

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6385620号
(P6385620)

(45) 発行日 平成30年9月5日(2018.9.5)

(24) 登録日 平成30年8月17日(2018.8.17)

(51) Int. Cl. F I
HO 1 M 10/48 (2006.01) HO 1 M 10/48 3 O 1
 HO 1 M 10/48 P

請求項の数 7 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2018-517960 (P2018-517960)	(73) 特許権者	000006013
(86) (22) 出願日	平成28年5月17日 (2016.5.17)		三菱電機株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2016/064571		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(87) 国際公開番号	W02017/199326	(74) 代理人	100095407
(87) 国際公開日	平成29年11月23日 (2017.11.23)		弁理士 木村 満
審査請求日	平成30年6月8日 (2018.6.8)	(74) 代理人	100131152
早期審査対象出願			弁理士 八島 耕司
		(74) 代理人	100147924
			弁理士 美恵 英樹
		(72) 発明者	吉田 幸弘
			東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
			菱電機株式会社内
		(72) 発明者	白神 昭
			東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
			菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 蓄電池保護装置および蓄電システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

蓄電池に含まれる単電池の電圧および電流から、初期状態での前記単電池の容量から減少した容量である劣化容量を算出する劣化容量算出部と、

前記劣化容量算出部で算出された前記劣化容量から、前記単電池の容器内のガス量を算出するガス量算出部と、

前記ガス量算出部で算出される前記ガス量、前記単電池の容器の空隙体積、および前記単電池の温度から、前記容器内の圧力を算出する圧力算出部と、

少なくともいずれかの前記単電池において、前記圧力算出部で算出される前記容器内の圧力が閾値圧以上であるか否かを判定する圧力監視部と、

を備える蓄電池保護装置。

【請求項2】

前記圧力監視部は、少なくともいずれかの前記単電池において、前記圧力算出部で算出される前記容器内の圧力が閾値圧以上である場合に、前記蓄電池の充放電を停止する制御信号を出力する、

請求項1に記載の蓄電池保護装置。

【請求項3】

前記ガス量算出部は、前記劣化容量および前記単電池の劣化に伴う電解液の化学反応式から、前記単電池の劣化により発生するガスの物質量を算出し、前記単電池の劣化により発生するガスの物質量および前記初期状態での前記容器内のガスの物質量の合計を前記ガ

ス量として算出する、
請求項 1 または 2 に記載の蓄電池保護装置。

【請求項 4】

前記容器内の圧力が、前記容器内のガスを排出する安全弁が作動する圧力に達するまで、前記単電池に対して定められる充電電圧範囲を超える電圧で、前記劣化容量が異なる複数の前記単電池のそれぞれを充電する過充電試験を行うことで得られる前記劣化容量と前記過充電試験の開始時点における前記容器内のガスの物質量との関係を記憶する記憶部をさらに備え、

前記ガス量算出部は、前記記憶部が記憶する前記劣化容量と前記過充電試験の開始時点における前記容器内のガスの物質量との関係に基づいて、前記劣化容量算出部で算出した前記劣化容量から、前記ガス量を算出する、

10

請求項 1 または 2 に記載の蓄電池保護装置。

【請求項 5】

単電池を有する蓄電池と、

前記単電池の電圧を検出する電圧検出部と、

前記単電池の電流を検出する電流検出部と、

前記単電池の温度を検出する温度検出部と、

請求項 1 に記載の蓄電池保護装置と、

発電機から供給された電力による前記蓄電池の充電および前記蓄電池から放電された電力の電動機への供給を行い、前記圧力監視部から前記蓄電池の充放電を停止する制御信号を取得した場合には、前記蓄電池の充放電を停止する充放電制御部と、

20

を備える蓄電システム。

【請求項 6】

前記蓄電池保護装置が有する前記ガス量算出部は、前記劣化容量および前記単電池の劣化に伴う電解液の化学反応式から、前記単電池の劣化により発生するガスの物質量を算出し、前記単電池の劣化により発生するガスの物質量および前記初期状態での前記容器内のガスの物質量の合計を前記ガス量として算出する、

請求項 5 に記載の蓄電システム。

【請求項 7】

前記蓄電池保護装置は、前記容器内の圧力が、前記容器内のガスを排出する安全弁が作動する圧力に達するまで、前記単電池に対して定められる充電電圧範囲を超える電圧で、前記劣化容量が異なる複数の前記単電池のそれぞれを充電する過充電試験を行うことで得られる前記劣化容量と前記過充電試験の開始時点における前記容器内のガスの物質量との関係を記憶する記憶部をさらに備え、

30

前記蓄電池保護装置が有する前記ガス量算出部は、前記記憶部が記憶する前記劣化容量と前記過充電試験の開始時点における前記容器内のガスの物質量との関係に基づいて、前記蓄電池保護装置が有する前記劣化容量算出部で算出した前記劣化容量から、前記ガス量を算出する、

請求項 5 に記載の蓄電システム。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

この発明は、蓄電池に含まれる単電池の容器内の圧力の上昇を検知する蓄電池保護装置および蓄電システムに関する。

【背景技術】

【0002】

蓄電池の充放電中においては、蓄電池の使用条件によって、蓄電池に含まれる単電池の容器内にガスが発生し、容器内の圧力が上昇することがある。容器内の圧力が、容器に設けられた安全弁の作動する圧力に達すると、安全弁が作動してガスが容器外に放出され、単電池の容器の破裂を防止することができる。しかしながら、安全弁の作動によって放出

50

されるガスは、可燃性電解液の蒸気であるから、健康に影響を及ぼす可能性、および引火する可能性がある。そのため、安全弁が作動する前に、蓄電池の充放電を停止することが好ましい。

【0003】

特許文献1に開示される電池パックは、複数のセルを有し、セルの電池缶の主壁に設けられた導体同士の接触を検知することで、セルの膨張の有無を判定する。特許文献2に開示される電動車両制御装置は、センサにより二次電池の内圧を測定し、内圧が閾値を超えた場合には、電池異常の旨を表示すると共に、二次電池への充電を禁止し、エンジンを停止させる。特許文献3に開示される充電制御装置は、複数のセルを格納する容器に取り付けられた歪センサから出力される信号に基づいて、容器内の圧力の上昇を検知する。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2015-115219号公報

【特許文献2】特許第5793957号公報

【特許文献3】特開2010-011619号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

電気自動車または鉄道車両に搭載される大規模な蓄電システムにおいては、数十個または数百個の単電池を含む蓄電池が搭載されるため、特許文献1に開示される技術を用いる場合には、多数の導体を設ける必要があり、構造が複雑化する。また蓄電システムの小型化を図るため、単電池の間隔は可能な限り狭くする必要があり、そのため、特許文献1に開示されるように導体を設ける場合には、単電池が膨張していない通常時には、導体同士が接触しないように精度よく導体を設ける必要があり、製造が困難である。特許文献2に開示される電動車両制御装置および特許文献3に開示される充電制御装置においても、多数の単電池に応じて多数のセンサを設ける必要があり、構造が複雑化する。

20

【0006】

本発明は上述の事情に鑑みてなされたものであり、蓄電池に含まれる単電池の容器内の圧力の上昇を検知する機構を簡易化することが目的である。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するために、本発明の蓄電池保護装置は、劣化容量算出部、ガス量算出部、圧力算出部、および圧力監視部を備える。劣化容量算出部は、蓄電池に含まれる単電池の電圧および電流から、初期状態での単電池の容量から減少した容量である劣化容量を算出する。ガス量算出部は、劣化容量算出部で算出された劣化容量から、単電池の容器内のガス量を算出する。圧力算出部は、ガス量算出部で算出されるガス量、単電池の容器の空隙体積、および単電池の温度から、容器内の圧力を算出する。圧力監視部は、少なくともいずれかの単電池において、圧力算出部で算出される容器内の圧力が閾値圧以上であるか否かを判定する。

40

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、劣化容量から容器内のガス量を算出し、ガス量から容器内の圧力を算出することで、蓄電池に含まれる単電池の容器内の圧力の上昇を検知する機構を簡易化することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の実施の形態1に係る蓄電システムの構成例を示すブロック図である。

【図2】実施の形態1における容器内の圧力とガスの物質質量との関係の一例を示す図である。

50

【図 3】実施の形態 1 に係る蓄電池保護装置が行う蓄電池保護処理の動作の一例を示すフローチャートである。

【図 4】本発明の実施の形態 2 に係る蓄電システムの構成例を示すブロック図である。

【図 5】実施の形態 2 における過充電試験終了時の容器内のガスの内訳の例を示す図である。

【図 6】実施の形態 2 における過充電試験中の電圧と電気量との関係の一例を示す図である。

【図 7】実施の形態 2 における劣化容量と容器内のガスの物質質量との関係を算出する手順を示すフローチャートである。

【図 8】実施の形態 2 に係る蓄電池保護装置が行う蓄電池保護処理の動作の一例を示すフローチャートである。

10

【発明を実施するための形態】

【0010】

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。なお図中、同一または同等の部分には同一の符号を付す。

【0011】

(実施の形態 1)

図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る蓄電システムの構成例を示すブロック図である。蓄電システム 1 は、任意の数の単電池 2 を含む蓄電池 3、蓄電池 3 の充放電を制御する充放電制御部 4、単電池 2 の電圧を検出する電圧検出部 5、単電池 2 の電流を検出する電流検出部 6、単電池 2 の温度を検出する温度検出部 7、および少なくともいずれかの単電池 2 の容器内の圧力が閾値圧以上である場合には、蓄電池 3 の充放電を停止させる制御信号を出力する蓄電池保護装置 10 を備える。充放電制御部 4 は、発電機 21 から供給された電力による蓄電池 3 の充電および蓄電池 3 から放電された電力の電動機 22 への供給を行う。充放電制御部 4 は、蓄電池保護装置 10 から蓄電池 3 の充放電を停止させる制御信号を取得した場合には、蓄電池 3 の充放電を停止する。

20

【0012】

図 1 の例では、複数の単電池 2 が電気的に接続されて、蓄電池 3 を構成しているが、1 つの単電池 2 で構成される蓄電池 3 を用いてもよい。電圧検出部 5 は単電池 2 ごとに設けられる。温度検出部 7 は、単電池 2 ごとに、容器の外側に設けられた温度センサで検出した温度を該単電池 2 の温度として取得してもよいし、蓄電池 3 の筐体内部の中央に位置する単電池 2 に設けられた温度センサが検出した温度および筐体内部の端部に位置する単電池 2 に設けられた温度センサが検出した温度から、単電池 2 ごとの温度を推定してもよい。また温度検出部 7 は、複数の温度センサが検出した温度の平均値または中央値などを単電池 2 の温度として用いてもよい。

30

【0013】

蓄電池保護装置 10 は、初期状態での単電池 2 の容量から減少した容量である劣化容量を算出する劣化容量算出部 11、単電池 2 の容器内のガス量を算出するガス量算出部 12、容器内の圧力を算出する圧力算出部 13、および少なくともいずれかの単電池 2 において、圧力算出部 13 が算出した圧力が閾値圧以上である場合に、蓄電池 3 の充放電を停止させる制御信号を出力する圧力監視部 14 を備える。劣化容量算出部 11、ガス量算出部 12、圧力算出部 13、および圧力監視部 14 はそれぞれ、CPU (Central Processing Unit) および内部メモリなどから構成されるプロセッサ、ならびに RAM (Random Access Memory) およびフラッシュメモリなどから構成されるメモリを備える。劣化容量算出部 11、ガス量算出部 12、圧力算出部 13、および圧力監視部 14 はそれぞれ、メモリに記憶されている制御プログラムを実行し、各種演算や制御信号出力の動作を行う。

40

【0014】

劣化容量算出部 11 は、単電池 2 の電圧および電流から、初期状態での単電池 2 の容量から減少した容量である劣化容量を算出する。劣化容量算出部 11 は、単電池 2 の電圧および電流に加え、単電池 2 の温度を考慮して劣化容量を算出してもよい。初期状態とは、

50

例えば、電池メーカーから出荷された時点の単電池 2 の状態のように、劣化が進んでいない状態を意味する。初期状態での単電池 2 の容量は、設計値として開示されている値を用いてもよいし、初期状態での単電池 2 の容量を測定してもよい。

【 0 0 1 5 】

劣化容量算出部 1 1 は、単電池 2 の容量を算出し、該容量と初期状態での単電池 2 の容量との差分を劣化容量として算出する。劣化容量算出部 1 1 は、異なる充電電流を供給した場合の単電池 2 の電圧から単電池 2 の内部抵抗を算出し、初期状態の内部抵抗との比に基づいて劣化容量を算出してもよい。また劣化容量算出部 1 1 は、劣化の程度が異なる単電池 2 について充放電を行って得られた、電気量と開放電圧との関係を用い、電流検出部 6 で得られる電流を積算して得た単電池 2 の電気量に基づいて劣化容量を算出してもよい。また劣化容量算出部 1 1 は、充放電中に蓄電池 3 に接続される充放電回路の抵抗値を少なくとも 1 回変更し、変更した時点の単電池 2 の電圧および電流から内部抵抗を算出し、内部抵抗を用いて算出した電気量と開放電圧の関係から現時点の容量を算出し、初期状態での単電池 2 の容量との差分を劣化容量として算出してもよい。

10

【 0 0 1 6 】

ガス量算出部 1 2 は、劣化容量算出部 1 1 で算出された劣化容量から、単電池 2 の容器内のガス量を算出する。実施の形態 1 においては、ガス量としてガスの物質量を用いる。単電池 2 の電解液の成分が既知である場合、ガス量算出部 1 2 は、劣化容量および単電池 2 の劣化に伴う電解液の化学反応式から、単電池 2 の劣化により発生するガスの物質量を算出する。例えば、単電池 2 がリチウムイオン電池である場合には、電解液とリチウムイオンの還元反応によって負極表面上にイオン導電性被膜が形成される。負極表面上に形成されるイオン導電性被膜にリチウムイオンが捕獲されると、充放電反応に寄与するリチウムイオンが減少する。イオン導電性被膜に捕獲されるリチウムイオンの量と劣化容量との間には相関関係があるため、劣化容量からイオン導電性被膜に捕獲されるリチウムイオンの量を算出することが可能である。

20

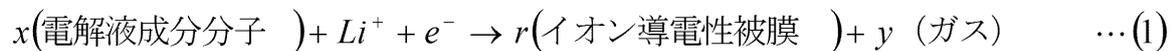
【 0 0 1 7 】

イオン導電性被膜が形成される際には、ガスが発生するため、イオン導電性被膜の形成量とガス発生量には比例関係がある。そのため、劣化容量からガス発生量を算出することが可能である。イオン導電性被膜が形成される化学反応式を下記 (1) 式に示す。係数 x は、電子 1 mol に対して反応する電解液成分分子の mol 数である。係数 y は、イオン導電性被膜が形成される際に、電子 1 mol に対して、発生するガスの mol 数である。係数 r は、電子 1 mol に対して、形成されるイオン導電性被膜の mol 数である。

30

【 0 0 1 8 】

【 数 1 】



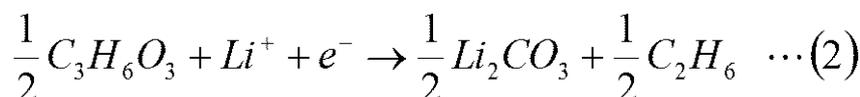
【 0 0 1 9 】

例えば、電解液として炭酸ジメチルを用いる場合、下記 (2) 式に示すように、電子 1 mol に対して、 $x = 1 / 2 \text{ mol}$ の電解液成分分子である炭酸ジメチル ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$) が反応し、 $r = 1 / 2 \text{ mol}$ の炭酸リチウム (Li_2CO_3) の被膜が形成され、 $y = 1 / 2 \text{ mol}$ のエタンガス (C_2H_6) が発生する。

40

【 0 0 2 0 】

【 数 2 】



【 0 0 2 1 】

ガス量算出部 1 2 は、劣化容量 Z (単位 : C)、上記 (1) 式の係数およびファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4$ (単位 : C / mol) を用いて、下記 (3) 式に示すように、単電池 2 の劣化により発生するガスの物質量 n_1 を算出する。

50

【 0 0 2 2 】

【数 3】

$$n_1 = \frac{Z[C]}{F[C/mol]} \cdot y \quad \dots(3)$$

【 0 0 2 3 】

ガス量算出部 1 2 は、単電池 2 の容器の空隙体積を取得する。空隙体積は、単電池 2 の容器の容積から、電極および電解液などの単電池 2 の構成要素の体積を減算して得られる。空隙体積は設計値から算出することが可能である。初期状態での単電池 2 の容器内のガス量 n_0 は、使用環境の温度における、初期状態の単電池 2 の内部の電解液の平衡蒸気圧と空隙体積から算出することが可能である。例えばリチウムイオン電池の製造においては、水分を極力除去して容器を密閉する製法が採用されているため、空隙体積には、空気または水は含まれていないとみなすことができる。そのため、初期状態の単電池 2 の容器内のガスの物質量 n_0 は、標準状態（0、1 気圧）において、空隙体積 V （単位：L）から、下記（4）式のように算出される。

10

【 0 0 2 4 】

【数 4】

$$n_0 = \frac{V[L]}{22.4[L/mol]} \quad \dots(4)$$

20

【 0 0 2 5 】

ガス量算出部 1 2 は、単電池 2 の劣化により発生するガスの物質量 n_1 および初期状態での単電池 2 の容器内のガスの物質量 n_0 の合計を算出する。

【 0 0 2 6 】

圧力算出部 1 3 は、ガス量算出部 1 2 で算出されるガス量、すなわちガスの物質量（ $n_0 + n_1$ ）、空隙体積 V 、および温度検出部 7 で検出される温度 T_1 （単位：K）から、下記（5）式のように、単電池 2 の容器内の圧力 P_1 を算出する。下記（5）式において、 R （単位：Pa・L / K・mol）は気体定数である。

30

【 0 0 2 7 】

【数 5】

$$P_1 = \frac{(n_0 + n_1) \cdot R \cdot T_1}{V} \quad \dots(5)$$

【 0 0 2 8 】

圧力監視部 1 4 は、少なくともいずれかの単電池 2 の容器内の圧力 P_1 が閾値圧以上である場合には、蓄電池 3 の充放電を停止する制御信号を充放電制御部 4 に出力する。上記（5）式から明らかなように、容器内の圧力 P_1 は、容器内のガスの物質量（ $n_0 + n_1$ ）に比例する。図 2 は、実施の形態 1 における容器内の圧力とガスの物質量との関係の一例を示す図である。横軸がガスの物質量であり、縦軸が容器内の圧力である。図 2 の例では、 P_a は安全弁が作動する圧力であり、容器内の圧力 P_1 が P_a に達する時点でのガス量が n_a である。安全弁が作動する前に蓄電池 3 の充放電を停止する運用が好ましい場合には、圧力監視部 1 4 は、 P_a より小さい P_b を閾値圧として用いる。すなわち、容器内の圧力 P_1 が P_b に到達した時点で、圧力監視部 1 4 は、蓄電池 3 の充放電を停止する制御信号を出力する。

40

【 0 0 2 9 】

また充放電を停止する制御信号を出力する前に、容器内の圧力の上昇を示す信号を出力

50

してもよい。圧力監視部 14 は、 P_b より小さい P_c を用いて、容器内の圧力 P_1 が P_c に到達した時点で、容器内の圧力の上昇を示す信号を充放電制御部 4 に出力してもよい。容器内の圧力の上昇を示す信号を受け取った充放電制御部 4 が、例えば充放電量を減少させることで、容器内の圧力の上昇を抑制することが可能である。 P_b 、 P_c の値は、例えば、単電池 2 の容器の強度および蓄電システム 1 の用途に応じた要求される安全性のレベルなどに応じて定めることができる。

【0030】

図 3 は、実施の形態 1 に係る蓄電池保護装置が行う蓄電池保護処理の動作の一例を示すフローチャートである。劣化容量算出部 11 は、単電池 2 の劣化容量を算出する（ステップ S11）。ガス量算出部 12 は、劣化容量と単電池 2 の劣化に伴う電解液の化学反応式から、単電池 2 の劣化により生じるガスの物質量を算出し、該ガスの物質量と初期状態での単電池 2 の容器内のガスの物質量を合計して、容器内のガスの物質量を算出する（ステップ S12）。圧力算出部 13 は、ガス量算出部 12 で算出される容器内のガスの物質量、空隙体積および単電池 2 の温度から、単電池 2 の容器内の圧力を算出する（ステップ S13）。圧力監視部 14 は、圧力算出部 13 で算出される容器内の圧力が閾値圧以上であるか否かを判定する（ステップ S14）。容器内の圧力が閾値圧未満である場合には（ステップ S14；N）、蓄電池処理が終了する。容器内の圧力が閾値圧以上である場合には（ステップ S14；Y）、圧力監視部 14 は、蓄電池 3 の充放電を停止する制御信号を出し（ステップ S15）、蓄電池保護処理が終了する。蓄電池保護装置 10 は、上述の蓄電池保護処理を任意に定められた間隔で繰り返し実行する。ステップ S11 の劣化容量の算出処理およびステップ S12 のガスの物質量の算出を、上述の処理を繰り返すたびに繰り返すことなく、直前に算出された劣化容量およびガスの物質量を用いてもよい。

【0031】

以上説明したとおり、本発明の実施の形態 1 に係る蓄電池保護装置 10 によれば、歪ゲージおよび電池容器に取り付けられる導体などを設ける必要がなく、単電池 2 の容器内の圧力の上昇を検知する機構を簡易化することが可能である。電池容器に取り付けられた導体の接触を検知するためには、容器が歪む必要があるため、歪みにくい容器を使うことができないが、実施の形態 1 に係る蓄電池保護装置 10 は、単電池 2 の容器の材質に関わらず、単電池 2 の容器内の圧力の上昇を検知することが可能である。また導体の接触を検知する場合は所定の圧力までの圧力上昇の途中経過は検知できないが、実施の形態 1 に係る蓄電池保護装置 10 は、圧力上昇の途中経過についても任意に検知することが可能であり、蓄電システム 1 の用途に応じて様々なレベルで安全マージンを持って保護制御を行うことが可能である。

【0032】

（実施の形態 2）

実施の形態 1 においては、単電池 2 の電解液の成分は既知であり、ガス量算出部 12 は、劣化容量および単電池 2 の劣化に伴う電解液の化学反応式から、単電池 2 の劣化により発生するガスの物質量を算出する。一方、電解液の成分が公表されておらず、単電池 2 の劣化に伴う電解液の化学反応式が不明であることがある。そこで実施の形態 2 に係る蓄電池保護装置 10 は、容器内の圧力が安全弁が作動する圧力に達するまで、単電池 2 に対して定められる充電電圧範囲を超える電圧で、劣化容量が異なる複数の単電池 2 のそれぞれを充電する過充電試験を行って得られる劣化容量と単電池 2 の容器内のガスの物質量との関係から、容器内のガスの物質量を算出する。

【0033】

図 4 は、本発明の実施の形態 2 に係る蓄電システムの構成例を示すブロック図である。実施の形態 2 に係る蓄電池保護装置 10 は、実施の形態 1 に係る蓄電池保護装置 10 の構成に加え、記憶部 15 を備える。記憶部 15 には、劣化容量と単電池 2 の容器内のガスの物質量との関係が記憶されている。ガス量算出部 12 は、記憶部 15 に記憶されている劣化容量と単電池 2 の容器内のガスの物質量との関係に基づいて、劣化容量算出部 11 で算出した劣化容量から、ガス量を算出する。

10

20

30

40

50

【0034】

単電池2の充電電圧範囲が2.5V以上、かつ、4.2V以下である場合に、例えば4.5Vで、劣化容量が異なる複数の単電池2のそれぞれを充電する過充電試験を行う。初期状態からの経過時間の1/2乗に比例して、単電池2は劣化するため、劣化容量が異なる複数の単電池2として、同型であって、初期状態からの経過時間が異なる複数の単電池2を用いることができる。劣化容量が異なる単電池2a, 2b, 2cについて過充電試験を行う場合を例に説明する。単電池2a, 2b, 2cの内、単電池2aが最も劣化が進んでおらず、単電池2cが最も劣化が進んでいる。単電池2a, 2b, 2cは、容器内のガス量が互いに異なる。安全弁が作動する圧力は設計値であり一定であるので、劣化容量が異なる複数の単電池2a, 2b, 2cについて過充電試験を行うと、安全弁が作動するまでに過充電試験によって発生するガス量は互いに異なる。

10

【0035】

図5は、実施の形態2における過充電試験終了時の容器内のガスの内訳の例を示す図である。黒で示される部分が、初期状態での単電池2の容器内のガスの物質質量 n_0 である。斜線で示される部分が、初期状態から過充電試験開始までに、単電池2の劣化により発生したガスの物質質量 n_1 である。白で示される部分が、過充電試験により発生したガスの物質質量 n_2 である。単電池2が劣化するにつれて、安全弁が作動するまでに過充電試験により発生するガス量は減少することがわかる。図6は、実施の形態2における過充電試験中の電圧と電気量との関係の一例を示す図である。横軸が過充電試験中に単電池2a, 2b, 2cに充電された電気量であり、縦軸が単電池2a, 2b, 2cの電圧である。太い実線が単電池2aに対応し、破線が単電池2bに対応し、細い実線が単電池2cに対応する。図6において、急激に電圧が上昇している箇所は、安全弁が作動したことを示している。最も劣化が進んでいない単電池2aに、過充電試験中に充電された電気量は Q_a である。最も劣化が進んでいる単電池2cに、過充電試験中に充電された電気量は Q_c である。 Q_a は Q_c よりも大きい。単電池2が劣化するにつれて、安全弁が作動するまでに過充電試験において充電される電気量は減少することがわかる。

20

【0036】

記憶部15に記憶されている単電池2の劣化容量と容器内のガスの物質質量との関係を、過充電試験により算出する手順について説明する。図7は、実施の形態2における劣化容量と容器内のガスの物質質量との関係を算出する手順を示すフローチャートである。単電池2の劣化容量が算出され(ステップS21)、単電池2の過充電試験中に単電池2に充電された電気量が算出される(ステップS22)。劣化容量の算出は、劣化容量算出部11を用いて行ってもよい。電気量は、電流検出部6で検出した電流を過充電試験を行った期間に亘って積分することで得られる。成分分析または定量分析により、過充電試験により発生するガスを特定することで、過充電試験により発生するガスの物質質量が算出される(ステップS23)。

30

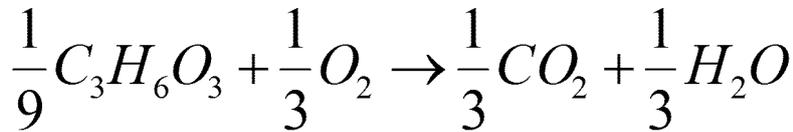
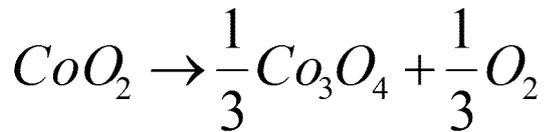
【0037】

過充電試験により発生するガスは、単電池2の劣化により発生するガスとは異なる。過充電試験により発生するガスの主成分は、例えば二酸化炭素である。過充電試験により発生するガスの主成分が二酸化炭素である場合には、安全弁が作動することで排出されるガスの二酸化炭素濃度を測定することで、過充電試験により発生するガス量を推定することが可能である。正極の材料として、例えば、コバルト酸リチウム($LiCoO_2$)を用いた場合、充電電圧範囲を超える電圧が印加される過充電の状態になると、酸化コバルト(CoO_2)とリチウムイオンが生じる。酸化コバルトは不安定であり、酸素を放出する。放出された酸素が電解液を酸化することで、二酸化炭素が発生する。正極の材料としてコバルト酸リチウムを用い、主成分が炭酸ジメチルである電解液を用いた場合、過充電状態での化学反応式は、下記(6)式で表される。下記(6)式から、電子1molにつき、 $1/3$ molの二酸化炭素が発生することがわかる。

40

【0038】

【数6】



10

【0039】

過充電試験により発生するガスの成分分析または定量分析によって、過充電試験によるガス発生 of 化学反応式を特定することができれば、過充電試験により発生するガスの物質質量 n_2 を算出することが可能である。過充電試験中に単電池2に充電される電気量を Q (単位: C) とし、過充電試験によるガス発生 of 化学反応式において電子 1 mol で生じるガスの物質質量を q とすると、ファラデー係数 F を用いて、下記(7)式から、過充電試験により生じるガスの物質質量 n_2 を算出することが可能である。下記(7)式において、 Q は、ステップS22で算出された電気量である。

20

【0040】

【数7】

$$n_2 = \frac{Q}{F} \cdot q \quad \dots(7)$$

【0041】

安全弁が作動する圧力を P_2 、および安全弁作動時に温度検出部7で検出された温度を T_2 から、安全弁作動時、すなわち過充電試験の終了時点における単電池2の容器内のガスの物質質量が、下記(8)式のように算出される(ステップS24)。

30

【0042】

【数8】

$$n_0 + n_1 + n_2 = \frac{P_2 \cdot V}{R \cdot T_2} \quad \dots(8)$$

【0043】

上記(8)式で算出したガスの物質質量 ($n_0 + n_1 + n_2$) から、上記(7)式で算出した n_2 を減算することで、過充電試験の開始時点における単電池2の容器内のガスの物質質量 ($n_0 + n_1$) が算出される(ステップS25)。過充電試験の対象である全ての単電池2について、ステップS21~S25までの処理が完了していない場合には(ステップS26; N)、ステップS21に戻り、処理が完了していない単電池2について、上述の処理が行われる。過充電試験の対象である全ての単電池2について、ステップS21~S25までの処理が完了した場合には(ステップS26; Y)、劣化容量の異なる複数の単電池2の劣化容量および容器内のガスの物質質量 ($n_0 + n_1$) に基づいて、劣化容量と容器内のガスの物質質量 ($n_0 + n_1$) との関係が算出される(ステップS27)。ステップS27で算出された劣化容量と容器内のガスの物質質量との関係が予め記憶部15に記憶されている。

40

50

【 0 0 4 4 】

ガス量算出部 1 2 は、図 7 に示す手順で予め得られた劣化容量と容器内のガスの物質量との関係を保持している。ガス量算出部 1 2 は、劣化容量と容器内のガスの物質量との関係に基づいて、劣化容量算出部 1 1 が算出した劣化容量から、単電池 2 の容器内のガスの物質量を算出する。圧力算出部 1 3 および圧力監視部 1 4 の動作は実施の形態 1 と同様である。

【 0 0 4 5 】

図 8 は、実施の形態 2 に係る蓄電池保護装置が行う蓄電池保護処理の動作の一例を示すフローチャートである。ステップ S 1 1 , 1 3 , 1 4 , 1 5 の処理は、図 3 に示す実施の形態 1 に係る蓄電池保護装置 1 0 が行う処理と同じである。実施の形態 1 とは異なり、ガス量算出部 1 2 は、劣化容量と容器内のガスの物質量との関係に基づいて、劣化容量算出部 1 1 が算出した劣化容量から、単電池 2 の容器内のガスの物質量を算出する（ステップ S 1 6 ）。

10

【 0 0 4 6 】

以上説明したとおり、本発明の実施の形態 2 に係る蓄電池保護装置 1 0 によれば、過充電試験を行うことで予め算出され、記憶部 1 5 に記憶されている劣化容量と過充電試験の開始時点における容器内のガスの物質量との関係に基づいて、電解液の成分が不明な場合であっても、容器内のガス量を算出することができる。

【 0 0 4 7 】

本発明は、本発明の広義の精神と範囲を逸脱することなく、様々な実施の形態及び変形が可能とされるものである。また、上述した実施の形態は、この発明を説明するためのものであり、本発明の範囲を限定するものではない。すなわち、本発明の範囲は、実施の形態ではなく、特許請求の範囲によって示される。そして、特許請求の範囲内及びそれと同等の発明の意義の範囲内で施される様々な変形が、この発明の範囲内とみなされる。

20

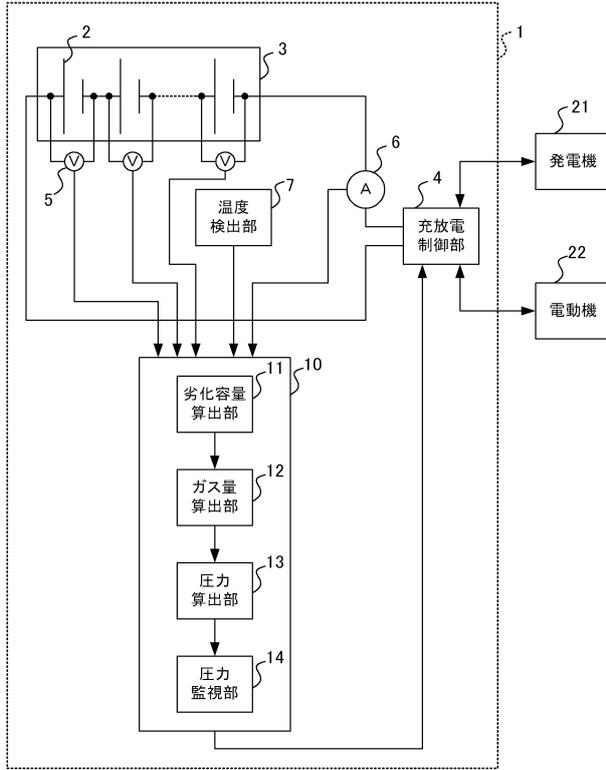
【 符号の説明 】

【 0 0 4 8 】

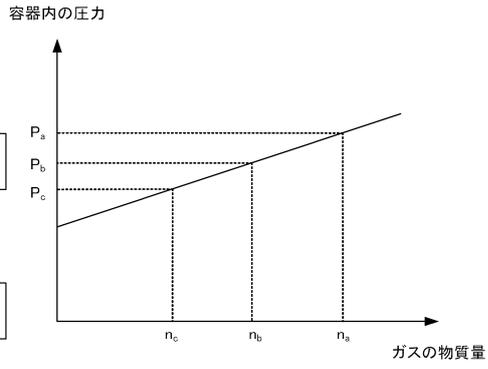
1 蓄電システム、2, 2 a, 2 b, 2 c 単電池、3 蓄電池、4 充放電制御部、5 電圧検出部、6 電流検出部、7 温度検出部、1 0 蓄電池保護装置、1 1 劣化容量算出部、1 2 ガス量算出部、1 3 圧力算出部、1 4 圧力監視部、1 5 記憶部、2 1 発電機、2 2 電動機。

30

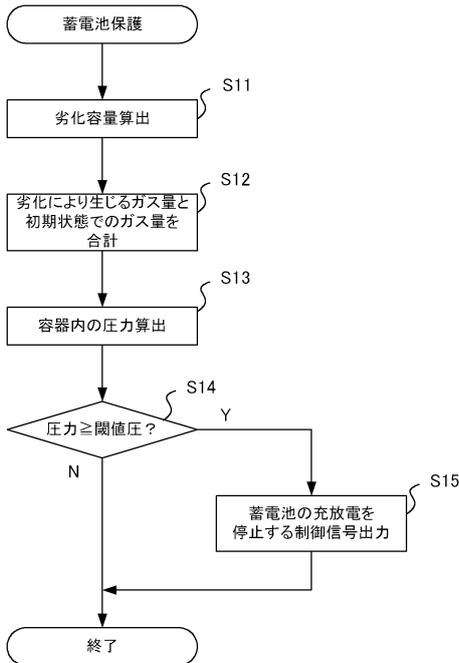
【図1】



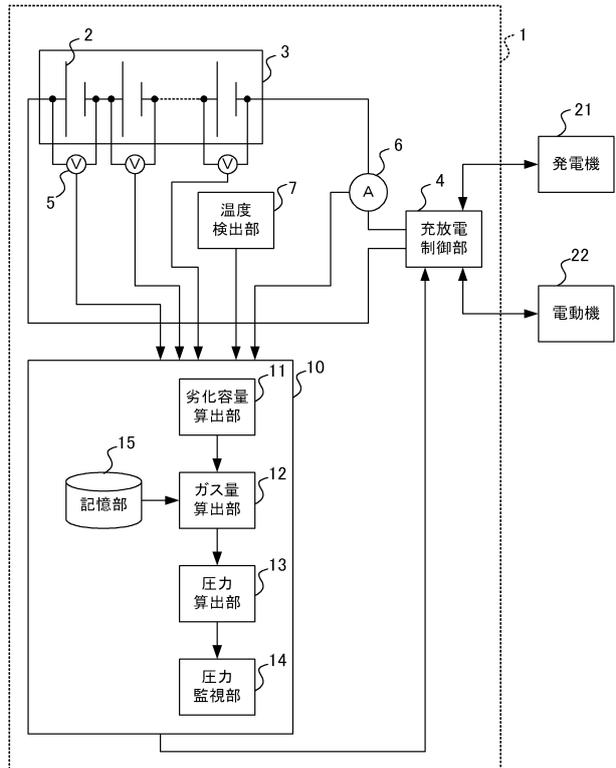
【図2】



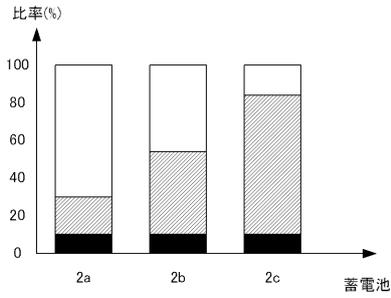
【図3】



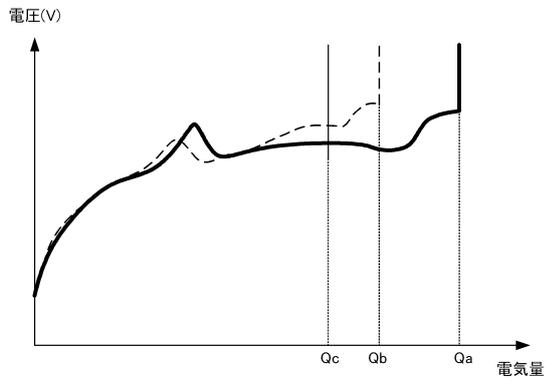
【図4】



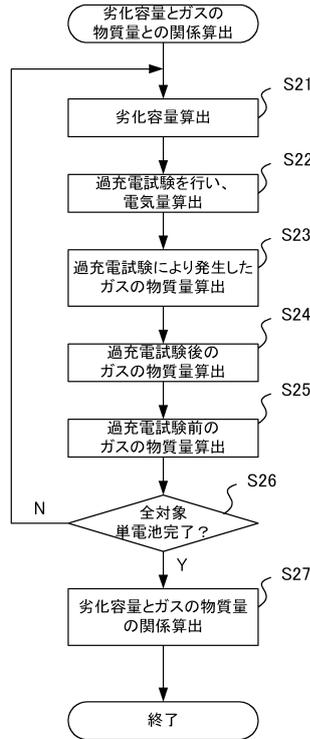
【図5】



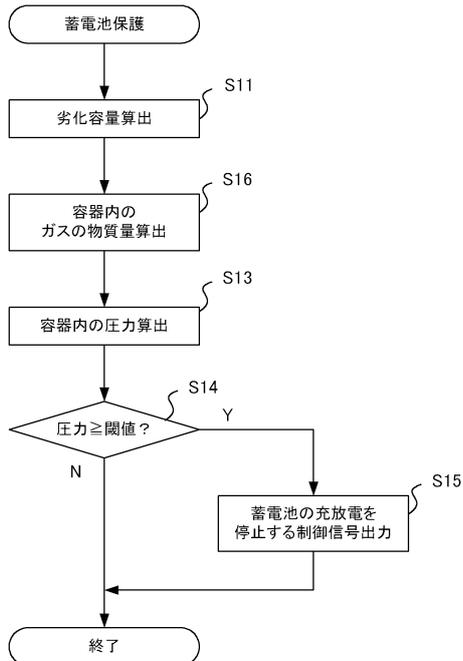
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

- (72)発明者 原 聡
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 岡田 万基
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 古河 雅輝

- (56)参考文献 特開2007-124750(JP,A)
特開2013-092398(JP,A)
特開2016-093066(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|----------------|
| H01M | 10/42 - 10/667 |
| H02J | 7/00 - 7/12 |
| H02J | 7/34 - 7/36 |