

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7607124号
(P7607124)

(45)発行日 令和6年12月26日(2024.12.26)

(24)登録日 令和6年12月18日(2024.12.18)

(51)国際特許分類 F I
H 0 2 J 7/02 (2016.01) H 0 2 J 7/02 H
H 0 2 J 7/00 (2006.01) H 0 2 J 7/00 3 0 2 C

請求項の数 6 (全23頁)

(21)出願番号	特願2023-525716(P2023-525716)	(73)特許権者	000004064 日本碍子株式会社 愛知県名古屋市長穂区須田町2番56号
(86)(22)出願日	令和4年5月18日(2022.5.18)	(74)代理人	100088672 弁理士 吉竹 英俊
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/020682	(74)代理人	100088845 弁理士 有田 貴弘
(87)国際公開番号	WO2022/255104	(74)代理人	100134991 弁理士 中尾 和樹
(87)国際公開日	令和4年12月8日(2022.12.8)	(74)代理人	100148507 弁理士 喜多 弘行
審査請求日	令和5年11月20日(2023.11.20)	(72)発明者	福原 基広 愛知県名古屋市長穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内
(31)優先権主張番号	特願2021-91486(P2021-91486)	審査官	辻丸 詔
(32)優先日	令和3年5月31日(2021.5.31)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 蓄電池セットおよび蓄電池システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

それぞれが高温動作型の二次電池である多数の単電池が直列に接続された少なくとも1つのストリングを備える、蓄電池セットであって、

前記少なくとも1つのストリングを構成する前記多数の単電池が複数のセルグループに区分されており、

前記複数のセルグループが直列に接続された主経路と、

前記複数のセルグループのそれぞれを前記少なくとも1つのストリング内において個別にバイパス可能なバイパス経路と、
を備え、

前記複数のセルグループのうち前記主経路において互いに直列に接続されるセルグループ同士の間と、それぞれのセルグループの上下流側と前記バイパス経路との間を接続するブリッジ経路とに、通電状態のON/OFFを切替可能な、半導体素子からなるゲートスイッチが設けられてなり、

前記複数のセルグループにおいては、互いに直列に接続された2つのセルグループ毎に1つのモジュール電池が構成されてなり、

前記バイパス経路が、前記モジュール電池毎に設けられてなり、

前記モジュール電池が前記ゲートスイッチとして、

前記主経路において前記2つのセルグループの間に備わるグループ間ゲートと、

前記主経路において前記2つのセルグループの下流側と当該モジュール電池に接続された

他のモジュール電池との間に備わるモジュール端ゲートと、
前記主経路における前記2つのセルグループのそれぞれの上下流側と、前記モジュール電池に設けられた前記バイパス経路との間を接続する4つのブリッジゲートと、
前記主経路における最下流側と前記モジュール電池に設けられた前記バイパス経路とを接続する終端ブリッジゲートと、
を備え、

前記多数の単電池の少なくとも1つが故障した場合には、当該故障した単電池の属するセルグループに対応する前記ゲートスイッチのON/OFF状態の切り替えにより、通電経路が当該故障した単電池の属するセルグループのところで前記主経路から前記バイパス経路にバイパスされる、
ことを特徴とする蓄電池セット。

10

【請求項2】

請求項1に記載の蓄電池セットであって、
前記モジュール電池がそれぞれに一の収容容器に収容されており、
前記収容容器はヒータ及び冷却ファンを備えており、
前記収容容器においては、前記2つのセルグループに属する単電池が前記セルグループごとに配列されて2列に収容されてなり、
前記単電池の配列方向に垂直な前記収容容器の一側部に、前記グループ間ゲートと前記モジュール端ゲートと前記4つのブリッジゲートと前記終端ブリッジゲートとを備える接続部が設けられてなる、
ことを特徴とする蓄電池セット。

20

【請求項3】

請求項1または請求項2に記載の蓄電池セットであって、
前記複数のセルグループが8個の単電池から構成される、
ことを特徴とする蓄電池セット。

【請求項4】

請求項1または請求項2に記載の蓄電池セットであって、
前記少なくとも1つのストリングが、第1のストリングと第2のストリングの2つのストリングであり、
前記第1のストリングにおいて前記通電経路がバイパスされた場合には、前記第2のストリングにおいても、前記第1のストリングにおいてバイパスされた前記セルグループの数と同じ数のセルグループの通電経路がバイパスされる、
ことを特徴とする蓄電池セット。

30

【請求項5】

前記少なくとも1つのストリングに接続された交流 - 直流変換器をさらに備える、請求項1または請求項2に記載の蓄電池セットと、
前記蓄電池セットを制御するコントローラと、
を備え、
前記蓄電池セットが変圧器に接続される、
ことを特徴とする蓄電池システム。

40

【請求項6】

請求項5に記載の蓄電池システムであって、
複数の前記蓄電池セットと、
それぞれの前記蓄電池セットを制御する複数の前記コントローラと
を備え、
前記複数の前記蓄電池セットが並列に前記変圧器に接続される、
ことを特徴とする蓄電池システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明は、高温動作型の二次電池を多数接続してなるモジュール電池に関するものであり、特に、その通電経路の構成に向けられてなる。

【背景技術】

【0002】

電力系統に接続して使用される蓄電池として、ナトリウム - 硫黄電池（以下、NaS電池と称する）がすでに公知である。単一のNaS電池（単電池）は概略、活物質である金属ナトリウム（Na）と硫黄（S）とが、Naイオン伝導性を有する固体電解質であるベータアルミナをセパレータとしてセル（電池容器）に隔離収納された構造を有する、高温動作型の二次電池である。運転温度は約300であり、単電池においては、係る運転温度において溶融（液体）状態にある両活物質の電気化学反応により、起電力が発生する。

10

【0003】

NaS電池は通常、所望の容量および出力を確保するために、複数の単電池（集合電池）を相互に接続し断熱の収容容器に収容したモジュール電池の形で使用される（例えば、特許文献1参照）。モジュール電池においては、それぞれに複数の単電池を直列に接続した複数の回路（ストリング）が並列に接続されることでブロックが構成されており、複数の該ブロックが直列に接続されている。

【0004】

複数の単電池から構成されたNaS電池のモジュール電池を従来よりもさらに高出力かつ長時間運転したいという一般的なニーズが存在する。これを例えば、特許文献1に開示されているような、複数のストリングが並列に接続されてなる従来のモジュール電池において実現するのであれば、一見、ストリングを構成する単電池の個数（直接接続数）を増やすことや、ブロックの数を増やすことで、容易になし得るようにも思料される。

20

【0005】

しかしながら、特許文献1に開示されているような従来構成のモジュール電池は、以下のような理由から、高出力化への適応が難しい場合がある。

【0006】

まず、あるブロックのいずれかのストリングに属する単電池が故障した場合、故障した単電池を含むストリングにおいては、正常なものも含め全ての単電池が不使用となる。そのため、1つのストリングにおいて直列に接続されている単電池の個数が多いほど、正常であるにも関わらず使用されない単電池の数が多くなる。これは、単電池の利用効率の点からは好ましくない。

30

【0007】

また、単電池の故障により当該ブロックのあるストリングに電流が流れなくなった場合、全ての単電池が正常に動作している（故障している単電池のない）残りのストリングのみで電圧（出力）が維持される。この場合、当然ながら、故障前と同等の出力を維持するためには、それら残りのストリングを構成する単電池を流れる電流の大きさを増大させる必要がある。すなわち、単電池が故障したストリングの数が増えるほど、残りのストリングを構成する単電池における負荷が増大する。例えば、12個のストリングが並列されたモジュール電池において2個のストリングに単電池の故障が生じた場合、残りのストリングにおける単電池における過負荷比は $12 / (12 - 10) = 1.09$ 倍となる。

40

【0008】

その一方で、安全性確保のため、個々のストリングにはヒューズが設けられており、単電池にあらかじめ設定された限界値（例えば200A）を超える電流が流れないようにしている。

【0009】

それゆえ、従来のモジュール電池においては、その寿命が、故障した単電池が存在するストリングの数と、単電池の限界電流値とに左右されるようになっており、高出力化は、その双方の因子に影響を与える。

【0010】

なお、ストリングの並列数をあらかじめ多くしておくことによって、個々のストリング

50

に流れる電流の大きさを限界電流値に比して抑制するという考え方もあるが、この場合、正常時に流れるトータル電流（個々のストリングを流れる電流の総和）が必要以上に大きくなりすぎるといふ、電流設計上の問題が生じる。

【0011】

また、コストの面からは、単電池の総数をなるべく少なくしつつ高出力が実現されることが望ましい。

【0012】

本発明の発明者は、鋭意検討の結果、単電池の故障に対する冗長性をより高めることが、換言すれば、ある単電池の故障に伴い不使用となる単電池の個数をなるべく少なくし、かつ単電池に流れる電流の増大を抑制することが、モジュール電池の高出力化において有効であることを見出し、本発明に想到するに至った。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0013】

【文献】国際公開第2015/056739号

【発明の概要】

【0014】

本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、単電池の故障に対する冗長性に優れた蓄電池セットおよび蓄電池システムを提供することを、目的とする。

【0015】

20

上記課題を解決するため、本発明の第1の態様は、それぞれが高温動作型の二次電池である多数の単電池が直列に接続された少なくとも1つのストリングを備える、蓄電池セットであって、前記少なくとも1つのストリングを構成する前記多数の単電池が複数のセルグループに区分されており、前記複数のセルグループが直列に接続された主経路と、前記複数のセルグループのそれぞれを前記少なくとも1つのストリング内において個別にバイパス可能なバイパス経路と、を備え、前記複数のセルグループのうち前記主経路において互いに直列に接続されるセルグループ同士の間と、それぞれのセルグループの上下流側と前記バイパス経路との間を接続するブリッジ経路とに、通電状態のON/OFFを切替可能な、半導体素子からなるゲートスイッチが設けられてなり、前記複数のセルグループにおいては、互いに直列に接続された2つのセルグループ毎に一のモジュール電池が構成されてなり、前記バイパス経路が、前記モジュール電池毎に設けられてなり、前記モジュール電池が前記ゲートスイッチとして、前記主経路において前記2つのセルグループの間に備わるグループ間ゲートと、前記主経路において前記2つのセルグループの下流側と当該モジュール電池に接続された他のモジュール電池との間に備わるモジュール端ゲートと、前記主経路における前記2つのセルグループのそれぞれの上下流側と、前記モジュール電池に設けられた前記バイパス経路との間を接続する4つのブリッジゲートと、前記主経路における最下流側と前記モジュール電池に設けられた前記バイパス経路とを接続する終端ブリッジゲートと、を備え、前記多数の単電池の少なくとも1つが故障した場合には、当該故障した単電池の属するセルグループに対応する前記ゲートスイッチのON/OFF状態の切り替えにより、通電経路が当該故障した単電池の属するセルグループのところで前記主経路から前記バイパス経路にバイパスされる、ことを特徴とする。

30

40

【0019】

また、本発明の第2の態様は、第1の態様に係る蓄電池セットであって、前記モジュール電池がそれぞれに一の收容容器に收容されており、前記收容容器はヒータ及び冷却ファンを備えており、前記收容容器においては、前記2つのセルグループに属する単電池が前記セルグループごとに配列されて2列に收容されてなり、前記単電池の配列方向に垂直な前記收容容器の一側部に、前記グループ間ゲートと前記モジュール端ゲートと前記4つのブリッジゲートと前記終端ブリッジゲートとを備える接続部が設けられてなる、ことを特徴とする。

【0020】

50

また、本発明の第3の態様は、第1または第2の態様に係る蓄電池セットであって、前記複数のセルグループが8個の単電池から構成される、ことを特徴とする。

【0021】

また、本発明の第4の態様は、第1または第2の態様に係る蓄電池セットであって、前記少なくとも1つのストリングが、第1のストリングと第2のストリングの2つのストリングであり、前記第1のストリングにおいて前記通電経路がバイパスされた場合には、前記第2のストリングにおいても、前記第1のストリングにおいてバイパスされた前記セルグループの数と同じ数のセルグループの通電経路がバイパスされる、ことを特徴とする。

【0022】

また、本発明の第5の態様は、蓄電池システムであって、前記少なくとも1つのストリングに接続された交流 - 直流変換器をさらに備える、第1または第2の態様に係る蓄電池セットと、前記蓄電池セットを制御するコントローラと、を備え、前記蓄電池セットが変圧器に接続される、ことを特徴とする。

10

【0023】

また、本発明の第6の態様は、第5の態様に係る蓄電池システムであって、複数の前記蓄電池セットと、それぞれの前記蓄電池セットを制御する複数の前記コントローラとを備え、前記複数の前記蓄電池セットが並列に前記変圧器に接続される、ことを特徴とする。

【0024】

本発明の第1ないし第6の態様によれば、モジュール電池に備わるある単電池が故障した場合であっても、当該単電池の属するセルグループを含む少なくとも1つのセルグループをバイパスすることで、当該単電池を含むストリングに対しては通電を継続することが可能となる。これにより、単電池の故障に対する冗長性に優れたモジュール電池さらにはこれを備える充電システムが、実現される。

20

【0025】

特に、第1および第2の態様によれば、それぞれのゲートスイッチのON/OFF状態を好適に定めることで、故障した単電池の数が増えた場合であっても、バイパスによって通電経路となるゲートスイッチの個数の増大を抑制することができるので、単電池の故障に起因して通電経路となるゲートスイッチの個数が増大することに伴う電圧降下の影響が、好適に抑制されてなる。

【0026】

特に、第1および第2の態様によれば、単電池が故障した場合のそれぞれのゲートスイッチのON/OFF状態の切り替えはモジュール電池を単位として行われ、同じストリングに属する他のモジュール電池に影響しない。また、ON/OFF状態の切り替え制御の対象となるモジュール電池においてのみ、使用するゲートスイッチの個数の増大を抑制さえすれば、ストリング全体においてゲートスイッチの使用個数が増大することもない。

30

【0027】

特に、第4の態様によれば、一方のストリングにおいて単電池が故障した場合であっても、2つのストリングにおける起電力は同じ値に揃ったままとなるので、単電池の故障に対する冗長性が、より好適に確保される。

【図面の簡単な説明】

40

【0028】

【図1】蓄電池システム1の構成を概略的に示す図である。

【図2】ストリングSTの一部における回路構成を示す図である。

【図3】単電池の故障がない場合のストリングSTにおける通電態様を示す図である。

【図4】あるストリングSTにおいて1個の単電池5が故障した場合の、ストリングSTにおける通電態様の一例を示す図である。

【図5】あるストリングSTの同じ収容容器11に収容された2個の単電池5が故障した場合の、ストリングSTにおける通電態様の一例を示す図である。

【図6】単電池5が収容容器11に収容された状態を例示する上面図である。

【図7】単電池5が収容容器11に収容された状態を例示する側面図である。

50

【図 8】単電池 5 が収容容器 1 1 に収容された状態を例示する側面図である。

【図 9】モジュール電池収容体 1 0 0 の模式的な構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

<蓄電池システムの構成>

図 1 は、本実施の形態に係る蓄電池システム 1 の構成を概略的に示す図である。蓄電池システム 1 は、それぞれが蓄電池である複数の単電池 5 を含む蓄電池セット 2 とこれを制御するコントローラ 3 とを備える。

【0030】

蓄電池セット 2 は概略、それぞれに複数の単電池（セルとも称する）5 が直列に接続された 2 つのストリング S T（S T 1、S T 2）を備える。それぞれのストリング S T においては、連続的に直列接続された m 個（m は自然数）の単電池 5（5（1）～5（m））ごとに 1 つのセルグループ 1 0 が構成されている。さらには、互いに直列に接続された 2 つのセルグループ 1 0 が 1 つの収容容器 1 1 に収容されて、1 つのモジュール電池 4 が構成されている。図 1 においては、それぞれのストリング S T を構成する単電池 5 によって n 個（n は自然数）のモジュール電池 4（4（1）～4（n））が構成されてなる場合を例示している。

10

【0031】

換言すれば、図 1 においては $n \times 2m = 2mn$ 個の単電池 5 が直列に接続されて 1 つのストリング S T が構成されてなり、それぞれのストリング S T においては、それら $2mn$ 個の単電池 5 が $2m$ 個ずつ、n 個の収容容器 1 1 に区分されて収容され、n 個のモジュール電池 4 が構成されてなる。蓄電池セット 2 全体での単電池の個数は $2mn$ 個 $\times 2 = 4mn$ 個となる。そして、それら n 個のモジュール電池 4 のそれぞれにおいては、 $2m$ 個の単電池 5 が、2 つのセルグループ 1 0 に区分されている。なお、それぞれのストリング S T における m、n の具体的な値は同じとされる。ストリング S T のより詳細な構成については後述する。

20

【0032】

それぞれの単電池 5 は、ナトリウム - 硫黄電池（NaS 電池）である。より具体的には、それぞれの単電池 5 は、金属ナトリウム（Na）と硫黄（S）とを活物質とし、両者を隔離するセパレータとして Na イオン伝導性を有する固体電解質であるベータアルミナが用いられてなる高温動作型の二次電池である。以降においては、1 つの単電池 5 の放電時の起電力を V 0 とする。

30

【0033】

また、それぞれの収容容器 1 1 は、待機時に単電池 5 を加熱して両活物質を溶融（液体）状態に保つためのヒータ 1 1 h と、運転時に両活物質が反応することによって発熱する単電池 5 を冷却するためのファン 1 1 f と、収容容器 1 1 内の温度を監視（検知）するための温度センサ 1 1 t とを備える。なお、図 1 においては個々の収容容器 1 1 にヒータ 1 1 h、ファン 1 1 f、および温度センサ 1 1 t が 1 つずつ示されているが、これはあくまで模式的なものに過ぎず、実際のそれぞれの配置個数および配置態様は適宜に設定されてよい。

40

【0034】

ストリング（第 1 のストリング）S T 1 とストリング（第 2 のストリング）S T 2 とは、それぞれに過大な電流が流れることを防ぐためのヒューズなど備える終端ユニット 1 2 を介して P C S（交流 - 直流変換器：Power Conversion System）1 3 の直流側に並列に接続されている。P C S 1 3 の交流側は変圧器 1 4 に接続されており、変圧器 1 4 が蓄電池セット 2 の外部の系統 1 5 に接続されている。

【0035】

なお、本実施の形態においては、説明の簡単のため、蓄電池システム 1 が一の蓄電池セット 2 のみを備える構成を対象とするが、これは必須の態様ではなく、複数の蓄電池セット 2 が並列に変圧器 1 4 に接続される態様であってもよい。

50

【 0 0 3 6 】

コントローラ 3 は、蓄電池セット 2 における充放電動作を制御する充放電制御部 3 1 と、運転時および待機時の双方において収容容器 1 1 の温度を制御する温度制御部 3 2 とを主に備える。コントローラ 3 は、CPU、メモリ、ストレージなどを備えた専用あるいは汎用のコンピュータ（図示省略）において所定の動作プログラムが実行されることで実現可能とされており、充放電制御部 3 1 と温度制御部 3 2 とは、係るコンピュータにおいて仮想的構成要素として実現される。

【 0 0 3 7 】

充放電制御部 3 1 は、バイパス制御部 3 1 b を備える。バイパス制御部 3 1 b は概略、それぞれのストリング S T を構成するいずれかの単電池 5 が何らかの原因にて故障した場合に、その故障した単電池 5 を含むセルグループ 1 0 がバイパスされるよう、当該ストリング S T における通電経路を切り替える機能を有する。

10

【 0 0 3 8 】

温度制御部 3 2 は、ヒータ制御部 3 2 h とファン制御部 3 2 f とを備える。ヒータ制御部 3 2 h とファン制御部 3 2 f はそれぞれ、収容容器 1 1 に備わる温度センサ 1 1 t からの出力信号に応じて、ヒータ 1 1 h とファン 1 1 f の動作を制御する。概略的にいえば、待機時には、ヒータ制御部 3 2 h による制御のもと、ヒータ 1 1 h における加熱動作の on / off が制御されることで、収容容器 1 1 内の単電池 5 の温度が所定の大気温度（例えば 3 0 0 程度）に維持され、運転時には、ファン制御部 3 2 f による制御のもと、ファン 1 1 f における送風動作の on / off が制御されることで、活物質の反応により発熱する単電池 5 の冷却がなされる。

20

【 0 0 3 9 】

< スtring の詳細構成 >

次に、ストリング S T (S T 1、S T 2) のより詳細な構成について説明する。図 2 は、ストリング S T の一部における回路構成を示す図である。蓄電池セット 2 に備わる 2 つのストリング S T 1、S T 2 は同一の構成を有するので、図 2 においては 1 つのストリング S T のみを示している。

【 0 0 4 0 】

より具体的には、図 2 は、ストリング S T のうち、 k (k は $n - 1$ 以下の自然数) 個目のモジュール電池 4 (k) を構成する収容容器 1 1 と $k + 1$ 個目のモジュール電池 4 ($k + 1$) を構成する収容容器 1 1 とに収容されている単電池 5 の近傍における、接続の様子を示している。

30

【 0 0 4 1 】

なお、以降の説明では、それぞれのストリング S T において単電池 5 が直列に接続されてなる経路を主経路 L a と称する。また、便宜上、図面視において主経路 L a の上方に向かう向きを上流側と称し、下方に向かう向きを下流側と称する。それぞれのストリング S T においては、充電時には下流側に向けて電流が流れ、放電時には上流側に向けて電流が流れる。

【 0 0 4 2 】

上述のように、ストリング S T においては、 m 個ずつ 2 つのセルグループ 1 0 に区分された $2 m$ 個の単電池 5 が、それぞれの収容容器 1 1 に収容されているが、図 1 においては簡略化のため、それら $2 m$ 個の単電池 5 が、単に直列に接続されるように図示していた。

40

【 0 0 4 3 】

しかしながら、実際のストリング S T の主経路 L a においては、図 2 に示すように、一の収容容器 1 1 に収容された 2 つのセルグループ 1 0 の間に、グループ間ゲート G 1 が設けられてなる。

【 0 0 4 4 】

加えて、ストリング S T の個々の収容容器 1 1 においては、主経路 L a とは別に、バイパス経路 L b が設けられてなる。バイパス経路 L b は、回路構成上は、主経路 L a と並列に設けられてなるものとみなされる。それゆえ、バイパス経路 L b についても、主経路 L

50

aと同様、図面視における上下方の向きに応じて、上流側および下流側という文言を用いる。

【0045】

そして、主経路L aにおける2つのセルグループ10の上流側と下流側のそれぞれと、バイパス経路L bとを接続する4つのブリッジ経路L c a、L c b、L c c、L c dが設けられ、それぞれのブリッジ経路L c a、L c b、L c c、L c dには順に、ブリッジゲートG 2 a、G 2 b、G 2 c、G 2 dが備わっている。

【0046】

また、主経路L aにおいては、一の収容容器11に収容された2つのセルグループ10よりも下流側に、モジュール端ゲートG 3が設けられてなる。ストリングS Tにおいては、相異なる収容容器11に収容されたセルグループ10に属する単電池5同士も、主経路L aにて直列に接続されており、モジュール端ゲートG 3は、主経路L aにおいて、それら収容容器11が異なるセルグループ10の間に備わっている。すなわち、モジュール端ゲートG 3は、主経路L aにおいてセルグループ10の間に設けられてなる点で、グループ間ゲートG 1と共通する。

【0047】

さらには、主経路L aにおけるモジュール端ゲートG 3の下流側とバイパス経路L bの収容容器11の間とが、ブリッジ経路L c eにて接続されてなる。そして、係るブリッジ経路L c eには、ブリッジゲートG 2 eが備わっている。以降においては、係るブリッジゲートG 2 eを特に、終端ブリッジゲートG 2 eと称することがある。

【0048】

なお、図2においては図示を省略しているが、主経路L aの最上流側（モジュール電池4(1)を構成する収容容器11に収容されているセルグループ10の上流側）と最下流側（モジュール電池4(n)を構成する収容容器11に収容されているセルグループ10の下流側）とはP C S 13に接続されている。

【0049】

グループ間ゲートG 1、5つのブリッジゲートG 2（G 2 a、G 2 b、G 2 c、G 2 d、G 2 e）、および、モジュール端ゲートG 3は、2つの半導体素子（より具体的にはM O S F E T）S Dを備える同一構成のゲートスイッチである。以降においては、これらのゲートスイッチに電流が流れる状態を「ON状態」あるいは単に「ON」と称し、電流が流れない状態を「OFF状態」あるいは単に「OFF」と称する。これらゲートスイッチのON/OFF状態の制御は、バイパス制御部31bによりなされる。

【0050】

本実施の形態に係る蓄電池システム1においては、その動作時（充放電時）、蓄電池セット2に備わるそれぞれのストリングS Tにおける単電池5の故障の状況（発生箇所および個数）に応じて、バイパス制御部31bが個々のゲートスイッチのON/OFF状態を切り替える、バイパス制御を行うようになっている。これにより、蓄電池システム1においては、選択された特定のセルグループ10のみをバイパスしてストリングS Tに通電することが可能となっている。

【0051】

<蓄電池セットにおけるバイパス制御>

以下、蓄電池システム1の動作時におけるバイパス制御と、これにより実現される通電状態様について、単電池5の故障の程度に応じて段階的に説明する。

【0052】

原則として、本実施の形態に係る蓄電池システム1においては、多数の単電池5が複数のセルグループ10に区分されつつ直列に接続されて構成されたストリングS Tに属する、ある単電池5が故障した場合、当該単電池5を含むセルグループ10を単位として、バイパスがなされる。換言すれば、同じストリングS Tに属しているものの故障した単電池5を含まないセルグループ10は、係る故障が生じた後もそのまま使用される。

【0053】

10

20

30

40

50

なお、あるセルグループ10がバイパスされると、該セルグループ10の分だけストリングSTにおける最大起電力が低下するが、係る態様にて起電力が低下したストリングSTであっても、あらかじめ設定された限界値の範囲内において故障がない場合よりも大きな電流を流すことで、故障がない場合と同程度の出力を得ることは可能である。その際に個々の単電池5に流れる電流の大きさの、故障がないときに流れる電流の大きさに対する比である過負荷比は、故障した単電池の本数を m とすると、 $2mn / (2mn - m) = 2n / (2n - 1)$ なる値にて表される。係る過負荷比の値が大きくなるほど、単電池5に流れる電流が限界値に近づくことになる。

【0054】

(単電池の故障がない場合)

図3は、単電池の故障がない場合のストリングSTにおける通電態様を示す図である。具体的には、図3には、図2と同じストリングSTの一部における回路構成を示すとともに、それぞれのゲートスイッチのON/OFF状態と、これにより実現される通電経路についても、併せて示している。

【0055】

いずれの単電池5も故障してはいない場合、バイパス制御部31bは、ストリングSTに備わる全てのグループ間ゲートG1とモジュール端ゲートG3とをON状態とし、全てのブリッジゲートG2(G2a、G2b、G2c、G2d、G2e)をOFF状態とする。これにより、いずれのストリングSTにおいても、矢印AR11~AR14に示すように主経路Laにのみ電流が流れ、バイパス経路Lbおよび各ブリッジ経路には電流は流れない。係る場合、蓄電池セット2においては、 $2mn$ 個の単電池5が直接に接続された2つのストリングST1、ST2が並列に接続された状態となっているので、放電時には最大で $2mnV_0$ なる大きさの起電力が得られる。

【0056】

(あるストリングの1個の単電池が故障した場合)

図4は、あるストリングSTにおいて1個の単電池5が故障した場合の、ストリングSTにおける通電態様の一例を示す図である。

【0057】

より具体的には、図4は、ストリングST1およびST2の双方について、図2と同様にk個目のモジュール電池4(k)を構成する収容容器11とk+1個目のモジュール電池4(k+1)を構成する収容容器11に収容されている単電池5の近傍における、接続の様子を示している。

【0058】

いま、ストリングST1のモジュール電池4(k)に属するある単電池5x(1)が故障したとする。充放電制御部31が係る故障を検知すると、バイパス制御部31bは、故障した単電池5x(1)が属するモジュール電池4(k)の主経路Laに備わるグループ間ゲートG1およびモジュール端ゲートG3をON状態からOFF状態に切り替えるとともに、グループ間ゲートG1の上流側に接続されているブリッジ経路Lcbに備わるブリッジゲートG2bと、当該モジュール電池4(k)の最下流側に接続されているブリッジ経路Lceに備わる終端ブリッジゲートG2eとを、OFF状態からON状態に切り替える。

【0059】

これにより、ストリングST1のモジュール電池4(k)においては、故障した単電池5x(1)の属するセルグループ10とこれを挟むグループ間ゲートG1およびモジュール端ゲートG3には電流は流れず、代わって、矢印AR21~AR24に示すように、通電経路が、主経路Laからブリッジ経路Lcb、バイパス経路Lb、終端ブリッジ経路Lceという経路にバイパスされる。

【0060】

なお、故障した単電池5が属するモジュール電池4(k)を除くストリングST1においては、例えば矢印AR25およびAR26に示すように、単電池5の故障がないときと

10

20

30

40

50

同様、主経路 $L a$ が通電経路として維持される。

【0061】

なお、本実施の形態に係る蓄電池システム 1 においてある単電池 5 が故障した際に行われる、係る単電池 5 を含むセルグループ 10 のバイパスは原則として、グループ間ゲート $G 1$ を ON 状態から OFF 状態に切り替えるとともに、当該セルグループ 10 の上流側と下流側のそれぞれに位置するブリッジゲート $G 2$ のうち意図するバイパスを実現可能な 1 つずつのブリッジゲート $G 2$ を OFF 状態から ON 状態に切り替えることにより、実現される。

【0062】

例えば、図 4 に示す場合であれば、グループ間ゲート $G 1$ を ON 状態から OFF 状態に切り替え、ブリッジゲート $G 2 b$ および $G 2 d$ を OFF 状態から ON 状態へと切り替えることでも、故障した単電池 $5 \times (1)$ を含むセルグループをバイパス可能である。この場合、バイパスに伴い通電経路を構成するゲートスイッチの個数が 1 つ増えることになる。

10

【0063】

しかしながら、ゲートスイッチの個数が増えるほど抵抗ロスは増大するため、バイパスするにあたっては、ゲートスイッチの個数なるべく増えないことが望ましい。

【0064】

図 4 に示した例では、この点を鑑み、主経路 $L a$ においてグループ間ゲート $G 1$ に加えてモジュール端ゲート $G 3$ も ON 状態から OFF 状態に切り替るとともに、故障した単電池 $5 \times (1)$ が属するセルグループ 10 の下流側においてバイパスに用いるゲートスイッチを、終端ブリッジゲート $G 2 e$ とすることで、使用するゲートスイッチの個数をバイパス実行前後で変わらないようにしている。これにより、バイパスに伴い抵抗ロスが増大しないようになっている。

20

【0065】

また、図示は省略するが、単電池 $5 \times (1)$ が属するセルグループ 10 ではなく、同じ収容容器 11 に収容されてなるもう一方のセルグループ 10 に属する単電池 5 が故障した場合には、バイパス制御部 31 b は、ストリング $S T 1$ の収容容器 11 (k) に備わるグループ間ゲート $G 1$ を ON 状態から OFF 状態に切り替えるとともに、故障した単電池 5 の属するセルグループ 10 の上流側に接続されているブリッジ経路 $L c a$ に備わるブリッジゲート $G 2 a$ と、グループ間ゲート $G 1$ の下流側に接続されているブリッジ経路 $L c c$ に備わるブリッジゲート $G 2 c$ とを、OFF 状態から ON 状態に切り替える。

30

【0066】

この場合も、ストリング $S T 1$ のモジュール電池 4 (k) においては、故障した単電池 5 の属するセルグループ 10 とその下流側に位置するグループ間ゲート $G 1$ には電流は流れず、代わって、通電経路が、主経路 $L a$ からブリッジ経路 $L c a$ 、バイパス経路 $L b$ 、ブリッジ経路 $L c c$ という経路にバイパスされる。この場合は、バイパスに伴い通電経路を構成するゲートスイッチの個数が 1 つ増えることになる。

【0067】

いずれにせよ、ストリング $S T 1$ に属する単電池 5 が故障した場合には、ストリング $S T 1$ における最大起電力は、故障した単電池 5 がない状態の $2 m n V 0$ なる値から $m V 0$ だけ低下することになる。

40

【0068】

ただし、このようにストリング $S T 1$ においてバイパスを行っただけであると、ストリング $S T 2$ における最大起電力は $2 m n V 0$ なる値のままであるので、ストリング $S T 1$ における起電力とこれに並列するストリング $S T 2$ における起電力とが、バランスしなくなる。そこで、本実施の形態に係る蓄電池システム 1 においては、2 つのストリング $S T$ の一方においてあるセルグループ 10 に属する単電池 5 が故障することにより当該ストリング $S T$ における最大起電力が低下することになる場合、故障した単電池が属していないストリング $S T$ においても意図的に、同じだけの起電力低下が生じるようにする。

【0069】

50

具体的には、ゲートスイッチのON/OFF状態を切り替えて、いずれかのセルグループ10に電流が流れないようにし、故障した単電池5が属するストリングSTと同様の通電経路のバイパスを、故障した単電池5が属していないストリングSTにおいても行うようにする。

【0070】

図4に示す場合であれば、故障した単電池 $5 \times (1)$ が属していないストリングST2のモジュール電池 $4(k+1)$ において、係るバイパスが行われている。より詳細には、係るモジュール電池 $4(k+1)$ に属するグループ間ゲートG1およびモジュール端ゲートG3がON状態からOFF状態に切り替えられてなるとともに、グループ間ゲートG1の上流側に接続されているブリッジ経路Lcbに備わるブリッジゲートG2bと、ブリッジ経路Lceに備わる終端ブリッジゲートG2eとが、OFF状態からON状態に切り替えられている。

10

【0071】

これにより、ストリングST2のモジュール電池 $4(k+1)$ においては、グループ間ゲートG1とその下流側に位置するセルグループ10には電流は流れず、代わって、矢印AR33~AR36に示すように、通電経路が、主経路Laからブリッジ経路Lcb、バイパス経路Lb、ブリッジ経路Lceという経路にバイパスされる。

【0072】

モジュール電池 $4(k+1)$ を除くストリングST2においては、例えば矢印AR31およびAR32に示すように、主経路Laが通電経路として維持される。

20

【0073】

結果として、ストリングST2における最大起電力も、 $2mnV_0$ なる値から mV_0 だけ低下し、ストリングST1とST2とにおける最大起電力が $2mnV_0 - mV_0 = (2n - 1)mV_0$ で揃うことになる。

【0074】

故障した単電池5が属していないストリングSTにおいてバイパスの対象となるセルグループ10の選択は、基本的には任意である。それゆえ、図4においてストリングST2のモジュール電池 $4(k+1)$ に属するセルグループ10がバイパスの対象として選択されているのはあくまで例示にすぎず、同じあるいは他の収容容器11に含まれるセルグループ10がバイパスの対象として選択されてよい。その場合も同様に、当該セルグループ10と、同じ収容容器11に含まれるグループ間ゲートG1とが、2つのブリッジ経路とバイパス経路Lbとによってバイパスされる。

30

【0075】

ただし、動作状態等から寿命が近い単電池5が存在することがあらかじめわかっているような場合は、当該単電池5が優先的にバイパスの対象として選択されてよい。

【0076】

以上のように、いずれかのストリングSTに属する1個の単電池5が故障した場合、蓄電池セット2は、最大起電力が $(2n - 1)mV_0$ の電池として使用が継続される。

【0077】

(2個の単電池が故障した場合)

40

次に、図4に示すように1個の単電池5が故障した後、さらにもう1個の単電池5が故障した場合を考える。これには、以下のケース(i)~(iii)の3通りの場合がある。

【0078】

[ケース(i): 1個目に故障した単電池5が属していないストリングSTにおいて、単電池5が故障する場合]

この場合は、新たに故障した単電池5が属するストリングSTにおいて、それまで故障した単電池5が存在しないにも関わらず最大起電力を揃えるべくバイパスの対象として選択されていたセルグループ10に代えて、新たに故障した単電池5を含むセルグループ10がバイパスの対象となるよう、バイパス制御部31bが対象となるゲートスイッチのON/OFF状態を切り替える。

50

【 0 0 7 9 】

従って、ケース (i) の場合、蓄電池セット 2 は変わらず、最大起電力が $(2n - 1)mV_0$ の電池として使用が継続されることになる。

【 0 0 8 0 】

[ケース (ii) : 1 個目に故障した単電池 5 が属しているストリング S T において、当該単電池 5 と同じモジュール電池 4 に属する単電池 5 が故障する場合]

この場合は、1 個目に故障した単電池 5 が属するストリング S T において、新たに故障した単電池 5 を含むセルグループ 1 0 がさらにバイパスされる。加えて、起電力を揃えるため、故障した単電池 5 が属していないストリング S T においても、任意のセルグループ 1 0 がさらにバイパスされる。

10

【 0 0 8 1 】

より詳細には、故障した 2 つの単電池 5 が属するストリング S T においては、それら 2 つの単電池 5 がそれぞれに属するモジュール電池 4 の 2 つのセルグループ 1 0 がまとめてバイパスされる。一方、故障した単電池が存在しないストリング S T においては、該ストリング S T の全体から 2 つのセルグループ 1 0 が任意に選択されてバイパスされる。なお、その際は、故障した単電池 5 が 1 個だけであった場合にバイパスされていたセルグループ 1 0 が引き続きバイパスされる態様であってもよいし、新たに 2 つのセルグループ 1 0 が選択されてバイパスされる態様であってもよい。

【 0 0 8 2 】

いずれにせよ、係るケース (ii) の場合、それぞれのストリング S T における最大起電力は、故障した単電池 5 が 1 個だけであった場合からさらに、 mV_0 だけ低下する。これにより、ケース (ii) の場合、蓄電池セット 2 は、最大起電力が $2(n - 1)mV_0$ の電池として使用が継続されることになる。

20

【 0 0 8 3 】

図 5 は、ケース (ii) の場合を例示するべく示す、あるストリング S T の同じ収容容器 1 1 に収容された 2 個の単電池 5 が故障した場合の、ストリング S T における通電態様の一例を示す図である。

【 0 0 8 4 】

より具体的には、図 5 は、図 4 に示していたように、ストリング S T 1 のあるモジュール電池 4 (k) に含まれる一方のセルグループ 1 0 に属する単電池 $5x(1)$ が先に故障していた (1 個目に故障した) 単電池 5 である場合において、同じ収容容器 1 1 に収容された他方のセルグループ 1 0 に属する単電池 $5x(2)$ が新たに故障した (2 個目に故障した) ために、それら 2 つのセルグループ 1 0 がバイパスされるときの様子を、示している。

30

【 0 0 8 5 】

さらに、図 5 には、故障した単電池 5 が存在しないストリング S T 2 においても、図 4 に示す、故障した単電池 5 が 1 個であったときにバイパスされていたセルグループ 1 0 と同じモジュール電池 4 (k + 1) に含まれるもう一方のセルグループ 1 0 がさらにバイパスされることにより、一の収容容器に収容された 2 つのセルグループ 1 0 がバイパスされることとなったときの様子も、併せて示している。

40

【 0 0 8 6 】

まず、ストリング S T 1 について説明すると、充放電制御部 3 1 が新たに単電池 $5x(2)$ の故障を検知した結果として、バイパス制御部 3 1 b が、この故障した単電池 $5x(2)$ が属するセルグループ 1 0 の上流側に接続されているブリッジ経路 L c a に備わるブリッジゲート G 2 a を、OFF 状態から ON 状態に切り替える一方、単電池 $5x(1)$ の故障以降はバイパスのために ON 状態とされていた、ブリッジ経路 L c b に備わるブリッジゲート G 2 b を再び、ON 状態から OFF 状態に切り替えている。

【 0 0 8 7 】

これにより、ストリング S T 1 のモジュール電池 4 (k) においては、故障した単電池 $5x(1)$ と単電池 $5x(2)$ のそれぞれが属するセルグループ 1 0 とその間に位置する

50

グループ間ゲートG 1には電流は流れず、代わって、矢印AR 4 1 ~ AR 4 5に示すように、通電経路が、主経路L aからブリッジ経路L c a、バイパス経路L b、ブリッジ経路L c eという経路にバイパスされる。一方、故障した2つの単電池5 (5 x (1)、5 x (2))が属するモジュール電池4 (k)を除くストリングS T 1においては、例えば矢印AR 4 6およびAR 4 7に示すように、単電池5の故障がないときと同様、主経路L aが通電経路として維持される。

【0088】

次に、ストリングS T 2について説明すると、図4に示していた状態からさらに、同じ収容容器11に属するもう一つのセルグループ10についてもバイパスするべく、バイパス制御部31bは、ブリッジ経路L c aに備わるブリッジゲートG 2 aをOFF状態からON状態に切り替える一方、ブリッジ経路L c bに備わるブリッジゲートG 2 bをON状態からOFF状態に切り替えている。

10

【0089】

最低限、これらの切り替えが行われれば、ストリングS T 2のモジュール電池4 (k + 1)におけるゲートスイッチのON / OFF状態は、故障した単電池5が属するストリングS T 1のモジュール電池4 (k)におけるゲートスイッチのON / OFF状態と同じとなる。それゆえ、上述の切り替えが行われさえすれば、ストリングS T 2の通電経路において、モジュール電池4 (k + 1)を構成する収容容器11に含まれる2つのセルグループ10はともにバイパスされる。

【0090】

なお、図5に示した場合とは異なり、2個目に故障した単電池5が1個目に故障した単電池5と同じセルグループ10に属している場合については、あえて想定する必要がない。これは、蓄電池セット2に含まれるいずれのセルグループ10においても、ある単電池5が故障した場合にはそれ以降、当該セルグループ10はバイパスの対象とされて通電されることがないため、さらなる故障が生じ得ないからである。

20

【0091】

[ケース(iii) : 1個目に故障した単電池5が属しているストリングS Tにおいて、当該単電池5とは異なるモジュール電池4に属する単電池5が故障する場合]

この場合は、2個目に故障した単電池5が属するセルグループ10が含まれるモジュール電池4と、故障した単電池5の存在しないもう一方のストリングS Tのいずれかのモジュール電池4とのそれぞれにおいて、セルグループ10のバイパスが新たになされるよう、バイパス制御部31bが対象となるゲートスイッチのON / OFF状態を切り替える。故障した単電池5の存在しないストリングS Tにおいては、新たにバイパスされるセルグループ10と最初にバイパスされたセルグループ10とが同じ収容容器11に収容されていて両者がある一モジュール電池4を構成していてもよいし、相異なる収容容器11に収容されて異なるモジュール電池4を構成していてもよい。バイパスされるセルグループ10が同じ収容容器11に収容されている場合は、図5のストリングS T 1の収容容器11 (k)とストリングS T 2の収容容器11 (k + 1)の双方にて例示したような、バイパス態様が採用されてもよい。

30

【0092】

ケース(iii)の場合、それぞれのストリングS Tにおいて最大起電力がさらにm V 0だけ低下することになるので、蓄電池セット2は、最大起電力が2 (n - 1) m V 0の電池として使用が継続されることになる。

40

【0093】

(3個以上の単電池が故障した場合)

2個目の単電池5が故障して以降、さらに多くの単電池5が故障した場合も、基本的には、上述した1個あるいは2個の単電池5が故障した場合におけるゲートスイッチのON / OFF状態の切り替えを、新たに故障した単電池5が属するセルグループ10が収容されている収容容器11に備わるゲートスイッチを対象に行うことで、対処が可能である。

【0094】

50

ただし、故障した単電池 5 の個数が多くなるほど残りの単電池 5 における過負荷比は増大し、流れる電流の限界値に近づく。それゆえ、蓄電池セット 2 において許容されている故障した単電池 5 の個数は、それら過負荷比や、電流の限界値に応じてあらかじめ定まっている。

【 0 0 9 5 】

なお、単電池 5 の故障が発生した都度、通電経路を切り替えるにあたっては、通電経路を構成するゲートスイッチの個数なるべく増えることのないように、ON 状態と OFF 状態の切り替え対象となるゲートスイッチが選択される。

【 0 0 9 6 】

(バイパス制御の特徴と利点)

以上のように、本実施の形態においては、蓄電池セット 2 を構成する 2 つのストリング S T (S T 1、S T 2) のそれぞれのモジュール電池 4 に、単電池 5 がセルグループ 1 0 ごとに区分されて直列に接続される主経路 L a に加えて、バイパス経路 L b を設けられてなり、かつ、主経路 L a におけるセルグループ 1 0 の間と、主経路 L a とバイパス経路 L b とをつなぐブリッジ経路とに、ゲートスイッチ (グループ間ゲート G 1、ブリッジゲート G 2 a、G 2 b、G 2 c、G 2 d、G 2 e、モジュール端ゲート G 3) が設けられてなる。

【 0 0 9 7 】

そして、いずれの単電池 5 にも故障がない場合にはそれぞれのストリング S T において主経路 L a のみを用いて通電を行う一方、いずれかのストリング S T において単電池 5 が故障した場合には、係る故障した単電池 5 が備わる箇所に於いてゲートスイッチの ON / OFF 状態を適宜に切り替えることで、当該単電池 5 を含むセルグループ 1 0 をバイパス経路 L b にてバイパスするとともに、故障した単電池 5 が備わっていないストリング S T においても、同様のバイパスを行って、2 つのストリング S T における起電力を揃えるようにしている。

【 0 0 9 8 】

これにより、蓄電池セット 2 においては、それぞれのストリング S T における単電池 5 の直列接続数が大きい一方で、ストリング S T の並列数が少ない構成を採用した場合であっても、単電池 5 の故障が蓄電池セット 2 の全体としての出力に及ぼす影響が好適に低減されるようになっている。

【 0 0 9 9 】

特に、1 つのセルグループ 1 0 を構成する単電池 5 の個数 m を比較的小さな値に抑える一方で、モジュール電池 4 の個数である n の値を大きくした場合には、最大起電力が十分に確保される一方で、過負荷比の増大は抑制される。

【 0 1 0 0 】

より具体的には、m は 1 0 未満 (例えば 8) とされ、n は数十 (例えば 3 5) 程度とされるのが好適である。ただし、n の値が一定の場合、m の値が小さいほど、必要となるゲートスイッチの個数が多くなる点には、留意が必要である。

【 0 1 0 1 】

仮に、 $m = 8$ 、 $n = 35$ であり、単電池 5 の起電力 V_0 が 2 V である場合をモデルケースとすると、係るモデルケースの蓄電池セット 2 における単電池の総数は 1 1 2 0 個となり、単電池 5 の故障がない場合の最大起電力は 1 1 2 0 V である一方、4 個の単電池 5 が故障した場合に不使用となる蓄電池セット 2 の個数は 6 4 個に留まり、過負荷比は $2 \times 35 / (2 \times 35 - 4) = 1.061$ となる。

【 0 1 0 2 】

従来のバイパス経路を有さないモジュール電池の一例として、1 1 5 2 個の単電池を、それぞれに 9 6 個の単電池を直接に接続してなる 1 2 個のストリングを並列に接続してなるモジュール電池を想定すると、係るモジュール電池の場合、単電池の個数は多いにも関わらず最大起電力は $96 \times 2 = 192$ V に留まる。また、2 つのストリングに属する単電池が 1 つずつ故障しただけであっても、過負荷比は $12 / 10 = 1.09$ となり、上述の

10

20

30

40

50

モデルケースの場合の過負荷比を上回ることになる。

【0103】

このことは、本実施の形態に係るモジュール電池の構成を採用することで、従来よりも単電池の個数を削減しつつ、故障に対する冗長性に優れたモジュール電池を実現出来ることを指し示している。

【0104】

また、本実施の形態においては、蓄電池セット2を構成するそれぞれのストリングSTにグループ間ゲートG1、ブリッジゲートG2、およびモジュール端ゲートG3という3種類のゲートスイッチが設けられている。そして、単電池5の故障がない場合はそれぞれの収容容器11内においてグループ間ゲートG1とモジュール端ゲートG3の2個のみがON状態とされており、その後の単電池5の故障の発生状況に応じて、バイパス制御部31bが各ゲートスイッチのON/OFF状態を切り替えるようになっている。

10

【0105】

単に、故障した単電池5を含むセルグループ10をバイパスするという目的を果たすためだけであれば、それぞれのセルグループ10の上流側と下流側とにおいて主経路Laとバイパス経路Lbとを接続する4つのブリッジ経路Lca、Lcb、Lcc、Lcdに設けられてなる、ブリッジゲートG2a、G2b、G2c、G2dを具備すれば足りる。すなわち、グループ間ゲートG1、モジュール端ゲートG3、および、ブリッジ経路Lceならびにこれに設けられた終端ブリッジゲートG2eは、あるいはさらに、ブリッジゲートG2aとG2bの間とブリッジゲートG2cとG2dの間を除くバイパス経路Lbは、省略することができる。

20

【0106】

それにも関わらず、本実施の形態に係る蓄電池セット2においてそれらを敢えて設けているのは、上述のように、バイパスに伴い通電経路を構成するゲートスイッチの個数が1つ増えることに伴う抵抗ロスの増大を、なるべく抑制するためである。通電経路に含まれるゲートスイッチの個数が多いほど、ストリングSTにおいてはこれに起因した電圧低下が増大することになる。

【0107】

例えば、省略することが出来るとした上記各要素を実際に省略した場合、あるストリングSTにおいて新たにバイパスする必要があるセルグループ10が生じるたびに、バイパスのために通過するゲートスイッチが2個ずつ増えることになる。

30

【0108】

これに対し、本実施の形態のようにゲートスイッチを配置した構成において、収容容器11に収容されている2つのセルグループ10のいずれかが初めてバイパスされる場合には、上述のように、上流側のセルグループ10がバイパスされるケースにおいてのみ、通電経路となるゲートスイッチの個数は差引で1つ増える。図4に示すように、下流側のセルグループ10がバイパスされるケースでは、使用されるゲートスイッチの個数はバイパス実行前と変わらず2個のままである。

【0109】

また、先にバイパスされたセルグループ10と同じ収容容器11に収容されておりそれゆえに両者で一のモジュール電池4を構成しているもう一つのセルグループ10がさらにバイパスされる場合、ON状態とされるのはブリッジゲートG2aと終端ブリッジゲートG2eの2個のみとなるため、通電経路となるゲートスイッチの個数は単電池5に故障がない場合と同じとなる。

40

【0110】

それゆえ、本実施の形態に係る蓄電池セット2においては、バイパスに際して通電経路となるゲートスイッチの個数が最小化されてなるので、単電池5の故障に起因して通電経路となるゲートスイッチの個数が増大することに伴う電圧降下の影響が、好適に抑制されてなる。

【0111】

50

さらに、本実施の形態に係る蓄電池システム 1 においては、同一の構成とされた 2 つのストリング S T (S T 1、 S T 2) を並列に接続することによって蓄電池セット 2 を構成し、かつ、一方のストリング S T において単電池 5 の故障が生じたことによって当該単電池 5 を含む 1 または複数のセルグループ 1 0 をバイパスすることになった場合には、他方のストリング S T においてもいずれかのセルグループ 1 0 を同じ数だけバイパスさせるようしている。

【 0 1 1 2 】

これにより、それぞれのストリング S T における最大起電力が、同じ値 (具体的には、単電池の起電力 $V_0 \times$ ーのセルグループ 1 0 に属する単電池 5 の個数 $m \times$ 故障した単電池 5 が属するセルグループ 1 0 の数) だけ低下することになる。それゆえ、いずれかのスト

10

【 0 1 1 3 】

< 蓄電池セットの具体的構成例 >

以降、上述のような特徴を有する蓄電池セット 2 の具体的構成例について説明する。なお、以降においては、セルグループ 1 0 が 8 個の単電池 5 で構成される場合 ($m = 8$ の場合) を例としている。

【 0 1 1 4 】

図 6 は、単電池 5 が収容容器 1 1 に収容された状態を例示する上面図であり、図 7 および図 8 はそれぞれ、係る収容状態における収容容器 1 1 の相異なる向きの側面図である。換言すれば、図 6 ないし図 8 は、ある一のモジュール電池 4 の構成例でもある。なお、図 6 ないし以降の図面においては、収容容器 1 1 の平面視長手方向 (図 6 においては図面左右方向) を x 軸方向とし、平面視短手方向 (図 6 においては図面上下方向) を y 軸方向とし、鉛直方向を z 方向とする、右手系の x y z 座標を付している。

20

【 0 1 1 5 】

図 6 に示す収容容器 1 1 は概略、外面および内面が金属板からなるとともに、その側面および底面においてそれら金属板の間に断熱材 1 1 a が充填された直方体状の容器である。

【 0 1 1 6 】

また、収容容器 1 1 は、その底部および側部を支持枠 1 1 b にて支持されており、支持枠 1 1 b の四隅の上端部には他の収容容器 1 1 を積層載置可能な被載置部 1 1 b 1 となっている。また、収容容器 1 1 の底部の四隅は、他の収容容器 1 1 の被載置部 1 1 b 1 に積層載置可能な載置部 1 1 c が設けられてなる。すなわち、収容容器 1 1 は、鉛直方向に積層可能な構造を有してなる。なお、以降においては、収容容器 1 1 の平面視長手方向に沿った側面を一对の主側面 1 1 s 1 と称し、平面視短手方向に沿った側面を一对の副側面 1 1 s 2 と称する。

30

【 0 1 1 7 】

図 6 および図 7 においては、それぞれが円筒状をなす 8 個の単電池 5 (1) ~ 5 (8) からなる 2 つのセルグループ 1 0 が、 x 軸方向に沿って 2 列に並べられて、係る収容容器 1 1 に収容されてなる様子を示している。なお、図 6 ないし図 8 においては図示を省略しているが、収容容器 1 1 には、上述したヒータ 1 1 h、ファン 1 1 f、および温度センサ 1 1 t も、適宜の箇所に設けられてなる。

40

【 0 1 1 8 】

より詳細には、収容容器 1 1 の上部には、収容容器 1 1 内の断熱を確保する目的で、図示しない蓋体が配置される。蓋体は、収容容器 1 1 と同様、外面および内面が金属板からなるとともに、内部に断熱材が充填された構成を有する。また、収容容器 1 1 内の配置物以外の隙間には、砂材が充填される。砂材は、単電池 5 において破損、異常加熱、活物質の漏洩などの不具合が生じた場合に周囲に対する影響を低減する目的で、充填される。砂材としては、膨張ひる石 (パーミキュライト) や珪砂などが例示される。

【 0 1 1 9 】

50

単電池 5 の一方端（収容容器 1 1 に収容された状態においては上端）の中央からは負極端子 5 n が、周縁部からは正極端子 5 p が、それぞれ突出している。それぞれのセルグループ 1 0 においては、収容容器 1 1 の平面視長手方向に沿って隣り合って配置された単電池 5 の一方の正極端子 5 p と他方の負極端子 5 n とが、接続端子 C 1 にて電氣的に接続されてなる。ただし、図 6 においては、一部の接続端子 C 1 のみを示している。

【 0 1 2 0 】

また、それぞれのセルグループ 1 0 において一方端に配置されてなる単電池 5 (1) の負極端子 5 n と、他方端に配置されてなる単電池 5 (8) の正極端子 5 p とには、主側面 1 1 s 1 から収容容器 1 1 の外側へと突出する外部接続端子 C 2 が接続されてなる。なお、図示は省略しているが、係る外部接続端子 C 2 と収容容器 1 1 を構成する金属板とは、

10

【 0 1 2 1 】

さらに、図 7 および図 8 に示すように、収容容器 1 1 の副側面 1 1 s 2 の一方には、図 6 においては図示しない接続部 2 0 が、設けられてなる。

【 0 1 2 2 】

接続部 2 0 は、第 1 接続銅板 2 1 と、第 2 接続銅板 2 2 と、第 3 接続銅板 2 3 と、第 4 接続銅板 2 4 と、第 5 接続銅板 2 5 と、第 6 接続銅板 2 6 とを備える。これら第 1 ないし第 6 接続銅板 2 1 ~ 2 6 は、0 . 3 mm ~ 3 . 0 mm 程度の厚みを有する銅板からなる。あるいは、同程度の厚みを有する板状基材に銅箔を貼り付けたものが用いられてもよい。後述するように、第 1 ないし第 6 接続銅板 2 1 ~ 2 6 は、蓄電池セット 2 の動作時の通電

20

【 0 1 2 3 】

図 7 には、一对の主側面 1 1 s 1 の一方の面上において、図面視手前側に位置するセルグループ 1 0 と接続部 2 0 とが電氣的に接続される様子を示している。具体的には、ケーブル C 4 が、単電池 5 (1) に接続されてなる外部接続端子 C 2 と第 1 接続銅板 2 1 の一方端部とを接続してなり、ケーブル C 3 が、単電池 5 (8) に接続されてなる外部接続端子 C 2 と第 2 接続銅板 2 2 の一方端部とを接続してなる様子を示している。

【 0 1 2 4 】

また、図示は省略するが、一对の主側面 1 1 s 1 の他方の面上においても、もう一方のセルグループ 1 0 と接続部 2 0 とが図示しないケーブルにて電氣的に接続されている。すなわち、単電池 5 (1) に接続されてなる外部接続端子 C 2 と第 3 接続銅板 2 3 の一方端部とが接続されてなるとともに、単電池 5 (8) に接続されてなる外部接続端子 C 2 と第 4 接続銅板 2 4 の一方端部とが接続されてなる。

30

【 0 1 2 5 】

さらには、図 8 に示すように、第 1 接続銅板 2 1 ないし第 4 接続銅板 2 4 のそれぞれと第 5 接続銅板 2 5 との間には、ゲートスイッチ G が設けられてなる。さらには、第 2 接続銅板 2 2 と第 3 接続銅板 2 3 との間、第 4 接続銅板 2 4 と第 6 接続銅板 2 6 との間、および、第 5 接続銅板 2 5 と第 6 接続銅板 2 6 との間にも、ゲートスイッチ G が設けられてなる。

40

【 0 1 2 6 】

以上のような、収容容器 1 1 における接続端子 C 1 、外部接続端子 C 2 、ケーブル C 3 および C 4 などによる電氣的な接続は、図 2 などに示した回路構成に対応する。

【 0 1 2 7 】

すなわち、第 1 接続銅板 2 1 ないし第 4 接続銅板 2 4 のそれぞれと第 5 接続銅板 2 5 との間がそれぞれ、ブリッジ経路 L c a ~ L c d に該当し、それぞれに備わるゲートスイッチ G はそれぞれ、ブリッジゲート G 2 a 、 G 2 b 、 G 2 c 、 G 2 d に該当する。さらには、第 2 接続銅板 2 2 と第 3 接続銅板 2 3 との間のゲートスイッチ G は、グループ間ゲート G 1 に該当する。また、第 4 接続銅板 2 4 と第 6 接続銅板 2 6 との間のゲートスイッチ G は、モジュール端ゲート G 3 に該当する。そして、第 5 接続銅板 2 5 と第 6 接続銅板 2 6

50

との間のゲートスイッチ G は、終端ブリッジゲート G 2 e に該当する。

【 0 1 2 8 】

そして、第 1 接続銅板 2 1 (ケーブル C 4、外部接続端子 C 2) セルグループ 1 0 (単電池 5 (1) ~ 単電池 5 (8) の直列) (外部接続端子 C 2、ケーブル C 3) 第 2 接続銅板 2 2 ゲートスイッチ G (G 1) 第 3 接続銅板 2 3 (ケーブル、外部接続端子 C 2) セルグループ 1 0 (単電池 5 (1) ~ 単電池 5 (8) の直列) (外部接続端子、ケーブル C 4) 第 4 接続銅板 2 4 ゲートスイッチ G (G 3) 第 6 接続銅板 2 6 という経路が、主経路 L a に該当する。

【 0 1 2 9 】

また、第 5 接続銅板 2 5 が収容容器 1 1 内におけるバイパス経路 L b に該当する。

10

【 0 1 3 0 】

加えて、第 1 接続銅板 2 1 の他方端部 2 1 a と第 6 接続銅板 2 6 の他方端部 2 6 a とは、それぞれ、別の収容容器 1 1 との間で電氣的接続を行うための端子部とされてなる。

【 0 1 3 1 】

例えば、図 6 ないし図 8 が、図 4 に示した単電池 5 x (1) の故障したストリング S T 1 のモジュール電池 4 (k) を構成する収容容器 1 1 である場合、バイパス時の通電経路は、第 1 接続銅板 2 1 (ケーブル C 4、外部接続端子 C 2) セルグループ 1 0 (単電池 5 (1) ~ 単電池 5 (8) の直列) (外部接続端子 C 2、ケーブル C 3) 第 2 接続銅板 2 2 ゲートスイッチ G (G 2 b) 第 5 接続銅板 2 5 ゲートスイッチ G (G 2 e) 第 6 接続銅板 2 6 となる。

20

【 0 1 3 2 】

以上より、図 6 ないし図 8 は、図 2 に例示した回路構成を備えたモジュール電池 4 が実際に実現可能なものであることを示している。

【 0 1 3 3 】

図 9 は、それぞれが図 6 ないし図 8 に示した構成を有する複数の収容容器 1 1 を一のコンテナ 1 0 0 c に収容してなる、モジュール電池収容体 1 0 0 の模式的な構成を示す図である。図 9 においては収容容器 1 1 との関係において図 6 ないし図 8 と共通の x y z 座標を付している。以降においては、蓄電池セット 2 のそれぞれのストリング S T が 3 5 個の収容容器 1 1 からなる (n = 3 5) ものとする。

【 0 1 3 4 】

図 9 に示す場合においては、コンテナ 1 0 0 c 上に、1 2 箇所 x 3 段 = 3 6 箇所の収容容器収容箇所がそれぞれのストリング S T (S T 1、S T 2) 用に 2 列に用意され、それぞれの列においては、最下段の一方端部側を除く 3 5 箇所の部分に、それぞれのストリング S T の 3 5 個の収容容器 1 1 が配置されてなる。なお、底部をハッチングにて示す最下段の一方端部側の一箇所には、2 列分まとめて終端ユニット 1 2 の配置箇所とされる。

30

【 0 1 3 5 】

より具体的には、個々のストリング S T において、収容容器 1 1 は、それぞれの接続部 2 0 がモジュール電池収容体 1 0 0 の側面 (y z 平面) に露出するように配置される。すなわち、それぞれの収容容器 1 1 においては、斜線部に接続部 2 0 が位置するように配置される。

40

【 0 1 3 6 】

なお、上述したように、それぞれの収容容器 1 1 には被載置部 1 1 b 1 と載置部 1 1 c とが備わっているので、図 9 に示すような積層載置は好適に行える。

【 0 1 3 7 】

係る態様にて収容容器 1 1 を積層した状態で、相異なる収容容器 1 1 の第 1 接続銅板 2 1 の他方端部 2 1 a と第 6 接続銅板 2 6 の他方端部 2 6 a とを接続することで、図 1 および図 2 に示した回路構成の蓄電池セット 2 を、実際に構成することが出来る。

【 0 1 3 8 】

以上、説明したように、本実施の形態によれば、それぞれが高温動作型の二次電池である多数の単電池を直列に接続することによって構成されたストリングを備える、蓄電池シ

50

ステムにおいて、該ストリングを構成する単電池を複数のセルグループに区分し、それぞれのセルグループを該ストリング内において個別にバイパス可能なバイパス経路を設けることで、ある単電池が故障した場合であっても、当該単電池の属するセルグループを含む少なくとも1つのセルグループをバイパスすることで、当該単電池を含むストリングに対しては通電を継続することが可能となる。

【0139】

これにより、本実施の形態によれば、単電池の故障に対する冗長性に優れたモジュール電池さらにはこれを備える充電システムが、実現される。

【0140】

また、本実施の形態に係る蓄電池システムにおいては、互いに直列に接続されるセルグループ同士の間と、それぞれのセルグループの上下流側とバイパス経路との間を接続するブリッジ経路とにゲートスイッチを設けるようにし、通電経路をバイパスさせるに際しては、それらゲートスイッチのON/OFF状態を適宜に組み合わせることで、通電経路に位置するゲートスイッチの個数を最小化されてなる。これにより、単電池の故障に起因したゲートスイッチの切り替えに伴う電圧降下の影響が、好適に低減されてなる。

【0141】

さらに、本実施の形態に係る蓄電池システムにおいては、同一の構成とされた2つのストリングを並列に接続し、かつ、一方のストリングにおいて単電池の故障が生じたことによって当該単電池を含むセルグループをバイパスすることになった場合には、他方のストリングにおいてもいずれかのセルグループをバイパスさせるようしている。これにより、それぞれのストリングにおける最大起電力が、同じ値だけ低下することになる。それゆえ、いずれかのストリングにおいて単電池の故障があったとしても、2つのストリングにおける起電力は同じ値に揃ったままとなる。このことも、単電池の故障に対する冗長性の確保に寄与している。

【0142】

また、本実施の形態に係る蓄電池システムにおいては、単電池が故障した場合のそれぞれのゲートスイッチのON/OFF状態の切り替えが、当該単電池を含むモジュール電池を単位として行われ、同じストリングに属する他のモジュール電池に影響しない。すなわち、ON/OFF状態の切り替え制御は個々のモジュール電池内で完結する。また、ON/OFF状態の切り替え制御の対象となるモジュール電池においてのみ、使用するゲートスイッチの個数の増大を抑制さえすれば、ストリング全体においてゲートスイッチの使用個数が増大することもない。

【0143】

特に、1つのセルグループを構成する単電池の個数を比較的小さな値に抑える一方で、收容容器の個数を大きくした場合には、最大起電力が十分に確保される一方で、単電池における過負荷比の増大が抑制される。

【0144】

<変形例>

上述の実施の形態においては、一の蓄電池セット2が、互いに並列に接続された2つのストリングSTから構成される例を示しているが、これは必須の態様ではなく、さらに多くのストリングSTが並列に接続されていてもよい。

【0145】

ただし、一の蓄電池セット2を2つのストリングSTにて構成する態様は、図9に示すモジュール電池收容体100のように、それぞれが各ストリングSTに属するモジュール電池4を構成する全ての收容容器11を、隙間なく、かつ、当該モジュール電池收容体100の外面をなすように配置することが容易であるという点で、好適である。

【0146】

また、上述の実施の形態では、主経路Laとバイパス経路Lbとの間での通電経路の切り替えを半導体素子SDからなるゲートスイッチを用いて行っているが、これに代わり、機械式のスイッチを用いて係る切り替えを行う態様であってもよい。その際には、上述の

10

20

30

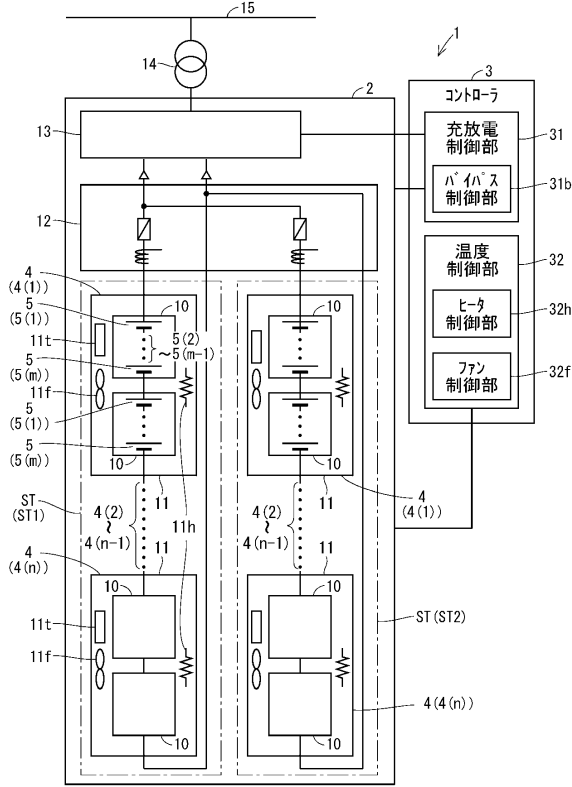
40

50

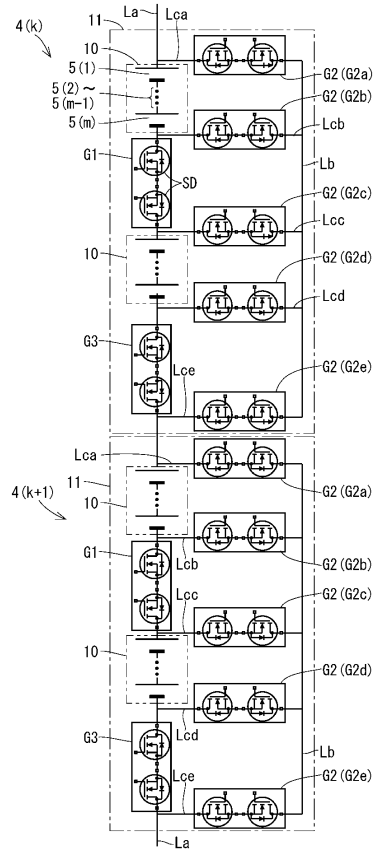
実施の形態と同様のバイパスが実現される限りにおいて、各セルグループとスイッチとの接続の仕方が、上述の実施の形態とは違えられてもよい。

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

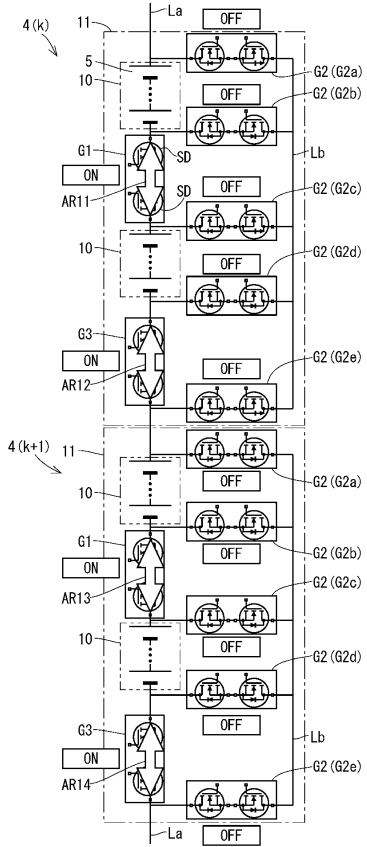
20

30

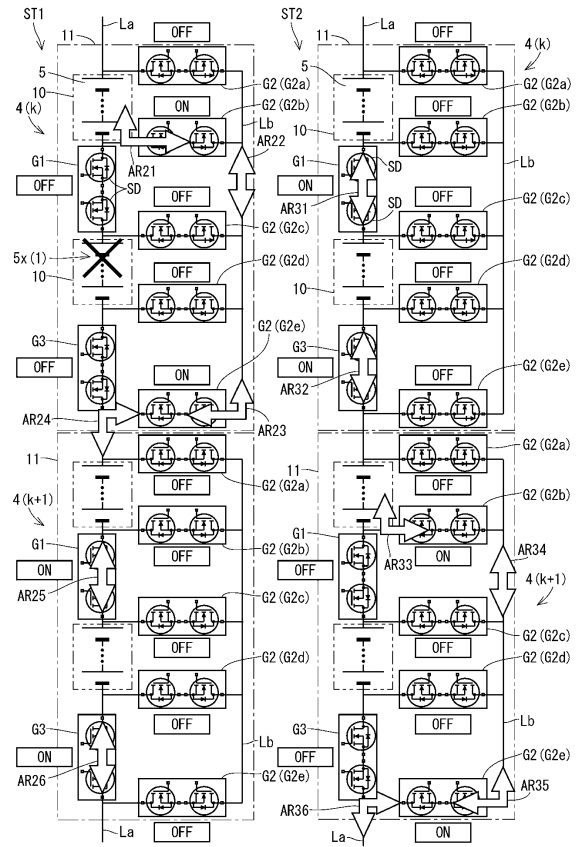
40

50

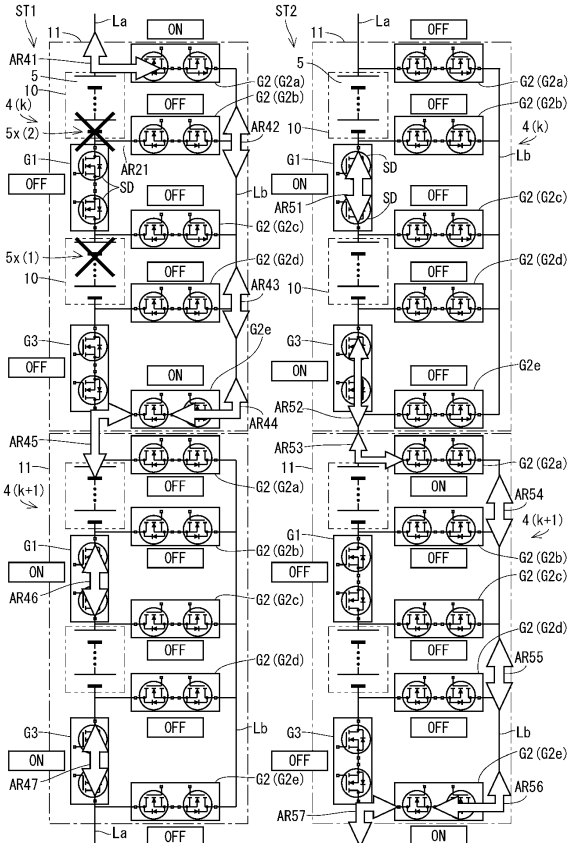
【 図 3 】



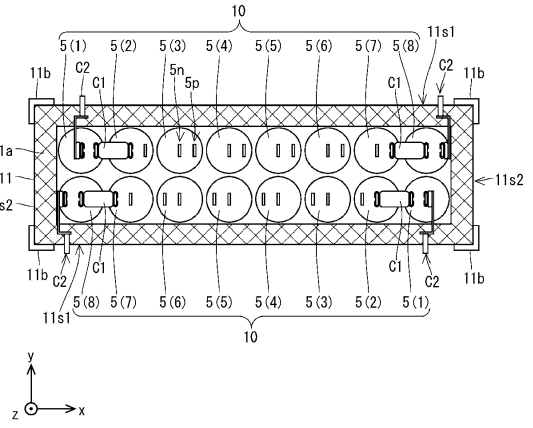
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



10

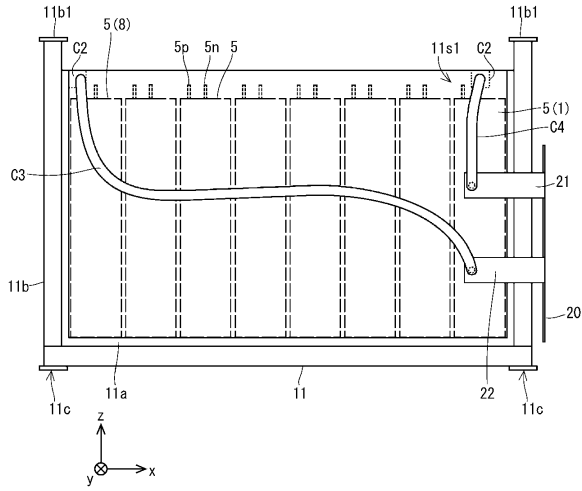
20

30

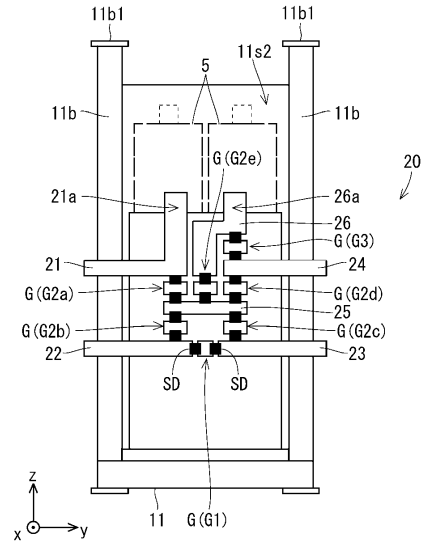
40

50

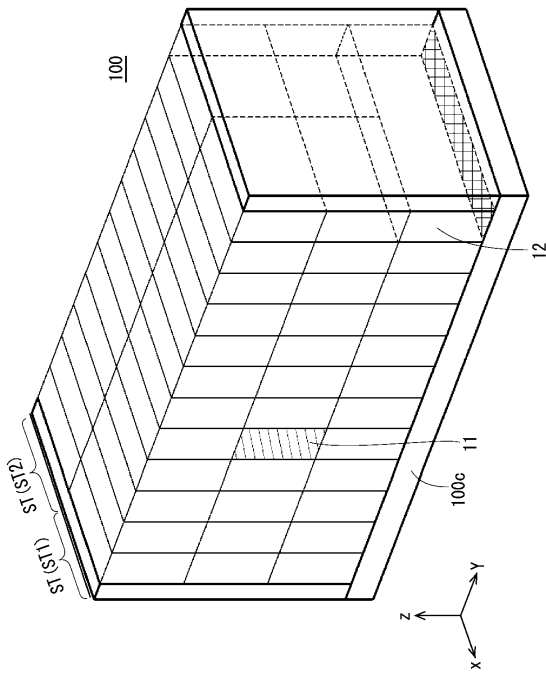
【図 7】



【図 8】



【図 9】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2007-053838(JP,A)
特開2011-199971(JP,A)
特開2013-172552(JP,A)
特開2001-309563(JP,A)
特開2008-079364(JP,A)

- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H02J 7/02
H02J 7/00
H01M 10/44
H01M 10/48