

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4455394号
(P4455394)

(45) 発行日 平成22年4月21日 (2010. 4. 21)

(24) 登録日 平成22年2月12日 (2010. 2. 12)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 R 31/36 (2006. 01)	GO 1 R 31/36 A
HO 1 M 10/48 (2006. 01)	HO 1 M 10/48 P
HO 2 J 7/00 (2006. 01)	HO 2 J 7/00 X

請求項の数 20 外国語出願 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2005-120358 (P2005-120358)	(73) 特許権者	500521843
(22) 出願日	平成17年4月18日 (2005. 4. 18)		オーツー マイクロ, インコーポレーテッド
(65) 公開番号	特開2005-321386 (P2005-321386A)		アメリカ合衆国 95054 カリフォルニア州, サンタ クララ, パトリック
(43) 公開日	平成17年11月17日 (2005. 11. 17)		ヘンリー ドライヴ 3118
審査請求日	平成17年6月20日 (2005. 6. 20)		
(31) 優先権主張番号	60/563, 163	(74) 代理人	100064908
(32) 優先日	平成16年4月16日 (2004. 4. 16)		弁理士 志賀 正武
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100089037
(31) 優先権主張番号	10/878, 070		弁理士 渡邊 隆
(32) 優先日	平成16年6月28日 (2004. 6. 28)	(74) 代理人	100108453
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 村山 靖彦
		(74) 代理人	100110364
			弁理士 実広 信哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 バッテリーガスゲージ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 および第 2 時間インターバル中に、バッテリーセルを備えたバッテリーセル回路を開放するステップと、

前記第 1 時間インターバル中に前記バッテリーセルの第 1 瞬時開回路電圧レベルを測定すると共に前記第 2 時間インターバル中に前記バッテリーセルの第 2 瞬時開回路電圧レベルとを測定するステップと、

前記第 1 瞬時開回路電圧レベルから真の開回路電圧の第 1 見積もり値を導出すると共に前記第 2 瞬時開回路電圧レベルから真の開回路電圧の第 2 見積もり値を導出するステップと、

前記第 1 見積もり値から前記バッテリーセルの全容量に対する第 1 残容量レベルの相対量を表す充電レベルの第 1 相対状態値を確定する共に前記第 2 見積もり値から前記バッテリーセルの全容量に対する第 2 残容量レベルの相対量を表す充電レベルの第 2 相対状態値を確定するステップと、

前記第 1 残容量レベルと前記第 2 残容量レベルとの差を、充電レベルの前記第 1 相対状態値と前記第 2 相対状態値との間の差で除算して前記バッテリーセルの第 1 全容量レベルを計算するステップとを含む方法。

【請求項 2】

前記第 1 および第 2 時間インターバル中に前記バッテリーセルを開放するステップは、

10

20

充電モード中に前記バッテリーセルの充電を中断するステップを含み、該方法は、前記バッテリーセルの前記充電の前記中断前に充電電流レベルに応答して第1および第2見積もり値を更新するステップを更に含む請求項1記載の方法。

【請求項3】

前記第1時間インターバルは前記バッテリーセルの第1残容量レベルと関連づけられると共に前記第2時間インターバルは前記バッテリーセルの第2残容量レベルと関連づけられ、且つ、前記計算動作は、前記第1および第2残容量レベルの差を充電レベルの前記第1相対状態値と前記第2相対状態値との差で除算して前記第1全容量レベルを得る請求項1記載の方法。

【請求項4】

充電レベルの前記第1および第2相対状態値と前記第1および第2見積もり値とを格納するステップと、前記第1および第2容量レベルに関連づけられた追加的時間インターバルでの前記バッテリーセル回路の追加的開放に応答して充電レベルの前記第1および第2相対状態値と前記第1および第2見積もり値とを更新するステップとを更に含む請求項3記載の方法。

【請求項5】

第3時間インターバル中に前記バッテリーセル回路を開放するステップと、

前記第3時間インターバル中に前記バッテリーセルの第3瞬時開回路電圧レベルを測定するステップと、

前記第3瞬時開回路電圧レベルから真の開回路電圧の第3見積もり値を導出するステップと、

前記第3見積もり値から前記バッテリーセルの全容量に対する第3残容量レベルの相対量を表す充電レベルの第3相対状態値を確定するステップと、

前記第2残容量レベルと前記第3残容量レベルとの差を、充電レベルの前記第2相対状態値と前記第3相対状態値との間の差で除算して前記バッテリーセルの第2全容量レベルを計算するステップと

を更に含む請求項1記載の方法。

【請求項6】

前記第1残容量レベルと前記第3残容量レベルとの差を、充電レベルの前記第1相対状態値と第3相対状態値との間の差で除算して前記バッテリーセルの第3全容量レベルを計算するステップと、前記第1、第2、第3全容量レベルのそれぞれの信頼性を見積もるために前記第1、第2、第3全容量レベルを比較するステップとを更に含む請求項5記載の方法。

【請求項7】

前記第1見積もり値は、第1理論開回路電圧レベルを表し、且つ、前記第2見積もり値は、第2理論開回路電圧レベルを表す請求項1記載の方法。

【請求項8】

電子装置において、命令が格納された記憶媒体を備え、前記命令は、機器に備えられたプロセッサに、第1および第2時間インターバル中にバッテリーセルを備えたバッテリーセル回路を開放するステップと、前記第1時間インターバル中に前記バッテリーセルの第1瞬時開回路電圧レベルを測定すると共に前記第2時間インターバル中に前記バッテリーセルの第2瞬時開回路電圧レベルを測定するステップと、前記第1瞬時開回路電圧レベルから真の開回路電圧の第2見積もり値を導出すると共に前記第2瞬時開回路電圧レベルから真の開回路電圧の第2見積もり値を導出するステップと、前記第1見積もり値から前記バッテリーセルの全容量に対する第1残容量レベルの相対量を表す充電レベルの第1相対状態値を確定すると共に前記第2の見積もり値から前記バッテリーセルの全容量に対する第2残容量レベルの相対量を表す充電レベルの第2相対状態値を確定するステップと、且つ前記第1残容量レベルと前記第2残容量レベルとの差を、充電レベルの前記第1相対状態値と第2相対状態値との差で除算して前記バッテリーセルの第1全容量レベルを計算するステップとを実行させるものである電子装置。

10

20

30

40

50

【請求項 9】

前記第 1 および第 2 時間インターバル中に前記バッテリーセルを開放するステップは、充電モード中に前記バッテリーセルの充電を中断するステップを含み、前記命令は、前記機器に備えられたプロセッサに、前記バッテリーセルの前記充電の前記中断前に充電電流レベルに応答して第 1 および第 2 見積もり値を更新するステップを実行させるものである請求項 8 記載の電子装置。

【請求項 10】

前記第 1 時間インターバルは前記バッテリーセルの第 1 残容量レベルと関連づけられると共に前記第 2 時間インターバルは前記バッテリーセルの第 2 残容量レベルと関連づけられ、且つ、前記計算動作は、前記第 1 および第 2 残容量レベルの差を充電レベルの前記第 1 相対状態値と前記第 2 相対状態値との差で除算して前記第 1 全容量レベルを得る請求項 8 記載の電子装置。

10

【請求項 11】

前記命令は、前記機器に備えられたプロセッサに、充電レベルの前記第 1 および第 2 相対状態値と前記第 1 および第 2 見積もり値とを格納するステップと、前記第 1 および第 2 容量レベルに関連づけられた追加的時間インターバルでの前記バッテリーセル回路の追加的開放に応答して充電レベルの前記第 1 および第 2 相対状態値と前記第 1 および第 2 見積もり値とを更新するステップとを実行させるものである請求項 10 記載の電子装置。

【請求項 12】

前記命令は、前記機器に備えられたプロセッサに、
第 3 時間インターバル中に前記バッテリーセル回路を開放するステップと、
前記第 3 時間インターバル中に前記バッテリーセルの第 3 瞬時開回路電圧レベルを測定するステップと、

20

前記第 3 瞬時開回路電圧レベルから真の開回路電圧の第 3 見積もり値を導出するステップと、

前記第 3 見積もり値から前記バッテリーセルの全容量に対する第 3 残容量レベルの相対量を表す充電レベルの第 3 相対状態値を確定するステップと、

前記第 2 残容量レベルと前記第 3 残容量レベルとの差を、充電レベルの前記第 2 相対状態値と前記第 3 相対状態値との間の差で除算して前記バッテリーセルの第 2 全容量レベルを計算するステップと

30

を実行させるものである請求項 8 記載の電子装置。

【請求項 13】

前記命令は、前記機器に備えられたプロセッサに、前記第 1 残容量レベルと前記第 3 残容量レベルとの差を、充電レベルの前記第 1 相対状態値と前記第 3 相対状態値との間の差で除算して前記バッテリーセルの第 3 全容量レベルを計算するステップと、前記第 1、第 2、第 3 全容量レベルのそれぞれの信頼性を見積もるために、前記第 1、第 2、第 3 全容量レベルを比較するステップと

を実行させるものである請求項 12 記載の電子装置。

【請求項 14】

前記第 1 見積もり値は、第 1 理論開回路電圧レベルを表し、前記第 2 見積もり値は第 2 理論開回路電圧レベルを表す請求項 8 記載の電子装置。

40

【請求項 15】

複数のバッテリーセルに接続するためのスイッチ回路と、

前記スイッチ回路に接続されたアナログ/デジタル変換器 (ADC) であって、前記 ADC が、前記スイッチ回路を介して複数のバッテリーセルのそれぞれからアナログ信号を入力して、前記各アナログ信号を関連するデジタル信号に変換するように構成されたアナログ/デジタル変換器 (ADC) と、

記憶媒体に格納された命令を実行可能なプロセッサとを備え、

前記命令は、前記プロセッサに、

第 1 および第 2 時間インターバル中に前記複数のバッテリーセルの一つからなるバッテ

50

リーセル回路を開放させるように前記スイッチ回路に指示するステップと、

前記複数のバッテリーセルの一つの端子を前記ADCに接続させるように前記スイッチ回路に指示するステップであって前記ADCが前記第1時間インターバル中に前記バッテリーセルの第1瞬時開回路電圧レベルを表す第1デジタル信号と前記第2時間インターバル中に前記バッテリーセルの第2瞬時開回路電圧レベルを表す第2デジタル信号とを提供するように構成されたステップと、

前記第1デジタル信号から真の開回路電圧の第1見積もり値を導出すると共に前記第2デジタル信号から真の開回路電圧の第2見積もり値を導出するステップと、

前記第1見積もり値から前記バッテリーセルの全容量に対する第1残容量レベルの相対量を表す充電レベルの第1相対状態値を確定すると共に前記第2見積もり値から前記バッテリーセルの全容量に対する第2残容量レベルの相対量を表す充電レベルの第2相対状態値を確定する処理と、前記第1残容量レベルと前記第2残容量レベルとの差を、充電レベルの前記第1相対状態値と前記第2相対状態値との差で除算して前記バッテリーセルの第1全容量レベルを計算するステップとを実行させるものであるバッテリーガスゲージ回路。

10

【請求項16】

前記第1時間インターバルは前記バッテリーセルの第1残容量レベルと関連づけられると共に前記第2時間インターバルは前記バッテリーセルの第2残容量レベルと関連づけられ、且つ、前記計算動作は、前記第1および第2容量レベルの差を充電レベルの前記第1相対状態値と前記第2相対状態値との差で除算して前記第1全容量レベルを得る請求項15記載のバッテリーガスゲージ回路。

20

【請求項17】

前記命令は、前記プロセッサに、充電レベルの前記第1および第2相対状態値と前記第1および第2見積もり値とを格納するステップと、前記第1および第2容量レベルに関連づけられた追加的時間インターバルでの前記バッテリーセル回路の追加的開放にตอบสนองして充電レベルの前記第1および第2相対状態値と前記第1および第2見積もり値とを更新するステップとを実行させるものである請求項16記載のバッテリーガスゲージ回路。

【請求項18】

前記命令は、前記プロセッサに、

第3時間インターバル中に前記バッテリーセル回路を開放するステップと、

前記第3時間インターバル中に前記バッテリーセルの第3瞬時開回路電圧レベルを測定するステップと、

前記第3瞬時開回路電圧レベルから真の開回路電圧の第3見積もり値を導出するステップと、

前記第3見積もり値から前記バッテリーセルの全容量に対する第3残容量レベルの相対量を表す充電レベルの第3相対状態値を確定するステップと、

前記第2残容量レベルと前記第3残容量レベルとの差を、充電レベルの前記第2相対状態値と前記第3相対状態値との間の差で除算して前記バッテリーセルの第2全容量レベルを計算するステップと

を実行させるものである請求項15記載のバッテリーガスゲージ回路。

30

40

【請求項19】

前記命令は、前記プロセッサに、前記第1残容量レベルと前記第3残容量レベルとの差を、充電レベルの前記第1相対状態値と前記第3相対状態値との間の差で除算して前記バッテリーセルの第3全容量レベルを計算するステップと、前記第1、第2、第3全容量レベルのそれぞれの信頼性を見積もるために、前記第1、第2、第3全容量レベルを比較するステップと

を実行させるものである請求項18記載のバッテリーガスゲージ回路。

【請求項20】

前記第1見積もり値は、第1理論開回路電圧レベルを表し、前記第2見積もり値は第2理論開回路電圧レベルを表す請求項15記載のバッテリーガスゲージ回路。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子装置のためのバッテリーガスゲージ(battery gas gauge)に関し、更に詳しくは、一実施形態において、このようなバッテリーガスゲージにおける全容量判定(full capacity determination)に関する。

【背景技術】

【0002】

ラップトップコンピュータ、PDA(personal digital assistants)、携帯電話などのような種々の電子装置はバッテリーによって給電されている。このバッテリーは、ニッケルカドミウム、ニッケル水素(nickel metal hydride)、またはリチウムイオンのような種々のタイプの充電式バッテリー(rechargeable battery)である。このような充電式バッテリーは、適切なDC電源、例えばAC/DCアダプターがこの電子装置に接続されていれば、いつでも再充電される。

【0003】

ユーザーにとって、充電式バッテリーの再充電が必要な時を知るために、バッテリーの電荷(charge)をモニタできることが望ましい。種々のモニタ条件に基づきバッテリーの残容量を見積もるための本技術分野で公知の種々のバッテリーガスゲージが存在する。このようなガスゲージは、一般には、ある全容量判定(full capacity determination)のパーセンテージとしてバッテリーの残容量(remaining capacity)を表す。

【0004】

バッテリーセルが製造されたときには、その初期の全容量は直接的に測定され得る。その後、セルに流入する電荷とセルから流出する電荷は、適切なクーロン計数回路(Coulomb counting circuit)によって測定され得る。残念なことに、セルの経時劣化(cell aging)のような要因は、いずれは、全容量レベル(full capacity level)を初期の全容量レベルよりも低下させる。セルの自己放電のような更なる要因は、時間の経過につれて次第に現在の容量レベルを不正確にする。

【0005】

これらの蓄積された不正確性に対する一つの代表的な解決策は、放電カットオフ電圧レベルV_{dc}の近傍点までセルを放電させることである(V_{dc}レベル以下に放電させることは、セルにダメージを与える)。セルがこの点まで放電されると、見積もられる残容量(C_{er})は、現在の充電/放電レートで、セル端子間で測定される時刻tでの電圧測定から推測できる。もしセルが、中断されることなく全容量に充電されれば、前もって決定された見積もり残容量に、例えばクーロン計数(coulomb counting)によって測定される充電サイクル中に蓄積された電荷を加えたものが、新たな全容量に等しい。例えば、時刻tにおいて、電圧は、2Aの端子放電レートで3.0ボルトである。このデータは、その点で時間内に、見積もり残容量、例えば2アンペアアワー(AH)のセルについて0.2AHを与えるためのルックアップテーブルにインデックスをつけるために使用される。充電中のクーロン計数(coulomb counting)は1.75AHの蓄積電荷を示し、全容量判定は、0.2AHに1.75AHまたは1.95AHを加えたものに等しくなる。これは、“限定放電/充電サイクル(qualified discharge/charge cycle)”と呼ばれる。

【0006】

しかしながら、このアプローチは多くの難点を持っている。第1に、放電の終わりの電圧測定から推測された見積もり残容量C_{er}は相当な誤差を有する。これは、セルの実効内部抵抗の作用によるためであり、それは、実際のガスゲージの設計では予測することは困難である。第2に、このアプローチは、クーロン計数のためには、測定を開始する前にセルを空状態の近くまで放電させる必要がある。もしこれが通常使用の多くのサイクル内で発生すれば、ガスゲージは、所要の精度にガスゲージを回復させるためには、“調節サイクル(conditioning cycle)”(強制限定放電サイクル(forced qualified discharge cycle))を要求する必要がある。この要求は、ハードウェアのコストを上昇させると共にユ

10

20

30

40

50

ーザーに不便をもたらす。第3に、ユーザーは、セルが完全に充電された状態に到達するまで待つことを歓迎しないししない。もしユーザーが時期を早めて充電を終了すれば、最終的な充電容量(charge capacity)は見積もることができるが、これは誤差の原因となる。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係る方法は、第1および第2時間インターバル中に、バッテリーセルを備えたバッテリーセル回路を開放するステップと、前記第1時間インターバル中に前記バッテリーセルの第1瞬時開回路電圧レベルを測定すると共に前記第2時間インターバル中に前記バッテリーセルの第2瞬時開回路電圧レベルとを測定するステップと、前記第1瞬時開回路電圧レベルを第1見積もり値に関連づけると共に前記第2瞬時開回路電圧レベルを第2見積もり値に関連づけるステップと、前記第1見積もり値を前記バッテリーセルの充電レベルの第1相対状態に関連づけると共に前記第2見積もり値を前記バッテリーセルの充電レベルの第2相対状態に関連づけるステップと、充電レベルの前記第1相対状態と前記第2相対状態との間の差に応答して前記バッテリーセルの第1全容量レベルを計算するステップとを含む。

10

【0008】

本発明に係る電子装置は、電子装置において、命令が格納された記憶媒体を備え、前記命令は、機器で実行されると、第1および第2時間インターバル中にバッテリーセルを備えたバッテリーセル回路を開放するステップと、前記第1時間インターバル中に前記バッテリーセルの第1瞬時開回路電圧レベルを測定すると共に前記第2時間インターバル中に前記バッテリーセルの第2瞬時開回路電圧レベルを測定するステップと、前記第1瞬時開回路電圧レベルを第2見積もり値に関連づけると共に前記第2瞬時開回路電圧レベルを第2見積もり値に関連づけるステップと、前記第1見積もり値を前記バッテリーセルの充電レベルの第1相対状態に関連づけると共に前記第2の見積もり値を前記バッテリーセルの充電レベルの第2相対状態に関連づけるステップと、且つ充電レベルの前記第1相対状態と第2相対状態との差に応答して前記バッテリーセルの第1全容量レベルを計算するステップとをもたらす。

20

【0009】

本発明に係るバッテリーガスゲージ回路は、複数のバッテリーセルに接続するためのスイッチ回路と、前記スイッチ回路に接続されたアナログ/デジタル変換器(ADC)であって、前記ADCが、前記スイッチ回路を介して複数のバッテリーセルのそれぞれからアナログ信号を入力して、前記各アナログ信号に関連するデジタル信号に変換するように構成されたアナログ/デジタル変換器(ADC)と、記憶媒体に格納された命令を実行可能なプロセッサとを備え、前記命令は、第1および第2時間インターバル中に前記複数のバッテリーセルの一つからなるバッテリーセル回路を開放させるように前記スイッチ回路に指示するステップと、前記複数のバッテリーセルの一つの端子を前記ADCに接続させるように前記スイッチ回路に指示するステップであって前記ADCが前記第1時間インターバル中に前記バッテリーセルの第1瞬時開回路電圧レベルを表す第1デジタル信号と前記第2時間インターバル中に前記バッテリーセルの第2瞬時開回路電圧レベルを表す第2デジタル信号とを提供するように構成されたステップと、前記第1デジタル信号を第1見積もり値に関連づけると共に前記第2デジタル信号を第2見積もり値に関連づけるステップと、前記第1見積もり値を前記バッテリーセルの充電レベルの第1相対状態に関連づけると共に前記第2見積もり値を前記バッテリーセルの充電レベルの第2相対状態に関連づける処理と、充電レベルの前記第1相対状態と前記第2相対状態との差に応答して前記バッテリーセルの第1全容量レベルを計算するステップとをもたらす。

30

40

【0010】

本発明の利点は、本明細書の代表的な実施形態の以下の詳細な説明から明らかとなり、その説明は添付の図面と併せて考慮されるべきである。

【発明を実施するための最良の形態】

50

【 0 0 1 1 】

多くの実施形態の更なる詳細な説明に入る前に、本明細書で使用する多くの用語および関連の略語を以下に定義する。

充電カットオフ電圧(Charge Cutoff Voltage) (V_{cc}) : この電圧レベルを上回る関連セルまたはバッテリーの充電は、このセルまたはバッテリーにダメージを与える。従って、充電はこのような電圧レベルで終了される。

【 0 0 1 2 】

放電カットオフ電圧(Discharge Cutoff Voltage) (V_{dc}) : この電圧レベルを下回る関連セルまたはバッテリーの放電は、このセルまたはバッテリーにダメージを与える。従って、放電はこのような電圧レベルで終了される。

10

【 0 0 1 3 】

全容量(Full Capacity) (C_{ft}) : 或る時刻 t での満充電されたセルまたはバッテリーから引き出すことができるアンペアアワーの全数。 C_{f0} は製造時の全容量である。 C_{ft} はセルの経時(age)に伴って C_{f0} から変化する : それは、最初の幾つかの充電 / 放電サイクルでわずかに増加する (又はしない) かもしれないが、その後、それはセルの経時に伴って減少する。

【 0 0 1 4 】

残容量(Remaining Capacity) (C_t) : 部分的に充電されたセル又はバッテリーから引き出すことができるアンペアアワーの (残りの) 数。 C_t および C_{ft} の用語は、低放電レート (全、真の) セル容量を表し、 (例えば) 代表的なバッテリーゲージによって通知される “利用可能な(available)” 容量ではない。代表的な動作放電電流でセルが V_{dc} に到達しても、依然として、セルには残容量 (C_{rt}) が残っている。 V_{dc} が放電終了を強制する正にその時に、残容量がゼロであることを通知することは好ましいので、利用可能容量(Available Capacity) (AC_t) = $C_t - C_{rt}$ を通知することが通例になっている。

20

【 0 0 1 5 】

充電相対状態(Relative State of Charges) ($RSOC$) : セルまたはバッテリーに残っている容量の相対量。 $RSOC$ は、全容量に対する残容量のパーセンテージとして表され、 $RSOC = 100 * C_t / C_{ft}$ で与えられる。

【 0 0 1 6 】

瞬時セル開回路電圧(Instantaneous Cell Open Circuit Voltage) (V_{oct}) : セルが回路から取り外されたとき (充電も放電もされていないとき) のバッテリーセルの端子間の電圧レベル。 V_{oct} は、放電または充電電流をゼロに設定することにより測定できる。これは、放電中は実用的ではないが、バッテリーセルが遊休状態(idle) (充電も放電もされていない状態) にある場合または充電サイクルにおける短時間の中断中にある場合には実用的である。 V_{oct} は、種々の要因に応じて変化する。例えば、放電終了後、 V_{oct} は増加し (リバウンド(rebound)と呼ばれる)、そして充電中断中にそれは減少する (サグ(sag)と呼ばれる)。

30

【 0 0 1 7 】

理論上のセルポテンシャル電圧又は真の開回路電圧 (V_{cpt}) : セルが回路から取り外されたときの (充電も放電もされていないときの) バッテリーセルの端子間の真の電圧レベル。もし、充電電流が、充電中断期間中 (数時間または数日)、十分に長い間、ゼロに設定されれば、 V_{oct} は V_{cpt} に近づく。 V_{cpt} の値は、アノード電位からカソード電位を減算したものであり、アノード電位とカソード電位の両方は、セルの化学的設計 (製造時に固定) および $RSOC_t$ の関数として変化し (充電および放電中に変化し)、そして温度のような他の要因 (願わくは二次的) が影響する。 $RSOC_t$ は、 V_{cpt} から推定される。 V_{cpt} は直接的には測定できない。

40

【 0 0 1 8 】

セル端子間電圧(Voltage across cell terminals) (V_t) : V_t は、セル端子間の電圧レベルである。 V_t 値は、バッテリーが関連充電 / 放電レートで充電または放電してい

50

る間に測定される。

【 0 0 1 9 】

見積もり値(Estimator Value) (E c p t) : E c p t は、充電サイクルにおける短時間の中断中になされる V o c t 測定から導き出される V c p t についての見積もり値である。

【 0 0 2 0 】

図 1 に移り、経路 1 1 9 を介した D C バッテリーパック 1 0 2 または経路 1 1 7 を介した D C 電源 1 0 4 から給電されることが可能な電子装置 1 0 0 の簡略化されたブロック図が示されている。電子装置 1 0 0 は、ラップトップコンピュータ、携帯電話、P D A (personal digital assistant)、電動工具(power tool)などのような種々の電子装置である。バッテリーパック 1 0 2 は、複数のバッテリーセル 1 0 2 - 1 , 1 0 2 - 2 , 1 0 2 - n を含む。セルタイプは、リチウムイオン、ニッケルカドミウム、ニッケル水素(nickel-metal hydride)電池などのような、本技術分野において知られている種々の再充電可能なタイプである。

【 0 0 2 1 】

バッテリー 1 0 2 を再充電し及び/又はシステム 1 1 2 に電力を供給するために、D C 電源 1 0 4 は装置 1 0 0 に接続されている。D C 電源 1 0 4 は、壁コンセントから従来の 1 2 0 ボルトの A C を入力し、それを D C 出力電圧に変換するように構成された A C / D C アダプターであってもよい。また、D C 電源 1 0 4 は、そのようなタイプのソケットに差し込むように構成された“シガレットライター”タイプのアダプターのような D C / D C アダプターであってもよい。このような D C 電源 1 0 4 が装置 1 0 0 とは別に図 1 に示されているが、それは幾つかの装置に組み込まれていても良い。電子装置 1 0 0 は、また、電源ブロック 1 1 0 を備える。一般に、電源ブロック 1 1 0 は、種々の状況下で、電力を、電源 1 0 2 , 1 0 4 のそれぞれから電子装置 1 0 0 のシステム 1 1 2 へ方向づけると共に相互に方向づけ、制御し、モニタするための種々の構成要素を含んでもよい。ユーザーインターフェイスシステム 1 2 6 は、例えば、キーボード、ポインティングデバイス、及び/又はビデオディスプレイのような、人間であるユーザーがコマンド及び/又はデータを入力し及び/又はシステム 1 0 0 をモニタするための 1 又は 2 以上の装置を含む。

【 0 0 2 2 】

図 2 は、図 1 のガスゲージ (gas gauge; G G) 回路 1 3 0 のブロック図である。ガスゲージ回路 1 3 0 は、図 1 に示されるように、バッテリーパック 1 0 2 に含まれるが、電子装置 1 0 0 内のどこに配置されてもよい。概して、ガスゲージ回路 1 3 0 は、スイッチ回路 (switch network) 2 5 0 と、アナログ/デジタル変換器 (A D C) 2 2 0 と、プロセッサ 2 2 2 と、機械読み取り可能な記録媒体 2 3 0 とを備える。

【 0 0 2 3 】

スイッチ回路 2 5 0 は、セル 1 0 2 - 1 , 1 0 2 - 2 ... 1 0 2 - n の何れか一つを A D C 2 2 0 に接続するための複数のスイッチを備える。A D C 2 2 0 は、幾つかの例を挙げると、シングルスロープインテグレーション型 A D C (single-slope integrating ADC)、デュアルスロープインテグレーション型 A D C、あるいはシグマ - デルタ型 A D C のような、アナログ信号を関連デジタル信号に変換するための任意の種類のアナログ/デジタル変換器であってもよい。プロセッサ 2 2 2 は、種々の演算を遂行するための命令を実行する任意の種類のプロセッサまたはコントローラであってもよい。機械読み取り可能な記録媒体 2 3 0 は、二つだけ例を挙げると、E E P R O M (erasable programmable read only memory)または R A M (random access memory)のような、例えば或る場合には 3 2 バイトの汎用 R A M のような、種々の記録媒体であってもよい。

【 0 0 2 4 】

概して、プロセッサ 2 2 2 は、スイッチ回路の種々のスイッチを開放および閉成させるように指示してセルの種々の端子を A D C 2 2 0 に接続させる。そして、A D C 2 2 0 は、スイッチ回路を介して供給された入力アナログ信号を関連デジタル信号に変換して、このようなデジタル信号をプロセッサ 2 2 2 に供給する。そして、プロセッサ 2 2 2 は、機

10

20

30

40

50

械読み取り可能な記録媒体 230 に格納された命令を実行して種々の演算を実施する。

【0025】

ガスゲージ回路 130 は、残バッテリー容量判定および全バッテリー容量判定を含む種々の電圧レベルのようなモニタされたパラメータに基づいて判定を何回も行う。ガスゲージ回路 130 は、その種々の判定の結果を、経路 125 を介して電子装置に伝達する。そして、バッテリー容量判定の結果は、電子装置のインターフェイスシステム 126 を介して種々の形式で電子装置 100 のユーザーに提示される。例えば、残容量 (C_t) 及び / 又は充電の相対状態 (relative state) 及び / 又は見積もられた利用可能な動作時間が、任意の種々の形式でユーザーインターフェイスシステム 126 のビデオディスプレイに表示される。また、ユーザーインターフェイス 126 は、場合によっては、例えば、ガスゲージ回路 130 が低バッテリー状態を検出した場合に警報音を提供するなど、可聴指示を提供するための可聴装置を含んでも良い。

10

【0026】

図 3 に移り、図 1 のバッテリーパック 102 の一つのセル 102-1 についての簡略化されたセル等価回路図が示されている。セル等価回路図は、概して、現在の充電 / 放電レートでのセル等価回路のセル端子間で測定される時刻 ' t ' での電圧レベル (V_t) を含む。また、セル等価回路図は抵抗 302 を含む。抵抗 302 は、時刻 ' t ' での抵抗 (R_t) 又は時刻 ' t ' でのセルの実効内部 (直列) 抵抗を表す。また、このセル等価図は、時刻 ' t ' での開回路電圧値 ($V_{oc t}$) を含む。上記直列回路における時刻 ' t ' での充電 / 放電電流は I_t で表される。 $V_{oc t}$ 及び R_t は、全く動的に変化してもよい。例えば、リチウムイオンセルでは、典型的な動作放電電流が止んだ後、 $V_{oc t}$ が、理論上のセル電位 $V_{c p t}$ (" 真の開回路電圧 " と呼ばれる) に近づくまで徐々に増加 (" リバウンド ") する。 $V_{oc t}$ は、 $I_t = 0$ と設定することにより測定される。直接的な $V_{c p t}$ 測定は簡単には得られず、通常、 $V_{oc t}$ が充電または放電後に安定するまでの数時間 (又は数日) の間、待たなければならない。

20

【0027】

R_t はゼロよりも大きいので、 V_t は、放電中は $V_{oc t}$ よりも小さくなる。従って、もしセル端子電圧が放電カットオフ電圧 V_{dc} に到達して放電が停止すれば、或る見積もり残容量 (C_{er}) が放電の最後でセルに残る。概して、 R_t は、通常、充電 / 放電サイクル数の増加に伴って増加する。従って、或る特定の I_t での利用可能な電圧 (V_t) および $RSOC$ は、通常、セルの経時劣化に伴って減少する。

30

【0028】

図 4 は、サイクルにおける種々のセル経時劣化についてのパーセンテージとして表された V_t 対 $RSOC_t$ の種々のプロットを示す。プロット 402 は、新しいセルについての V_t 対 $RSOC_t$ のプロットを示す。プロット 304 は、 n 充電 / 放電サイクル後の V_t 対 $RSOC_t$ のプロットを示す。プロット 406 は、 $2n$ 充電 / 放電サイクル後の V_t 対 $RSOC_t$ のプロットを示す。プロット 408 は、 $3n$ 充電 / 放電サイクル後の V_t 対 $RSOC_t$ のプロットを示す。プロット 410 は、 $4n$ 充電 / 放電サイクル後の V_t 対 $RSOC_t$ のプロットを示す。プロット 402 についての電圧レベルは、概して、他のプロットについての電圧レベルよりも高い。

40

【0029】

図示されるように、電圧レベルは、セル経時劣化に伴うセルの内部抵抗の増加により、概して、種々の $RSOC_t$ 値で充電 / 放電サイクル数が増加するにつれて電圧レベルが徐々に減少する。特に、この電圧差は、概して、 $RSOC_t$ が約 5 % と 20 % との間にあるときに比較的低い充電状態で最大となる。もし放電電流が減少すれば、電流がゼロに減少するにつれて実質的に各プロットが一致するまでプロットは互いに近似したものになる。

【0030】

少なくともリチウムイオンセルにおいては、理論上のセル電位 ($V_{c p t}$) は、たとえ非線形的であっても、セル経時劣化および温度に対して比較的鈍感であるような方法で充電相対状態 ($RSOC_t$) に関連する。もし $V_{c p t}$ が既知であれば、 $RSOC_t$ は、例

50

えば、ルックアップテーブルから判明する。残念ながら、理論上の開回路電圧 $V_{c p t}$ は直接的には測定できない。これは、たとえ充電または放電セルがその回路から取り外されても、セル端子電圧 $V_{o c t}$ が充電を継続して、ゆっくりと $V_{c p t}$ に近づくからである。しかしながら、他の電圧レベルおよび状態は、直接的に測定することができ、計算された見積もり値 $E_{c p t}$ を用いて $V_{c p t}$ と関連づけられる。

【0031】

図5に移り、特定のセルについて充電モード中の V_{t} , $V_{c p t}$, C_{t} のプロットが示されている。充電中断は、時刻 t_1 と t_2 との間の第1時間インターバル、時刻 t_3 と t_4 との間の第2時間インターバル、時刻 t_5 と t_6 との間の第3時間インターバルで発生するものとして示されている。各充電中断時間インターバル中に、 $V_{o c t}$ (充電電流がゼロのときの開回路状態中の V_{t}) の測定が行われる。そして、 $V_{o c t}$ 値は、各中断時間インターバルについての理論上の開回路電圧を表す見積もられた $E_{c p t}$ 値と関連づけられる。そして、各中断時間インターバルと関連づけられた充電相対状態レベル $R S O C$ が確定される。任意の二つの中断時間インターバルを利用することにより、全容量レベルは、各中断時間インターバルでの容量レベル間の差を、同一の中断時間インターバルについての充電レベルの相対状態間の差で除算したものとして計算される。

【0032】

例えば、時刻 t_1 と t_2 との間の第1中断時間インターバル中に、セルをその関連回路から取り外し、これにより開回路を形成することにより、充電(または放電)サイクルが中断される。一実施形態(図2)において、これは、注目する特定のバッテリーセル102-1, 102-2... 102-nを含む特定のバッテリーセル回路を開放するようにスイッチ回路250に指示を与えるプロセッサ222によって達成される。

【0033】

時刻 t_1 と t_2 との間の開回路時間インターバル中に、電圧レベル $V_{o c t}$ (それはこの時間インターバル中の V_{t} に等しい) が測定される。 $V_{o c t}$ 電圧を $E_{c p t}$ 値に関連づけることは、或る場合においては、充電/放電電流が中断された後に或る一定の時間インターバルで $V_{o c t}$ を表す値として $E_{c p t}$ 値を導き出すことにより生じる。この場合、 $V_{o c t}$ 値のみが、充電/放電電流が中断された後に一定の時間インターバルでとられる必要がある。

【0034】

$V_{o c t}$ から $E_{c p t}$ を導き出す他の方法において、 $V_{o c t}$ の複数のサンプルが、複数のサンプリング時間インターバルにわたってとられる。そして、 $E_{c p t}$ 値は、数学的解析を用いて、測定された $V_{o c t}$ 値の予測最終点(projected final end point)を表す値である。

【0035】

図5は、時刻 t_1 と t_2 との間の第1中断時間インターバルについてのこのようなサンプリングインターバル(s_i)を示す。 $V_{o c t}$ は、第1サンプリング時間インターバル $V(t = t_1 + s_i)$ で測定されてもよく、そしてまた、連続する時間インターバルで測定されてもよい。とられる測定の全数は、時刻 t_1 と t_2 との間の中断時間の長さ($d T O C$)とサンプリングインターバル(s_i)とに依存する。そして、サンプリングされた $V_{o c t}$ 値は、このようなサンプリングされた値を $E_{c p t}$ 値に関連づけるために、(充電中断前の平均充電電流のような)他の関連情報と共に利用される。

【0036】

上述の技術の何れかによって得られる $E_{c p t}$ 見積もりは、また、他のシステム状態に相関要因を適用することにより一層良くなり、 $E_{c p t}$ は、 $R S O C$ を除いて任意のシステム状態の影響を受けにくくなる。例えば、充電中断中に測定された $V_{o c t}$ は、充電電流の変動に対して極めて敏感である。(例えば) $E_{c p t} = V_{o c t} - (C_0 + C_1 * I_{charge})$, ここで C_0 および C_1 は、経験的に得られた係数であり I_{charge} は、充電中断前の平均充電電流である)を用いることにより、我々は、充電電流に対して比較的鈍感な推定器(estimator)を作成することができ、従って、一層広い範囲の動作状態において使用

10

20

30

40

50

可能となる。定数 C_0 および C_1 は、種々の充電電流レベルで充電を中断させて、これらの充電中断時間中に $V_{oc t}$ を測定することにより、経験的に得ることができる。そして、“最小二乗誤差”のような標準的線形フィッティング技法は、複数の充電電流レートでの観測データから利用される。これは、 C_0 および C_1 を得るために利用されるのみならず、測定残余誤差(measured residual error)は、線形補正(linear correction)の有効性を示す。他の独立変数からの影響を最小にしながら、 $R S O C t$ に単独で依存する $E c p t$ を生成するという目的で、温度などについての他の補正を付け加えてもよい。

【0037】

一旦、 $E c p t$ が、これらの何れか又は他の種々の方法によって取得されると、 $C f t$ 値は、任意の二つの中断時間インターバルの組み合わせから得られる $C t$ 値および $R S O C t$ から計算される。二つの場合の例示的な例が、図5を参照して説明のために提示される。

【0038】

<例1. $C t$ 既知 / 正確> :

充電中断1: $C t 1 = 1000 \text{ mah}$, $R S O C 1 [E c p t] = 50 \%$

充電中断2: $C t 2 = 1200 \text{ mah}$, $R S O C 2 [E c p t] = 60 \%$

充電中断3: $C t 3 = 1400 \text{ mah}$, $R S O C 3 [E c p t] = 70 \%$

【0039】

第1中断時間インターバル(時刻 t_1 と t_2 との間)および第2中断時間インターバル(時刻 t_3 と t_4 との間)についての $C t 1$ と $C t 2$ および $R S O C 1$ と $R S O C 2$ との差は、 200 mah のデルタ $C t$ と 10% のデルタ $R S O C$ を生じる。従って、計算された全容量 $C f t$ は、 $200 \text{ mah} / 10 \% = 2000 \text{ mah}$ になる。もし第2中断時間インターバルおよび第3中断時間インターバル(時刻 t_5 と t_6 との間)について $C t 2$ と $C t 3$ および $R S O C 2$ と $R S O C 3$ との差が解析されれば($200 \text{ mah} / 10 \% = 2000 \text{ mah}$)、この同一の結果が生じる。また、もし第1中断時間インターバルおよび第3中断時間インターバルについて $C t 1$ と $C t 3$ および $R S O C 1$ と $R S O C 3$ との差が解析されれば($400 \text{ mah} / 20 \% = 2000 \text{ mah}$)、この同一の結果が生じる。この理想的な例では、我々は、中断ペア(1, 2), (2, 3), (1, 3)の何れをも考慮した同一の $C f t$ 結果を取得し、これは、 $C f t$ が正しいという優れた確信を我々に与える(もしテーブル又は測定が正しくなかったら、我々はこの合意を期待することはできなかつた)。

【0040】

<例2. 例1と同様であるが、 $C t$ が不正確(200 mah だけ低い)> :

充電中断1: $C t 1 = 800 \text{ mah}$, $R S O C 1 [E c p t] = 50 \%$ ($R S O C 1 [E c p t]$ は $C t$ に依存せず且つ変化しない)。

充電中断2: $C t 2 = 1000 \text{ mah}$, $R S O C 2 [E c p t] = 60 \%$

充電中断3: $C t 2 = 1200 \text{ mah}$, $R S O C 2 [E c p t] = 70 \%$

【0041】

例1で実施された同一の計算は、この計算が $C t$ の初期状態に依存しない($C e r$ の不正確な見積もりに強く依存する)ので、中断ペア(1, 2), (2, 3), (1, 3)の何れについても $C f t = 2000 \text{ mah}$ または例2において同一の結果を生じる。むしろ、この計算は、比較的正確なクーロン計数から得られる各中断ペアについて容量の変化に依存する。このアプローチは、 $C f t = 100 * C t / R S O C$ なるアプローチを凌ぐ二つの利点を我々に与える:

1. 正確な $C t$ を必要とせず、正確なデルタ $C t$ のみあればよい($C e r$ は不要)。

2. 充電サイクルが3以上の異なる時間インターバルで中断されるので、 $C f t$ の2以上の独立した見積もりがなされる。これは、互いに比較することで $C f t$ 測定の信頼性を見積もることを可能にする。比較的長い開回路遅延後の単一 $V_{oc t} = V_{c p t}$ 測定に依存するアプローチはこの利点を持たない。

【0042】

< 相対容量テーブル (Trc) 構成 >

仮定の第1 (制御された、工場で) 充電サイクルの始まりでの相対容量テーブルの次の例を考える。

【0043】

【表1a】

インデックス: Table 1a

i	目標 RSOC : Trc.RSOCi	目標 RSOCt での Ecpt : Trc.Ecpi	目標 RSOCt での容量 : Trc.Ct
1	0.20	?	?
2	0.40	?	?
3	0.60	?	?
4	0.80	?	?

10

【0044】

セル特定 / 期待の全容量 Cfs は既知であり、例えば 2000mAh である。所定のセルについての正確な Cft は未知であるが、それは、テーブル構成処理中に決定される。 Ct 値は、正確なクーロン計数を用いた充電処理中に測定される。また、初期のセル容量 Ct は、セル製造およびテストプロセスの所産に応じた或る既知の値 (ゼロのような値) に極めて近いことが知られている。

20

【0045】

所望の結果は、本例目標である $RDOC$ 目標値について $Trc.RSOCi$ 対 $Trc.Ecpi$ テーブルである。多くの $RSOCt$ 目標が利用されてもよい。概して、充電サイクルの好ましくない延長を引き起こさない一層多くの $RSOCt$ 目標が望ましい。テーブルインデックス 'i' はテーブルに格納される必要はない。それは、ここでは、明確性のためにのみ示されている。テーブル1における $Trc.Ct$ のエントリーは中間データであり、最終的なテーブルに格納される必要はない。

30

【0046】

テーブルを構築するため、セルは、制御された方法、例えば実際の稼働中の使用と同じような充電プロファイルで充電されてもよい。充電モードは4回中断され、そして $Trc.Ecpi$ は、各中断で決定される。充電モードは、充電モードは、 Ct が各目標 $RSOCt$ に到達したときに中断される。 $Ct[t] = Trc.RSOCi[i] * Cfs$ である。例えば、 $i = 1$ のとき、充電は、 Ct が 400mAh ($Ct = 0.2 * 2000 = 400\text{mAh}$) の場合に中断される。この充電モードは、充電が完了するまで4回中断される。この点で、実際の全容量は既知であり、テーブル1bにおける結果をもたらす。

【0047】

【表 1 b】

Cft=2050mah
Table 1b

インデックス: i	目標 RSOCt : Trc.RSOCi	中断での Ecpt : Trc.Ecpi	中断での容量 : Trc.Ct
1	0.20	3.652	400
2	0.40	3.707	800
3	0.60	3.783	1200
4	0.80	3.914	1600

10

【 0 0 4 8 】

実際の全容量 Cft (2050mah) は特定の全容量 Cfs (2000mah) と厳密には一致しなかったため、実際の $Trc.RSOCi$ 値は、テーブル 1b の目標 $Trc.RSOCi$ と厳密に一致しない。実際の値が望まれるので、目標値が、測定データと次の関係: $Trc.RSOCi[i] = Trc.Ct[i] / Cft$ とを用いて実際の値で置き換えられる。実際の $RSOCt$ および $RSOCt$ での $Ecpt$ は、将来の使用のため、

20

【 0 0 4 9 】

【表 1 c】

Table 1c

インデックス: i	実際の RSOCt : Trc.RSOCi	RSOCt での Ecpt : Trc.Ecpi
1	0.1951	3.652
2	0.3902	3.707
3	0.5853	3.783
4	0.7805	3.914

30

【 0 0 5 0 】

そして、テーブル 1c は、例えば、一実施形態において、図 2 のガスゲージ回路 130 の機械読み取り可能な記録媒体 230 に格納される。将来、充電は、元の目標 $RSOCt$ 点ではなく上述の新たな実際の $RSOCi$ 点で中断される。これは、もし元の目標 $RSOCt$ 点での測定がなされていれば (内在する $Vcpt$ 非線形性、および他の影響に起因して) 起こり得る $Trc.Ecpi$ 補間誤差 (interpolation error) を最小化する。

40

【 0 0 5 1 】

テーブル 1c は、各個々のセルについて構築され格納されてもよい。或いは、テーブル 1c は、密接に関連するセルを表す一つのセルについて構成されてもよく、そのテーブルは、密接に関連するセルの生産工程についての初期の Trc として使用されてもよい。このアルゴリズムは、いずれにしても、経時劣化に伴う各セルにおける変化を把握すべきである。従って、セル生産工程における小さな変動 (variation) に適応することができ、及び / 又は生産ロットにおける他のセルと著しく異なるセルを正しく識別することができ、

50

排除されるべきである。

【0052】

<稼動中の充電サイクル期間中のTrcを用いた見積もり>

TrcからCftを見積もるために、最初に、Trc.CtおよびTrc.Ecpt値が予め構築され且つ格納されたテーブル1cにおけるTrc.RSOCi/Trc.Ecpiに近い点での充電中断から収集される。システム状態(充電電流など)は、初期のテーブルを構築するために使用される状態とできる限り類似すべきである。実際の問題として、これは、初期のテーブル構築が、できる限り稼動状態に類似した状態でなされるべきであることを意味する。

【0053】

各充電中断点を決定する一つの方法は、CtがテーブルのRSOCi点:Ct/Cft=Trc.RSOCiに到達する度に充電を中断することである。

【0054】

他のアプローチは、少なくとも第1目標とされる中断(targeted interruption)の前の少なくとも一つの追加時間に充電を中断し、そして1又は2以上の初期のEcpt値を決定し、そして所望のEcpi値について中断点に外挿(extrapolate)することである。また、中断点の精度および所要時間における改善が可能である。

【0055】

代表的な充電サイクルは、テーブル1cにおけるTrc.RSOCiのすべてを横切らなくてもよいし、その必要もない。これは、Cftの計算が2つのデータ点しか必要とせず、以下に説明する品質見積もりが3つのデータ点しか必要としないためである。

【0056】

収集されたデータからCftおよびCtを決定するための方法がテーブル2aに例示されている。この例では、実際のCftは2050mAhであり、それはテーブル1bおよび1cに詳述されたものと同様である。測定されたCtには、仮定したCer誤差のために+50mAhだけ誤差がある。Trc.Ecpt値は、測定誤差の効果を模擬するためにわずかに変動される。400mAhを越える充電の開始での初期のバッテリー容量が仮定され、従って、データは、第1中断点(i=1)で収集されない。

【0057】

【表2a】

Table 2a

インデックス: i	実際のRSOCt: Trc.RSOCi	RSOCtでのEcpt: Trc.Ecpi	中断での容量: Trc.Ct	中断でのEcpt: Trc.Ecpt	補間されたRSOCt: Trc.IRSOCi
1	0.1951	3.652	---	---	---
2	0.3902	3.707	800 measured, 750 true	3.700	.3653
3	0.5853	3.783	1200 measured, 1150 true	3.773	.5600
4	0.7805	3.914	1600 measured, 1550 true	3.898	.7566

【0058】

テーブル2aにおいて、各Trc.Ecptは、充電中断点Trc.IRSOCiで決定される。この充電中断点Trc.IRSOCiは、数式(1)に詳しく示すように、テーブルにおける二つの点の間の線形補間を用いて計算できる。

【0059】

(数式1)

$$\text{Trc.IRSOCi}[i] = \text{Trc.RSOCi}[a] + (\text{Trc.RSOCi}[a] - \text{Trc.RSOCi}[b]) * (\text{Trc.Ecpt}[i] - \text{Trc.Ecpi}[a]) / (\text{Trc.Ecpi}[a] - \text{Trc.Ecpi}[b])$$

【0060】

ここで、'a'は、Trc.Ecpt[i]に最も近いTrc.Ecpi値のインデック

スであり、'b'は、 $Trc.Ecpt[i]$ に次に近い $Trc.Ecpi$ 値のインデックスである。同様に、線形補間は、テーブルからわずかに外れたところにある点について $Trc.IRSOCi$ を計算するために使用される。また、補間(interpolation)または外挿(extrapolation)に関する他の形式が使用される。

【0061】

Cft見積もりは、数式(2)に詳しく示される任意の2つの充電中断について $Trc.IRSOCt$ と $Trc.Ct$ との間の差を考慮しながらなされる。

【0062】

(数式2)

$$Cft = (\text{delta } Ct) / (\text{delta } RSOC)$$

10

【0063】

数式(2)をテーブル2aのデータに適用したこのような計算の結果がテーブル2bに詳しく示されている。

【0064】

【表2b】

Table 2b			
インデックス:	デルタ IRSOCi:	デルタ Ct	Cft 見積もり
i1,i2			
2,3	0.1947	400	2054
3,4	0.1966	400	2035
2,4	0.3913	800	2044

20

【0065】

例えば、点 $i = 2$ および3での中断についてのデルタ $IRSOCi$ は、0.5600 - 0.3653または0.1947である。有利には、Cft計算は、Ctの初期状態に依存せず、それ自体は、Cerの可能性のある不正確な見積もりに強く依存する。むしろ、Cft計算は、比較的正確なクーロン計数から得られる容量の変化(デルタRSOC)に依存する。

30

【0066】

種々のCft見積もり間の比較的良好な一致は結果における高い信頼要因を示す。有利には、Cft計算は、前回のCft値(例えば、 $Cft = 2050 \text{ mah}$)に関係なく実施されてもよい。同様に、或る組み合わせCft見積もり(例えば、 $Cft = 2045 \text{ mah}$)を用いて、我々は、 $Cct = Trc.IRSOCi[i] * Cft$ を利用してテーブル2aから修正されたCt値(Cct)を再計算することができる。

【0067】

【表 2 c】

Table 2c

インデックス: i	実際の RSOCt: Trc.RSOCi	RSOCt での Ecpt: Trc.Ecpi	中断での容量: Trc.Ct	補間された RSOCt: Trc.RSOC'	修正された Ct: Trc.Cct
1	0.1951	3.652	---	---	---
2	0.3902	3.707	800 measured, 750 true	.3653	747
3	0.5853	3.783	1200 measured, 1150 true	.5600	1145
4	0.7805	3.914	1600 measured, 1550 true	.7566	1547

10

【0068】

この $Trc.Cct$ は、充電サイクルの終わりでの正確な Ct 見積もりを可能にする：その点から充電の終了までの最も間近の充電中断 + デルタ Ct について、 $Ct = Trc.Cct$ 。例えば、テーブル 2 c からのデータを用いて、 $Trc.Ct = 1700\text{ mah}$ のときにユーザーによって充電サイクルが終了されたと仮定する。最も間近の充電中断では、 $Trc.Cct = 1547\text{ mah}$ であり、そしてその時刻から 100 mah を加え、従って、 Ct の改善された見積もりは、 $1547\text{ mah} + 100\text{ mah} = 1647\text{ mah}$ であり、それは“真”の値である 1650 mah に近い。

20

【0069】

上述のアプローチを用いて、元の Ct 見積もりにおける著しい (50 mah) 誤差の存在下で、“限定充電サイクル(qualified discharge cycle)”に頼ることなく、充電の終わりでの Cft 及び Ct の両方と無関係な良好な見積もり ($iCft$ および iCt) を導き出した。

【0070】

更に、 Cft 見積もりの品質または上記予測された信頼性は、各充電中断インデックスからの Cft 見積もり (例えば、テーブル 2 b からの 2054 mah , 2035 mah , 2044 mah) を比較することによって形成される。もし、十分に一致する多くのペアが存在すれば、品質 $Q i C f t$ は高く特徴づけられる。もし、貧弱な一致のペアが存在すれば、品質 $Q i C f t$ は低く特徴づけられる。

30

【0071】

< Cft および Ct 見積もりの品質に基づく Cft および Ct への適応的漸進的变化 >

このセクションに関する追加的用語の定義は以下のとおりである。

$tCft$: “真”の全容量は、バッテリーの満充電セル(full charged cell)から引き出すことができるアンペア・アワーの実際の全数である。 $tCft$ は、充電/放電形態、動作(operating)および蓄電電圧(storage voltage)などの要因にตอบสนองして、極めてゆっくり且つ幾分予測できないほどに変化する。この $tCft$ 値は、容易に測定することはできない。

【0072】

$eCft$: 現在使用中の $tCft$ 値の見積もり値。

$edCft$: 経時的な既知の段階的な容量の損失を概算するために $eCft$ から減算されるデルタ (増加) 値: $eCft_1 = eCft_0 + edCft_0$ 。代表的には、電圧、温度、時間の計算関数(calculated function)として全容量について開ループ見積もり修正(open loop estimated correction)のために使用される。

40

【0073】

$qCft$: $eCft$ を置き換えるために使用される“限定放電サイクル(qualified discharge cycle)” (QDC) から計算される Cft 見積もり: $eCft = qCft_1$ 。代表的には、 $qCft = Cer$ (充電開始での見積もり残容量) + 充電中に加えられた mah として計算される。 $eCft$ を修正するために使用されるが、深刻な Cer 誤差の影響

50

を受けやすく、偶発的(accidental)または意図的(deliberate)な限定放電サイクルの何れかを必要とする。

【 0 0 7 4 】

i C f t : 二つの異なる開回路時間インターバルでの相対容量レベルにおける差を、これら開回路時間インターバルでの充電レベルの関連相対状態における差で除算したものととして計算される“独立(independent)”のC f t見積もり。この見積もりは、Q i C f tによって良好に見積もることができる或る測定ノイズの影響を受けやすい。

【 0 0 7 5 】

見積もりのそれぞれは、関連した品質(または重み)を有すると考えられる。

Q e C f t : 見積もりの品質。初期には非常に高いが、徐々に減少して、Q D Cが要求される点に向かう。

10

Q q C f t : q C f t見積もりの品質。意図的または日和見的(opportunistic)なQ D Cが起こらなければゼロであり、C e r見積もりに関する問題のために、いずれにしても極めて高くはない。

Q i C f t : 上述の新規な手法を用いた独立のi C f t見積もりの品質であり、低から高に変わり得る。

【 0 0 7 6 】

これら上述の新規な用語を用いて、数式(3)および(4)に詳しく示されるように、上述の品質及び見積もりのそれぞれを結び付ける重み付けされた(又はブレンドされた)e C f tを計算することができる。

20

【 0 0 7 7 】

(数式3)

$$Q_t = (Q_e C f t + Q_q C f t + Q_i C f t)$$

【 0 0 7 8 】

(数式4)

$$e C f t_1 = Q_e C f t / Q_t * (e C f t_0 + e d C f t_0) + Q_q C f t / Q_t * q C f t + Q_i C f t / Q_t * i C f t$$

【 0 0 7 9 】

Qが低いときにはQ D Cが依然として要求される。しかしながら、このようなQ D Cは、めったに必要とされるべきではない。仮にあったとしても、Q i C f tはほとんどの充電サイクルに関して適正に高くあるべきである。

30

【 0 0 8 0 】

<経時セル変化をなくすためのT r cの更新>

通常動作では、初期のR S O C t / E c p tが真を保持する限り、初期のT r cはセルの生涯にわたって信頼性のある動作を提供する。しかしながら、R S O C t / E c p t関係に影響を及ぼす使用状態、測定回路、セル化学における予期しない漸進的变化をなくすために、通常動作においてT r cを更新することは可能且つ实际的である。

【 0 0 8 1 】

特に、もし、

1 . Q q C f t が日和見的(opportunistic)なQ D Cのために比較的高く、

2 . 且つ、もしQ i C f tは適正に高いが、前回のQ D C中よりも少なければ、

40

3 . T r c . R S O C i およびT r c . E c p t i 値は更新されて、加重e C f t 計算(weighted e C f t calculation)に類似した方法で収集値と更に厳密に一致する。

$x W t = x Q q C f t + x Q i C f t$ (xは、これらの重みが上述の重みと同一ではないことを示し、T r c 値を極めてゆっくりとのみ変えることが望ましい)、

(新T r c . R S O C i [i]) = x Q i C f t / x W t * (旧T r c . R S O C i [i]) + x Q d C f t / x W t * (T r c . C t [i] / Q C f t)、

(新T r c . E c p i [i]) = x Q i C f t / x W t * (旧T r c . E c p i [i]) + x Q d C f t / x W t * (T r c . E c p i [i] / Q C f t)

【 0 0 8 2 】

<動作>

図6は、実施形態に係る動作のフローチャート600を示す。動作602では、第1および第2時間インターバル中にバッテリーセル回路を開放する。バッテリーセル回路はバ

50

バッテリーセルを備える。一実施形態において、これは、図5に示されるような充電モード中に時刻 t_1 と t_2 の間および時刻 t_3 と t_4 の間で充電を中断することを伴う。動作604では、第1時間インターバル中のバッテリーセルの第1瞬時開回路電圧レベル(例えば $V_{oc t 1}$)と、第2時間インターバル中のバッテリーセルの第2瞬時開回路電圧レベル(例えば、 $V_{oc t 2}$)とを測定する。動作606では、第1瞬時開回路電圧レベルを第1見積もり値(例えば $V_{cp t 1}$)に関連づけると共に、第2瞬時開回路電圧レベルを第2見積もり値(例えば $V_{cp t 2}$)に関連づける。動作608では、第1見積もり値をバッテリーセルの充電レベルの第1相対状態に関連づけると共に、第2見積もり値を前記バッテリーセルの充電レベルの第2相対状態に関連づける。最後に、動作608では、充電レベルの前記第1相対状態と第2相対状態との間の差に応答してバッテリーセルの第1全容量レベルに関連づける。

10

【0083】

本明細書の実施形態について述べられた機能性(functionality)は、ハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア、またはそれらの組み合わせを用いて実現されてもよい。

【0084】

従って、要約すると、一実施形態は電子装置を含む。前記電子装置は命令が格納された記憶媒体を備え、前記命令は、装置で実行されると、第1および第2時間インターバル中にバッテリーセルを備えたバッテリーセル回路を開放するステップと、前記第1時間インターバル中に前記バッテリーセルの第1瞬時開回路電圧レベルを測定すると共に前記第2時間インターバル中に前記バッテリーセルの第2瞬時開回路電圧レベルを測定するステップと、前記第1瞬時開回路電圧レベルを第2見積もり値に関連づけると共に前記第2瞬時開回路電圧レベルを第2見積もり値に関連づけるステップと、前記第1見積もり値を前記バッテリーセルの充電レベルの第1相対状態に関連づけると共に前記第2の見積もり値を前記バッテリーセルの充電レベルの第2相対状態に関連づけるステップと、且つ充電レベルの前記第1相対状態と第2相対状態との差に応答して前記バッテリーセルの第1全容量レベルを計算するステップとをもたらし。

20

【0085】

更なる実施形態において、前記第1時間インターバルは前記バッテリーセルの第1容量レベルと関連づけられると共に、前記第2時間インターバルは前記バッテリーセルの第2容量レベルと関連づけられる。前記計算動作は、前記第1および第2容量レベルを充電レベルの前記第1相対状態と前記第2相対状態との差で除算して前記第1全容量レベルを得る。

30

【0086】

他の実施形態は、バッテリーガスゲージ回路を含む。前記回路は、複数のバッテリーセルに接続するためのスイッチ回路と、前記スイッチ回路に接続されたアナログ/デジタル変換器(ADC)とを備え、前記ADCは、前記スイッチ回路を介して複数のバッテリーセルのそれぞれからアナログ信号を入力して、前記各アナログ信号を関連するデジタル信号に変換するように構成される。また、前記回路は、記憶媒体に格納された命令を実行可能なプロセッサを備え、前記命令は、第1および第2時間インターバル中に前記複数のバッテリーセルの一つからなるバッテリーセル回路を開放させるように前記スイッチ回路に指示するステップと、前記複数のバッテリーセルの一つの端子を前記ADCに接続させるように前記スイッチ回路に指示するステップであって前記ADCが前記第1時間インターバル中に前記バッテリーセルの第1瞬時開回路電圧レベルを表す第1デジタル信号と前記第2時間インターバル中に前記バッテリーセルの第2瞬時開回路電圧レベルを表す第2デジタル信号とを提供するように構成されたステップと、前記第1デジタル信号を第1見積もり値に関連づけると共に前記第2デジタル信号を第2見積もり値に関連づけるステップと、前記第1見積もり値を前記バッテリーセルの充電レベルの第1相対状態に関連づけると共に前記第2見積もり値を前記バッテリーセルの充電レベルの第2相対状態に関連づけるステップと、充電レベルの前記第1相対状態と前記第2相対状態との差に応答して前記バッテリーセルの第1全容量レベルを計算するステップとをもたらし。

40

50

【 0 0 8 7 】

有利には、これら実施形態において、充電レベルの前記第 1 および第 2 相対状態は、一般のバッテリーではなく同一の特定のバッテリーセルに適合する。従って、一般的なテーブルと特定セルとの間の起こり得る分散(variance)によって持ち込まれる任意の誤差が回避される。更に、或る見積もり値が充電レベルの反復可能な相対状態を生じる限り、正しく較正された電圧読み取りは前記第 1 および第 2 見積もり値について不要である。これは、潜在的に、小さな電圧較正誤差の影響を低減させる。

【 0 0 8 8 】

もし、前記第 1 および第 2 時間インターバルが相対短時間インターバルであれば、前記第 1 および第 2 瞬時開回路電圧レベル ($V_{oc t}$) が、概して、関連する理論上の開回路電圧レベル ($V_{cp t}$) に決して厳密に近づく。しかしながら、このような $V_{oc t}$ レベルは、反復可能な見積もり値 ($E_{cp t}$) を生成するために使用できる。従って、 $RSOC[E_{cp t}]$ テーブルが、外部から提供される $RSOC[V_{cp}]$ とは無関係に、構築され、使用され、そして更新される。

10

【 0 0 8 9 】

さらに、 $RSOC$ が独立かつ確実に測定 / 推測できるときに (代表的には、任意の深い放電 / 再充電サイクルの後)、 $RSOC[E_{cp}]$ テーブルは、また、更新されて新たなセル状態を反映し、従ってセル経時劣化をなくす(accounting for cell ageing)。

【 0 0 9 0 】

$E_{cp t}$ は、稼動すべきアルゴリズムについて $V_{cp t}$ との直接的な関係を何ら有する必要がないにもかかわらず、 $V_{cp t}$ についての推定器(estimator)が依然として有用である。その理由は、次のとおりである。

20

【 0 0 9 1 】

1. $V_{cp t}$ は、充電電流や温度などの変化に著しく鈍感である。充電中断中に測定された $V_{oc t}$ は (例えば) 充電電流の変化に極めて敏感である。(例えば) $E_{cp t} = V_{oc t} - (C_0 + C_1 * I_{charge})$, ここで、 C_0 および C_1 は定数であり、 I_{charge} は、充電中断の前の平均充電電流である) を使用することにより、我々は、充電電流に比較的鈍感な推定器を作成することができ、従って、一層広い範囲の動作状態において使用可能である。温度などについての他の修正(correction)は、他の独立変数からの影響を最小にして、単に $RSOC t$ に依存する $E_{cp t}$ を生成すること为目标(goal)として付け加えることができる。

30

【 0 0 9 2 】

2. $V_{oc t}$ 測定が正確に較正される範囲で、且つ、 $E_{cp t}$ が正確に $V_{cp t}$ をモデリングする範囲で、固定された $V_{cp t}$ テーブルは $E_{cp t}$ と交互に使用できる。もし、固定された $V_{cp t}$ テーブルの使用が (以下に述べるような) 高信頼要因を生じれば、我々は、 $RSOC t$ の全てのコンポーネントにおいて高い信頼を有する。

それぞれが異なる修正要因を使用する、異なる $E_{cp t}$ 見積もりおよびテーブルが存在してもよい。そして、最も高い信頼性要因を生じる $E_{cp t}$ 値が使用されてもよい。

【 0 0 9 3 】

本明細書で用いられた用語および表現は、説明の用語として使用され、本発明を限定するものではなく、そして、このような用語および表現を使用することにおいて、図示され説明された特徴の任意の均等物を排除することを意図するものではなく、そして、本請求項の範囲内で種々の修正が可能であることが理解される。また、他の修正、変形、および代替が可能である。従って、本請求項は、全てのこのような均等物に及ぶ。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 9 4 】

【 図 1 】 ガスゲージを備えた電子装置のブロック図である。

【 図 2 】 図 1 のガスゲージの実施形態に係るブロック図である。

【 図 3 】 図 1 のバッテリーセルの等価回路図である。

【 図 4 】 サイクルにおける種々のセル経時についての充電の相対的状态と電圧との関係を

50

示すプロット図である。

【図5】図1のセルについての複数の開回路時間インターバル中の過剰時間と電圧との関係を示すプロット図である。

【図6】一実施形態に係る動作のフローチャートである。

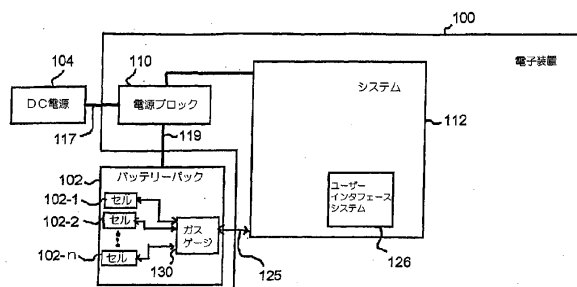
【符号の説明】

【0095】

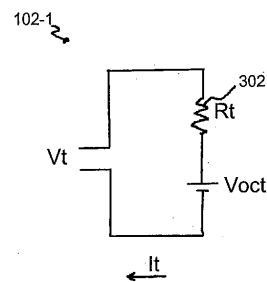
- 100 電子装置
- 102 バッテリーパック
- 104 DC電源
- 110 電源ブロック
- 112 システム
- 117 電源ブロック
- 119 システム
- 125 ユーザーインターフェイスシステム
- 126 ユーザーインターフェイスシステム
- 130 ガスゲージ
- 102-1 セル
- 102-2 セル
- 102-n セル

10

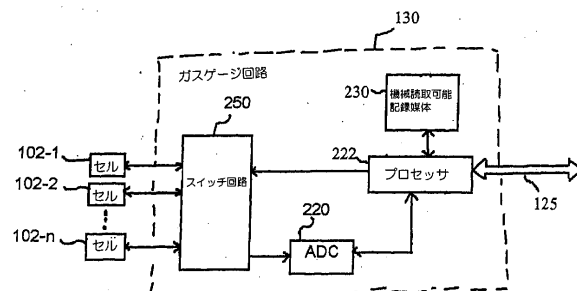
【図1】



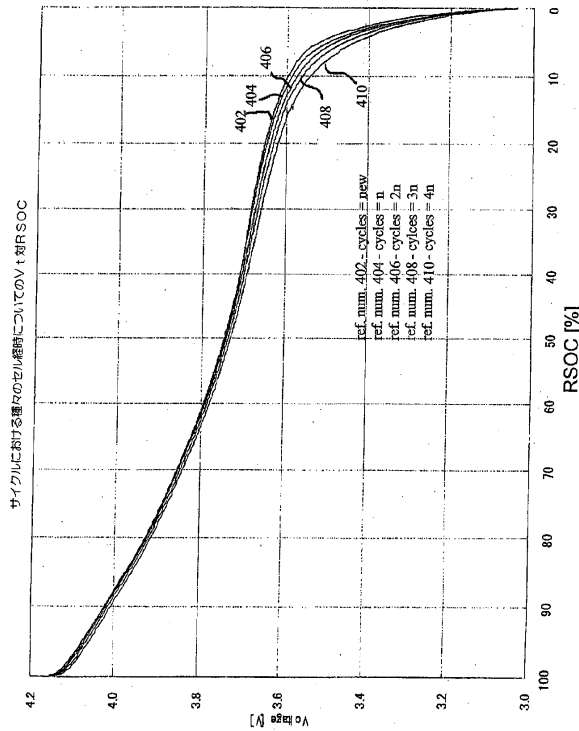
【図3】



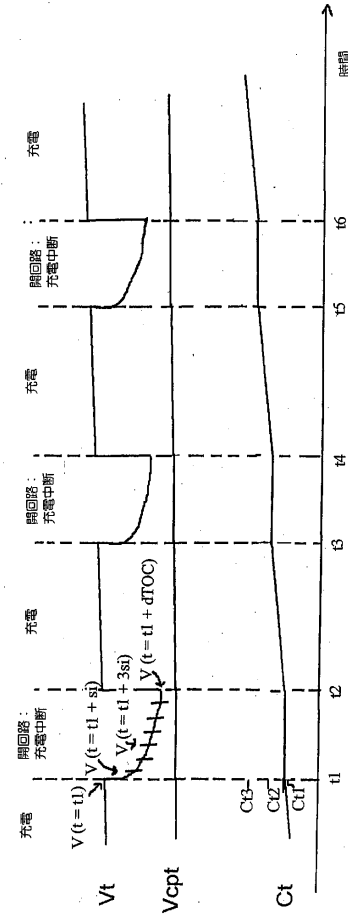
【図2】



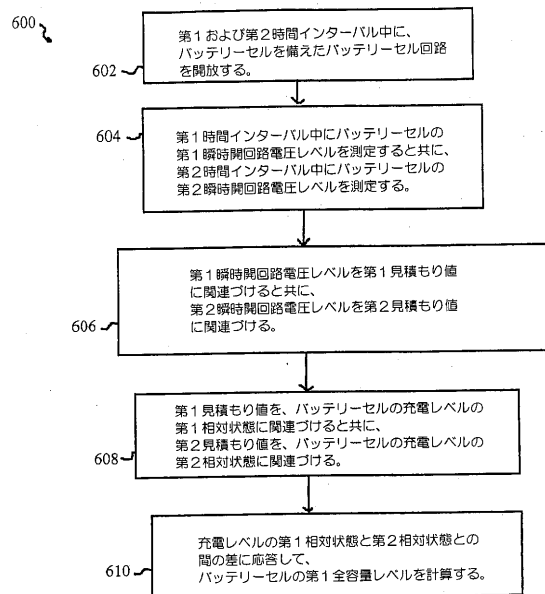
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(72)発明者 ブルース・エス・デニング

アメリカ合衆国・カリフォルニア・93940・モンテリー・アルカルド・アヴェニュー・435

審査官 武田 知晋

(56)参考文献 特開平08-179018(JP,A)

特開2004-085574(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01R 31/36

H01M 10/48

H02J 7/00