 の動作制御がなされる。これにより、定電圧動作を行う場合において、燃料供給量および燃料変換効率を最適な状態にすることが可能となる。

【0066】

このようにして本実施の形態では、発電部 10 から供給される発電電圧 V_1 (入力電圧 V_{in}) は、昇圧回路 33 により昇圧され、出力電圧 V_{out} (負荷電圧) として負荷 (二次電池 34 および負荷 6) へ供給される。その際、所定の制御用テーブルを用いて昇圧回路 33 の動作が制御されることにより、この昇圧回路 33 から負荷へ供給される出力電圧 V_{out} (負荷電圧) および出力電流 I_{out} (負荷電流) が制御される。

【0067】

また、本実施の形態では、以下説明するように、定電流制御よりも定電圧制御を用いるようにするのが好ましい。

【0068】

最初に、図 16 を参照して、発電電力と定電圧動作または定電流動作との関係について説明する。

【0069】

まず、図 16 (A) に示した定電流動作の場合、図中の符号 P 11 で示したように、単位時間あたりの燃料供給量 (cc/h) を増加させても、出力電力 (FC 電力) は燃料増加に応じて増加せず、ほぼ一定値となっている。

【0070】

一方、図 16 (B) に示した定電圧動作の場合、図中の矢印 P 12 で示したように、単位時間あたりの燃料供給量 (cc/h) を増加させることにより、出力電力 (FC 電力) を増加させることができる。また、最大電力を得ることが可能な FC 電圧の幅 (電圧領域) ΔV_1 にも、ある程度の大きさがあることがわかった。この結果、FC 電圧を一定値とした状態で発電させることにより、FC 電力と燃料供給量との間で比例関係が成り立つ状態での発電が可能となる。

【0071】

次に、図 17 を参照して、燃料変換効率と定電圧動作または定電流動作との関係について説明する。

【0072】

まず、図 17 (A) に示した定電流動作の場合、図中の矢印 P 13 で示したように、0.302 (cc/h) の割合で燃料供給したとき (図示した中で最も燃料供給量が小さいとき) が、最も燃料変換効率が高くなっている。ただし、燃料変換効率が最も高い値となるときの電流値幅 ΔI_2 が狭く、また、それを超えた場合、急激に燃料変換効率が悪化してしまっている。

【0073】

一方、図 17 (B) に示した定電圧動作の場合、燃料変換効率が高くなる電圧値幅 ΔV_2 が広がっている。なお、この場合も、図中の矢印 P 14 で示したように、0.302 (cc/h) の割合で燃料供給したとき (図示した中で最も燃料供給量が小さいとき) が、最も燃料変換効率が高くなっている。また、前述したように、単位時間あたりの燃料供給量に応じて FC 電力も変化させることができるため、FC 電圧を一定値とした状態で発電させることにより、FC 電力と燃料供給量との間の比例関係が成り立つ状態での発電と同時に、燃料変換効率が高い状態での発電が可能となる。

【0074】

このようにして、出力電圧 V_{out} (負荷電圧、FC 電圧) が一定となるように昇圧回路 33 の動作制御を行うようにした場合 (定電圧動作を行うように制御した場合) には、特に燃料電池 1 の発電状態を良好にすることができる。

【0075】

以上のように本実施の形態では、発電部 10 から供給される発電電圧 V_1 (入力電圧 V_{in}) を昇圧回路 33 によって昇圧すると共に、制御部 35 において、所定の制御用テーブ

10

20

30

40

50

ルを用いて昇圧回路 3 3 の動作を制御することにより、この昇圧回路 3 5 から負荷（二次電池 3 4 および負荷 6）へ供給される出力電圧 V_{out} （負荷電圧）および出力電流 I_{out} （負荷電流）に対する制御を行うようにしたので、気化供給型の燃料電池 1 において断続的な燃料供給がなされている場合であっても、出力電圧 V_{out} や出力電流 I_{out} に対する効率的な制御が実現される。よって、気化供給型の燃料電池において、従来よりも安定した発電を行うことが可能となる。

【0076】

また、出力電圧 V_{out} （負荷電圧）が一定となるように昇圧回路 3 3 の動作制御を行うようにした場合（定電圧動作を行うように制御した場合）には、特に燃料電池 1 の発電状態を良好にすることができる。

10

【0077】

以上、実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明はこの実施の形態に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。

【0078】

例えば、昇圧回路 3 3 および分圧回路 3 4 の回路構成は、上記実施の形態で説明したものには限られず、他の方式を用いた回路構成としてもよい。また、制御用テーブルについても、上記実施の形態で説明したもの（図 15（A）～（C））には限られず、他の構成のものを用いるようにしてもよい。

【0079】

また、上記実施の形態では、発電部 1 0 が、互いに電氣的に直列接続された 6 つの単位セルを含む場合について説明したが、単位セルの数はこれには限られない。例えば、発電部 1 0 が 1 つの単位セルにより構成されていてもよく、また、2 以上の任意の複数の単位セルにより構成されていてもよい。

20

【0080】

また、上記実施の形態では、酸素電極 1 3 への空気の供給を自然換気とするようにしたが、ポンプなどを利用して強制的に供給するようにしてもよい。その場合、空気に代えて酸素または酸素を含むガスを供給するようにしてもよい。

【0081】

また、上記実施の形態では、液体燃料 4 1 を収容する燃料タンク 4 0 を燃料電池システム 5 内に内蔵させる場合で説明したが、そのような燃料タンクが、燃料電池システムに対して着脱可能な構成としてもよい。

30

【0082】

また、上記実施の形態では、ダイレクトメタノール型の燃料電池システムについて説明したが、本発明は、これ以外の種類の燃料電池システムについても適用することが可能である。

【0083】

本発明の燃料電池システムは、例えば、携帯電話、電子写真機、電子手帳または PDA（Personal Digital Assistants）等の携帯型の電子機器に好適に用いることが可能である。

【図面の簡単な説明】

40

【0084】

【図 1】本発明の一実施の形態に係る燃料電池システムの全体構成を表す図である。

【図 2】図 1 に示した昇圧回路の動作について説明するための模式図である。

【図 3】図 1 に示した発電部の構成例を表す断面図である。

【図 4】図 1 に示した発電部の構成例を表す平面図である。

【図 5】気化型の燃料供給方式の概要を説明するためのタイミング波形図である。

【図 6】図 1 に示した昇圧回路および分圧回路の構成を表す回路図である。

【図 7】PWM 信号の生成動作について説明するためのタイミング波形図である。

【図 8】図 1 に示した発電部の製造方法を説明するための断面図である。

【図 9】図 1 に示した発電部の製造方法を説明するための平面図である。

50

【図 1 0】図 6 に示した昇圧回路の動作を説明するための回路図である。

【図 1 1】実施の形態に係る定電圧動作について説明するためのタイミング波形図である。

【図 1 2】実施の形態に係る定電圧動作の一例を表す特性図である。

【図 1 3】実施の形態に係る定電流動作について説明するためのタイミング波形図である。

【図 1 4】実施の形態に係る定電流動作の一例を表す特性図である。

【図 1 5】定電圧動作または定電流動作の際に用いる制御用テーブルの一例を表す図である。

【図 1 6】発電電力と定電圧動作または定電流動作との関係の一例を表す特性図である。

10

【図 1 7】燃料変換効率と定電圧動作または定電流動作との関係の一例を表す特性図である。

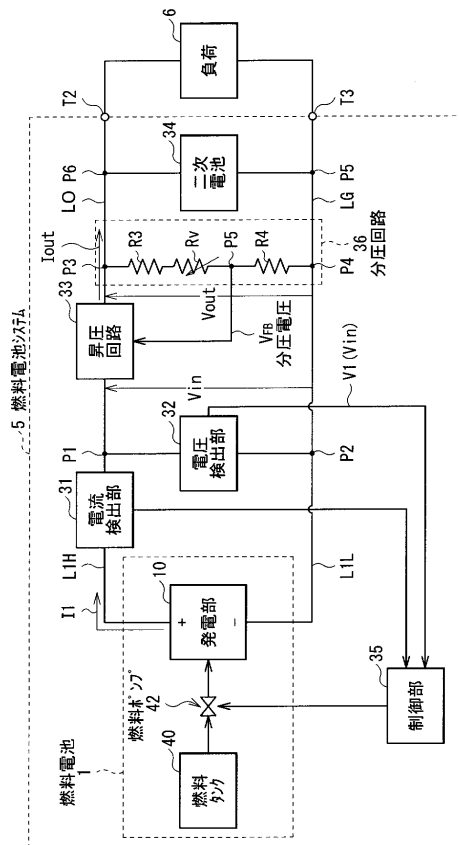
【符号の説明】

【 0 0 8 5 】

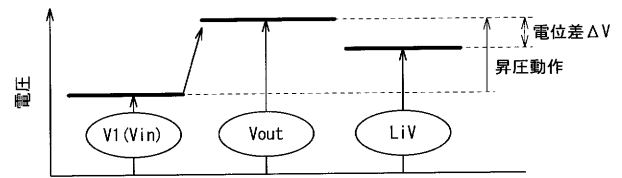
1 ... 燃料電池、1 0 ... 発電部、1 0 A ~ 1 0 F ... 単位セル、1 1 ... 電解質膜、1 2 ... 燃料電極、1 3 ... 酸素電極、2 0 ... 接続部材、2 0 A ... 端子、3 1 ... 電流検出部、3 2 ... 電圧検出部、3 3 ... 昇圧回路、3 3 L ... インダクタ、3 3 C ... コンデンサ、3 3 1 ... リファレンス電源（基準電源）、3 3 2 ... エラーアンプ、3 3 3 ... 発振回路、3 3 4 ... PWM 信号生成部、3 4 ... 二次電池、3 5 ... 制御部、3 6 ... 分圧回路、4 0 ... 燃料タンク、4 1 ... 液体燃料、4 2 ... 燃料ポンプ、4 3 ... ノズル、4 4 ... 燃料気化部、5 ... 燃料電池システム、6 ... 負荷、 V_1 , V_{in} ... 発電電圧（検出電圧、入力電圧）、 V_{out} ... 出力電圧（直流電圧）、 V_{FB} ... 分圧電圧（フィードバック電圧）、 V_{ref} ... リファレンス電圧（基準電圧）、 ΔV_1 , ΔV_2 ... 電圧領域（電圧幅）、 I_1 ... 発電電流（検出電流）、 I_a , I_L , I_{out} ... 電流、 ΔI_2 ... 電流領域（電流幅）、 R_3 , R_4 ... 抵抗器、 R_v ... 可変抵抗器、 R_L ... 負荷抵抗、 Tr_1 , Tr_2 ... スイッチング素子、 S_1 , S_2 ... 制御信号（PWM 信号）、 $P_1 \sim P_7$... 接続点、 T_2 , T_3 ... 出力端子、 L_{1L} , L_{1H} ... 接続ライン、 LO ... 出力ライン、 LG ... 接地ライン、 $t_1 \sim t_6$... タイミング、 $\Delta t_1 \sim \Delta t_3$... パルス幅、 Δt ... 燃料供給周期。

20

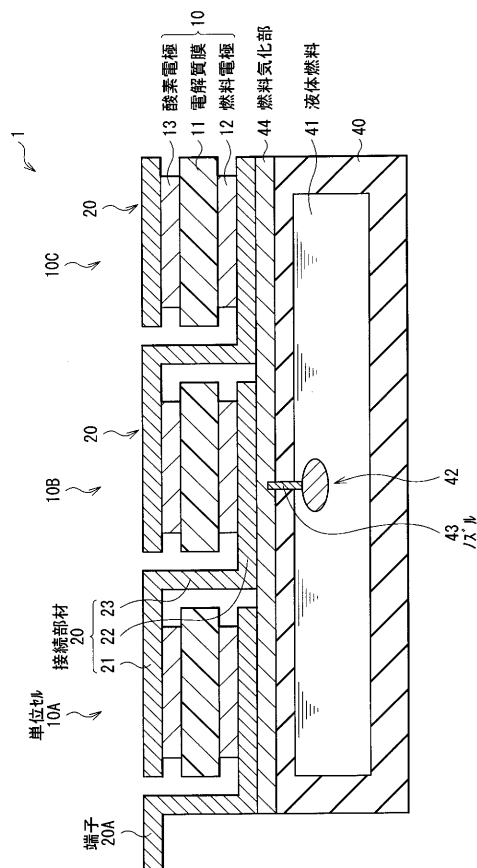
【図 1】



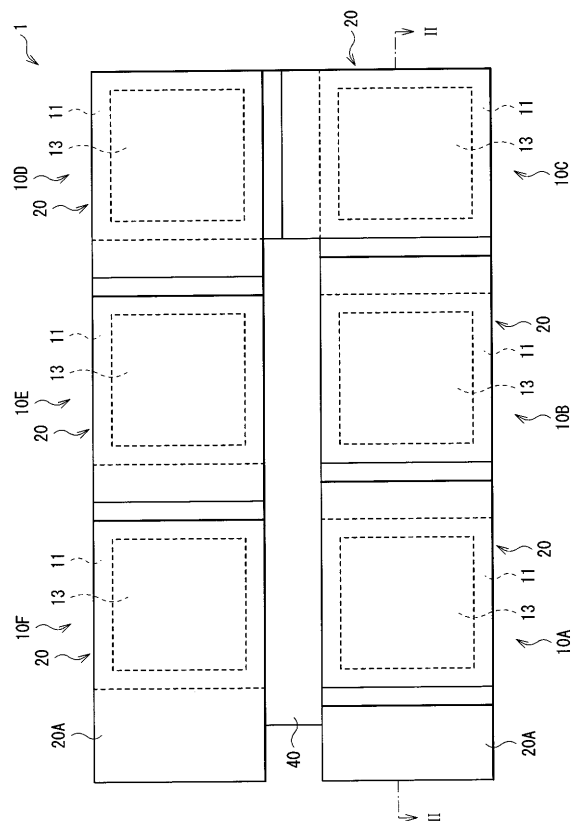
【図 2】



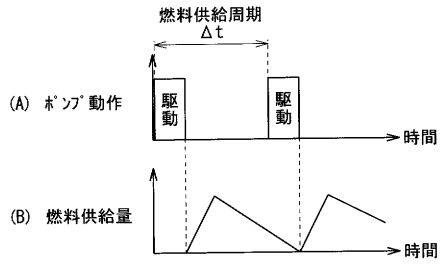
【図 3】



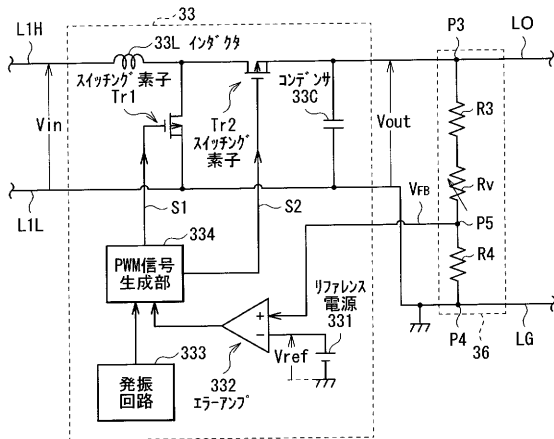
【図 4】



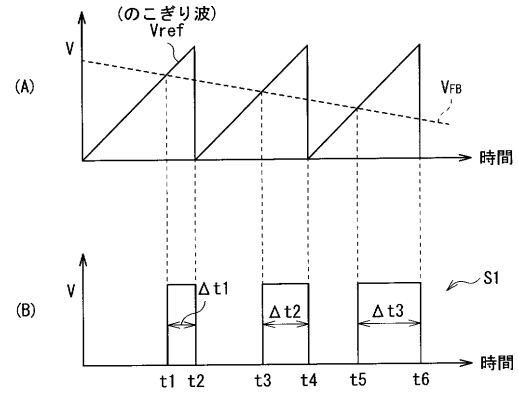
【図5】



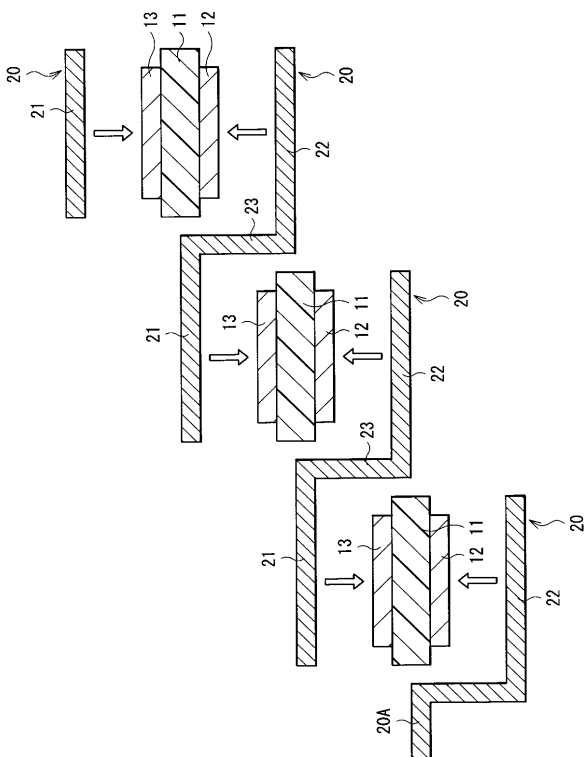
【図6】



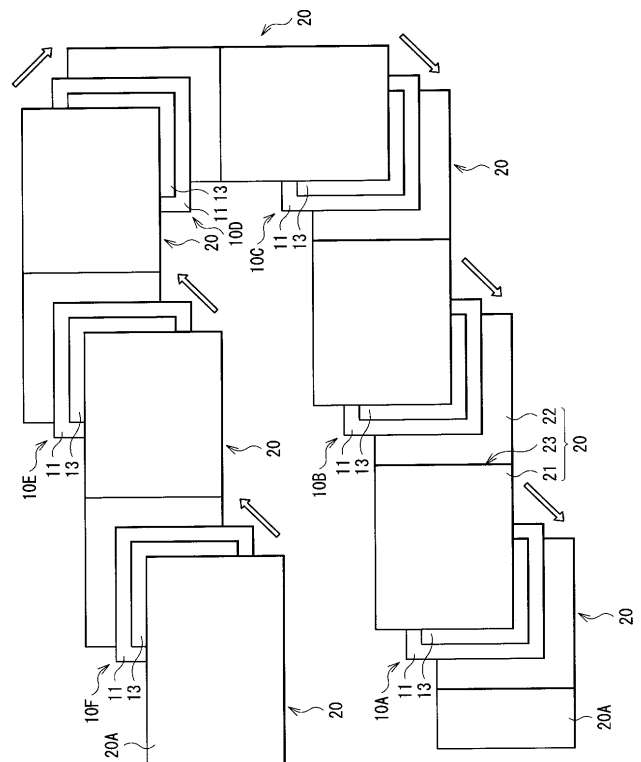
【図7】



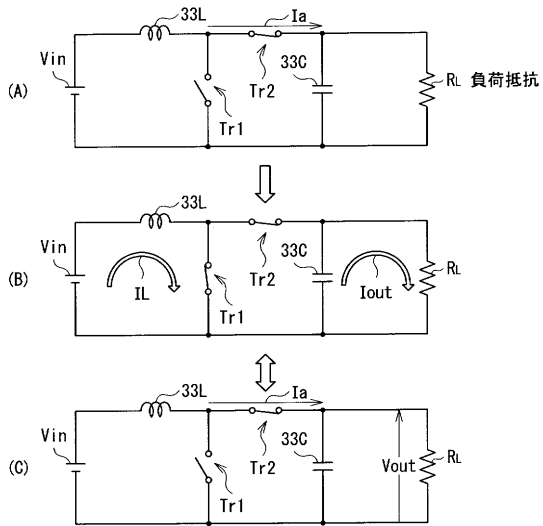
【図8】



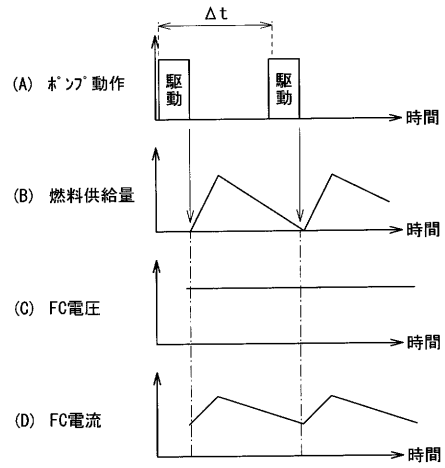
【図9】



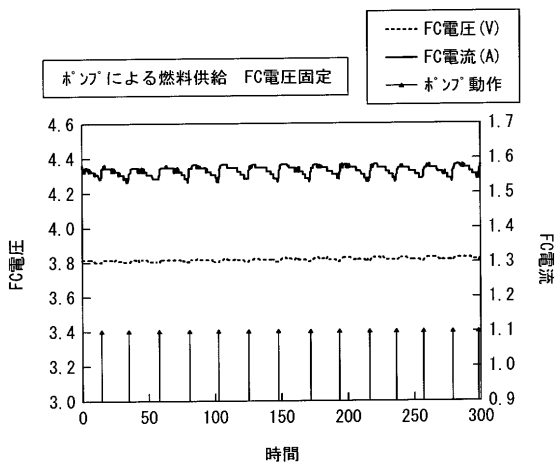
【図 10】



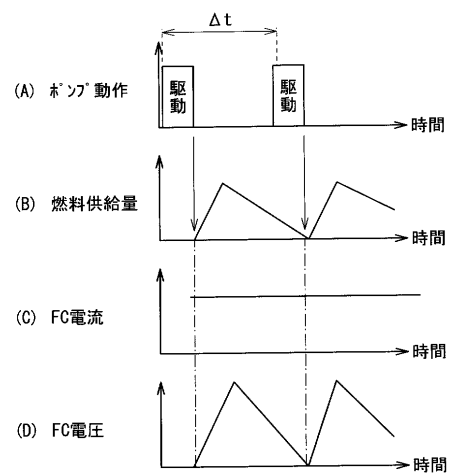
【図 11】



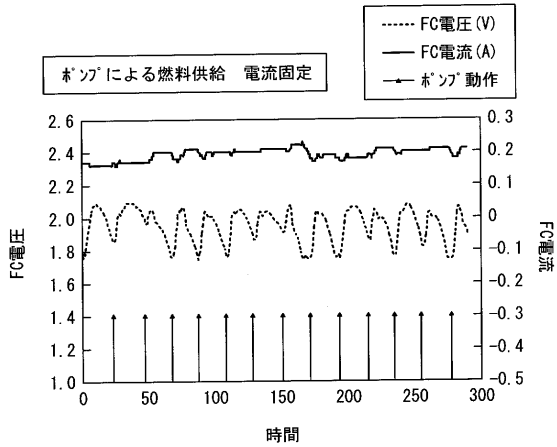
【図 12】



【図 13】



【図 14】



【図 15】

(A)

Vref	大	小
FC電圧	大	小

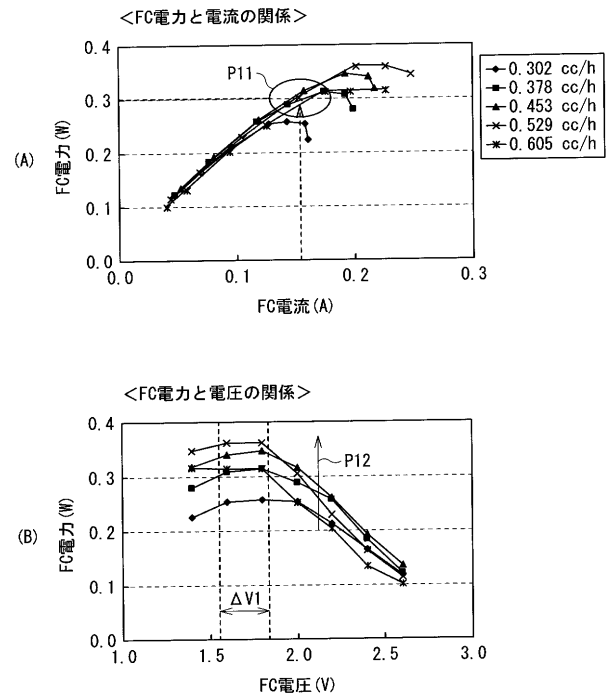
(B)

FC電圧	大	小
FC電流	小	大
燃料供給量	一定	一定

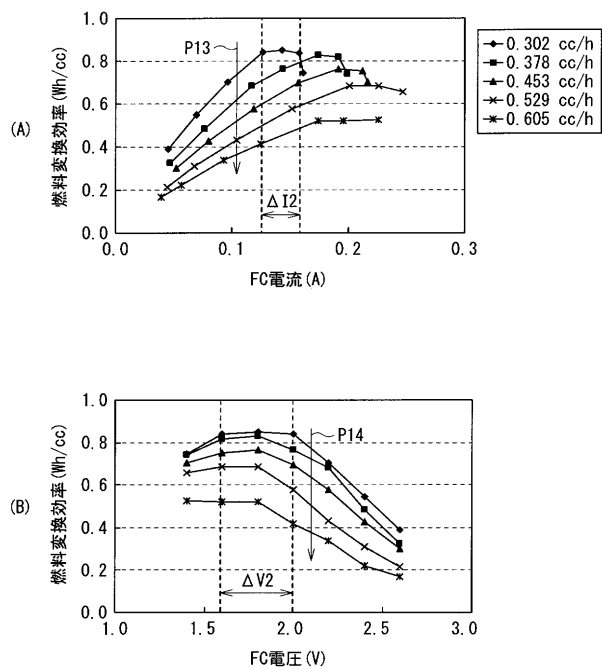
(C)

FC電圧	固定	固定
FC電流	小	大
燃料変換効率	大	小

【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

(72)発明者 志村 重輔

東京都港区港南 1 丁目 7 番 1 号 ソニー株式会社内

F ターム(参考) 5H026 AA06 CV06

5H027 AA06 BA13 DD03 KK54 KK56 MM26