

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6251746号
(P6251746)

(45) 発行日 平成29年12月20日(2017.12.20)

(24) 登録日 平成29年12月1日(2017.12.1)

(51) Int.Cl. F I
H O 2 J 7/02 (2016.01) H O 2 J 7/02 H

請求項の数 20 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2015-532121 (P2015-532121)	(73) 特許権者	390020248
(86) (22) 出願日	平成25年9月16日(2013.9.16)		日本テキサス・インスツルメンツ株式会社
(65) 公表番号	特表2015-528690 (P2015-528690A)		東京都新宿区西新宿六丁目24番1号
(43) 公表日	平成27年9月28日(2015.9.28)	(73) 特許権者	507107291
(86) 国際出願番号	PCT/US2013/059925		テキサス インスツルメンツ インコーポ
(87) 国際公開番号	W02014/043615		レイテッド
(87) 国際公開日	平成26年3月20日(2014.3.20)		アメリカ合衆国 テキサス州 75265
審査請求日	平成28年9月14日(2016.9.14)		-5474 ダラス メール ステーショ
(31) 優先権主張番号	13/620,842		ン 3999 ビーオーボックス 655
(32) 優先日	平成24年9月15日(2012.9.15)		474
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 上記1名の代理人	100098497
			弁理士 片寄 恭三

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 予測平衡化を用いるバッテリーパック管理のためのシステム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

バッテリーパックを管理するためのシステムであって、前記バッテリーパックが、対応する複数の放電深度値を有する複数のバッテリーセルを含み、前記システムが、

前記バッテリーセルと動作可能に結合されるバイパス回路であって、前記バイパス回路が、複数のスイッチングデバイスと複数のエネルギー貯蔵構成要素とを含み、前記スイッチングデバイスが、前記バッテリーセルの少なくとも1つから前記エネルギー貯蔵構成要素の少なくとも1つにバイパス電流を導通させるように第1の状態において、並びに、前記エネルギー貯蔵構成要素の少なくとも1つから前記バッテリーセルの少なくとも別の1つにバイパス電流を導通させるように第2の状態において、対応するスイッチング制御信号に従って個別に動作可能である、前記バイパス回路と、

前記バッテリーセルのアクティブ平衡化のため複数の周期的時間間隔の各々において、対応する複数のオン時間に対するスイッチング周波数で、前記バイパス回路のスイッチングデバイスに複数のスイッチング制御信号を提供するように動作可能な、スイッチングコントローラと、

予期される充電時間の終了又は放電時間の終了まで前記複数の放電深度値を平衡化するために複数の初期平衡化バイパス電流値の関数として、及び、前記複数の放電深度値の現在の関係を保つために複数の継続平衡化バイパス電流値の関数として、前記複数のオン時間を計算するように動作可能な、予測平衡化構成要素と、

を含む、システム。

10

20

【請求項 2】

請求項 1 に記載のシステムであって、
前記予測平衡化構成要素が、

前記複数のバッテリーセルの 1 つに個別に対応する前記複数の初期平衡化バイパス電流値であって、前記バッテリーセルに関して推定される現在の放電深度値に少なくとも部分的に基づいて、前記予測される充電時間の終了又は放電時間の終了までに前記複数の放電深度値を平衡化するために現在時間から前記予測される充電時間の終了又は放電時間の終了までに必要とされるバイパス電流量を個別に表す、前記複数の初期平衡化バイパス電流値を決定するように動作可能な、初期平衡化構成要素と、

前記複数のバッテリーセルの 1 つに個別に対応し、及び、前記複数の放電深度値の現在の関係を保つために現在時間で必要とされるバイパス電流量を個別に表す、前記複数の継続平衡化バイパス電流値を決定するように動作可能な、継続平衡化構成要素であって、前記継続平衡化構成要素が、前記バッテリーセルの総充電容量値における差に、及び前記バッテリーパックにおける総電流フローを表す総パック電流値に少なくとも部分的に基づいて、前記複数の継続平衡化バイパス電流値を決定する、前記継続平衡化構成要素と、
を含む、システム。

10

【請求項 3】

請求項 2 に記載のシステムであって、
前記予測平衡化構成要素が、

エネルギー貯蔵構成要素の成分値に、及び、前記スイッチングコントローラが全時間間隔について前記スイッチング周波数で前記スイッチング制御信号を提供すると想定した場合、前記スイッチングコントローラの前記スイッチング周波数に、少なくとも部分的に基づいて、複数の理論的最大バイパス電流値を決定するように、

20

前記初期平衡化バイパス電流値の対応する 1 つと、前記複数の継続平衡化バイパス電流値の対応する 1 つとの個々の合計として、複数の要求されるセルバイパス電流値を決定するように、及び、

前記対応する要求されるセルバイパス電流値と前記対応する理論的最大バイパス電流値との比に少なくとも部分的に基づき、現在の時間間隔の小部分として、前記複数のオン時間の個々のオン時間を決定するように、

動作可能な平衡化電流強制構成要素を更に含む、システム。

30

【請求項 4】

請求項 3 に記載のシステムであって、

前記平衡化電流強制構成要素が、前記オン時間の 1 つ又は複数の現在の時間間隔の持続時間を超える場合、前記スイッチングコントローラの前記スイッチング周波数を選択的に下げないように動作可能である、システム。

【請求項 5】

請求項 4 に記載のシステムであって、

前記予測平衡化構成要素が、前記スイッチング制御信号の前記スイッチングデバイスへの提供と、連続的な周期的時間間隔内のセル電圧測定との相対的開始時間を選択的に調節するように動作可能である、システム。

40

【請求項 6】

請求項 3 に記載のシステムであって、

前記予測平衡化構成要素が、前記スイッチング制御信号の前記スイッチングデバイスへの提供と、連続的な周期的時間間隔内でのセル電圧測定との相対的開始時間を選択的に調節するように動作可能である、システム。

【請求項 7】

請求項 3 に記載のシステムであって、

前記予測平衡化構成要素が、

複数の推定される実際のセルバイパス電流値と前記総パック電流値とバイパス効率パラメータとに少なくとも部分的に基づき、前の時間間隔の複数の実際のセルバイパス電流値

50

を決定するように、

前記複数のバッテリーセルの１つに個別に対応する複数のスケーリングファクタを決定することであって、前記現在の時間間隔に対する前記個々のスケーリングファクタが、前記前の時間間隔からの前記要求されるセルバイパス電流値の対応する１つと、前記前の時間間隔からの前記対応するスケーリングファクタで乗じた前記前の時間間隔の前記複数の実際のセルバイパス電流値の対応する１つとの比として計算される、複数のスケーリングファクタを決定するように、及び、

前記複数のスケーリングファクタに少なくとも部分的に基づき、前記複数の理論的最大バイパス電流値を決定するように、

動作可能である、システム。

10

【請求項 8】

請求項 2 に記載のシステムであって、

前記予測平衡化構成要素が、対応する初期平衡化バイパス電流値と、対応する継続平衡化バイパス電流値との合計に少なくとも部分的に基づいて個々のオン時間を計算するように、及び、前記オン時間の１つ又は複数の現在の時間間隔の持続時間を超える場合、前記スイッチングコントローラの前記スイッチング周波数を選択的に下げるように動作可能である、システム。

【請求項 9】

請求項 8 に記載のシステムであって、

前記予測平衡化構成要素が、前記スイッチング制御信号の前記スイッチングデバイスへの提供と、連続的な周期的時間間隔内のセル電圧測定との相対的開始時間を選択的に調節するように動作可能である、システム。

20

【請求項 10】

請求項 1 に記載のシステムであって、

前記予測平衡化構成要素が、対応する初期平衡化バイパス電流値と、対応する継続平衡化バイパス電流値との合計に少なくとも部分的に基づいて個々のオン時間を計算するように、及び、前記オン時間の１つ又は複数の現在の時間間隔の持続時間を超える場合、前記スイッチングコントローラの前記スイッチング周波数を選択的に下げるように動作可能である、システム。

【請求項 11】

30

請求項 10 に記載のシステムであって、

前記予測平衡化構成要素が、前記スイッチング制御信号の前記スイッチングデバイスへの提供と、連続的な周期的時間間隔内のセル電圧測定との相対的開始時間を選択的に調節するように動作可能である、システム。

【請求項 12】

請求項 1 に記載のシステムであって、

前記予測平衡化構成要素が、前記スイッチング制御信号の前記スイッチングデバイスへの提供と、連続的な周期的時間間隔内のセル電圧測定との相対的開始時間を選択的に調節するように動作可能である、システム。

【請求項 13】

40

対応する複数の放電深度値を有する複数のバッテリーセルを有するバッテリーパック内のチャージを均一化するための方法であって、前記方法が、

前記複数のバッテリーセルを有するバッテリーパックをスイッチング制御回路と平衡化構成要素とを有する平衡化制御回路に結合することと、

前記バッテリーセルに対して推定される現在の放電深度値に少なくとも部分的に基づいて、複数の初期平衡化バイパス電流値を決定することであって、前記初期平衡化バイパス電流値が前記複数のバッテリーセルの１つに個別に対応し、また、前記初期平衡化バイパス電流値が、予期される充電時間の終了又は放電時間の終了までに前記複数の放電深度値を平衡化するために現在時間から前記予期される充電時間の終了又は放電時間の終了までに必要とされるバイパス電流量を個別に表す、前記決定することと、

50

前記バッテリーセルの総充電容量値における差に、及び前記バッテリーパックにおける総電流フローを表す総パック電流値に少なくとも部分的に基づいて、複数の継続平衡化バイパス電流値を決定することであって、前記継続平衡化バイパス電流値が、前記複数のバッテリーセルの１つに個別に対応し、前記複数の放電深度値の現在の関係を保つために前記現在時間に必要とされるバイパス電流量を個別に表す、前記決定することと、

前記初期平衡化バイパス電流値と前記継続平衡化バイパス電流値とに少なくとも部分的に基づいて、現在の時間間隔における前記バッテリーセルの個々のバッテリーセルへの及び／又は前記バッテリーセルの個々のバッテリーセルからのバイパス電流の導通を制御する複数のスイッチを駆動する前記スイッチング制御回路のための複数のオン時間を決定することと、

10

前記複数のオン時間に少なくとも部分的に基づいて、前記現在の時間間隔における前記バッテリーセルの個々のバッテリーセルへの及び／又は個々のバッテリーセルからのバイパス電流の導通を制御することと、

を含む、方法。

【請求項 14】

請求項 13 に記載の方法であって、

前記バッテリーセルに接続されるバイパス回路のエネルギー貯蔵構成要素の成分値に、及び前記バイパス回路のスイッチングデバイスを動作させる前記スイッチング制御回路のスイッチング周波数に少なくとも部分的に基づいて、前記バッテリーセルの１つに個別に対応する複数の理論的最大バイパス電流値を決定することと、

20

前記初期平衡化バイパス電流値の対応する１つと、前記複数の継続平衡化バイパス電流値の対応する１つとの個々の合計として、複数の要求されるセルバイパス電流値を決定することと、

前記対応する要求されるセルバイパス電流値と前記対応する理論的最大バイパス電流値との比に少なくとも部分的に基づき、前記複数のオン時間の個々のオン時間を決定することと、

を更に含む、方法。

【請求項 15】

請求項 14 に記載の方法であって、

複数の推定される実際のセルバイパス電流値と前記総パック電流値とバイパス効率パラメータとに少なくとも部分的に基づき、前の時間間隔の複数の実際のセルバイパス電流値を決定することと、

30

前記複数のバッテリーセルの１つに個別に対応する複数のスケーリングファクタを決定することであって、前記前の時間間隔からの前記要求されるセルバイパス電流値の対応する１つと、前記前の時間間隔からの前記対応するスケーリングファクタで乗じた前記前の時間間隔の前記複数の実際のセルバイパス電流値の対応する１つとの比として、前記現在の時間間隔に対する個々のスケーリングファクタを計算することを含む、前記決定することと、

前記複数のスケーリングファクタに少なくとも部分的に基づいて、前記複数の理論的最大バイパス電流値を決定することと、

40

を更に含む、方法。

【請求項 16】

請求項 13 に記載の方法であって、

対応する初期平衡化バイパス電流値と、対応する継続平衡化バイパス電流値との合計に少なくとも部分的に基づいて、前記個々のオン時間を計算することと、

前記オン時間の１つ又は複数の現在の時間間隔の持続時間を超える場合、前記スイッチング制御回路のスイッチング周波数を選択的に下げることに、

を更に含む、方法。

【請求項 17】

請求項 16 に記載の方法であって、

50

前記バッテリーセルに接続されるバイパス回路へのスイッチング制御信号の提供と、連続的な周期的時間間隔内のセル電圧測定との相対的開始時間を選択的に調節することを更に含む、方法。

【請求項 18】

請求項 13 に記載の方法であって、

前記バッテリーセルに接続されるバイパス回路へのスイッチング制御信号の提供と、連続的な周期的時間間隔内のセル電圧測定との相対的開始時間を選択的に調節することを更に含む、方法。

【請求項 19】

対応する複数の放電深度値を有する複数のバッテリーセルを有するバッテリーパック内のチャージを均一化するためのコンピュータ実行可能命令を備える持続性コンピュータ可読媒体であって、前記コンピュータ実行可能命令が、スイッチング制御回路と、前記コンピュータ実行可能命令の制御の下で動作する平衡化回路とを有するコンピュータ回路のためのものであり、前記コンピュータ可読媒体が、

10

前記バッテリーセルに対して推定される現在の放電深度値に少なくとも部分的に基づいて、複数の初期平衡化バイパス電流値を決定するためであって、前記初期平衡化バイパス電流値が前記複数のバッテリーセルの 1 つに個別に対応し、また、前記初期平衡化バイパス電流値が、予期される充電時間の終了又は放電時間の終了までに前記複数の放電深度値を平衡化するために現在時間から前記予期される充電時間の終了又は放電時間の終了までに必要とされるバイパス電流量を個別に表す、前記複数の初期平衡化バイパス電流値を決定するためのコンピュータ実行可能命令と、

20

前記バッテリーセルの総充電容量値における差に、及び前記バッテリーパックにおける総電流フローを表す総パック電流値に少なくとも部分的に基づいて、複数の継続平衡化バイパス電流値を決定するためであって、前記継続平衡化バイパス電流値が前記複数のバッテリーセルの 1 つに個別に対応し、また、前記継続平衡化バイパス電流値が、前記複数の放電深度値の現在の関係を保つために前記現在時間で必要とされるバイパス電流量を個別に表す、前記複数の継続平衡化バイパス電流値を決定するためのコンピュータ実行可能命令と、

前記初期平衡化バイパス電流値と前記継続平衡化バイパス電流値とに少なくとも部分的に基づいて現在の時間間隔における前記バッテリーセルの個々のバッテリーセルへの及び / 又は個々のバッテリーセルからのバイパス電流の導通を制御する複数のスイッチを駆動する前記スイッチング制御回路のための複数のオン時間を決定するためのコンピュータ実行可能命令と、

30

前記複数のオン時間に少なくとも部分的に基づいて、前記現在の時間間隔における前記バッテリーセルの個々のバッテリーセルへの及び / 又は個々のバッテリーセルからのバイパス電流の導通を制御するためのコンピュータ実行可能命令と、

を含む、コンピュータ可読媒体。

【請求項 20】

請求項 19 に記載のコンピュータ可読媒体であって、

前記コンピュータ可読媒体が、

前記バッテリーセルに接続されるバイパス回路のエネルギー貯蔵構成要素の成分値に、及び前記バイパス回路のスイッチングデバイスを動作させるスイッチングコントローラのスイッチング周波数に少なくとも部分的に基づいて、前記バッテリーセルの 1 つに個別に対応する複数の理論的最大バイパス電流値を決定するためのコンピュータ実行可能命令と、

40

前記初期平衡化バイパス電流値の対応する 1 つと、前記複数の継続平衡化バイパス電流値の対応する 1 つとの個々の合計として、複数の要求されるセルバイパス電流値を決定するためのコンピュータ実行可能命令と、

前記対応する要求されるセルバイパス電流値と、前記対応する理論的最大バイパス電流値との比に少なくとも部分的に基づいて、前記複数のオン時間の個々のオン時間を決定するためのコンピュータ実行可能命令と、

を含む、コンピュータ可読媒体。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は電気回路に関し、より具体的には、予測平衡化を用いるバッテリー管理のためのシステム及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

バッテリーパックは、コンシューマー、オートモーティブ、医療、コンピューティング、及び工業用製品に関する最近の技術の不可欠な一面となっている。いわゆるバッテリー燃料計又はガス計器を含むバッテリー管理システムは、バッテリーパック内のバッテリーセルの充電及び放電を制御するため、セル平衡化動作を実施するため、また、残りのバッテリーセル容量の推定を提供するために用いられる。バッテリーセルは、しばしば、特定の応用例により要求される必要な電圧を提供するために直列構成で接続される。更に最近では、限られた最終装置のシャーシスペースを最大限に利用する一方で、パック容量の増大を促進するためにバッテリーパックを形成する個々のセルが異なる容量である、オートモーティブ及び他の応用例のために、非対称バッテリースタックが提案されてきている。しかしながら、非対称バッテリースタックは、従来の電圧均等化タイプの平衡化技法が最適ではないセル平衡化にとって、時にはかなり大きなバイパス電流レベルが必要とされるという問題点がある。したがって、依然としてバッテリーパックを管理するための改良された装置及び技術が必要である。

【発明の概要】

【0003】

予測平衡化技法は、対称及び／又は非対称スタックにおけるアクティブ平衡化を容易にするために有利に用いることが可能なマルチセルバッテリーパックを管理するために提示される。充電又は放電動作の残りにわたる放電深度(DOD)平衡化を容易にするため、並びに、バッテリーパック内のDODセル関係を保つために、初期平衡化値と継続平衡化値との両方に従ったバッテリーセルのアクティブ平衡化に関する開示される実施形態において、バイパス電流制御が提供される。

【0004】

インダクタ及び／又はキャパシタなどの1つ又は複数のエネルギー貯蔵構成要素と、個々のバッテリーセルから及び／又はバッテリーセルへのバイパス電流の導通を選択的に可能にするためのスイッチングデバイスとを備える、バイパス回路を含み、バッテリーパック管理のために或るシステムが提供される。このシステムは更に、アクティブセル平衡化のために複数の時間間隔の各々において対応するオン時間に対してスイッチング周波数でスイッチングデバイスに制御信号を提供するコントローラを含む。予測平衡化構成要素が、充電又は放電動作の終了まで放電のセル深度を平衡化するため、並びに、セルDOD間の現在の関係を保つために、初期平衡化バイパス電流値並びに継続平衡化バイパス電流値に少なくとも部分的に従って、オン時間を計算する。

【0005】

ある実施形態において、初期平衡化バイパス電流は、推定される現在のDOD値に少なくとも部分的に従って決定され、継続平衡化バイパス電流は、バッテリーセルの総充電容量値における差及び総パック電流に従って決定される。ある実施形態は、セルに関する理論的最大バイパス電流値を決定する平衡化電流強制(enforcement)構成要素を含む。また、強制構成要素は、セルの各々について対応する初期平衡化バイパス電流と対応する継続平衡化バイパス電流とを合計することによって、要求されるセルバイパス電流値を決定し、この要求されるセルバイパス電流値と対応する理論的最大バイパス電流値との比に従って、現在の時間間隔の小部分として個々のオン時間を決定する。ある実施形態において、予測平衡化構成要素は、前の時間間隔の実際のセルバイパス電流値を決定し、バッテリーセルの1つに個別に対応する複数のスケールファクタを決定し、これらのスケールファクタに少なくとも部分的に基づいて理論的最大電流値を決定する。

【 0 0 0 6 】

ある実施形態における予測平衡化構成要素は、オン時間の1つ又は複数が現在の時間間隔の持続時間を超える場合、スイッチング周波数を選択的に下げる。また、予測平衡化構成要素の或る実施形態は、スイッチング制御信号の提供と、連続的な周期的時間間隔内のセル電圧測定との相対的な開始時間を選択的に調節する。

【 0 0 0 7 】

方法及びコンピュータ可読媒体が、バッテリーパックを管理するための命令と共に提供される。ある実施形態において、方法は、推定される現在のバッテリーセル放電深度(DOD)値に少なくとも部分的に従って初期平衡化バイパス電流値を決定すること、及び、総パック電流とバッテリーセルの総充電容量値における差に少なくとも部分的に基づいて継続平衡化バイパス電流値を決定することを含む。この方法はまた、初期平衡化バイパス電流値及び継続平衡化バイパス電流値に少なくとも部分的に従って個々のバッテリーセルから及び/又は個々のバッテリーセルへのバイパス電流の導通のための複数のオン時間を決定すること、並びに、オン時間に従って現在の時間間隔におけるバイパス電流の導通を制御することを含む。

10

【 0 0 0 8 】

方法の或る実施形態が、更に、バッテリーセルに対応する理論的最大バイパス電流値を決定すること、並びに、初期平衡化バイパス電流値及び継続平衡化バイパス電流値に基づいて要求されるセルバイパス電流値を決定することを含み、オン時間は、対応する要求されるセルバイパス電流値と対応する理論的最大バイパス電流値との比に少なくとも部分的に

20

【 0 0 0 9 】

また、ある実装において、前の時間間隔の実際のセルバイパス電流値が、推定されるバイパス電流値、総パック電流、及びバイパス効率パラメータに少なくとも部分的に従って決定される。これらの実施形態における方法は更に、前の時間間隔からのスケールリングファクタで乗じた、前の時間間隔からの要求されるセルバイパス電流値と対応する実際のセル電流値との比として、現在の時間間隔に関するスケールファクタを決定すること、及び、理論的最大電流値を決定するためにスケールリングファクタを用いることを含む。

【 0 0 1 0 】

ある実施形態における方法は更に、対応する初期平衡化バイパス電流値及び継続平衡化バイパス電流値の合計に基づいて、個々のオン時間を計算すること、並びに、オン時間の1つ又は複数が現在の時間間隔の持続時間を超える場合、スイッチング周波数を選択的に下げることを含む。また、ある実施形態において、方法は、連続的な時間間隔内のセル電圧測定におけるスイッチング制御信号の提供の相対的な開始時間を選択的に調節することを含む。

30

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 1 】

【図1】バイパス回路、及び平衡化コントローラを備えるバッテリーパック管理システムを図示する簡略化された概略図であり、平衡化コントローラは、スイッチングコントローラと、初期平衡化バイパス電流値及び継続平衡化バイパス電流値に基づいてスイッチャオン時間を提供する予測平衡化構成要素とを有する。

40

【 0 0 1 2 】

【図2A】初期平衡化及び継続平衡化バイパス電流値に従ったアクティブ平衡化電流の制御を介してバッテリーパックを管理するための方法を含むフローチャートを図示する。

【図2B】初期平衡化及び継続平衡化バイパス電流値に従ったアクティブ平衡化電流の制御を介してバッテリーパックを管理するための方法を含むフローチャートを図示する。

【 0 0 1 3 】

【図3】放電動作の終了までの、図1のバッテリーパックにおける複数のバッテリーセルに関する放電値の深度を平衡化するためのアクティブバイパス電流の使用を示すグラフである。

50

【 0 0 1 4 】

【図 4】図 1 のシステムにおける選択的周波数調節を備えた、セルバイパス電流波形、スイッチャオン時間、スイッチャ周波数、及びセル電圧測定期間を時間を関数として図示する。

【 0 0 1 5 】

【図 5】バイパス回路スイッチング制御信号の提供の開始時間が、連続的な周期的時間間隔において調節される、セルバイパス電流波形、スイッチャオン時間、スイッチャ周波数、及びセル電圧測定期間を図示する。

【 0 0 1 6 】

【図 6】セル電圧測定の開始時間が、連続的な周期的時間間隔において調節される、セルバイパス電流波形、スイッチャオン時間、スイッチャ周波数、及びセル電圧測定期間を図示する。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 7 】

図 1 は、マルチセルバッテリーパック 4 の様々な動作態様を管理及び評価するためのバッテリーパック管理システム 2 を図示する。システム 2 は、バッテリーパック 4 のセル 4 - 1、4 - 2、及び 4 - 3 と直接的又は間接的に接続されるバイパス回路 6、及び平衡化コントローラ 10 を含む。平衡化コントローラ 10 は、スイッチングコントローラ 12 と、平衡化構成要素 16 と、バッテリーモデル 18 a を備える動的電圧相関 (DVC) 構成要素 18 とを備える。平衡化構成要素 16 は、それぞれ、初期平衡化、継続平衡化、及び平衡化電流強制構成要素 16 a、16 b、及び 16 c を備える。加えて、例示のシステム 2 は、バッテリーパック 4 に近接して又はバッテリーパック周囲環境において物理的に配置される温度センサ 8、並びに、1 つ又は複数のセル電圧センサ 20、及び、感知レジスタ R_{SENSE} によって測定されるパック電流を表すパック電流信号又は値 24 を提供する総パック電流センサ 22 を含む。平衡化構成要素 16 は、アクティブセル平衡化のためのバイパス電流を選択的に導通させるためスイッチングデバイス Q1 ~ Q4 の動作のためにバイパス回路 6 に提供されるスイッチング制御信号 14 - 1、14 - 2、14 - 3、及び 14 - 4 の生成のために、オン時間信号又は値 17 - 1、17 - 2、17 - 3、及び 17 - 4 をスイッチングコントローラ 12 に提供する。過電流状況に対して保護するために正温度係数 (PTC) 構成要素などのインライン保護構成要素、バッテリーパックオーバーヒートを防止するためのインライン熱遮断 (TCO) デバイスなどを含むがこれらに限定されない他の構成要素 (図示せず) がシステム 2 に提供され得、これらの詳細は、以下で説明される様々な予測平衡化概念を不明瞭にしないために省略される。

【 0 0 1 8 】

システム 2 は、本明細書で開示されるバッテリーセル平衡化及び管理概念を実装するように、並びに、ガス測定、セル容量評価及び報告機能などの 1 つ又は複数の追加機能を実行するため、及び外部システムとインターフェースするため、1 つ又は複数の処理要素並びに関連するメモリ及び回路を含む、単一の集積回路又は印刷回路基板などの様々な形式及び構成で実装され得る。他の可能な実施形態において、システム 2 は、アナログ及び / 又はデジタルハードウェア、処理要素、及び関連付けられる電子メモリ、プロセッサ実行ソフトウェア、プロセッサ実行ファームウェア、プログラマブル論理、及び / 又はそれらの組み合わせを個々に含む、複数の構成要素から作成可能である。

【 0 0 1 9 】

図 1 の例において、互いに直列構成で接続された 3 つのバッテリーセル 4 - 1、4 - 2、及び 4 - 3 を含む 3 - S バッテリーパック 4 が図示されているが、任意の適切な直列及び / 又は直列 / 並列様式で接続されたマルチセルバッテリーパック 4 を形成するために、2 つ又はそれ以上の任意数のセルを用い得る。また、図示した例において、中央のセル 4 - 2 は、第 1 及び第 3 のセル 4 - 1 及び 4 - 3 より大きな容量のものであるが、これは本開示の厳密な要件ではない。前述のように、従来の電圧平衡化技法は、マルチセルバッテリーパック 4 を形成する任意数のセルに関する非対称バッテリーパックに及び対称パックに関連して

10

20

30

40

50

本開示の予測平衡化概念が用いられ得る、非対称バッテリーパック4には特に不適切である。バッテリーパック4は、システム2への接続を可能にする1つ又は複数の端子5を含み得、或いは、オンボードバッテリーセルパック4を含む一体型バッテリーパック/コントローラシステム2が提供され得る。バイパス回路6は、バッテリーパック端子5に接続され、電界効果トランジスタ(FET)タイプのスイッチングデバイスQ1、Q2、Q3、及びQ4、並びに、スイッチングデバイスQ1~Q4のうちの対応する1つを横切って個々に結合される対応する整流デバイスD1、D2、D3、及びD4を含み、整流器D1~D4は、FET Q1~Q4のボディダイオードであり得、又は別個の整流器構成要素とすることができる。ゲートソースレジスタRgsが、FET Q1~Q4の各々のゲート端子とソース端子との間に接続され、FET Q1及びQ3はPチャネル強制モードデバイスであり、Q2及びQ4はNチャネル強制モードFETである。バイパス電流の選択的導通によって本明細書で説明されるアクティブセル平衡化機能を実装するために、相対的に高スイッチング周波数で動作可能な半導体ベーススイッチを含むが、これに限定されない、任意の適切な形式のスイッチングデバイスQ1~Q4が、バイパス回路6において用いられ得る。スイッチングデバイスQ1~Q4のゲート端子は、スイッチングコントローラ12からスイッチング制御信号14-1、14-2、14-3、14-4を受信するようにスイッチングキャパシタCsを介して容量的に結合される。

【0020】

バイパス回路6はまた、セル4の2つ又はそれ以上の間で電荷を再分配するためにアクティブ平衡化を容易にするため、誘導エネルギー貯蔵構成要素L-1、L-2を含む。また、例示のバイパス回路6は、バッテリーセル4の各々を横切って並列に接続される高周波数キャパシタChfを含み、インダクタL-1及びL-2は、それぞれ、対応する放電レジスタR-1及びR-2を横切って並列に接続される。スイッチドキャパシタバイパス回路6(図示せず)などのエネルギー貯蔵構成要素の他の形式を含む、他のアクティブ再平衡化バイパス回路6が用いられ得る。スイッチングデバイスQ1~Q4は、バッテリーセル4-1、4-2、4-3の1つからインダクタL-1、L-2の1つへバイパス電流を導通させるために第1の状態(ON)で、及び、インダクタから別のセル4への整流器D1~D4のうちの1つを介するバイパス電流の導通を可能にするための第2の状態(OFF)で、個別に動作可能である。図示された例において、Q1及びQ3はPチャネル強制モードFETであり、対応するスイッチング制御信号14-1及び14-3はアクティブローであり、これによってロー信号14-1又は14-3が、対応するスイッチングデバイスQ1、Q3をON又は導電状態にする。逆に、スイッチングコントローラ12は、アクティブハイスウィッチング制御信号14-2及び14-4を、それぞれ、NチャネルデバイスQ2及びQ4に提供する。

【0021】

システム2のアクティブセル平衡化動作は、充電動作の間、放電の間(例えば、バッテリーパック4が負荷(図示せず)を駆動している間)、及び/又は、パック4が緩和モードにある間、開始可能である。動作において、平衡化コントローラ10は、平衡化構成要素16によって提供されるオン時間信号又は値17によって定義されるオン時間の間、およそ50%のデューティサイクルオン/オフ信号として、一実施形態においてスイッチング制御信号14を選択的に提供するためにスイッチングコントローラ12を用いる。この点で、ある実施形態における、スイッチングコントローラ12は、関連付けられたオン時間信号又は値17がアクティブである一方で、スイッチング信号14が2MHzのスイッチング周波数(又は他の調節されたスイッチャ周波数)で提供されている状態で、2MHz発振器を用いる。各高周波数スイッチングサイクルにおいて(オン時間の間)、対応するスイッチングデバイスは、高周波数サイクルのおよそ半分の間(例えば、およそ250nsの間)オンにされ、高周波数サイクルの残りの間(例えば250ns)オフにされる。スイッチングデバイスがオンである時間の間、電流は、セル4のうちの指定された1つからインダクタL-1、L-2の1つを介して導通する。その後、スイッチングデバイスがオフになると、電流はインダクタL-1、L-2を介してセル4の別の1つへ流

れ続ける。このようにして、スイッチングコントローラ 12 の制御下のスイッチングデバイス Q1 ~ Q4 のスイッチング動作は、セルの 1 つから別のセル 4 へ電流を伝達するために選択的アクティブ平衡化を提供する。平衡化構成要素 16 によるオン時間信号又は値 17 - 1、17 - 2、17 - 3、及び 17 - 4 の提供によって、本明細書で説明される予測平衡化技法を容易にするためにアクティブ平衡化電流フロー（本明細書では「バイパス電流」と呼ぶ）の個別化制御が可能となり、この技法は、オン時間 17 を生成するために平衡化電流強制構成要素 16 c を備え、構成要素 16 a 及び 16 b を介して、算出された初期平衡化バイパス電流値並びに継続平衡化バイパス電流値を用いる。

【0022】

コントローラ 10 及びバイパス回路 6 のアクティブ平衡化動作の電荷再分配態様を例示するために、以下の説明では、セルのうちの別のセル（例えば第 3 のセル 4 - 3）を充電するために中央セル 4 - 2 から電荷を除去することが望ましいケースで、1 つのこうした 500 ns 高周波数スイッチングサイクルの間のシステム 2 の動作を図示する。サイクルの第 1 の部分において、Q2 がスイッチング信号 14 - 2（アクティブハイ）を介してオンにされ、放電電流（バイパス電流）をセル 4 - 2 の頂部から L - 1 及び Q2 を介してセル 4 - 2 の底部（セル 4 - 1 の頂部）へ流す。このバイパス電流フローの大きさは、L - 1 のインダクタンス及び Q2 のドレインソースオン抵抗によって決定され、バイパス電流は初期的に、Q2 がオフになるまで（例えば、2 MHz スwitching 周波数の例ではおよそ 250 ns）ゼロから上昇する。この点で、Q2 がより長くオンにされるほど、最大バイパス電流はより高くなる。

【0023】

Q2 がオフになる（信号 14 - 2 が低に向かう）と、バイパス電流は L - 1 から、上側 FET Q1 の両端に接続されたダイオード D1 を介して流れる。ダイオード D1 を介して流れるバイパス電流は、前に（インダクタ L - 1 から）流れた電流と同じレベルであるが、ここでは、セル 4 - 3 の底部からインダクタ L - 1 を介して上部のセル 4 - 3 へ流れるため、セル 4 - 3 を充電する。また、電流は、ピーク値から始まり、L - 1 のインダクタンスに基づいてゼロまで減少し、ここで、並列接続されたレジスタ R - 1 が、インダクタ L - 1 の完全な放電を保証するために提供され、典型的にいかなる大きな電力も消散させない。このように、電荷がセル 4 - 2 からセル 4 - 3 へ伝達される。同様の伝達動作が、他のスイッチングデバイス Q1、Q3、及び Q4 の選択的スイッチングによって提供され、それにより、スイッチングコントローラ 12 によるスイッチング信号 14 の選択的提供によって、バイパス回路 6 におけるバイパス電流フローを介する電荷の選択的伝達が可能になる。例えば、セル 4 - 3 からセル 4 - 2 に電荷を伝達するために信号 14 - 1 を介して Q1、L - 1、及び D2 が用いられ得、セル 4 - 2 からセル 4 - 1 に電荷を伝達するために信号 14 - 3 を用いて Q3、L - 2、及び D4 が動作され得、バッテリーセル 4 - 1 からバッテリーセル 4 - 2 に電荷を伝達するために信号 14 - 4 を介して Q4、L - 2、及び D3 が用いられ得る。

【0024】

前述のように、少なくとも 1 つのエネルギー貯蔵デバイス（例えば誘導性、容量性、及び / 又はそれらの組み合わせなど）を含む、バッテリーセル 4 - 1、4 - 2、4 - 3 のアクティブ平衡化のために、スイッチドキャパシタタイプの回路又は他の形式のバイパス回路 6 をシステム 2 において用いることが可能であり、スイッチングデバイスの選択的アクティブ化は、1 つの状態、バッテリーセルの少なくとも 1 つからエネルギー貯蔵構成要素の少なくとも 1 つへバイパス電流導通を提供し、別の状態で、1 つ又は複数のエネルギー貯蔵構成要素から他のバッテリーセルの 1 つ又は複数へバイパス電流を流すことを可能にする。例えば、セル 4 の 1 つからバイパス電流を介して充電されるべきキャパシタ（図示せず）を選択的に結合すること、及び、充電されたキャパシタをバッテリーセル 4 の異なる 1 つ（又は複数）を横切って再接続することによって、スイッチドパッシブタイプのバイパス回路 6 をこの動作のために用いることが可能であり、この場合、整流器デバイス D1 ~ D4 は不要となり、スイッチングコントローラ 12 は、こうした電荷再分配（アクティ

10

20

30

40

50

ブ平衡化)動作のために任意数のスイッチングデバイス(図示せず)及び対応するスイッチング制御信号14を用いることができる。

【0025】

平衡化コントローラ10及び/又はその構成要素は、任意の適切なハードウェア、プロセッサ実行ソフトウェア又はファームウェア、或いはそれらの組み合わせを用いて実装可能であり、コントローラ10の例示の実施形態が、マイクロプロセッサ、プロセッサコア、マイクロコントローラ、DSP、プログラム可能論理などの1つ又は複数の処理要素、並びに、電子メモリ及び信号調整ドライバ回路を含み、処理要素は、本明細書で開示されるセル平衡化機能の1つ又は複数を実施するようにプログラミングされるか又は他の方式で構成される。例えば、平衡化コントローラ10は、セル平衡化及び本明細書で示される他の機能性を実施するようにデータを記憶し命令をプログラミングする、少なくとも1つの電子メモリを含み得るか又はその少なくとも1つの電子メモリと動作可能に結合され得、こうしたプロセッサ実行可能命令は、平衡化コントローラ10との通信のために一体的に及び/又は動作可能に結合される、コンピュータメモリ、制御システム(例えばコントローラ100)内のメモリ、CD-ROM、フロッピーディスク、フラッシュドライブ、データベース、サーバ、コンピュータなどの、持続性コンピュータ可読媒体に記憶され得る。例えば、ある実施形態において、平衡化コントローラ10は、選択されたタイプのスイッチングデバイスQ1~Q4を動作するために適切なスイッチング制御信号14-1~14-4を生成するために、適切なアクティブハイ又はアクティブローのスイッチング信号生成機能性を提供する、1つ又は複数のスイッチドライバ構成要素を含むスイッチングコントローラ12を提供する集積回路であり得、プロセッサコアには、センサ8、20、22と及びスイッチングコントローラ12とインターフェースするために適切なメモリ及びI/O機能性が提供される。

【0026】

こうした実施形態において、例えば、平衡化構成要素16、並びに、初期平衡化、継続平衡化、及び平衡化電流強制構成要素16a~16cは、平衡化コントローラ10内の又は平衡化コントローラ10に関連付けられたメモリに記憶されたプロセッサ実行プログラミング命令を用いて実装され得る。また、ある実施形態は、実際のバイパス電流フロー値の推定値、並びにセンサ20からの電圧測定に基づく放電推定値のセル深度を提供するために、動的電圧相関(DVC)構成要素18を提供し得、DVC構成要素18は、メモリに記憶されるプロセッサ実行命令として実装され、DVC構成要素18によって用いられるバッテリーパック4のモデル18aが同様に、平衡化コントローラ10内の又は平衡化コントローラ10に動作可能に関連付けられたメモリに記憶され得る。動的電圧相関構成要素18の適切な一例は、米国特許出願公開番号2012/0143585 A1に記載されている。平衡化構成要素16は、セル電圧測定から導出されるか又はその他の方式で、任意の適切な手段によって(推定又は測定された)実際のバイパス電流及び/又はセルDOD値を取得可能である。動的電圧相関構成要素18は、セル電流を直接測定するための特別な感知回路を必要とすることなく、温度センサ8からの信号又は値を用いて、測定されたセル電圧及びセル温度に基づいて実際の電流値推定並びにDOD推定を有利に提供し、システム2におけるガス測定機能の提供も容易にし得る。

【特許文献1】米国特許出願公開番号 2012/0143585 A1

【0027】

図1に示されるように、予測平衡化構成要素16は、オン時間信号又は値17-1、17-2、17-3、17-4をスイッチングコントローラ12に提供し、これらのオン時間17は、その間にスイッチング信号14がバイパス回路6のスイッチに提供されることになる時間量(又は時間間隔164の割合)を示すか又は表す、電気信号及び/或いはデジタル値又はデジタル値を含むメッセージなどであり得る。所与のチャネルに対して指定されたオン時間の間、スイッチングコントローラ12は、およそ50%のデューティサイクルで、スイッチング周波数(例えば、一例では2 MHz、平衡化コントローラ10によって選択的により低く調節される)で、対応するスイッチング制御信号14を提供し、

オン時間が所与の時間間隔（例えば、以下の図４～図６に示される時間間隔１６４）において完了するとき、周期的スイッチング信号は停止する。また、平衡化構成要素１６は、特定のチャネルがゼロのオン時間を有し得るように所与の時間間隔１６４においてオン時間信号又は値１７を提供し得、それにより、対応するスイッチングデバイスはその時間間隔１６４内には起動されない。

【００２８】

各々のこうした時間間隔１６４（例えば１秒）に、平衡化構成要素１６は、充電又は放電動作の予期される終了時間までにセル４－１、４－２、及び４－３の放電深度（ DOD ）値を平衡化するために、初期平衡化バイパス電流値 I_{INIT-1} 、 I_{INIT-2} 、及び I_{INIT-3} の関数として、また、バッテリーセル DOD 値の現在の関係を保つために、継続平衡化バイパス電流値 I_{CONT-1} 、 I_{CONT-2} 、及び I_{CONT-3} の関数として、初期平衡化バイパス電流値に少なくとも部分的に従って計算される、更新されたオン時間信号又は値１７を提供する。本明細書で用いられるように、充電の深度は、例示のケースにおいて、初期容量からの放電量を表し、０から１までの数又はパーセンテージとして表される、所与のバッテリーセル４－１、４－２、又は４－３に関連付けられた値であり、１．０（又は１００％）は対応するバッテリーセル４が完全に放電されたことを意味し、０．０（又は０％）は完全に充電されたセルを表す。また、 DOD 値は、式 $DOD = 1 - SOC$ により、現在のバッテリーセルの「充電状態」（ SOC ）に関係する。

【００２９】

ある実施形態において、初期平衡化構成要素１６ａは、バッテリーモデル１８ａとセンサ２０からの測定されたセル電圧に基づく DVC 構成要素１８によって提供される、推定される現在の放電深度値に、全体として又は部分的に基づいて、それぞれ、バッテリーセル４－１、４－２、及び４－３に個別に対応する、初期平衡化バイパス電流値 I_{INIT-1} 、 I_{INIT-2} 、及び I_{INIT-3} を計算する。決定された初期平衡化バイパス電流値 I_{INIT-1} 、 I_{INIT-2} 、及び I_{INIT-3} は、各々、その動作の終了までにすべてのセル４－１、４－２、及び４－３の DOD 値を平衡化するために、現在時間から充電／放電動作の予期される終了までに必要とされるバイパス電流の量を表す。初期平衡化構成要素１６ａは、任意の適切なアルゴリズム、式、推定プロセス、数値技法、パラメトリック方程式などを用いて、これらの初期平衡化バイパス電流値 I_{INIT-1} 、 I_{INIT-2} 、及び I_{INIT-3} を計算することが可能であり、それによって、最終的な DOD 平衡化のために現在時間から充電／放電動作の予期される終了までの軌道上にバッテリーパック４のセルを置くこうした初期平衡化バイパス電流の量を表すために値が提供又は推定される。

【００３０】

図３は、それぞれ、セル４－１、４－２、及び４－３に対応する放電深度値１５１、１５２、及び１５３を平衡化するための、図１の３－Ｓパック４に関する DOD 平衡化を示すグラフ１５０を図示する。この例において、例示の放電動作の開始から時間が進行するにつれて、 DOD 値１５１～１５３は、放電の終了までにすべてのセル４－１、４－２、及び４－３が完全に放電される（１００％ DOD ）ように、収束する。この点で、初期平衡化構成要素１６ａは、理想的にはこの収束が現在時間と予測放電動作の終了との間の全時間長にわたるように、初期平衡化バイパス電流値 I_{INIT-1} 、 I_{INIT-2} 、及び I_{INIT-3} を計算する。充電動作の間も同様であり、初期平衡化電流値の決定は、放電又は充電にかかわらず、動作の予期される終了時間に対して各時間間隔１６４において反復される。

【００３１】

継続平衡化バイパス電流値 I_{CONT-1} 、 I_{CONT-2} 、及び I_{CONT-3} は、バッテリーセル４－１、４－２、及び４－３に個別に対応し、セル DOD 値の現在の関係を保つために現在の時間間隔１６４において必要とされるバイパス電流の量を表す。継続平衡化構成要素１６ｂは、バッテリーセル４－１、４－２、及び４－３の総充電容量値（ Q_{MAX} ）における差に少なくとも部分的に基づき、また、バッテリーパック４における現在の

総電流フローを表すセンサ 22 からの総パック電流値 24 に従って、値 I_{CONT-1} 、 I_{CONT-2} 、及び I_{CONT-3} を決定する。そのため、継続平衡化値 I_{CONT-1} 、 I_{CONT-2} 、及び I_{CONT-3} は、パック 4 内の現在の DOD 関係を維持するために、所望とされる平衡化電流（バイパス電流）の成分量を提供する。

【0032】

ある実施形態における予測平衡化構成要素 16 は、決定された初期平衡化バイパス電流値 I_{INIT-1} 、 I_{INIT-2} 、及び I_{INIT-3} に、並びに継続平衡化バイパス電流値 I_{CONT-1} 、 I_{CONT-2} 、及び I_{CONT-3} に少なくとも部分的に基づいて、時間間隔 164 の各々に対するセル 4 - 1、4 - 2、及び 4 - 3 の各々について、所望とされる又は要求されるセルバイパス電流値 I_{REQ-1} 、 I_{REQ-2} 、及び I_{REQ-3} を計算する。あり得る一実装において、要求される電流値計算は平衡化電流強制構成要素 16c によって実行され、平衡化電流強制構成要素 16c は、対応する初期平衡化バイパス電流値 I_{INIT-1} 、 I_{INIT-2} 、及び I_{INIT-3} と、対応する継続平衡化バイパス電流値 I_{CONT-1} 、 I_{CONT-2} 、及び I_{CONT-3} との合計に少なくとも部分的に従ってオン時間 17 を計算する。このようにして、予測平衡化構成要素 16 は、関連付けられたバッテリーセル 4 の DOD 値が、指定された充電及び / 又は放電動作全体にわたり平衡に向かって収束するような予測初期平衡化（図 3）と、全体的パック電流フロー、負荷変化、及び他の効果のうちの任意の効果を抑制するため現在の DOD セル関係を保つか又はレギュレートするための継続平衡化との両方を提供するために、オン時間 17 - 1、17 - 2、17 - 3、及び / 又は 17 - 4 を提供する。この予測アクティブセル平衡化手法は、如何なる特定の理論とも結び付けようとせずに、非対称バッテリーパック 4 との関連において特に有利であると考えられ、放電深度平衡化を用いることが、従来の電圧均等化セル平衡化技法に対する、性能及び安定性の向上を容易にするものと考えられる。

【0033】

ある実装における平衡化電流強制構成要素 16c は、対応するセル 4 - 1、4 - 2、及び 4 - 3 に個別に対応する理論的最大バイパス電流値 I_{MAX-1} 、 I_{MAX-2} 、及び I_{MAX-3} を決定する。最大バイパス電流値 I_{MAX-1} 、 I_{MAX-2} 、及び I_{MAX-3} は、ある実施形態において、インダクタ L - 1 及び L - 2 の成分値に、並びに、スイッチングコントローラ 12 が全時間間隔 164 についてスイッチング周波数 182 でスイッチング制御信号 14 を提供すると想定した場合、スイッチングコントローラ 12 のスイッチング周波数 182（例えば、2 MHz 又はある実装ではより低く調節された値）に、少なくとも部分的に基づいて計算される。したがって、所与のスイッチング周波数設定について、最大バイパス電流値は、所与の時間間隔 164 において導通され得るバイパス電流量の理論的上限である。また、強制構成要素 16c は、対応する初期平衡化バイパス電流値及び継続平衡化バイパス電流値の合計に基づいて、所望とされる又は要求されるセルバイパス電流値 I_{REQ-1} 、 I_{REQ-2} 、及び I_{REQ-3} を決定する（例えば、 $I_{REQ-1} = I_{INIT-1} + I_{CONT-1}$ 、 $I_{REQ-2} = I_{INIT-2} + I_{CONT-2}$ 、 $I_{REQ-3} = I_{INIT-3} + I_{CONT-3}$ 、及び $I_{REQ-4} = I_{INIT-4} + I_{CONT-4}$ ）。平衡化電流強制構成要素 16c は、所与の時間間隔 164 において所与のセル 4 に提供されるか又は所与のセル 4 から除去されるバイパス電流の量に対するバイパス回路構成の効果を考慮して、対応する要求されるセルバイパス電流値 I_{REQ} と対応する理論的最大バイパス電流値 I_{MAX} との比に少なくとも部分的に基づいて、現在の時間間隔 164 の小部分として（例えばパーセンテージ又は時間値として）、チャンネルオン時間 17 を決定する。

【0034】

ある実施形態における平衡化電流強制構成要素 16c は、また、DVC 構成要素 18 から取得した推定される実際のセルバイパス電流値、総パック電流値 24、及びバイパス効率パラメータに全体的又は部分的に基づいて、前の時間間隔 164 の実際のセルバイパス電流値を計算するか又は他の方式で決定し、バイパス効率パラメータは、ある実施形態に

10

20

30

40

50

において経時的に適合され得る。強制構成要素 16c は、また、バッテリーセル 4 - 1、4 - 2、及び 4 - 3 に対応するスケーリングファクタ $S - 1$ 、 $S - 2$ 、 $S - 3$ を決定する。現在の時間間隔 164 に対する個々のスケーリングファクタ $S - 1$ 、 $S - 2$ 、 $S - 3$ は、ある実施形態において、前の時間間隔 164 からの対応する要求されるセルバイパス電流値（例えば $I_{REQ - 1}$ 、 $I_{REQ - 2}$ 、 $I_{REQ - 3}$ ）と、前の時間間隔 164 からの対応するスケーリングファクタ $S - 1$ 、 $S - 2$ 、 $S - 3$ で乗じた、前の時間間隔 164 の対応する実際のセルバイパス電流値との比として計算され、スケーリングファクタ $S - 1$ 、 $S - 2$ 、 $S - 3$ に少なくとも部分的に基づいて理論的最大電流値 $I_{MAX - 1}$ 、 $I_{MAX - 2}$ 、及び $I_{MAX - 3}$ を決定する。このようにして、平衡化構成要素 16 は、連続的な時間間隔 164 に対する最大電流の計算を調節するために、実際のバイパス電流フローによって提供されるフィードバック情報を用いる。実際には、スケーリングファクタ S は理論上は単一であり、この値からの偏差が、各セル 4 についての理論的電流と実際の電流との差を示す。一連の時間間隔においてスケーリングファクタを用いることで、要求される電流及び実際の電流が収束する時間にわたって、誤差がゼロまで徐々に減じられる。

【0035】

図 4 に関連して以下で述べるように、オン時間の 1 つ又は複数が現在の時間間隔の持続時間を超える場合、或いは、要求されるセルバイパス電流値 $I_{REQ - 1}$ 、 $I_{REQ - 2}$ 、及び / 又は $I_{REQ - 3}$ の少なくとも 1 つが、対応する理論的最大値 $I_{MAX - 1}$ 、 $I_{MAX - 2}$ 、又は $I_{MAX - 3}$ を超える場合、平衡化電流強制構成要素 16c は、スイッチングコントローラ 12 のスイッチング周波数 182 を選択的に下げる。この機能性は、有利なことに、相対的に高いスイッチング周波数（例えば一例において 2 MHz）での初期動作を可能にし、より高いバイパス電流レベルが必要な場合、スイッチングコントローラ 12 のスイッチング周波数は、強制構成要素 16c によって例えば半分まで低減される。これは、選択されるスイッチングデバイス Q1、Q2、Q3、又は Q4 がより長い期間オンになり、そのため、バイパス回路 6 を介して流れる電流が増加することを意味する。したがって、最大電流の計算は周波数の低減と共に増加し、結果として、オン時間 17 を相応に下げる計算となる。このようにして、所与の時間間隔 164 のオン時間の間のアクティブ平衡化のために、適切な平均電流量が提供され得、強制構成要素 16c の或る実施形態は、より高い最大電流に関連付けられた電圧スパイクを緩和することが可能な、より高い周波数を用いることになり、そのため、より高いバイパス電流要件に対処するように必要に応じて、スイッチングコントローラ 12 の周波数を選択的に低減させる。また、この能力は、バイパス電流レベルが、時には対称バッテリーパックを平衡化するために必要とされるレベルより大幅に高くなり得る、非対称バッテリーパック 4 の平衡化に関連して特に有利である。

【0036】

ある実施形態において、平衡化電流強制構成要素 16c は、また、バイパス電流スイッチングの開始に対して、セル電圧測定の相対的タイミングを選択的に調節し得る。特に図 5 及び図 6 は、連続的な周期的時間間隔 164 内のセル電圧測定時間 192 の間のセル電圧測定に対する、オン時間 174 の間のスイッチング制御信号 14 - 1、14 - 2、14 - 3、14 - 4 の初期提供のシフトを図示する。この相対的なシフトは、バイパス電流スイッチング効果と電圧測定との相関を有利に低減又は緩和し得、それにより、任意の結果として導出されるか又は推定されるセル電流値における誤差を軽減し得る。

【0037】

図 2A 及び図 2B は、初期平衡化バイパス電流値及び継続平衡化バイパス電流値に従い、アクティブ平衡化電流の制御を介してバッテリーパックを管理するための方法 100 を図示する。例示の方法 100 は、一連の動作又はイベントの形式で示され及び説明されるが、本開示の様々な方法は、本明細書で具体的に示される場合を除き、こうした動作又はイベントの例示される順に限定されないことを理解されよう。この点で、以下で具体的に提供される場合を除き、いくつかの動作又はイベントが、本明細書で例示及び説明される順とは異なる順で、かつ / 又は、それらとは別の他の動作又はイベントと同時に成され得、

10

20

30

40

50

例示されるすべてのステップが本開示に従ったプロセス又は方法を実装するために必要とされ得るわけではない。例示の方法は、本明細書で開示される予測セル平衡化概念を提供するために、ハードウェア、プロセッサ実行ソフトウェア、又はそれらの組み合わせで実装され得る。ある実施形態において、プロセス又は方法 100 は、前述の予測平衡化構成要素 16 を用いる充電及び / 又は放電動作の間のアクティブセル平衡化のためにバッテリー管理システム 2 において実装され得る。

【0038】

図 2 A の 102 で新規の時間間隔 T_1 (例えば、以下の図 4 ~ 図 6 における時間間隔 164) が開始し、104 ~ 110 での初期平衡化処理を含む。測定されたセル電圧に従って 104 で個々のセル DOD 値が推定される。104 でのセル DOD 推定は、1つ又は複数の測定された値に従って、任意の適切な充電状態 (SOC) 又は放電深度計算 / 推定技法を用いて成され得る。例えば、図 1 の平衡化コントローラ 10 は、動的電圧相関構成要素 18 を用いて、推定された DOD 値を、セル電圧測定及び温度測定に基づきバッテリーセル 4 - 1、4 - 2、及び 4 - 3 に対して提供することができる。図 2 A の 106 で、一時セルバイパス電流値がセル DOD 値の差に基づいてセル 4 に対して決定される。108 で、セル DOD 値を均衡化するために必要とされる電荷通過量が決定され、110 で、総バック電流に基づき、必要とされる電荷通過量を残りの充電 / 放電時間にわたって分配するために、初期平衡化電流値 (例えば、上記の 3 - S バッテリーパックの例における値 I_{INIT-1} 、 I_{INIT-2} 、 I_{INIT-3}) が計算される。例えば、平衡化コントローラ 10 は、図 1 のパック電流センサ 22 から総バック電流信号又は値 24 を受信し、110 でこれを用いて、初期平衡化電流値 I_{INIT-1} 、 I_{INIT-2} 、及び I_{INIT-3} を計算する。

【0039】

図 2 A の 112 で、総セル充電差 (例えば、セル 4 の QMAX 値における差) に少なくとも部分的に基づき、また、総バック電流に従って、バッテリーセルの各々について継続セル平衡化電流値 (例えば I_{CONT-1} 、 I_{CONT-2} 、及び I_{CONT-3}) が決定される。114 で、バッテリーセルの各々について、例えば、対応する初期及び継続平衡化電流値の合計として、要求されるか又は望ましいセルバイパス電流が決定され (例えば、 $I_{REQ-i} = I_{INIT-i} + I_{CONT-i}$)、116 で、オプションのフィードバック又はスケーリングファクタ S (例えば、上記の S - 1、S - 2、及び S - 3) が計算される。例えば、スケーリングファクタ S は、ある実施形態において、前の時間間隔 164 からのスケーリングファクタ S で乗じた、前の時間間隔 164 からの要求されるセルバイパス電流値及び実際のセルバイパス電流値の比として計算され得る。図 2 A に見られるように、これは、図 1 の DVC 構成要素 18 を用いるなど、測定から及び / 又は推定を介してセルバイパス電流値 I_1 、 I_2 、及び I_3 を取得することを含み得る。120 で、前の時間間隔 164 の実際のセルバイパス電流 DVC__ I_{b1} 、DVC__ I_{b2} 、DVC__ I_{b3} が、推定される実際のセルバイパス電流値 I_1 、 I_2 、及び I_3 、総バック電流値 24、並びにバイパス効率パラメータに少なくとも部分的に基づいて決定される。122 で、例えば、前の時間間隔 164 からの対応する要求されるセルバイパス電流値 I_{REQ-i} と、前の時間間隔 164 の対応する実際のセルバイパス電流値 DVC__ I_{bi} との比として、要求及び計算されたバイパス電流を、ある実施形態において前の時間間隔 164 のスケーリングファクタ S で乗じた結果の比と比較することによって、現在の時間間隔 164 について、スケーリングファクタ (S - 1、S - 2、S - 3) が計算される。理論的
最大バイパス電流値 (例えば、上記 I_{MAX-1} 、 I_{MAX-2} 、又は I_{MAX-3}) は 124 で計算される。

【0040】

図 2 B において続いて、要求されるセルバイパス電流の強制のために、現在の時間間隔 164 に対して、130 で、スイッチングコントローラチャンネルの各々についてスイッチャオン時間値 T_{ON} が計算される。一例において、前述のように、オン時間は、要求されるセルバイパス電流値 I_{REQ-i} 、計算された最大バイパス電流値 I_{MAX-i}

i 、及び現在の時間間隔 164 に関連付けられたスケーリングファクタ $S - i$ に少なくとも部分的に従って 130 で計算され得る。例示の実施形態において、132 で、計算されたオン時間が現在の時間間隔 164 より大きいかどうか（例えば、 $T_{ON} > T_I$ であるかどうか）について（例えば、図 1 の平衡化電流強制構成要素 16c によって）判定が成される。大きい（132 で肯定である）場合、134 でスイッチャ周波数が低減され、オン時間はそれに応じて 130 で再計算される。オン時間がすべて時間間隔 164 の持続時間より短い又は等しい（132 で否定である）場合、プロセス 100 は 136 に進み、計算されたオン時間が適用され（例えば、図 1 におけるオン時間 17-1、17-2、17-3、及び 17-4 がスイッチングコントローラ 12 に提供され）、136 で、オン時間の相対的な開始が、セル電圧測定に対してオプションでシフトされ得る（例えば、以下の図 5 及び図 6）。図 2B の 138 で、充電/放電動作が完了したかどうかについて判定が成される。完了していない（130 で否定である）場合、プロセス 100 は図 2A の 102 に戻り、前述のように新規の時間間隔を始める。充電/放電動作が完了した（図 2B の 130 で肯定である）場合、140 で、バッテリーセル 4 に対する最終放電深度値に基づいて最大充電（ Q_{MAX} ）推定が更新され、これは、ガス測定又は他の報告機能に用いられ得る。

【0041】

次に図 4～図 6 を参照すると、グラフ 160、170、180、及び 190 が、それぞれ、バイパス電流、スイッチャオン/オフ状態、スイッチャ周波数 182、及びセル電圧測定タイミングを、図 1 のシステム 2 における時間の関数として示す。図 4 のグラフ 160 は、バッテリーパック 4 における 2 つのセル間の電荷の伝達を平衡化するためのバイパス電流 162 を示し、ここでは、スイッチングは周期的時間間隔 164 に対して必ずしも一定の縮尺で描かれてはいない。この点で、ある実施形態は、1 秒の時間間隔 164 で、500 kHz から 2 MHz など、かなり高いスイッチング周波数に關与する。図 4 のグラフ 180 は、約 2 MHz のスイッチャ周波数 182 を用いるシステム 2 の初期動作、及び、その後のスイッチング周波数 182 の 1 MHz までの低減を図示する。スイッチャの各サイクル（例えば、2 MHz の周波数 182 で約 500 ns）は、バイパス電流 162 のランプアップ及びランプダウンに關与し、バイパス電流の時間的ランプアップ及びランプダウンは、例示の目的で図において誇張されていることを理解されよう。グラフ 170 は、平衡化コントローラ 16 からの対応するオン時間によって決定されるスイッチャオン/オフ条件 172 を示す。この例では、スイッチャチャネルの対応するオン時間（例えば、図 1 のチャネルオン時間 17 の 1 つ）は、初期的に個々の時間間隔 164 の持続時間の約 50% の長さ 174 を有し、第 3 の間隔で（ $t = 3$ で）幾分増加する。その後時間「N」で、平衡化電流強制構成要素 16c は、スイッチング周波数 182 を半分（例えば 21 MHz）まで低減させ、一方、時間間隔 164 の長さは同じままである。また、オン時間長さ 174 の計算は、平衡化構成要素 16 における周波数依存計算のため、2 分の 1 に減じられる。結果として、対応するスイッチングデバイス Q は、各高周波数サイクルにおいて長さは 2 倍のままである。これにより、バイパス電流 162 を 2 MHz 動作の間達する最大値のほぼ 2 倍まで増加させることが可能となり、より短い総時間でランピングが成され、それにより、各間隔 164 の間の平均電流は、依然としてそのチャネルに關連付けられるか又はそのチャネルにより影響される、初期平衡化電流値及び継続平衡化電流値に従って決定される。

【0042】

図 4 はまた、平衡化コントローラ 10 によるセル電圧測定 192 のタイミングを示すグラフ 190 を図示する。図 4 に示されるように、セル電圧測定は信号 192 のオン時間の間に成され、セル電圧測定は、平衡化コントローラ 10 のアナログデジタル変換器（ADC、図示せず）の動作に対応し、アナログデジタル変換器は、セル電圧センサ 20 によって提供されるアナログ信号に基づいて、感知されたセル電圧に關連付けられた変換済みデジタル値を提供するために用いられ得る。ある実施形態において、セル電圧センサ信号は、マルチプレクサを介して単一の ADC に提供され、セル電圧測定は、図 4 の時間期間 1

10

20

30

40

50

9 2の間、順次成される。図4の実装で見られるように、時間間隔1 6 4の開始時にセル電圧測定が成される時間1 9 2、及びスイッチャオン時間1 7 2も、各間隔1 6 4の開始時に始まる。期間1 7 2及び1 9 2におけるこの重複は、セル電圧測定に基づくセル電流推定を歪曲する可能性があり、スイッチャオン時間1 7 2の間のバイパス電流導通の影響は、期間1 9 2の間の電圧測定にノイズを発生させる可能性がある。

【0 0 4 3】

図5及び図6も参照すると、予測平衡化構成要素1 6は、ある実施形態において、こうしたノイズ又は干渉を緩和するために、スイッチャオン時間1 7 2及び電圧測定時間1 9 2の相対的な開始時間を選択的に調節するように動作可能である。図5は1つのあり得るソリューションを示し、このソリューションでは、平衡化構成要素1 6が、概して各時間間隔1 6 4の開始時に（或いは、間隔1 6 4の終了時、又は何らかの他の静的位置で）期間1 9 2の間のセル電圧測定を維持する一方で、連続的な周期的時間間隔1 6 4において（オン時間1 7 2の間）バイパス回路スイッチング制御信号の提供の開始時間を調節する。このケースでは、スイッチャオン時間1 7 2は、時間間隔1 6 4の開始時に時間 $T = 0$ で始まり、スイッチャ開始時間は各連続的な時間間隔1 6 4について遅延量 増分される。この場合、例えば、 $T = 5$ で始まる5番目の時間間隔では、対応するスイッチャオン時間1 7 2は、その間隔1 6 4の開始後5 に始まる。このように、スイッチャオン時間間隔1 7 4とセル電圧測定間隔1 9 2との間に一定の関係は存在しない。図6は代替手法を示し、この手法では、各時間間隔1 6 4の開始時に（又は間隔1 6 4の何らかの他の一定の時間位置で）始まるスイッチャオン時間1 7 2を維持する一方で、セル電圧測定1 9 2の開始時間が、連続的な周期的時間間隔において調節される。このケースでは、セル電圧測定は、 $T = 0$ で間隔1 6 4の開始時に成され、その後、セル電圧測定期間1 9 2の開始は、各連続的な時間間隔1 6 4において遅延量 シフトされる。

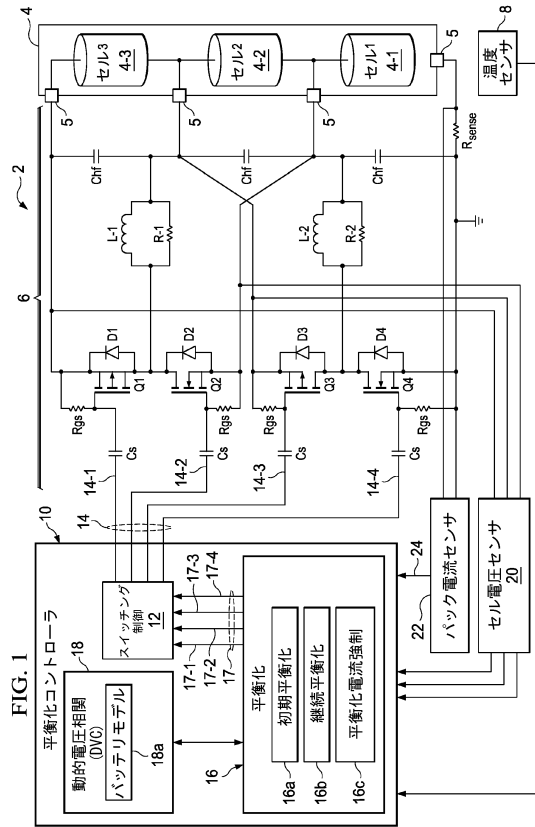
【0 0 4 4】

当業者であれば、特許請求の範囲内で、説明した例示の実施形態に改変が成され得ること、及び多くの他の実施形態が可能であることを理解されよう。

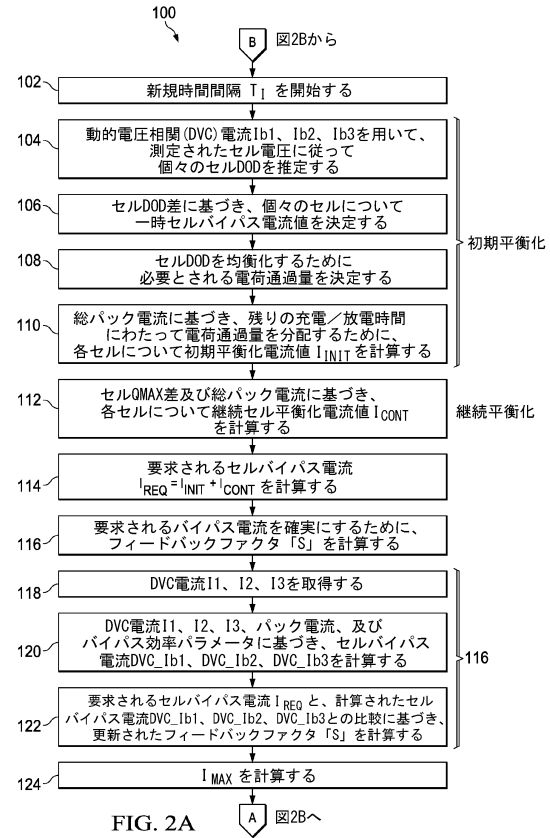
10

20

【図 1】



【図 2 A】



【図 2 B】

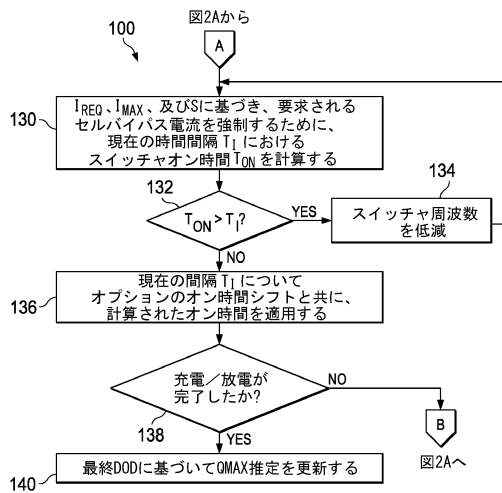


FIG. 2B

【図 3】

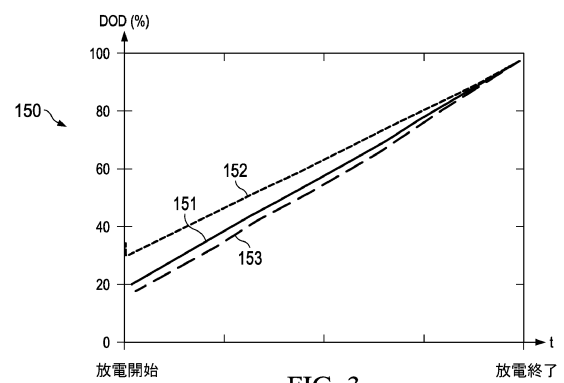
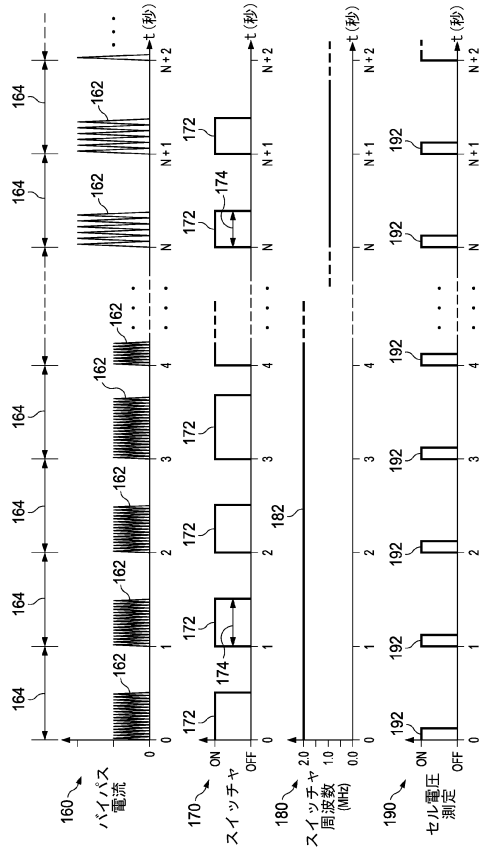


FIG. 3

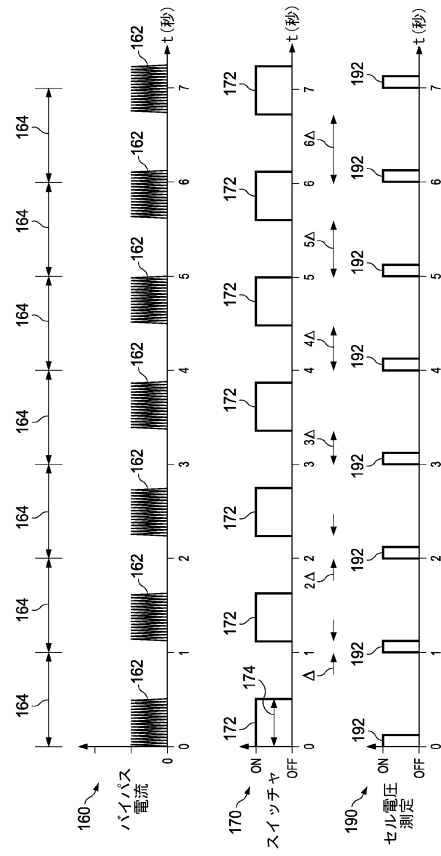
【図 4】

FIG. 4



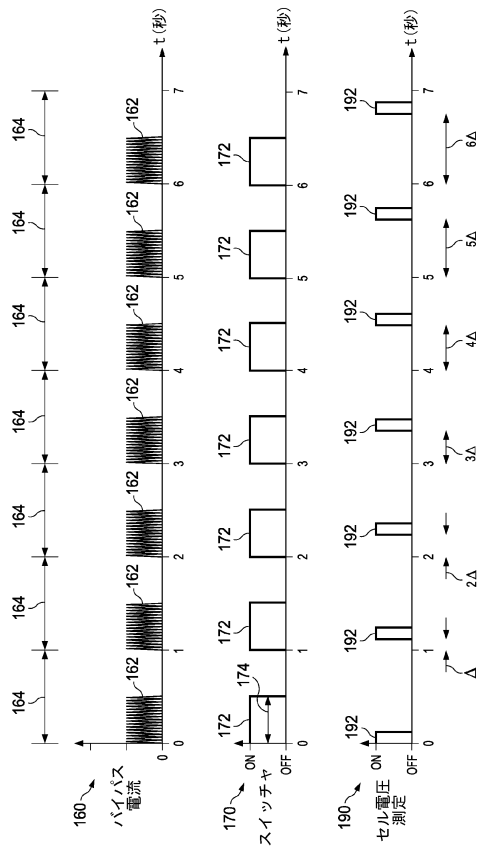
【図 5】

FIG. 5



【図 6】

FIG. 6



フロントページの続き

(72)発明者 ヤンドン ジャン

アメリカ合衆国 75025 テキサス州 プラノ, ファウンテン スプリングス ドライブ
8217

(72)発明者 イェブゲン パヴロヴィッチ バルスコフ

アメリカ合衆国 75082 テキサス州 リチャードソン, ヘザーブルック レーン 325
7

(72)発明者 ジェyson マイケル バトル

アメリカ合衆国 75098 テキサス州 ワイリー, フェアウェイ グレン ドライブ 19
22

(72)発明者 コンスタンチン ガルバート

アメリカ合衆国 94536 カリフォルニア州 フリーモント 47, チェリー レーン 3
8627

審査官 田中 慎太郎

(56)参考文献 特開平10-257683(JP,A)

特開2010-081732(JP,A)

特開2012-175733(JP,A)

特開2010-154628(JP,A)

特表2013-538549(JP,A)

国際公開第2012/028427(WO,A1)

米国特許出願公開第2012/0081075(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02J 7/00 - 7/12

7/34 - 7/36