

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4388094号
(P4388094)

(45) 発行日 平成21年12月24日 (2009.12.24)

(24) 登録日 平成21年10月9日 (2009.10.9)

(51) Int. Cl.	F I
H O 2 J 7/02 (2006.01)	H O 2 J 7/02 H
H O 2 J 7/00 (2006.01)	H O 2 J 7/00 S
H O 1 M 10/44 (2006.01)	H O 1 M 10/44 P
G O 1 R 31/36 (2006.01)	G O 1 R 31/36 A

請求項の数 6 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2007-86020 (P2007-86020)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成19年3月28日 (2007.3.28)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2008-245480 (P2008-245480A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成20年10月9日 (2008.10.9)	(74) 代理人	100058479
審査請求日	平成20年4月7日 (2008.4.7)		弁理士 鈴江 武彦
		(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100108855
			弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司
		(74) 代理人	100109830
			弁理士 福原 淑弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 組電池の保護装置及び電池パック装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

直列接続された複数の二次電池を有する組電池の保護装置において、

前記複数の二次電池の電圧を個別にサンプリング可能な複数対のサンプリングスイッチを含み、前記二次電池にそれぞれ対応した複数のサンプリング電圧を出力するサンプリング部と；

前記複数のサンプリング電圧をホールドして複数のホールド電圧を出力する、複数のキャパシタを含むホールド部と；

前記複数のホールド電圧を順次読み出して共通出力ノードから出力するマルチプレクサと；

一定の測定周期内の測定期間に前記共通出力ノードの電圧から前記二次電池の個々の電圧を含む前記組電池の充電状態を測定する測定部と；

前記二次電池の個々の電圧から前記二次電池のうちの充電過剰電池を判定する機能を有し、前記測定期間内に前記複数対のサンプリングスイッチを同時にオン／オフさせ、前記測定期間以外の期間内に前記複数対のサンプリングスイッチのうち前記充電過剰電池に対応する少なくとも一対のサンプリングスイッチを繰り返しオン／オフさせ、前記充電過剰電池に対応する前記キャパシタの電荷を放電させる制御部と；を具備し、

前記サンプリング部は、前記複数のキャパシタの電荷を放電させるための複数の放電用スイッチをさらに含み、

前記制御部は、前記測定期間以外の期間内に前記充電過剰電池に対応する少なくとも一

対のサンプリングスイッチを繰り返しオン／オフさせると共に前記放電用スイッチをオンにして前記充電過剰電池に対応する前記キャパシタの電荷を放電させるように構成されることを特徴とする組電池の保護装置。

【請求項 2】

前記測定周期を T_0 、前記繰り返しオン／オフの現在の終了時刻から次の測定期間までの時間を T_d としたとき、 $T_0 > T_d > 0.5 T_0$ に設定されていることを特徴とする請求項 1 記載の組電池の保護装置。

【請求項 3】

直列接続された複数の二次電池を有する組電池の保護装置において、

前記複数の二次電池の電圧を個別にサンプリング可能な複数対のサンプリングスイッチを含み、前記二次電池にそれぞれ対応した複数のサンプリング電圧を出力するサンプリング部と；

前記複数のサンプリング電圧をホールドして複数のホールド電圧を出力する、複数のキャパシタを含むホールド部と；

前記複数のホールド電圧を順次読み出して共通出力ノードから出力するマルチプレクサと；

一定の測定周期内の測定期間に前記共通出力ノードの電圧から前記二次電池の個々の電圧及び前記二次電池間の充電状態偏差を含む前記組電池の充電状態を測定する測定部と；

予め定められた充電状態偏差検出イベントの発生時に前記充電状態偏差を記憶するメモリと；

前記二次電池の個々の電圧から前記二次電池のうちの充電過剰電池を判定する機能を有し、前記測定期間内に前記複数対のサンプリングスイッチを同時にオン／オフさせ、前記測定期間以外の期間内に前記複数対のサンプリングスイッチのうち前記充電過剰電池に対応する少なくとも一対のサンプリングスイッチを前記充電状態偏差に応じて増加する回数だけオン／オフさせ、前記充電過剰電池に対応する前記キャパシタの電荷を放電させる制御部と；を具備し、

前記サンプリング部は、前記複数のキャパシタの電荷を放電させるための複数の放電用スイッチをさらに含み、

前記制御部は、前記測定期間以外の期間内に前記充電過剰電池に対応する少なくとも一対のサンプリングスイッチを前記充電状態偏差に応じて増加する回数だけオン／オフさせると共に前記放電用スイッチをオンにして前記充電過剰電池に対応する前記キャパシタの電荷を放電させるように構成されることを特徴とする組電池の保護装置。

【請求項 4】

直列接続された複数の二次電池を有する組電池の保護装置において、

前記複数の二次電池の電圧を個別にサンプリング可能な複数対のサンプリングスイッチを含み、前記二次電池にそれぞれ対応した複数のサンプリング電圧を出力するサンプリング部と；

前記複数のサンプリング電圧をホールドして複数のホールド電圧を出力する、複数のキャパシタを含むホールド部と；

前記複数のホールド電圧を順次読み出して共通出力ノードから出力するマルチプレクサと；

一定の測定周期内の測定期間に前記共通出力ノードの電圧から前記二次電池の個々の電圧を含む前記組電池の充電状態を測定する測定部と；

前記二次電池の個々の電圧から前記二次電池のうちの充電過剰電池を判定する機能を有し、前記測定期間内に前記複数対のサンプリングスイッチを同時にオン／オフさせ、前記測定期間以外の期間内に前記複数対のサンプリングスイッチのうち前記充電過剰電池に対応する少なくとも一対のサンプリングスイッチを予め定められた充電状態偏差検出イベントが発生する度に繰り返しオン／オフさせ、前記充電過剰電池に対応する前記キャパシタの電荷を放電させる制御部と；を具備し、

前記サンプリング部は、前記複数のキャパシタの電荷を放電させるための複数の放電用

スイッチをさらに含み、

前記制御部は、前記測定期間以外の期間内に前記充電過剰電池に対応する少なくとも一対のサンプリングスイッチを前記充電状態偏差検出イベントが発生する度に繰り返しオン／オフさせると共に前記放電用スイッチをオンにして前記充電過剰電池に対応する前記キャパシタの電荷を放電させるように構成されることを特徴とする組電池の保護装置。

【請求項 5】

充電状態偏差検出イベントは、充放電電流が $I \leq I_0$ 、かつ前記二次電池の電圧最大値が $V_{\text{cmax}} > V_0$ であることを特徴とする請求項 3 または 4 記載の組電池の保護装置。

但し、 I は前記充放電電流、 V_{cmax} は前記電圧最大値、 I_0 は 25°C における前記二次電池の DC インピーダンスを R_{dc} ($\text{m}\Omega$) としたとき、 $I_0 \leq 20 (\text{mV}) / R_{\text{dc}} (\text{m}\Omega)$ の条件を満たす任意の電流値、 V_0 は前記二次電池の 25°C 環境下で 1 C の定電流充電を行った場合の電池容量に対する電圧変化率 A ($\text{V} / \% \text{SOC}$) が $A < 20 (\text{mV} / \% \text{SOC})$ から $A = 20 (\text{mV} / \% \text{SOC})$ に達するときの電池電圧を V_1 、前記二次電池の満充電電圧を V_H として $V_1 \leq V_0 \leq V_H$ の範囲内の任意の電圧である。

【請求項 6】

直列接続された複数の二次電池を有する組電池と、請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項記載の保護装置とを具備することを特徴とする電池パック装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の二次電池を直列に接続した組電池を保護する保護装置及び保護装置を内蔵する電池パック装置に関する。

【背景技術】

【0002】

携帯電話やノート PC などの小型情報機器用の電源として、高エネルギー密度の二次電池が開発され、広く利用されている。二次電池は、対象の機器に必要な電圧及び電流に応じて複数の二次電池を直列または並列に接続した組電池として利用される場合が多い。上記のような小型情報機器は、電源電圧が数 V から 10 V 程度であるため、組電池の直列接続数は 1 から 3 直列程度でよい。

【0003】

一方、近年では情報機器用の電源にとどまらず、家電機器、パワーツール、アシスト自転車、ハイブリッド自動車などの高出力化及び高電圧化が要求される用途への二次電池の適用が急速に広がりを見せている。これに伴い、組電池の直列接続数も増加し、10 本以上直列接続される場合も珍しくなくなっている。

【0004】

電池を直列接続した場合に問題になるのは、個々の電池（単電池という）間のばらつきである。ばらつきには、容量ばらつき、インピーダンスばらつき、及び充電状態（state of charge: SOC）のばらつき（以下、SOC ばらつきという）など種々ある。これらのうち特に不具合につながりやすいのは、SOC ばらつきの中の電圧ばらつきである。

【0005】

容量の異なる電池を直列接続したり、複数の電池を SOC が異なる状態で接続したりすると、組電池の満充電状態において電圧が平均より高い単電池と低い単電池が生じる。電圧が高い単電池は過充電状態となって、劣化が大きくなってしまう。このような充電を繰り返すと、過充電により劣化が大きくなった単電池は容量が低下するため、さらに過充電が進み、加速度的に劣化が進行してしまう。結果として、組電池のサイクル寿命は単電池の寿命より著しく短くなる。

【0006】

SOC ばらつきが生じる要因としては、初期の単電池ばらつきだけでなく、組電池の使用中に生じる要因もある。例えば、単電池間に温度差があったり、単電池毎に放電される電流が異なったりする場合があります、これらも SOC ばらつきの要因となる。特に直列数が

10

20

30

40

50

多い高電圧出力の組電池においては、保護装置が複雑になるため、保護装置による放電電流がばらつきやすい。

【0007】

このような問題に対し、ニッケル水素電池の組電池においては、均等化充電と呼ばれる充電を適宜行うことにより、充電電圧のばらつきを解消するという方法が一般にとられている。ニッケル水素電池は、満充電に近い状態でさらに充電を継続しようとする、電極材料の充電反応と、電解液中の水の分解・再結合反応とが競争反応となり、充電反応が進まなくなるといった特徴がある。そのため、満充電を超えた領域での充電を電池の劣化が起こらないように適切な充電条件で行えば、電池内部での電気化学的な電流バイパス機能を利用し、各単電池の充電電圧を揃えることができる。このような均等化充電の方法について、例えば特許文献1に記載されている。

10

【0008】

一方、非水電解質を用いた二次電池やキャパシタにおいては、一般に充放電のクーロン効率ほぼ100%であるため、ニッケル水素電池のような電池内部での電流バイパス機能は期待できない。このような場合については、組電池の外部に各単電池をバイパスする平均化回路を設け、一定電圧を超えた単電池に対しては充電電流をバイパスすることにより、単電池間の電圧ばらつきを抑える方法が提案されている。例えば、特許文献2には組電池の各単電池に並列にツェナーダイオードを接続し、ツェナー電圧を超えた単電池の充電電流をバイパスするという技術が開示されている。

20

【特許文献1】特開2001-314046号公報

【特許文献2】特開2002-238179号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

特許文献2に開示されたような方法をとったとしても、次のような問題から効果的に単電池間の電圧ばらつきを解消することは困難である。まず、ツェナーダイオードのような単一の素子によるバイパスによって電圧ばらつきを抑制しようとした場合、充電電圧はツェナー電圧のばらつきに支配される。ツェナー電圧のばらつきを抑えることは、ばらつきの小さい電池を製造することと同様、技術的に困難である。

30

【0010】

さらに、ツェナー電圧に達したときのツェナー電流の立ち上がりは決して急峻でない。このようなツェナー電流の立ち上がり特性により、必要な充電電圧よりも低い電圧からバイパス電流が流れてしまうため、数十mVのオーダーで電圧制御が必要な二次電池には適用が困難という問題があった。

【0011】

本発明は、単電池間の充電状態のばらつきを抑制して組電池の長寿命化を可能とした組電池の保護装置及び電池パック装置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】

【0012】

本発明の一態様による組電池の保護装置は、組電池の複数の二次電池の電圧を個別にサンプリング可能な複数対のサンプリングスイッチを含み、前記二次電池にそれぞれ対応した複数のサンプリング電圧を出力するサンプリング部と；前記複数のサンプリング電圧をホールドして複数のホールド電圧を出力する、複数のキャパシタを含むホールド部と；前記複数のホールド電圧を順次読み出して共通出力ノードから出力するマルチプレクサと；一定の測定周期内の測定期間に前記共通出力ノードの電圧から前記二次電池の個々の電圧を含む前記組電池の充電状態を測定する測定部と；前記二次電池の個々の電圧から前記二次電池のうちの充電過剰電池を判定する機能を有し、前記測定期間内に前記複数対のサンプリングスイッチを同時にオン／オフさせ、前記測定期間以外の期間内に前記複数対のサンプリングスイッチのうち前記充電過剰電池に対応する少なくとも一対のサンプリングスイッチを繰り返しオン／オフさせ、前記充電過剰電池に対応する前記キャパシタの電荷を

40

50

放電させる制御部と；を具備し、前記サンプリング部は、前記複数のキャパシタの電荷を放電させるための複数の放電用スイッチをさらに含み、前記制御部は、前記測定期間以外の期間内に前記充電過剰電池に対応する少なくとも一对のサンプリングスイッチを繰り返しオン／オフさせると共に前記放電用スイッチをオンにして前記充電過剰電池に対応する前記キャパシタの電荷を放電させるように構成されることを特徴とする。

【0013】

本発明の他の態様による組電池の保護装置は、組電池の複数の二次電池の電圧を個別にサンプリング可能な複数対のサンプリングスイッチを含み、前記二次電池にそれぞれ対応した複数のサンプリング電圧を出力するサンプリング部と；前記複数のサンプリング電圧をホールドして複数のホールド電圧を出力する、複数のキャパシタを含むホールド部と；前記複数のホールド電圧を順次読み出して共通出力ノードから出力するマルチプレクサと；一定の測定周期内の測定期間に前記共通出力ノードの電圧から前記二次電池の個々の電圧及び前記二次電池間の充電状態偏差を含む前記組電池の充電状態を測定する測定部と；予め定められた充電状態偏差検出イベントの発生時に前記充電状態偏差を記憶するメモリと；前記二次電池の個々の電圧から前記二次電池のうちの充電過剰電池を判定する機能を有し、前記測定期間内に前記複数対のサンプリングスイッチを同時にオン／オフさせ、前記測定期間以外の期間内に前記複数対のサンプリングスイッチのうち前記充電過剰電池に対応する少なくとも一对のサンプリングスイッチを前記充電状態偏差に応じて増加する回数だけオン／オフさせ、前記充電過剰電池に対応する前記キャパシタの電荷を放電させる制御部と；を具備し、前記サンプリング部は、前記複数のキャパシタの電荷を放電させるための複数の放電用スイッチをさらに含み、前記制御部は、前記測定期間以外の期間内に前記充電過剰電池に対応する少なくとも一对のサンプリングスイッチを前記充電状態偏差に応じて増加する回数だけオン／オフさせると共に前記放電用スイッチをオンにして前記充電過剰電池に対応する前記キャパシタの電荷を放電させるように構成されることを特徴とする組電池の保護装置。

【0014】

本発明のさらに別の態様による組電池の保護装置は、組電池の複数の二次電池の電圧を個別にサンプリング可能な複数対のサンプリングスイッチを含み、前記二次電池にそれぞれ対応した複数のサンプリング電圧を出力するサンプリング部と；前記複数のサンプリング電圧をホールドして複数のホールド電圧を出力する、複数のキャパシタを含むホールド部と；前記複数のホールド電圧を順次読み出して共通出力ノードから出力するマルチプレクサと；一定の測定周期内の測定期間に前記共通出力ノードの電圧から前記二次電池の個々の電圧を含む前記組電池の充電状態を測定する測定部と；前記二次電池の個々の電圧から前記二次電池のうちの充電過剰電池を判定する機能を有し、前記測定期間内に前記複数対のサンプリングスイッチを同時にオン／オフさせ、前記測定期間以外の期間内に前記複数対のサンプリングスイッチのうち前記充電過剰電池に対応する少なくとも一对のサンプリングスイッチを予め定められた充電状態偏差検出イベントが発生する度に繰り返しオン／オフさせ、前記充電過剰電池に対応する前記キャパシタの電荷を放電させる制御部と；を具備し、前記サンプリング部は、前記複数のキャパシタの電荷を放電させるための複数の放電用スイッチをさらに含み、前記制御部は、前記測定期間以外の期間内に前記充電過剰電池に対応する少なくとも一对のサンプリングスイッチを前記充電状態偏差検出イベントが発生する度に繰り返しオン／オフさせると共に前記放電用スイッチをオンにして前記充電過剰電池に対応する前記キャパシタの電荷を放電させるように構成されることを特徴とする。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、単電池間の充電状態のばらつきを抑制して組電池の長寿命化を図ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

(第1の実施形態)

図1に示されるように、本発明の第1の実施形態に係る保護装置は、直列接続された複数(n)の二次電池(以下、単電池という)B1～Bnを有する組電池1に適用される。単電池の個数nを直列数ともいう。保護装置はサンプリグ部2、ホールド部3、マルチプレクサ4、増幅器5及びマイクロコントローラ6を有する。また、組電池の充放電電流測定用のシャント抵抗Rsが接続される場合がある。保護装置は組電池1とは別の筐体に収容される場合もあるが、組電池1と共に一つの筐体内に収容され、組電池1と共に電池パック装置として使用される場合もある。

【0017】

10

保護装置は、基本的に組電池の各単電池の電圧(セル電圧)が充電時に充電禁止電圧に達すると充電禁止動作を行い、セル電圧が放電時に放電禁止電圧に達すると放電禁止動作を行う機能を有するが、ここでは当該基本機能に関わる説明を省略する。

【0018】

サンプリグ部2、ホールド部3及びマルチプレクサ4は、いわゆるフライングキャパシタ式電圧検出回路を構成している。サンプリグ部2は、単電池B1～Bnの正極端子に一端が接続されたn個の第1サンプリグスイッチS11H～S1nH、単電池B2～Bnの負極端子に一端が接続されたn個の第2サンプリグスイッチS11L～S1nL、及びn個の放電用スイッチS11D～S1nDを有する。単電池B1の負極端子はグラウンドに接続されている。

20

【0019】

サンプリグスイッチS11H～S1nH及びS11L～S1nLは、後述するようにマイクロコントローラ6内の制御部により制御され、同時にオン状態とされる。従って、サンプリグスイッチS11H～S1nH及びS12L～S1nLにより単電池B1～Bnの個々の電圧(充電電圧)がサンプリグされる。2系統のサンプリグスイッチS11H～S1nH及びS11L～S1nLが設けられている理由は、単電池B1～Bnの対グラウンド電圧でなく、それぞれの両端電圧をサンプリグするためである。

【0020】

ホールド部3は、n個のキャパシタ(フライングキャパシタともいう)C1～Cnを含み、サンプリグスイッチS11H～S1nH及びS12L～S1nLによってサンプリグされた単電池B1～Bnの電圧(サンプリグ電圧)をホールドする。この後、サンプリグスイッチS11H～S1nH及びS12L～S1nLは、オフ状態とされる。キャパシタC1～Cnにそれぞれ並列に接続された、サンプリグ部2の放電用スイッチS11D～S1nDは、キャパシタC1～Cnの充電電荷を放電するために設けられている。

30

【0021】

ホールド部3においてキャパシタC1～Cnによりホールドされた電圧(ホールド電圧)は、マルチプレクサ4に入力される。マルチプレクサ4は、キャパシタC1～Cnの高電位側の一端に接続されたn個の読み出しスイッチS31～S3nと、キャパシタC1～Cnの低電位側の他端とグラウンド間に接続されたスイッチS21～S2n、及びスイッチS21～S2nの各々に並列に接続されたダイオードを有する。読み出しスイッチS31～S3nの他端は、マルチプレクサ4の共通出力ノードに接続される。

40

【0022】

マルチプレクサ4では、マイクロコントローラ6からの制御によって読み出しスイッチS31～S3n及びS21～S2nが順次オン状態とされることにより、キャパシタC1～Cnのホールド電圧が順次読み出され、読み出しスイッチS31～S3nの他端の共通出力ノードから出力される。

【0023】

マルチプレクサ4の共通出力端子からの出力電圧は、増幅器5により増幅された後、マイクロコントローラ6に入力される。電流測定用シャント抵抗Rsの端子電圧は、増幅器7により増幅された後、マイクロコントローラ6に入力される。マイクロコントローラ

50

6は、図2に示されるようにアナログーデジタル変換器（ADC）11、メモリ12、電池状態測定部13及び制御部14を有し、制御部14からサンプリング部2及びマルチプレクサ4へ供給する制御信号21及び22を出力する。

【0024】

増幅器5及び7からの出力電圧は、ADC11により適当なビット数のデジタル信号に変換された後、メモリ12及び制御部14に与えられる。ADC11の変換タイミングを与えるタイミング信号及び変換クロックは、制御部14から供給される。メモリ12の書き込み及び読み出しは、制御部14からの制御により行われる。すなわち、ADC11から出力されるデジタル信号は、制御部14の制御の下でメモリ12に書き込まれ、メモリ12から読み出される。メモリ12から読み出されるデジタル信号は、電池状態測定部13

10

【0025】

本実施形態の保護装置は、動作モードとしてSOC測定モードとSOCバランスモードを有する。SOC測定モードでは、制御部14は一定の周期でサンプリング部2、マルチプレクサ4、メモリ12及び電池状態測定部13を同期して動作するように制御する。この制御によって、前述したように組電池1の各単電池B1～Bnの電圧はサンプリング部2により順次サンプリングされてホールド部3によりホールドされ、マルチプレクサ4により多重化されて共通出力ノードから出力される。マルチプレクサ4から出力される電圧は、増幅器5を介してマイクロコントローラ6に取り込まれ、ADC11及びメモリ12を介して電池状態測定部13に与えられる。

20

【0026】

電池状態測定部13は組電池1の充電状態（SOC）、具体的には組電池1の各単電池B1～Bnの電圧バランス、最大電圧、最小電圧及び合計電圧を計算により測定し、結果として過充電や過放電の判定及び単電池B1～Bn間のアンバランスの検出を行う。

【0027】

SOC測定モードでは、サンプリング部2によりサンプリングされた電圧が一旦ホールド部3のキャパシタC1～Cnに蓄えられる。この後キャパシタC1～Cnの電圧がマルチプレクサ4によってサンプリングされる。キャパシタC1～Cnの充電電荷は、次のサンプリングの前に放電用スイッチS11D～S1nDを介して放電してもよいし、電荷を残したまま次のサンプリングをおこなってもよいが、SOC測定モードでは全ての単電池B1～Bnが同様に放電される。

30

【0028】

SOC測定モードでは組電池1の放電量は小さいほど好ましいため、一般にはサンプリング部2のサンプリング動作及びホールド部3のキャパシタC1～Cnの放電動作による組電池1の放電は、必要最小限に抑えられる。

【0029】

一方、本実施形態ではSOC測定モードで単電池B1～BnのSOCがばらついたりと判断される場合、SOC測定期間以外の期間をSOCバランスモードとして、SOC測定期間以外の期間内にSOCが相対的に大きい単電池（充電過剰電池）のみサンプリング部2の対応するサンプリングスイッチのサンプリング回数（オン／オフ回数）を増加させる。この結果、単電池B1～BnをSOC測定時より多く放電させることによって、SOCばらつきが解消される。

40

【0030】

次に、図3に示すフローチャートを用いて本実施形態に係る保護装置の詳細な動作手順を説明する。図3の処理は、大きく前述したSOC測定モードの処理を行うSOC測定ルーチンと、SOCバランスモードの処理を行うSOCバランスルーチンからなる。処理は保護装置の起動により開始され、制御部14の制御の下で行われる。

【0031】

（SOC測定ルーチン）

まず、SOC測定ルーチンにおいては、サンプリング部2の全てのサンプリングスイッ

50

チ S 1 1 H ~ S 1 n H 及び S 1 1 L ~ S 1 n L がオン状態とされ (ステップ S 1 0 1)、次にサンプリングスイッチ S 1 1 H ~ S 1 n H 及び S 1 1 L ~ S 1 n L がオフ状態とされる (ステップ S 1 0 2)。このサンプリング部 2 の動作によって組電池 1 の各単電池 B 1 ~ B n の電圧が同時にサンプリングされ、サンプリングされた電圧はホールド部 3 のキャパシタ C 1 ~ C n にホールドされる。

【0032】

次に、マルチプレクサ 3 の読み出しスイッチ S 3 1 ~ S 3 n 及び S 2 1 ~ S 2 n が順次 1 組ずつオン / オフされる (ステップ S 1 0 3 ~ S 1 0 8)。これによりキャパシタ C 1 ~ C n にホールドされた電圧が読み出され、共通出力ノードより取り出される。SOC 測定ルーチンでは、SOC である組電池 1 の充電状態、例えば組電池 1 の各単電池 B 1 ~ B n の電圧バランス、最大電圧、最小電圧及び合計電圧が測定され、過充電や過放電の判定及び単電池 B 1 ~ B n 間のアンバランスの検出が行われる。

10

【0033】

(SOC バランスルーチン)

上述した SOC 測定ルーチンが終わると、処理は次に SOC バランスルーチンに移る。SOC バランスルーチンでは、SOC 測定ルーチンで得られた単電池 B 1 ~ B n の電圧バランス、最大電圧、最小電圧及び合計電圧等の測定結果に基づき、単電池 B 1 ~ B n 間の電圧ばらつきが許容値以内か否かが判定される (S 1 0 9)。この結果、電圧ばらつきが許容値以内であれば、処理はステップ S 1 0 1 に戻って SOC 測定ルーチンが繰り返される。

20

【0034】

電圧ばらつきが許容値以内になれば、例えば電圧が最大の単電池を含めて、電圧が予め定められた閾値を越える単電池が充電過剰電池 (充電過剰セル) と判定される (ステップ S 1 1 0)。ここで、単電池 B x が充電過剰電池と判定されたと仮定すると、次に単電池 B x に対応するサンプリングスイッチ S 1 x H 及び S 1 x L と S 1 x D が順次オン / オフされる (ステップ S 1 1 1 ~ S 1 1 4)。

【0035】

サンプリングスイッチ S 1 x H 及び S 1 x L と S 1 x D のが順次オン / オフされると、ステップ S 1 1 5 で図 4 に示すデッドタイム T d が 0 であるかどうか判定され、T d が 0 になるまで S 1 1 1 ~ S 1 1 4 がループされ、S 1 x H 及び S 1 x L、S 1 x D のオン / オフは繰り返される。T d が 0 になると、処理はステップ S 1 0 1 に戻り SOC 測定ルーチンが再び開始される。

30

【0036】

図 4 において、t 1 及び t 2 は SOC 測定ルーチンの開始時刻及び終了時刻であり、すなわち t 1 ~ t 2 が SOC 測定期間である。SOC バランスルーチンは、時刻 t 2 から開始される。T 0 は SOC 測定周期であり、デッドタイム T d はサンプリングスイッチ S 1 x H 及び S 1 x L、S 1 x D の繰り返しオン / オフの現在の終了時刻から次の SOC 測定期間までの時間である。図 3 の処理例では、図 4 に示されるように T d > 0 の間にわたってサンプリングスイッチ S 1 x H 及び S 1 x L、S 1 x D の繰り返しオン / オフが行われる。

40

【0037】

このように本実施形態によれば、SOC バランスモードにおいてサンプリング部 2 における、例えば充電過剰電池に対応するサンプリングスイッチのみをオン / オフさせることによって、組電池 1 の各単電池 B 1 ~ B n 間の充電電圧のばらつき、すなわち SOC ばらつきを精度よく解消することができる。この場合、SOC バランスモードではサンプリング部 2 を主要要素とする SOC 測定のための回路要素を用いるため、SOC バランスのための余分な付加回路が不要であり、保護装置全体の消費電流も小さくすることができる。

【0038】

図 5 に示すフローチャートは、保護装置の別の動作手順を示しており、SOC バランスルーチンの最後のステップ S 1 1 5 の処理が図 3 と異なっている。すなわち、図 5 のステ

50

ップS115では、サンプリングスイッチS1xH及びS1xL、S1xDの繰り返しオン／オフの間に、図6に示すように図4で説明したデッドタイムTdが $T0 > Td > 0.5T0$ かどうかかが判定され、Tdが $0.5T0$ になるまでS1xH及びS1xL、S1xDのオン／オフは繰り返される。Tdが $0.5T0$ になると、処理はステップS101に戻りSOC測定ルーチンが再び開始される。

【0039】

SOC測定周期T0は、用途にもよるがおよそ0.1秒～数秒程度が適当である。キャパシタC1～Cnは、SOC測定用であるため一般に容量は比較的小さい。このような小容量のキャパシタC1～CnでSOCばらつきを調整するためには、上述したサンプリングスイッチのオン／オフによる充電過剰電池の放電動作を多数回、継続的に行う必要がある。この場合上述した $T0 > Td > 0.5T0$ の条件を満たすようにすると、充電過剰電池に対応するサンプリングスイッチの繰り返しオン／オフの回数をできるだけ多くとることでSOCバランス動作を効果的に行いつつ、過剰な放電によるSOC測定への影響を最小限に抑えることができる。

【0040】

(第2の実施形態)

次に、本発明の第2の実施形態を説明する。第2の実施形態における保護装置全体の構成は図1に示した通りであり、マイクロコントローラ6の内部構成及び動作が第1の実施形態と異なっている。

【0041】

図7は、第2の実施形態におけるマイクロコントローラ6の詳細を示しており、ADC11、メモリ12、充電状態測定部13、制御部14、ROM15、サンプリング回数設定部16及びカウンタ17を有する。本実施形態において、SOC測定期間内にサンプリング部2のサンプリングスイッチS11H～S1nH及びS11L～S1nLを同時にオン／オフさせることは第1の実施形態と同様である。ROM15は、例えば後述する電圧・温度・電流対SOCテーブルを格納している。

【0042】

SOCばらつきは、一般には単電池B1～Bnの電圧を比較することで求められる。しかし、電池の種類や状態によっては、SOCばらつきに対する電圧変化が非常に小さく、温度差や測定誤差など他の要因の影響の方が大きくなるので、SOCばらつきを正確に測定できない場合がある。そこで、本実施形態ではSOC測定期間以外の期間において、電池状態測定部13が組電池の単電池B1～BnのSOCばらつきを測定し得る状態を充電状態偏差検出イベント（以下、SOC偏差検出イベントという）とし、このSOC偏差検出イベントを利用してSOCばらつきを補正する。

【0043】

すなわち、SOC偏差検出イベントが発生すると、SOC測定期間以外の期間内にSOCが相対的に大きい単電池（充電過剰電池）のみサンプリング部2の対応するサンプリングスイッチを繰り返しオン／オフさせる。これにより充電過剰電池をSOC測定時より多く放電させ、SOCばらつきを解消させる。

【0044】

この場合、SOC偏差検出イベント発生時の単電池B1～BnのSOC偏差をメモリ12により記憶し、SOC偏差に応じた回数に達するまで、あるいは次のSOC偏差検出イベントが発生するまで、サンプリング部2の充電過剰電池に対応するサンプリングスイッチを繰り返しオン／オフさせる。これによって、小さな放電電流でも効果的かつ精度よくSOCばらつきを補正することが可能である。

【0045】

以下、SOC偏差検出イベントについて詳細に説明する。

SOCの揃え方は電池の種類によって異なるが、一般的に非水電解質二次電池では満充電状態で揃えることが好ましい場合が多い。これは充電状態での電圧ばらつきにより、充電過剰電池が不安全状態になることを防ぐ必要があること、また、抵抗値の上昇などの電

10

20

30

40

50

池の劣化は充電電位が高いほど大きいのが一般的であり、充電状態で電圧がばらついていると劣化度合いがその影響でばらつく可能性があること、などの理由による。

【0046】

一方、測定される単電池間の電圧差からSOCばらつきを算出する場合、電池容量に対する電圧変化率が大きい程、算出されるSOCの精度を高くすることができる。電池を構成する電極材料によっては、特に満充電付近の領域で電池容量に対する電圧変化率を高くすることができるので、電圧差からSOCばらつきを算出する方法は、満充電付近で精度よくSOCを揃えるには特に好適である。

【0047】

電圧測定精度以外でSOC算出に影響を与える大きな要因として、充放電電流がある。10
同じSOCであっても、電池に充電あるいは放電電流が流れていると、電池の内部インピーダンスのばらつきに応じて電圧が変化するのは自明である。従って、電流が全く流れていない状態で測定された開回路電圧からSOCを算出する方法が最も高精度である。ところが、例えばハイブリッド自動車などのように、電池が満充電状態で放置状態になる機会が殆んどないような用途も存在する。このような場合には、充電電流が流れている場合であっても電池電圧からSOC算出した方がSOC算出の機会を増やすことができる。

【0048】

以上の点を鑑みて、充放電電流が $I \leq I_0$ かつ単電池の電圧最大値が $V_{cmax} > V_0$ という2つの条件を満たした場合を充電状態偏差検出イベントとしてとらえると、SOC算出精度とSOC算出機会の両方を満足することが可能となる。但し、 I は充放電電流、 V_{cmax} 20
は単電池の電圧最大値、 I_0 は 25°C における単電池のDCインピーダンスを R_{dc} ($\text{m}\Omega$)としたとき、 $I_0 \leq 20$ (mV) / R_{dc} ($\text{m}\Omega$)の条件を満たす任意の電流値、 V_0 は単電池の 25°C 環境下で1Cの定電流充電を行った場合の電池容量に対する電圧変化率 A ($\text{V}/\% \text{SOC}$)が $A < 20$ ($\text{mV}/\% \text{SOC}$)から $A = 20$ ($\text{mV}/\% \text{SOC}$)に達するときの電池電圧を V_1 、単電池の満充電電圧を V_H として $V_1 \leq V_0 \leq V_H$ の範囲内の任意の電圧である。

【0049】

図8は、このときの単電池の充電曲線の例を示している。図示した範囲(V_0 設定可能範囲)内で V_0 を設定すると、 $V_{cmax} > V_0$ となった場合には充電曲線が立ち上がり、SOCばらつきの検出感度が高くなる。更に、電池のインピーダンスばらつきが大きい(例えば $\pm 50\%$)場合でも、電池のインピーダンスばらつき $\times$ 充電電流によるSOC算出誤差は十分小さく、精度よくSOCばらつきを検出することが可能である。 30

【0050】

このように満充電付近での電圧変化率が大きくなる電極材料としては、以下が挙げられる。正極材料としては、リチウムマンガン複合酸化物($\text{Li}_x\text{Mn}_2\text{O}_4$ ($0 \leq x \leq 1$))、スピネル型リチウムマンガンニッケル複合酸化物($\text{Li}_x\text{Mn}_{2-y}\text{Ni}_y\text{O}_4$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$))などが挙げられる。負極材料としては、例えばスピネル構造を有するチタン酸リチウム(例えば $\text{Li}_{4+x}\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ ($0 \leq x \leq 3$))、ラムステライド型のチタン酸リチウム(例えば $\text{Li}_{2+y}\text{Ti}_3\text{O}_7$ ($0 \leq x \leq 3$))などをはじめとする多くの複合金属酸化物が挙げられる。 40

【0051】

これらは正極・負極両方に適用してもよいし、片方だけ適用してもよい。中でも負極活物質としてスピネル構造のチタン酸リチウムが大電流性能や急速充電性能に優れ、かつ満充電状態での電圧変化率 A が 20 ($\text{mV}/\% \text{SOC}$)より十分大きく、 $100 \sim 200$ ($\text{mV}/\% \text{SOC}$)の値が得られやすいので好ましい。

【0052】

次に、図9に示すフローチャートを用いて本実施形態に係る保護装置の詳細な動作手順を説明する。図9の処理は、大きくSOC測定モードの処理を行うSOC測定ルーチンと、SOCバランスモードの処理を行うSOCバランスルーチンからなる。処理は保護装置の起動により開始され、制御部14の制御の下で行われる。 50

【0053】

(SOC測定ルーチン)

SOC測定ルーチンは、第1の実施形態の図5に示したSOC測定ルーチンと同様であり、ステップS201～S208は図5中のステップS101～S108の処理と同じである。SOC測定ルーチンでは、SOCである組電池1の充電状態、例えば組電池1の各単電池B1～Bnの電圧バランス、最大電圧、最小電圧及び合計電圧が測定され、過充電や過放電の判定及び単電池B1～Bn間のアンバランスの検出が行われる。

【0054】

(SOCバランスルーチン)

上述したSOC測定ルーチンの後、処理は次にSOCバランスルーチンに移る。本実施形態におけるSOCバランスルーチンでは、まずSOC偏差検出イベントの発生の有無が調べられる(ステップS209)。

【0055】

SOC偏差検出イベントが発生すると、充電過剰電池の判定とサンプリング回数の設定が行われる(ステップS210)。ステップS210では、図5のステップS109と同様にSOC測定ルーチンで検出された単電池B1～Bnの電圧バランス、最大電圧、最小電圧及び合計電圧等の測定結果に基づき、単電池B1～Bn間の電圧ばらつきが許容値以内か否かが判定され、電圧ばらつきが許容値以内になれば、例えば電圧が最大の単電池を含めて、電圧が予め定められた閾値を越える単電池が充電過剰電池(充電過剰セル)と判定される。さらに、ステップS210においてはSOC偏差に応じてSOC偏差が大き

【0056】

ここで、単電池Bxが充電過剰電池と判定されたと仮定すると、次に単電池Bxに対応するサンプリングスイッチS1xH及びS1xL、S1xDが繰り返しオン／オフされる(ステップS211～S214)。サンプリングスイッチS1xH及びS1xL、S1xDの繰り返しオン／オフの間に、ステップS215で図6に示すデッドタイムTdが $T_0 > T_d > 0.5T_0$ かどうかかが判定され、Tdが $0.5T_0$ になるまでステップS211～S214によるサンプリングスイッチS1xH及びS1xL、S1xDのオン／オフは繰り返される。Tdが $0.5T_0$ になると、処理は最初のステップS201に戻り、SOC測定ルーチンが再び開始される。

【0057】

一方、ステップS209においてSOC偏差検出イベントが発生しなければ、ステップS216においてサンプリング回数が設定値(ステップS210で設定されたサンプリング回数)以上か否かの判定が行われる。サンプリング回数が設定値以上であれば、処理はステップS201に戻ってSOC測定ルーチンが開始され、設定値に達していなければ処理はステップS211に移り、上述した充電過剰電池に対応するサンプリングスイッチS1xH及びS1xL、S1xDのオン／オフが繰り返し行われる。

【0058】

なお、図9のフローチャートにおいてステップS210の処理のうちサンプリング回数の設定処理及びステップS216のサンプリング回数の判定処理を省略してもよい。すなわち、ステップS209においてSOC偏差検出イベントが発生したら、次に再びSOC偏差検出イベントが発生するまで、ステップS210において判定された充電過剰電池に対して、ステップS211～S215のサンプリングスイッチの繰り返しオン／オフを行うようにしてもよい。

【0059】

このように本実施形態によれば、SOCバランスモードにおいてSOC偏差検出イベントが発生したとき、SOC偏差検出に応じたサンプリング回数だけ、あるいはSOC偏差検出イベントが発生する都度、サンプリング部2における充電過剰電池に対応するサンプリングスイッチをオン／オフさせることによって、組電池1の各単電池B1～Bn間の充電電圧のばらつき、すなわちSOCばらつきを精度よく解消することができる。

【0060】

次に、上述した本発明の実施形態について、さらに具体的に説明する。以下に示す具体例1及び具体例2は第1の実施形態に対応し、具体例3は第2の実施形態に対応するものとする。

【0061】

(具体例1)

負極活物質としてスピネル型チタン酸リチウムを用い、正極活物質としてコバルト酸リチウムを用いて放電容量3Ahの非水電解質二次電池を作製した。この非水電解質二次電池を図1のように単電池B1～Bnとして10個直列($n=10$)にして組電池1とし、各単電池B1～Bnの端子を電圧測定用のリード線を介して図1のようにサンプリング部2に接続した。電圧測定(SOC測定)間隔は1秒とした。測定された各単電池の電圧差が100mV以上となったとき、最も高い電圧を示した単電池(充電過剰電池)に対してサンプリングスイッチのオン/オフを約100kHzの周波数で繰り返して行い、ホールド部3の該当するキャパシタを放電させるようにした。キャパシタの放電は、次の電圧検出タイミングまで継続させた。このときの保護装置の動作フローは、図3に示した通りである。

10

【0062】

(具体例2)

具体例1と同様に組電池を作製した。電圧検出間隔は1秒間隔とした。測定された各単電池の電圧差が100mV以上となったとき、最も高い電圧を示した電池(充電過剰電池)に対してサンプリングスイッチのオン/オフを約100kHzの周波数で繰り返して行い、ホールド部3の該当するキャパシタを放電させるようにした。キャパシタの放電は、電圧測定開始から電圧測定間隔 t_0 の $1/2$ が経過した時点で終了するようにし、次の電圧測定まで休止した。このときの保護装置の動作フローは、図5に示した通りである。

20

【0063】

、キャパシタのスイッチ開閉を約100kHzの頻度で繰り返して放電するようにした。放電は、電圧測定開始から電圧測定間隔 t_0 の $1/2$ が経過した時点で終了するようにし、次の電圧測定まで休止した。このときの保護装置の動作フローは図5に示した通りである。

【0064】

(具体例3)

具体例1と同様に組電池を作製した。用いた非水電解質二次電池は25℃におけるDCインピーダンスが6mΩ、電池容量に対する電圧変化率 $A(V/\%SOC)$ が $A < 20(mV/\%SOC)$ から $A = 20(mV/\%SOC)$ に達する時の単電池電圧が $V_1 = 2.62V$ 、満充電電圧 $V_H = 2.8(V)$ であった。 $I_0 \leq 3.3(A) = 20(mV)/R_{dc}(m\Omega)$ となるよう $I_0 = 3(A)$ と設定し、 $V_1 \leq V_0 \leq V_H$ となるよう $V_0 = 2.65V$ と設定し、充放電電流 $I \leq I_0$ かつ単セル電圧最大値 $V_{cmax} > V_0$ を満たす場合を充電状態検出イベントと定めた。

30

【0065】

電圧測定間隔は1秒とし、同時測定された各単電池の電圧データをメモリ12に記憶させ、ROM15に予め格納した電圧・温度・電流対SOCテーブルによってSOC偏差を算出し、次いで単電池の中で最もSOCが小さいものに合わせるための放電電気を単電池毎に算出し、必要なサンプリング回数を算出した。電圧測定終了時から、電圧測定開始後0.5秒経過する時点までの間のみ、充電過剰電池に対してサンプリングスイッチのオン/オフを約100kHzの周波数で繰り返して行い、ホールド部3の該当するキャパシタを放電させるようにした。この動作は、次に充電状態検出イベントが発生するまで、あるいは全ての単電池で必要なサンプリング回数に達するまで継続するように設定した。このときの保護装置の動作フローは図9に示した通りである。

40

【0066】

(比較例)

50

具体例1と同様に組電池を作製し、1秒間隔の電圧検出時のみホールド部のキャパシタに接続されたスイッチが開閉するようにした。作製した組電池は、45℃環境下で、28V・10Aの定電圧定電流充電を1時間行い、10A定電流放電を単電池の電圧最小値が2.0Vになるまで行うという充放電方法で、サイクル試験を行った。保護装置の充電禁止電圧は2.9V、放電禁止電圧は1.5Vとし、単電池電圧がその範囲を超えた場合には試験を終了するようにした。

【0067】

3000サイクル後の容量維持率及び、充電終了時の単電池間の電圧ばらつき（最大値－最小値）を表に示す。

【表1】

	3000 サイクル後 容量維持率	3000 サイクル後 単電池間の電圧ばらつき
具体例1	69%	120mV
具体例2	71%	105mV
具体例3	78%	20mV
比較例	-(2400 サイクルで停止)	320mV(2400 サイクル時)

【0068】

本発明の実施形態に基づく具体例1～3においては、3000サイクルの試験終了まで単電池電圧のばらつきが小さく抑えられ、高い容量維持率を示している。これに対し、比較例においては単電池電圧のばらつきが拡大し、2400サイクルで充電禁止電圧を超える単電池が出てきてしまったため、試験が途中終了した。

【0069】

なお、本発明は上記実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0070】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る組電池の保護装置及び保護装置を内蔵した電池パック装置を示す回路図

【図2】図1中のマイクロコントローラの詳細を示すブロック図

【図3】第1の実施形態における動作手順の一例を示すフローチャート

【図4】図3中のSOC測定ルーチンとSOCバランスルーチンのタイミング関係を説明するための図

【図5】第1の実施形態における動作手順の他の例を示すフローチャート

【図6】図5中のSOC測定ルーチンとSOCバランスルーチンのタイミング関係を説明するための図

【図7】本発明の第2の実施形態に係るマイクロコントローラの詳細を示すブロック図

【図8】第2の実施形態における充電状態偏差検出イベントの発生条件を説明するための単電池の充電曲線を示す図

【図9】第2の実施形態における動作手順を示すフローチャート

【符号の説明】

【0071】

- 1・・・組電池
- 2・・・サンプリング部
- 3・・・ホールド部
- 4・・・マルチプレクサ

10

20

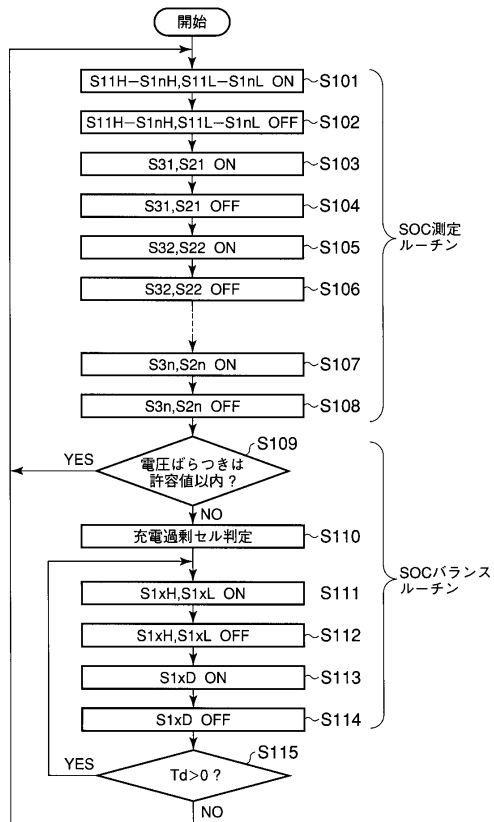
30

40

50

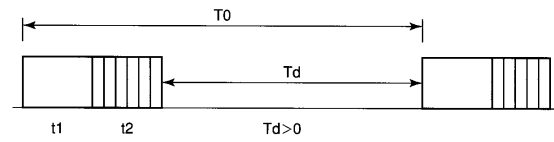
【図 3】

図 3



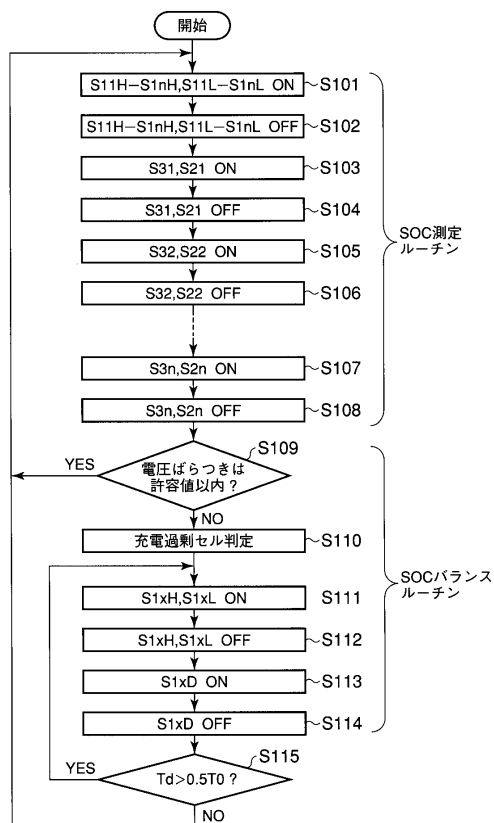
【図 4】

図 4



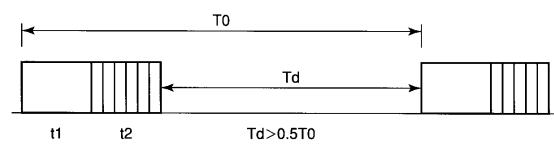
【図 5】

図 5

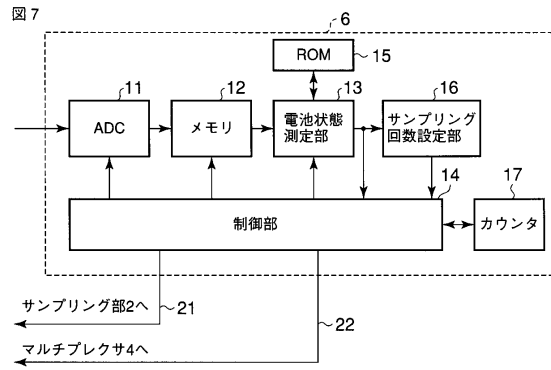


【図 6】

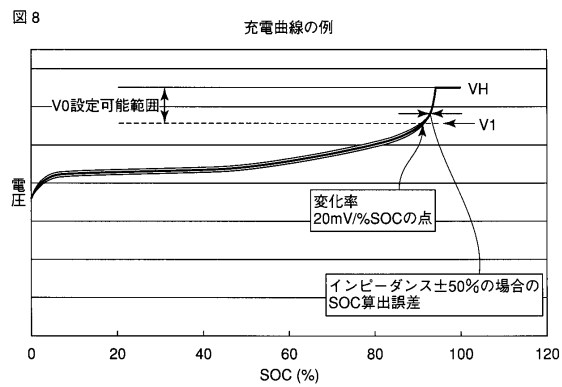
図 6



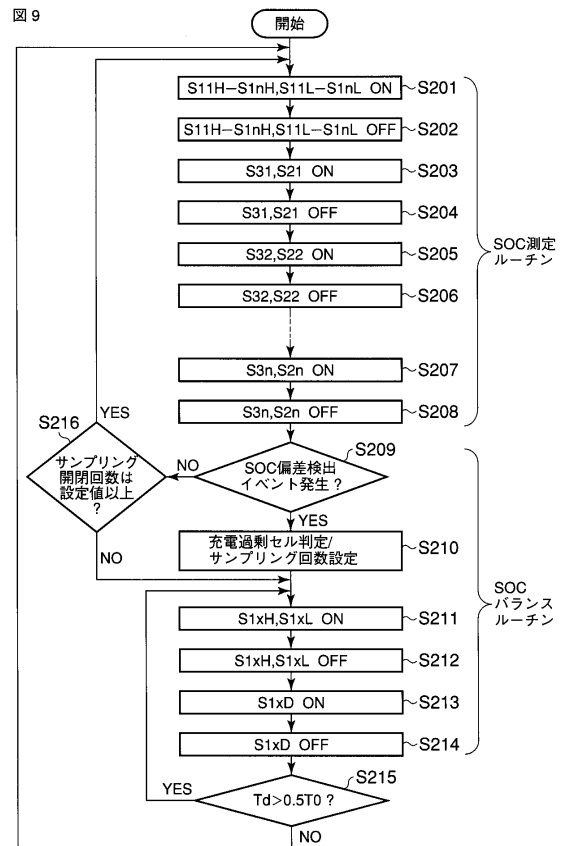
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

- (74)代理人 100084618
弁理士 村松 貞男
- (74)代理人 100092196
弁理士 橋本 良郎
- (72)発明者 舘林 義直
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 原田 康宏
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 高見 則雄
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 渋谷 信男
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 石川 晃

- (56)参考文献 特開2006-322715 (JP, A)
特開2005-328642 (JP, A)
特開2007-006552 (JP, A)
特開2002-171681 (JP, A)
特開2001-201548 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| H02J | 7/00 |
| H02J | 7/02 |
| H01M | 10/44 |
| G01R | 31/36 |