

(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2010-49894

(P2010-49894A)

(43) 公開日 平成22年3月4日(2010.3.4)

(51) Int. Cl.		F 1			テーマコード (参考)	
H O 1 M	8/04	(2006.01)	H O 1 M	8/04	Z	5 H O 2 6
H O 1 M	8/24	(2006.01)	H O 1 M	8/24	Z	5 H O 2 7
H O 1 M	8/10	(2006.01)	H O 1 M	8/10		

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2008-212250 (P2008-212250)	(71) 出願人	000003207
(22) 出願日	平成20年8月20日 (2008.8.20)		トヨタ自動車株式会社
		(74) 代理人	100087480
			弁理士 片山 修平
		(74) 代理人	100134511
			弁理士 八田 俊之
		(74) 代理人	100128565
			弁理士 ▲高▼林 芳孝
		(72) 発明者	荒木 康
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		Fターム(参考)	5H026 AA06 CX09
			5H027 AA06 KK54 KK56

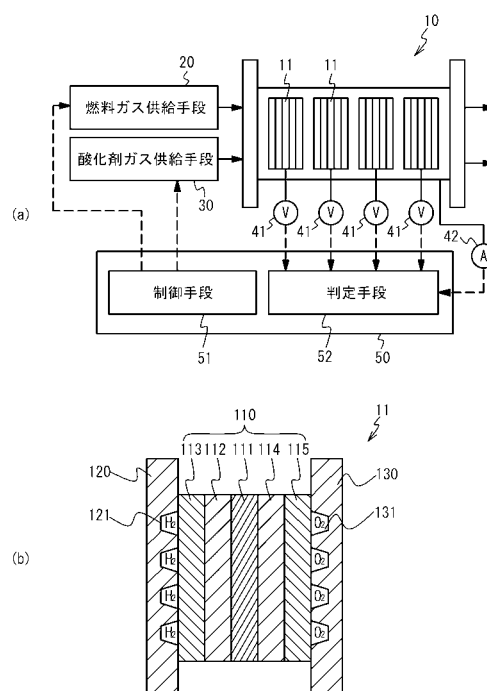
(54) 【発明の名称】 燃料電池システム、および、燃料電池の状態検知方法

(57) 【要約】

【課題】 高い精度で燃料電池の状態を検知可能な燃料電池システムおよび燃料電池の状態検知方法を提供する。

【解決手段】 燃料電池システム(100)は、1以上のセル(11)を含むセル群のセル電圧を検出する電圧検出手段(41)と、セル群の発電電流密度を検出する電流密度検出手段(42)と、電圧検出手段および電流密度検出手段の検出結果に基づいて発電電流密度に対するセル電圧の変化の変極点が存在するか否かを判定する判定手段(52)と、を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

1 以上のセルを含むセル群のセル電圧を検出する電圧検出手段と、
前記セル群の発電電流密度を検出する電流密度検出手段と、
前記電圧検出手段および前記電流密度検出手段の検出結果に基づいて、前記発電電流密度に対する前記セル電圧の変化の変極点が存在するか否かを判定する判定手段と、を備えることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 2】

前記判定手段は、所定の条件下における前記セル群のセル電圧の 1 次回帰電圧と前記電圧検出手段の検出結果との差に基づいて、前記変極点が存在するか否かを判定することを特徴とする請求項 1 記載の燃料電池システム。

10

【請求項 3】

前記判定手段は、前記セル群のセル電圧と 1 以上のセルを含む基準セル群の基準電圧との関係を用いて、前記セル群に前記変極点が存在するか否かを判定することを特徴とする請求項 1 記載の燃料電池システム。

【請求項 4】

前記判定手段は、前記セル群のセル電圧の電流密度に対する傾きが、前記基準セル群の基準電圧の電流密度に対する傾きよりも所定量大きくなった場合に、前記変極点が存在すると判定することを特徴とする請求項 3 記載の燃料電池システム。

【請求項 5】

20

前記判定手段は、同一電流密度における前記セル群のセル電圧と前記基準セル群の基準電圧との乖離率に、変極点が存在するか否かを判定することを特徴とする請求項 3 記載の燃料電池システム。

【請求項 6】

前記判定手段は、前記乖離率の電流密度に対する傾きが負になった場合に、前記変極点が存在すると判定することを特徴とする請求項 5 記載の燃料電池システム。

【請求項 7】

前記判定手段は、前記乖離率の電流密度に対する回帰直線の切片が所定値以上になった場合に、前記変極点が存在すると判定することを特徴とする請求項 5 記載の燃料電池システム。

30

【請求項 8】

前記基準セル群は、燃料電池スタックにおいて平均発電性能よりも高い発電性能を有することを特徴とする請求項 3 ~ 7 のいずれかに記載の燃料電池システム。

【請求項 9】

前記基準セル群は、燃料電池スタックにおいて平均発電耐久性よりも高い発電耐久性を有することを特徴とする請求項 3 ~ 7 のいずれかに記載の燃料電池システム。

【請求項 10】

1 以上のセルを含むセル群のセル電圧を検出する電圧検出ステップと、
前記セル群の発電電流密度を検出する電流密度検出ステップと、
前記電圧検出ステップおよび前記電流密度検出ステップにおける検出結果に基づいて、
前記発電電流密度に対する前記セル電圧の変化の変極点が存在するか否かを判定する判定ステップと、を含むことを特徴とする燃料電池の状態検知方法。

40

【請求項 11】

前記判定ステップは、所定の条件下における前記セル群のセル電圧の 1 次回帰電圧と前記電圧検出ステップにおける検出結果との差に基づいて、前記変極点が存在するか否かを判定するステップであることを特徴とする請求項 10 記載の燃料電池の状態検知方法。

【請求項 12】

前記判定ステップは、前記セル群のセル電圧と 1 以上のセルを含む基準セル群の基準電圧との関係を用いて、前記セル群に前記変極点が存在するか否かを判定するステップであることを特徴とする請求項 10 記載の燃料電池の状態検知方法。

50

【請求項 13】

前記判定ステップは、前記セル群のセル電圧の電流密度に対する傾きが、前記基準セル群の基準電圧の電流密度に対する傾きよりも所定量大きくなった場合に、前記変極点が存在すると判定するステップであることを特徴とする請求項 12 記載の燃料電池の状態検知方法。

【請求項 14】

前記判定ステップは、同一電流密度における前記セル群のセル電圧と前記基準セル群の基準電圧との乖離率に、変極点が存在するか否かを判定するステップであることを特徴とする請求項 12 記載の燃料電池の状態検知方法。

【請求項 15】

前記判定ステップは、前記乖離率の電流密度に対する傾きが負になった場合に、前記変極点が存在すると判定するステップであることを特徴とする請求項 14 記載の燃料電池の状態検知方法。

【請求項 16】

前記判定ステップは、前記乖離率の電流密度に対する回帰直線の切片が所定値以上になった場合に、前記変極点が存在すると判定するステップであることを特徴とする請求項 14 記載の燃料電池の状態検知方法。

【請求項 17】

前記基準セル群は、燃料電池スタックにおいて平均発電性能よりも高い発電性能を有することを特徴とする請求項 12 ~ 16 のいずれかに記載の燃料電池の状態検知方法。

【請求項 18】

前記基準セル群は、燃料電池スタックにおいて平均発電耐久性よりも高い発電耐久性を有することを特徴とする請求項 12 ~ 16 のいずれかに記載の燃料電池の状態検知方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料電池システム、および、燃料電池の状態検知方法に関する。

【背景技術】

【0002】

燃料電池は、一般的には水素及び酸素を燃料として電気エネルギーを得る装置である。この燃料電池は、環境面において優れかつ高いエネルギー効率を実現できることから、今後のエネルギー供給システムとして広く開発が進められてきている。特に、固体高分子型燃料電池は、各種の燃料電池の中でも比較的低温で作動することから、良好な起動性を有する。そのため、多方面における実用化のために盛んに研究がなされている。

【0003】

固体高分子型燃料電池は、プロトン伝導性を有する固体高分子型電解質からなる電解質膜の両側に、それぞれアノードおよびカソードが設けられた膜 - 電極接合体 (MEA: Membrane Electrode Assembly) が、セパレータによって挟持された構造を有している。

【0004】

この燃料電池の状態は、運転条件等に応じて変化する。そこで、複数の燃料電池を積層させた燃料電池スタックにおいて、セル群ごとに測定したセル電圧の低下を監視する技術が開示されている (例えば、特許文献 1 参照)。

【0005】

【特許文献 1】特開 2006 - 179338 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、電圧低下を監視するだけでは、セルの状態を高い精度で検知することが困難である。また、セル群単位でセル電圧の低下が検出されているため、セル群に含まれ

10

20

30

40

50

る一部のセルの状態を高い精度で検知することが困難である。一方でセルごとにセル電圧検出手段を設けると、コストが増大してしまう。

【 0 0 0 7 】

本発明は、コスト増大を抑制しつつ高い精度で燃料電池の状態を検知可能な燃料電池システムおよび燃料電池の状態検知方法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】

【 0 0 0 8 】

本発明に係る燃料電池システムは、1以上のセルを含むセル群のセル電圧を検出する電圧検出手段と、セル群の発電電流密度を検出する電流密度検出手段と、電圧検出手段および電流密度検出手段の検出結果に基づいて発電電流密度に対するセル電圧の変化の変極点が存在するか否かを判定する判定手段と、を備えることを特徴とするものである。本発明に係る燃料電池システムにおいては、対象としているセル群の変極点を検出することができる。それにより、高い精度で燃料電池の状態を検知することができる。また、セル群に複数のセルが含まれていても変極点の検出が可能であることから、セルごとに電圧検出手段を設ける必要がない。その結果、コストの低減化を図ることができる。

【 0 0 0 9 】

判定手段は、所定の条件下におけるセル群のセル電圧の1次回帰電圧と電圧検出手段の検出結果との差に基づいて、変極点が存在するか否かを判定してもよい。判定手段は、セル群のセル電圧と1以上のセルを含む基準セル群の基準電圧との関係を用いて、セル群に変極点が存在するか否かを判定してもよい。判定手段は、セル群のセル電圧の電流密度に対する傾きが、基準セル群の基準電圧の電流密度に対する傾きよりも所定量大きくなった場合に、変極点が存在すると判定してもよい。

【 0 0 1 0 】

判定手段は、同一電流密度におけるセル群のセル電圧と基準セル群の基準電圧との乖離率に、変極点が存在するか否かを判定してもよい。この場合、より高い精度で変極点が存在するか否かを判定することができる。

【 0 0 1 1 】

判定手段は、乖離率の電流密度に対する傾きが負になった場合に、変極点が存在すると判定してもよい。判定手段は、乖離率の電流密度に対する回帰直線の切片が所定値以上になった場合に、変極点が存在すると判定してもよい。

【 0 0 1 2 】

基準セル群は、燃料電池スタックにおいて平均発電性能よりも高い発電性能を有していてもよい。基準セル群は、燃料電池スタックにおいて平均発電耐久性よりも高い発電耐久性を有していてもよい。これらの場合、変極点の検出精度が高くなる。

【 0 0 1 3 】

本発明に係る燃料電池の状態検知方法は、1以上のセルを含むセル群のセル電圧を検出する電圧検出ステップと、セル群の発電電流密度を検出する電流密度検出ステップと、電圧検出ステップおよび電流密度検出ステップにおける検出結果に基づいて発電電流密度に対するセル電圧の変化の変極点が存在するか否かを判定する判定ステップと、を含むことを特徴とするものである。本発明に係る燃料電池の状態検知方法においては、対象としているセル群の変極点を検出することができる。それにより、高い精度で燃料電池の状態を検知することができる。また、セル群に複数のセルが含まれていても変極点の検出が可能であることから、セルごとに電圧検出手段を設ける必要がない。その結果、コストの低減化を図ることができる。

【 0 0 1 4 】

判定ステップは、所定の条件下におけるセル群のセル電圧の1次回帰電圧と電圧検出ステップにおける検出結果との差に基づいて、変極点が存在するか否かを判定するステップであってもよい。判定ステップは、セル群のセル電圧と1以上のセルを含む基準セル群の基準電圧との関係を用いて、セル群に変極点が存在するか否かを判定するステップであってもよい。判定ステップは、セル群のセル電圧の電流密度に対する傾きが、基準セル群の

10

20

30

40

50

基準電圧の電流密度に対する傾きよりも所定量大きくなった場合に、変極点が存在すると判定するステップであってもよい。

【 0 0 1 5 】

判定ステップは、同一電流密度におけるセル群のセル電圧と基準セル群の基準電圧との乖離率に、変極点が存在するか否かを判定するステップであってもよい。この場合、より高い精度で変極点が存在するか否かを判定することができる。

【 0 0 1 6 】

判定ステップは、乖離率の電流密度に対する傾きが負になった場合に、変極点が存在すると判定するステップであってもよい。判定ステップは、乖離率の電流密度に対する回帰直線の切片が所定値以上になった場合に、変極点が存在すると判定するステップであってもよい。

10

【 0 0 1 7 】

基準セル群は、燃料電池スタックにおいて平均発電性能よりも高い発電性能を有していてもよい。基準セル群は、燃料電池スタックにおいて平均発電耐久性よりも高い発電耐久性を有していてもよい。これらの場合、変極点の検出精度が高くなる。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 8 】

本発明によれば、高い精度で燃料電池の状態を検知することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 9 】

以下、本発明を実施するための最良の形態を説明する。

20

【 実施例 1 】

【 0 0 2 0 】

図 1 は、本発明の第 1 実施例に係る燃料電池システム 1 0 0 を説明するための図である。図 1 (a) は、燃料電池システム 1 0 0 の全体構成を示す模式図である。図 1 (b) は、後述するセル 1 1 の模式的断面図である。図 1 (a) に示すように、燃料電池システム 1 0 0 は、燃料電池スタック 1 0、燃料ガス供給手段 2 0、酸化剤ガス供給手段 3 0、電圧検出手段 4 1、電流検出手段 4 2 および処理部 5 0 等を備える。

【 0 0 2 1 】

燃料電池スタック 1 0 は、1 または複数のセル 1 1 が積層されたセル群が 1 または複数積層された構造を有する。図 1 (b) に示すように、セル 1 1 は、膜 - 電極接合体 1 1 0 がセパレータ 1 2 0 およびセパレータ 1 3 0 によって挟持された構造を有する。膜 - 電極接合体 1 1 0 は、電解質膜 1 1 1 のセパレータ 1 2 0 側にアノード触媒層 1 1 2 およびガス拡散層 1 1 3 が順に接合され、電解質膜 1 1 1 のセパレータ 1 3 0 側にカソード触媒層 1 1 4 およびガス拡散層 1 1 5 が順に接合された構造を有する。電解質膜 1 1 1 は、プロトン伝導性を有するパーフルオロスルホン酸型ポリマー等の固体高分子電解質からなる。

30

【 0 0 2 2 】

アノード触媒層 1 1 2 は、触媒を担持する導電性材料、プロトン伝導性電解質等から構成される。アノード触媒層 1 1 2 における触媒は、水素のプロトン化を促進するための触媒である。例えば、アノード触媒層 1 1 2 は、白金担持カーボン、パーフルオロスルホン酸型ポリマー等を含む。ガス拡散層 1 1 3 は、カーボンペーパー、カーボンクロス等のガス透過性を有する導電性材料からなる。

40

【 0 0 2 3 】

カソード触媒層 1 1 4 は、触媒を担持する導電性材料、プロトン伝導性電解質等から構成される。カソード触媒層 1 1 4 は、プロトンと酸素との反応を促進するための触媒である。例えば、カソード触媒層 1 1 4 は、白金担持カーボン、パーフルオロスルホン酸型ポリマー等を含む。ガス拡散層 1 1 5 は、カーボンペーパー、カーボンクロス等のガス透過性を有する導電性材料からなる。

【 0 0 2 4 】

50

セパレータ 120, 130 は、ステンレス等の導電性材料から構成される。セパレータ 120 の膜 - 電極接合体 110 側の面には、燃料ガスが流動するための燃料ガス流路 121 が形成されている。セパレータ 130 の膜 - 電極接合体 110 側の面には、酸化剤ガスが流動するための酸化剤ガス流路 131 が形成されている。例えば、燃料ガス流路 121 および酸化剤ガス流路 131 は、セパレータの表面に形成された凹部からなる。

【0025】

燃料ガス供給手段 20 は、燃料電池スタック 10 の燃料ガス入口を介して燃料ガス流路 121 に、水素を含有する燃料ガスを供給する装置である。燃料ガス供給手段 20 は、例えば、水素ポンプ、改質器等からなる。酸化剤ガス供給手段 30 は、燃料電池スタック 10 の酸化剤ガス入口を介して酸化剤ガス流路 131 に、酸素を含有する酸化剤ガスを供給する装置である。酸化剤ガス供給手段 30 は、エアポンプ等からなる。

10

【0026】

電圧検出手段 41 は、各セル群のセル電圧を検出し、その検出結果を後述する制御手段 51 に与える。電流検出手段 42 は、燃料電池スタック 10 の発電電流を検出し、その検出結果を制御手段 51 に与える。電流検出手段 42 の検出結果を各セル 11 の発電領域の面積で除することによって、発電電流密度が得られる。したがって、電流検出手段 42 は、発電電流密度検出手段としても機能する。

【0027】

処理部 50 は、制御手段 51 および判定手段 52 を含む。処理部 50 は、CPU (中央演算処理装置)、ROM (リードオンリメモリ)、RAM (ランダムアクセスメモリ) 等から構成される。処理部 50 の CPU が所定のプログラムを実行することによって、制御手段 51 および判定手段 52 が実現される。制御手段 51 は、燃料電池システム 100 の各部を制御する。判定手段 52 は、電圧検出手段 41 および電流検出手段 42 の検出結果に基づいて、燃料電池スタック 10 の状態を判定する。

20

【0028】

続いて、図 1 (a)、図 1 (b) および図 2 を参照しつつ、通常発電時の燃料電池システム 100 の動作について説明する。図 2 は、セル 11 における発電反応を説明するための模式図である。まず、制御手段 51 は、燃料ガス流路 121 に燃料ガスが供給されるように、燃料ガス供給手段 20 を制御する。この燃料ガスは、ガス拡散層 113 を透過してアノード触媒層 112 に到達する。燃料ガスに含まれる水素は、アノード触媒層 112 の触媒を介してプロトンと電子とに解離する。プロトンは、電解質膜 111 を伝導してカソード触媒層 114 に到達する。

30

【0029】

また、制御手段 51 は、酸化剤ガス流路 131 に酸化剤ガスが供給されるように、酸化剤ガス供給手段 30 を制御する。この酸化剤ガスは、ガス拡散層 115 を透過してカソード触媒層 114 に到達する。カソード触媒層 114 においては、触媒を介してプロトンと酸素とが反応する。それにより、電力が発生するとともに、水が生成される。生成された水は、酸化剤ガス流路 131 を通って排出される。

【0030】

カソード側において酸素が欠乏してくると、カソード触媒層 114 における水の生成反応が抑制される。この場合、図 3 に示すように、アノード触媒層 112 において水素がプロトン化し、カソード触媒層 114 においてプロトンが水素化する。したがって、水素濃淡電池が形成される。この場合、図 2 の場合に比較してセル電圧が変動する。

40

【0031】

アノード側において水素が欠乏してくると、水素のプロトン化が抑制される。この場合、図 4 に示すように、アノード触媒層 112 において水の電気分解反応等が生じる。この場合、図 2 の場合に比較してセル電圧が変動する。これらのセル電圧の変動を検出することによって、酸素欠、水素欠等に起因するセルの異常を検出することができる。

【0032】

本実施例においては、発電電流密度の増減に対するセル電圧の変化において、変極点が

50

現れるか否かによって、酸素欠、水素欠等に起因するセルの異常を検出する。図5は、電流密度とセル電圧との関係を示す図である。図5において、横軸は電流密度を示し、縦軸はセル電圧を示す。図5に示すように、正常なセルにおいては、電流密度の増加に対してセル電圧が線形に低下する傾向にある。これに対して、水素欠等の不具合が生じているセルにおいては、電流密度の増加に対するセル電圧の低下幅が大きくなるとともに、所定の電流密度以上になった場合にセル電圧の低下幅が小さくなる。

【0033】

このように電流密度に対するセル電圧の傾きが変化する点を変極点である。この変極点が検出されれば、セル群のいずれかのセルにおいて酸素欠、水素欠等の不具合が生じていると判定することができる。以下、変極点の検出の詳細について説明する。

10

【0034】

図6(a)および図6(b)は、基準電圧を用いた変極点検出について説明するための図である。図6(a)および図6(b)において、横軸は電流密度を示し、縦軸は各セル群のセル一枚当たりの電圧を示す。図6(a)においては、基準電圧 $V_{s t d}$ と測定電圧 V との差に基づいて、変極点を検出する。

【0035】

基準電圧 $V_{s t d}$ とは、各セル群においてセル電圧が変極しないことを前提として得られた基準電圧のことである。例えば、基準電圧 $V_{s t d}$ は、1次回帰によって算出される値である。燃料電池スタック10の起動時等において電流密度が上昇する過程において算出してもよく、あらかじめ測定しておいてもよい。また、電流密度の上限付近および下限付近においてはセル電圧が電流密度に対して線形に変化しないおそれがある。したがって、セル11が出力可能な電流密度範囲の上下の所定量(例えば、5%程度)ずつを除外して1次回帰してもよい。それにより、1次回帰の精度を向上させることができる。

20

【0036】

基準電圧 $V_{s t d}$ の算出の一例について説明する。まず、所定値以下の電流密度範囲において、電流密度の偏差平方和($\sum (I_i - I_{a v e})^2$)を求める。ここで、 I_i は電流密度を示し、 $I_{a v e}$ は上記電流密度範囲における平均電流密度を示す。次に、電流密度およびセル一枚当たりの電圧の偏差積和($\sum (I_i - I_{a v e})(V_i - V_{a v e})$)を求める。ここで、 V_i はセル一枚当たりの電圧を示し、 $V_{a v e}$ は上記電流密度範囲における平均電圧を示す。次に、下記式(1)を用いて回帰係数 b を求め、下記式(2)を用いて回帰式切片 a を求める。それにより、基準電圧 $V_{s t d}$ が下記式(3)のように算出される。

30

$$b = (\sum (I_i - I_{a v e})(V_i - V_{a v e})) / (\sum (I_i - I_{a v e})^2) \quad (1)$$

$$a = V_{a v e} - b \times I_{a v e} \quad (2)$$

$$V_{s t d} = a + b \times I \quad (3)$$

【0037】

図6(a)に示すように、変極点より高電流密度側においては、対象セル群のセル一枚あたりの測定電圧 V -基準電圧 $V_{s t d} > 0$ となる。したがって、測定電圧 V -基準電圧 $V_{s t d}$ がプラスになった時点を変極点として検出することができる。測定誤差、突発的な環境変化等を回避するために、オフセットを設定してもよい。例えば、図6(b)に示すように、測定電圧 V -基準電圧 $V_{s t d} > 0$ かつ、測定電圧 V -基準電圧 $V_{s t d} > C$ (C は所定のオフセット値)となった時点を変極点として検出することができる。

40

【0038】

以下、変極点の検出フローについて説明する。図7は、基準電圧 $V_{s t d}$ を算出するためのフローチャートの一例を示す図である。図7のフローチャートは、所定の周期で制御手段51によって実行される。図7に示すように、まず、制御手段51は、データの採用が可能であるか否かを判定する(ステップS1)。この場合の判定基準として、後述する図8のフローチャートを用いることができる。

【0039】

50

ステップ S 1 においてデータ採用可と判定されなかった場合、制御手段 5 1 は、フローチャートの実行を終了する。ステップ S 1 においてデータ採用可と判定された場合、制御手段 5 1 は、電圧検出手段 4 1 から各セル群の発電電圧を取得するとともに、電流検出手段 4 2 から発電電流を取得する（ステップ S 2）。次に、制御手段 5 1 は、発電電流データおよび発電電圧データをステップ S 2 で取得した値に更新する（ステップ S 3）。

【0040】

次いで、制御手段 5 1 は、更新されたデータを用いて、セル群ごとに回帰分析（単回帰）を実施する（ステップ S 4）。次に、制御手段 5 1 は、切片 a および回帰係数 b を算出する（ステップ S 5）。次いで、制御手段 5 1 は、切片 a および回帰係数 b をステップ S 5 で算出した値に更新する（ステップ S 6）。その後、制御手段 5 1 は、フローチャートの実行を終了する。このフローチャートの実行によって、セル群ごとに基準電圧 V_{std} が算出される。

10

【0041】

図 8 は、図 7 のステップ S 1 の判定ルーチンの一例を示す図である。図 8 のフローチャートは、図 7 のステップ S 1 の実行によって実行される。まず、制御手段 5 1 は、異常回避処置中であるか否かを判定する（ステップ S 11）。異常回避処置とは、燃料電池スタック 10 の異常を回避するための所定の処置である。ステップ S 11 において異常回避処置中であると判定された場合、制御手段 5 1 は、データ採用不可であると判定する（ステップ S 12）。その後、制御手段 5 1 は、フローチャートの実行を終了する。

【0042】

20

ステップ S 11 において異常回避処置中であると判定されなかった場合、制御手段 5 1 は、燃料電池スタック 10 の内部を流動する冷却水の温度が規定範囲内にあるか否かを判定する（ステップ S 13）。ステップ S 13 において冷却水の温度が規定範囲内にあると判定されなかった場合、制御手段 5 1 は、データ採用不可であると判定する（ステップ S 12）。その後、制御手段 5 1 は、フローチャートの実行を終了する。

【0043】

ステップ S 13 において冷却水の温度が規定範囲内にあると判定された場合、制御手段 5 1 は、セル電圧または発電電流の加減速が過度の加減速でないか否かを判定する（ステップ S 14）。ステップ S 14 において過度の加減速が生じていないと判定されなかった場合、制御手段 5 1 は、データ採用不可であると判定する（ステップ S 12）。その後、制御手段 5 1 は、フローチャートの実行を終了する。

30

【0044】

ステップ S 14 において過度の加減速が生じていないと判定された場合、制御手段 5 1 は、反応ガスの圧力が規定値以上であるか否かを判定する（ステップ S 15）。ステップ S 15 において反応ガスの圧力が規定値以上であると判定されなかった場合、制御手段 5 1 は、データ採用不可であると判定する（ステップ S 12）。ステップ S 15 において反応ガスの圧力が規定値以上であると判定された場合、制御手段 5 1 は、データ採用可であると判定する（ステップ S 16）。その後、制御手段 5 1 は、フローチャートの実行を終了する。

【0045】

40

図 9 は、変極点を検出するためのフローチャートの一例を示す図である。図 9 のフローチャートは、所定の周期で判定手段 5 2 によって実行される。具体的には、図 9 のフローチャートは、例えば、所定時間経過した場合、電流密度が所定量変化した場合等に行われる。図 9 に示すように、まず、判定手段 5 2 は、同一電流密度条件下において対象となるセル群の測定電圧 V - 基準電圧 $V_{std} > 0$ であるか否かを判定する（ステップ S 21）。ステップ S 21 において測定電圧 V - 基準電圧 $V_{std} > 0$ であると判定されなかった場合、判定手段 5 2 は、フローチャートの実行を終了する。

【0046】

ステップ S 21 において測定電圧 V - 基準電圧 $V_{std} > 0$ であると判定された場合、判定手段 5 2 は、測定電圧 V - 基準電圧 $V_{std} > \text{オフセット値 } C$ であるか否かを判定す

50

る（ステップ S 2 3）。ステップ S 2 3において測定電圧 V - 基準電圧 $V_{s t d} > \text{オフセット値 } C$ であると判定されなかった場合、判定手段 5 2 は、フローチャートの実行を終了する。ステップ S 2 3において測定電圧 V - 基準電圧 $V_{s t d} > \text{オフセット値 } C$ であると判定された場合、判定手段 5 2 は、対象セル群に異常が生じていると判断する（ステップ S 1 3）。その後、判定手段 5 2 は、フローチャートの実行を終了する。

【 0 0 4 7 】

図 9 のフローチャートによれば、対象としているセル群の変極点を検出することができる。それにより、対象としているセル群のいずれかのセルに異常が生じているか否かを高い精度で判断することができる。この場合、運転条件の切替等による燃料電池スタック 1 0 の発電性能低下を抑制することができる。また、対象としているセル群の部品交換等によって燃料電池スタック 1 0 の発電性能低下を抑制することができる。さらに、セル群に複数のセルが含まれていても変極点の検出が可能であることから、セルごとに電圧検出手段を設ける必要がない。その結果、コストの低減化を図ることができる。

10

【 0 0 4 8 】

なお、上記実施例においては、測定電圧 V - 基準電圧 $V_{s t d} > 0$ 、または、測定電圧 V - 基準電圧 $V_{s t d} > 0$ かつ測定電圧 V - 基準電圧 $V_{s t d} > C$ となった場合に、セル群の変極点を検出したが、それに限られない。例えば、測定電圧 V の基準電圧 $V_{s t d}$ からの分散が所定値以上になった場合に、セル群に変極点が生じていると検出してもよい。

【 0 0 4 9 】

（変形例 1）

なお、基準となるセル群のセル電圧を基準電圧とし、この基準電圧との関係を用いて変極点を検出してもよい。図 1 0 は、基準電圧との関係を用いた変極点の検出について説明するための図である。図 1 0 において、横軸は電流密度を示し、縦軸はセル電圧を示す。

20

【 0 0 5 0 】

基準電圧として、発電性能が比較的高いセル群のセル電圧を用いることが好ましい。例えば、基準電圧として、セル電圧が最大のセル群の値を用いてもよく、各セル群の平均以上のセル電圧を生じるセル群の値を用いてもよい。また、基準電圧として、他のセル群よりもセル枚数の少ないセル群の値を用いてもよい。さらに、耐久性の高いセル群の値を用いてもよい。ここで、耐久性の高いセル群とは、劣化しにくいセル群のことをいう。例えば、結晶性の高いカーボンを含む触媒層を備えるセル群、粒径の大きい白金を担持する触媒層を備えるセル群等を耐久性の高いセル群として用いることができる。また、あらかじめ測定しておいたセル群のセル電圧を用いてもよい。なお、セル 1 1 が出力可能な電流密度範囲の上下の所定量（例えば、5 % 程度）ずつを除外して基準電圧としてもよい。本変形例においては、一例として、基準電圧として最大のセル電圧を示すセル群のセル電圧 $V_{m a x}$ を用いる。また、最小のセル電圧 $V_{m i n}$ を示すセル群を対象セル群とする。

30

【 0 0 5 1 】

図 1 0 に示すように、基準電圧として用いるセル電圧 $V_{m a x}$ は、電流密度の増加とともにほぼ線形に低下する。また、反応ガスが正常な範囲でばらついているセル群は、基準電圧に近い電圧を示す。これに比較して、反応ガス欠等が生じているセル群においては、基準電圧に比較してセル電圧が低下するとともに、変極点が現れる。

40

【 0 0 5 2 】

本変形例においては、変極点を検出するために、基準電圧の電流密度に対する傾きを用いる。変極点よりも低電流密度側においては、 $d V_{m i n} / d I - d V_{m a x} / d I < 0$ となる。これに対して、変極点よりも高電流密度側においては、 $d V_{m i n} / d I - d V_{m a x} / d I > 0$ となる。したがって、 $d V_{m i n} / d I - d V_{m a x} / d I$ がマイナスからプラスに変化するか否かを判定することによって、変極点が存在するか否かを判定することができる。測定誤差等を考慮すると、 $d V_{m i n} / d I - d V_{m a x} / d I > E$ （オフセット値）になった場合に、変極点が存在すると判定してもよい。

【 0 0 5 3 】

図 1 1 は、変極点を検出するためのフローチャートの一例を示す図である。図 1 1

50

のフローチャートは、所定の周期で判定手段 5 2 によって実行される。具体的には、図 1 1 のフローチャートは、例えば、所定時間経過した場合、電流密度が所定量変化した場合等に実行される。図 1 1 に示すように、判定手段 5 2 は、同一の電流密度条件下において $V_{max} - V_{min} > D$ であるか否かを判定する（ステップ S 3 1）。このように V_{max} と V_{min} との差に所定のしきい値を設けることによって、変極点が存在するセル群をより正確に検出することができる。ステップ S 3 1 において $V_{max} - V_{min} > D$ であると判定されなかった場合、判定手段 5 2 は、フローチャートの実行を終了する。

【0054】

ステップ S 3 1 において $V_{max} - V_{min} > D$ であると判定された場合、判定手段 5 2 は、 $dV_{min}/dI - dV_{max}/dI > \text{オフセット値} E$ であるか否かを判定する（ステップ S 3 2）。このようにオフセット値を設けることによって、測定誤差等による誤判断を回避することができる。ステップ S 3 2 において $dV_{min}/dI - dV_{max}/dI > \text{オフセット値} E$ であると判定されなかった場合、判定手段 5 2 は、フローチャートの実行を終了する。ステップ S 3 2 において $dV_{min}/dI - dV_{max}/dI > \text{オフセット値} E$ であると判定された場合、判定手段 5 2 は、対象セル群に異常が生じていると判断する（ステップ S 3 3）。その後、判定手段 5 2 は、フローチャートの実行を終了する。

10

【0055】

図 1 1 のフローチャートによれば、対象としているセル群の変極点を検出することができる。それにより、対象としているセル群のいずれかのセルに異常が生じているか否かを高い精度で判断することができる。さらに、セル群に複数のセルが含まれていても変極点の検出が可能であることから、セルごとに電圧検出手段を設ける必要がない。その結果、コストの低減化を図ることができる。

20

【0056】

（変形例 2）

ここで、各セル群に含まれるセル 1 1 の枚数が多くなればなるほど、変極点の検出が困難になる。図 1 2 は、一例として各セル群に 10 枚のセル 1 1 が含まれる場合を示す。図 1 2 において、横軸は電流密度を示し、縦軸は各セル群のセル電圧を各セル群に含まれるセル枚数で割った値を示す。図 1 2 に示すように、基準となるセル群の基準電圧と不具合が生じているセル群のセル電圧との差が小さくなってしまふ。したがって、変極点の検出が困難になる。

30

【0057】

そこで、本変形例において、対象とするセル群の発電電圧の基準電圧からの乖離率を用いて変極点を検出する。ここで、乖離率は、下記式（4）のように定義することができる。なお、下記式（4）においては、同一電流密度条件下での電圧値を用いている。

乖離率 = (基準電圧 - 対象セル群の発電電圧) / 基準電圧 × 100% (4)

【0058】

図 1 3 は、電流密度と乖離率との関係を示す図である。図 1 3 において、横軸は電流密度を示し、縦軸は乖離率を示す。図 1 3 に示すように、反応ガスが正常な範囲内であれば、電流密度の増加とともに乖離率も増加する。これに比較して、反応ガス欠等が生じているセル群においては、電流密度の増加とともに乖離率も増加し、所定の値を境に乖離率が低下し始める。この値が変極点として検出される。

40

【0059】

図 1 4 (a)、図 1 4 (b) および図 1 5 は、変極点を検出するためのフローチャートの一例を示す図である。図 1 4 (a)、図 1 4 (b) および図 1 5 のフローチャートは、所定の周期で判定手段 5 2 によって実行される。具体的には、図 1 4 (a)、図 1 4 (b) および図 1 5 のフローチャートは、例えば、所定時間経過した場合、電流密度が所定量変化した場合等に実行される。図 1 4 (a) に示すように、判定手段 5 2 は、図 9 のステップ S 2 1 と同様に、同一電流密度条件下において測定電圧 V - 基準電圧 $V_{std} > 0$ であるか否かを判定する（ステップ S 4 1）。ステップ S 4 1 において測定電圧 V - 基

50

準電圧 $V_{s t d} > 0$ であると判定されなかった場合、判定手段 5 2 は、フローチャートの実行を終了する。

【 0 0 6 0 】

ステップ S 4 1 において測定電圧 V - 基準電圧 $V_{s t d} > 0$ であると判定された場合、判定手段 5 2 は、電流密度の増加に対する乖離率 $(d(V_{m a x} - V) / dI)$ が負の傾きを持つか否かを判定する (ステップ S 4 2)。ステップ S 4 2 において乖離率が負の傾きを持つと判定されなかった場合、判定手段 5 2 は、フローチャートの実行を終了する。ステップ S 4 2 において乖離率が負の傾きを持つと判定された場合、判定手段 5 2 は、対象セル群のいずれかのセル 1 1 に異常が生じていると判断する (ステップ S 4 3)。その後、判定手段 5 2 は、フローチャートの実行を終了する。

10

【 0 0 6 1 】

また、図 1 4 (b) に示すように、判定手段 5 2 は、図 1 4 (a) のステップ S 4 1 の代わりに、図 1 1 のステップ S 3 1 と同様に $V_{m a x} - V > D$ であるか否かを判定してもよい (ステップ S 5 1)。

【 0 0 6 2 】

また、図 1 5 に示すように、判定手段 5 2 は、図 1 4 (a) のステップ S 4 2 の代わりに、ステップ S 6 2 を実行してもよい。ステップ S 6 2 においては、判定手段 5 2 は、対象セル群の低電流密度域における乖離率の電流密度に対する傾き $b_{L o w}$ と高電流密度域における乖離率の電流密度に対する傾き $b_{H i g h}$ との積が負になるか否かを判定する。この場合、変極点が生じる場合には、傾き $b_{L o w}$ および傾き $b_{H i g h}$ のいずれか一方が正の値になり、いずれか他方が負の値になる。したがって、変極点が生じる場合には、 $b_{L o w} \times b_{H i g h} < 0$ となる。なお、上記の低電流密度域および高電流密度域は、必要に応じて再設定することができる。

20

【 0 0 6 3 】

図 1 4 (a)、図 1 4 (b) および図 1 5 のフローチャートによれば、対象としているセル群の乖離率を用いて変極点を検出することができる。それにより、対象としているセル群に異常が生じているか否かをより高い精度で判断することができる。さらに、セル群に複数のセルが含まれていても変極点の検出が可能であることから、セルごとに電圧検出手段を設ける必要がない。その結果、コストの低減化を図ることができる。

【 0 0 6 4 】

30

(変形例 3)

対象とするセル群の乖離率の 1 次回帰直線の切片に基づいて、変極点が生じているか否かを判定してもよい。図 1 3 において説明したように、変極点が生じると、電流密度に対する乖離率の傾きが正から負に変わる。したがって、変極点が生じると、図 1 6 に示すように、乖離率の 1 次回帰直線の切片が大きくなる。この切片が所定値以上になった場合に、変極点が生じていると判断することができる。

【 0 0 6 5 】

図 1 7 は、変極点を検出するためのフローチャートの一例を示す図である。図 1 7 のフローチャートは、所定の周期で判定手段 5 2 によって実行される。具体的には、図 1 7 のフローチャートは、例えば、所定時間経過した場合、電流密度が所定量変化した場合等に実行される。図 1 7 に示すように、まず、判定手段 5 2 は、図 9 のステップ S 2 1 と同様に、測定電圧 V - 基準電圧 $V_{s t d} > 0$ であるか否かを判定する (ステップ S 7 1)。ステップ S 7 1 において測定電圧 V - 基準電圧 $V_{s t d} > 0$ であると判定されなかった場合、判定手段 5 2 は、フローチャートの実行を終了する。

40

【 0 0 6 6 】

ステップ S 7 1 において測定電圧 V - 基準電圧 $V_{s t d} > 0$ であると判定された場合、判定手段 5 2 は、対象セル群の乖離率の一次回帰式の切片 $a_{m i n}$ がしきい値 E を上回ったか否かを判定する (ステップ S 7 2)。ステップ S 7 2 において切片 $a_{m i n}$ がしきい値 E を上回ったと判定されなかった場合、判定手段 5 2 は、フローチャートの実行を終了する。ステップ S 7 2 において切片 $a_{m i n}$ がしきい値 E を上回ったと判定された場合、

50

判定手段５２は、対象セル群のいずれかのセル１１に異常が生じていると判断する（ステップＳ７３）。その後、判定手段５２は、フローチャートの実行を終了する。

【００６７】

図１７のフローチャートによれば、対象としているセル群の乖離率を用いて変極点を検出することができる。それにより、対象としているセル群に異常が生じているか否かをより高い精度で判断することができる。さらに、セル群に複数のセルが含まれていても変極点の検出が可能であることから、セルごとに電圧検出手段を設ける必要がない。その結果、コストの低減化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【００６８】

10

【図１】本発明の第１実施例に係る燃料電池システムを説明するための図である。

【図２】セルにおける発電反応を説明するための模式図である。

【図３】セルにおける酸素欠反応を説明するための模式図である。

【図４】セルにおける水素欠反応を説明するための模式図である。

【図５】電流密度とセル電圧との関係を示す図である。

【図６】基準電圧を用いた変極点の検出について説明するための図である。

【図７】基準電圧を算出するためのフローチャートの一例を示す図である。

【図８】図７のステップＳ１の判定ルーチンの一例を示す図である。

【図９】変極点を検出するためのフローチャートの一例を示す図である。

【図１０】基準となるセル群の基準電圧との関係を用いた変極点の検出について説明するための図である。

20

【図１１】変極点を検出するためのフローチャートの一例を示す図である。

【図１２】各セル群に１０枚のセルが含まれる場合を示す図である。

【図１３】電流密度と乖離率との関係を示す図である。

【図１４】変極点を検出するためのフローチャートの一例を示す図である。

【図１５】変極点を検出するためのフローチャートの一例を示す図である。

【図１６】乖離率の一次回帰について説明するための図である。

【図１７】変極点を検出するためのフローチャートの一例を示す図である。

【符号の説明】

【００６９】

30

１０ 燃料電池スタック

１１ セル

２０ 燃料ガス供給手段

３０ 酸化剤ガス供給手段

４１ 電圧検出手段

４２ 電流検出手段

５０ 処理部

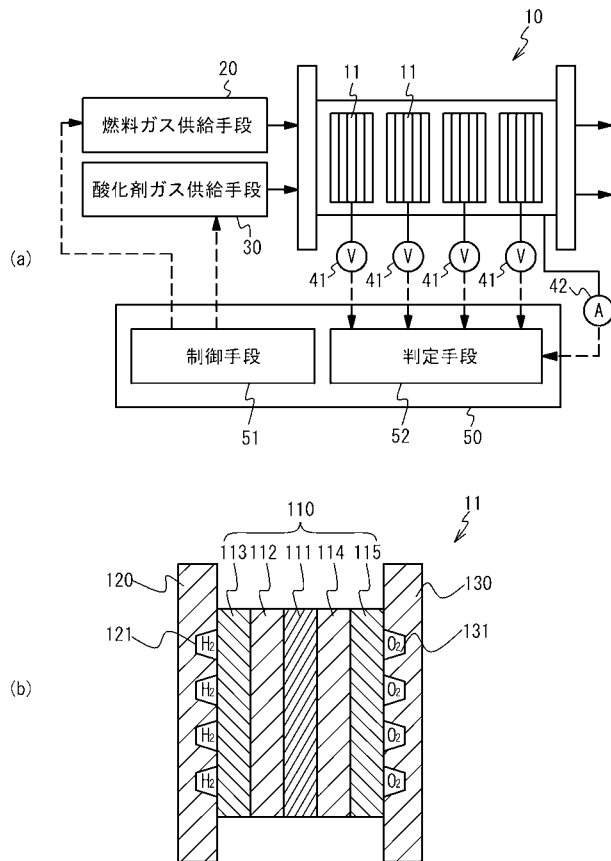
５１ 制御手段

５２ 判定手段

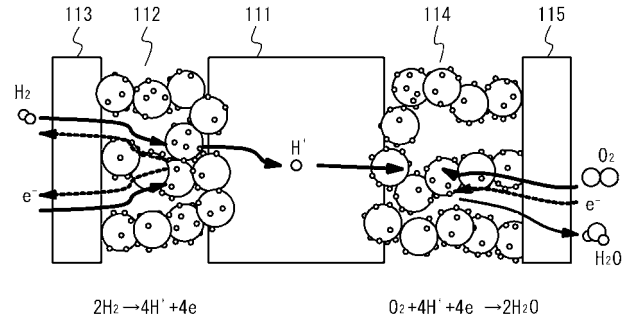
１００ 燃料電池システム

40

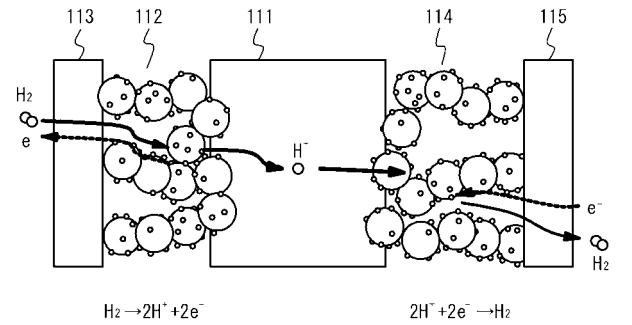
【図 1】



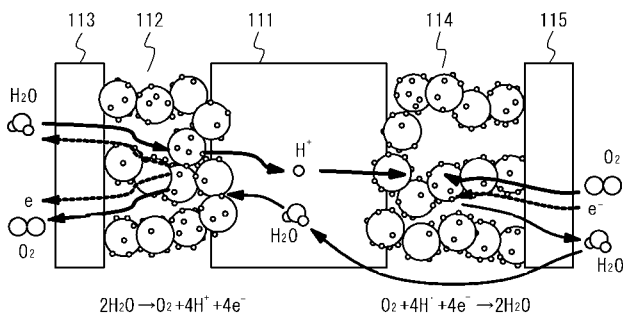
【図 2】



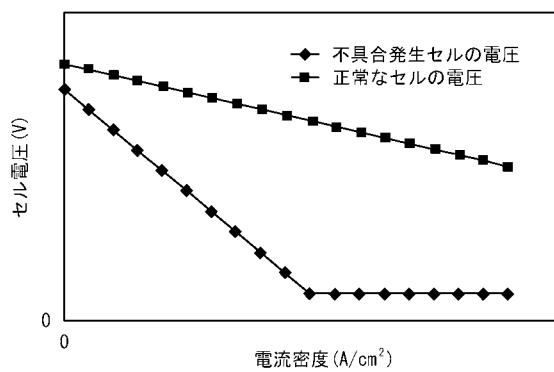
【図 3】



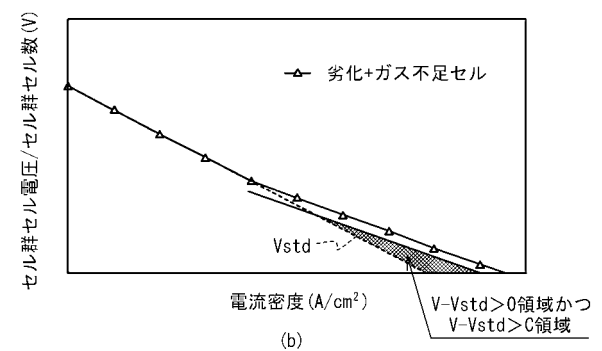
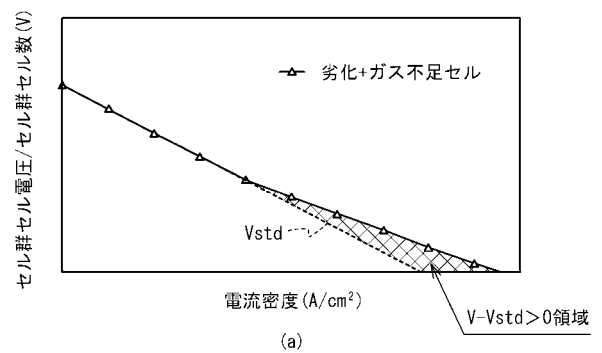
【図 4】



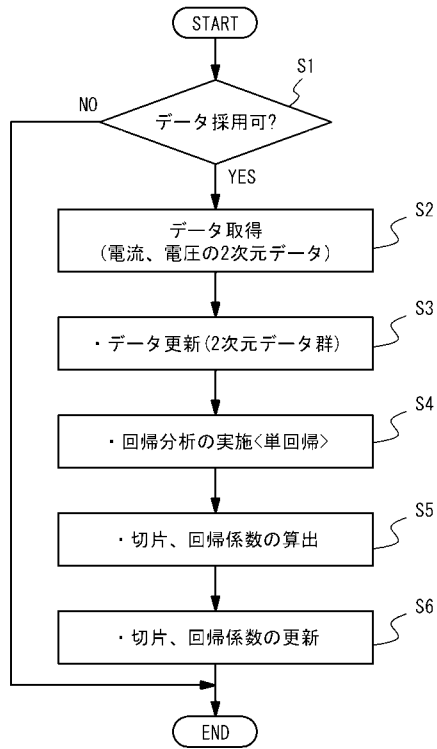
【図 5】



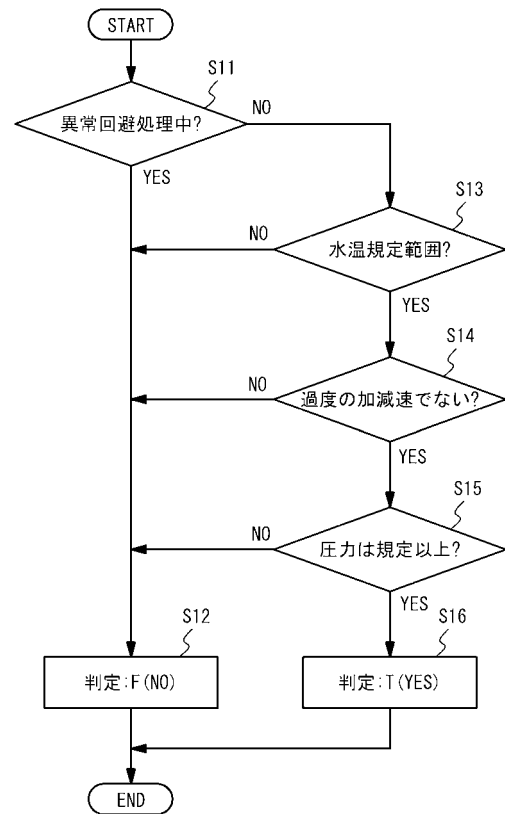
【図 6】



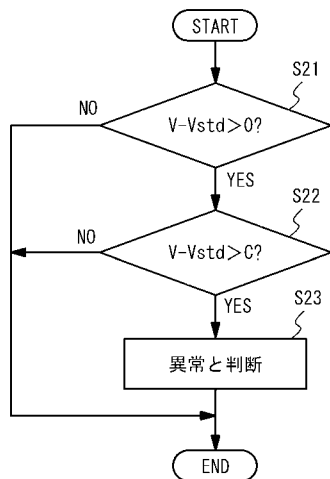
【図 7】



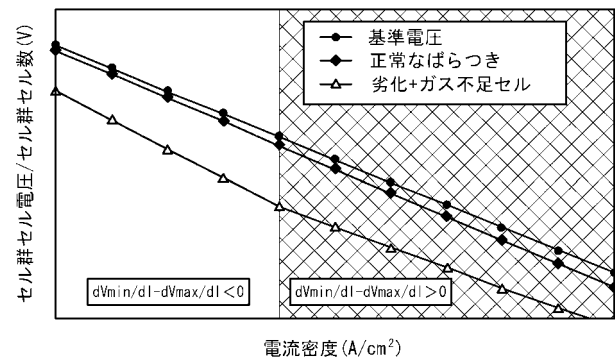
【図 8】



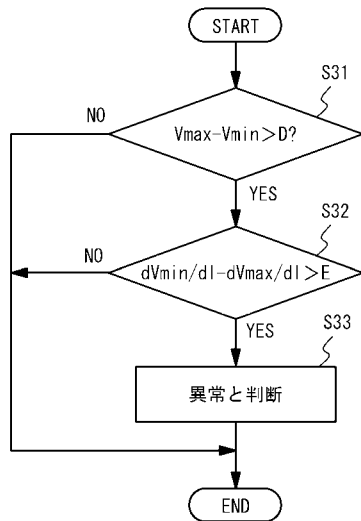
【図 9】



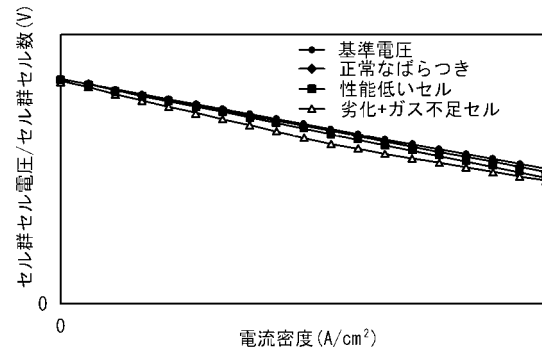
【図 10】



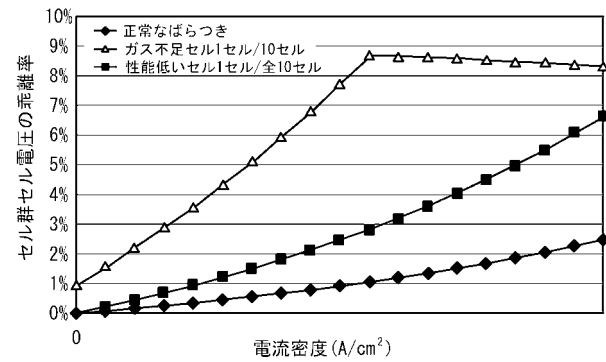
【図 1 1】



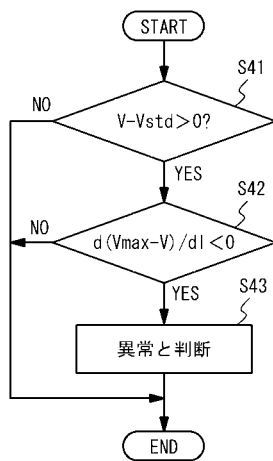
【図 1 2】



【図 1 3】

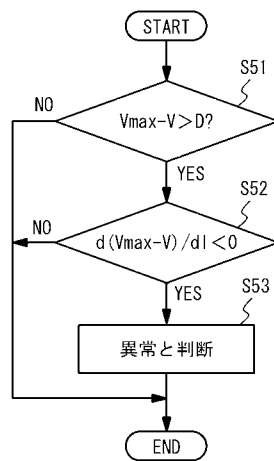


【図 1 4】

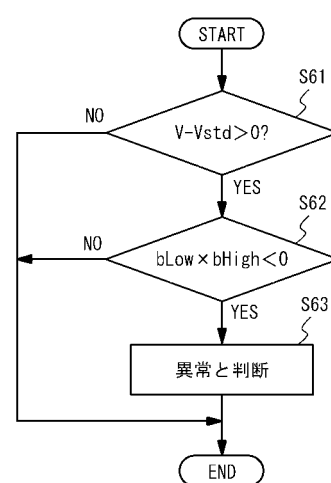


(a)

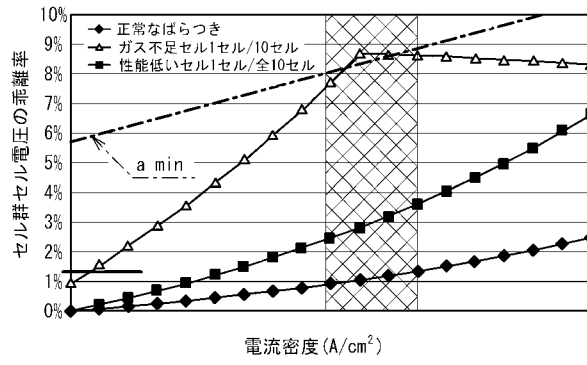
【図 1 5】



(b)



【図 16】



【図 17】

