

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6954213号
(P6954213)

(45) 発行日 令和3年10月27日(2021.10.27)

(24) 登録日 令和3年10月4日(2021.10.4)

(51) Int.Cl.	F I	
HO 1 M 10/651 (2014.01)	HO 1 M 10/651	
HO 1 M 10/613 (2014.01)	HO 1 M 10/613	
HO 1 M 10/625 (2014.01)	HO 1 M 10/625	
HO 1 M 10/627 (2014.01)	HO 1 M 10/627	
HO 1 M 50/202 (2021.01)	HO 1 M 50/202	5 O I S
請求項の数 5 (全 15 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2018-70430 (P2018-70430)	(73) 特許権者	000006035
(22) 出願日	平成30年3月30日 (2018. 3. 30)		三菱ケミカル株式会社
(65) 公開番号	特開2019-185845 (P2019-185845A)		東京都千代田区丸の内1-1-1
(43) 公開日	令和1年10月24日 (2019. 10. 24)	(74) 代理人	100126505
審査請求日	令和2年9月24日 (2020. 9. 24)		弁理士 佐貫 伸一
		(74) 代理人	100105407
			弁理士 高田 大輔
		(74) 代理人	100151596
			弁理士 下田 俊明
		(72) 発明者	渡邊 陽子
			東京都千代田区丸の内一丁目1番1号 三
			菱ケミカル株式会社内
		(72) 発明者	川井 友博
			東京都千代田区丸の内一丁目1番1号 三
			菱ケミカル株式会社内
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 充填部材、組電池及び熱伝達の制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

厚み方向と前記厚み方向に直交する面方向とを有し、前記面方向に沿った第1の面と第2の面とを有し、前記第1の面において組電池を構成する複数の単電池と接触するとともに、前記第2の面において単電池を冷却可能な冷却部材と接触する充填部材であって、

組電池を構成する単電池のうちのいずれか一つを第1の単電池とした場合に、前記第1の単電池から発せられる熱が前記充填部材及び前記冷却部材を介して前記第1の単電池に隣接する第2の単電池へ移動する場合の前記充填部材の熱移動感度Sが以下の式1により定義され、

$$\text{前記充填部材の熱移動感度 } S [W / K] =$$

$$\text{前記充填部材の熱伝導率 } k [W / m \cdot K] \times \text{前記充填部材と前記第1及び第2の単電池との接触面積 } A [m^2] / \text{前記充填部材の厚み } d [m] \dots (式1)$$

前記第1の単電池の温度が異常発熱状態の温度以上となった場合における熱移動感度が以下の式2を満たす、

$$0.5 \leq S \leq 4.0 \dots (式2)$$

ことを特徴とする充填部材。

【請求項2】

前記充填部材の厚み方向における熱伝導率が $2.0 \times 10^{-2} W / m \cdot K$ 以上 $50.0 W / m \cdot K$ 以下である、請求項1に記載の充填部材。

【請求項3】

前記充填部材の厚みが 5.0×10^{-5} m 以上 5.0×10^{-2} m 以下である、請求項 1 又は 2 に記載の充填部材。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の充填部材を含む組電池。

【請求項 5】

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の充填部材の熱移動感度 S が前記式 1 を満たして前記第 1 の単電池から前記充填部材を介して伝わる熱量を抑制することを含む熱伝達の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、充填部材、組電池及び熱伝達の制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、車両等の電源としての二次電池の使用が急増している。車両等の限られた空間に搭載する際の自由度を向上させること、一度の充電に対して走行可能な航続距離を伸ばすこと等を目的として、二次電池の高エネルギー密度化の検討が進められている。

【0003】

二次電池の安全性はエネルギー密度とは相反する傾向にあり、エネルギー密度が高くなるほど二次電池の安全性は低下する傾向にある。例えば、航続距離が数百 km に及ぶような電気自動車に搭載される二次電池では、過充電や内部短絡等により二次電池が損傷した場合の電池表面温度が数百 を超え、1000 近くに及ぶ場合もある。

20

【0004】

車両等の電源に使用される二次電池は、一般に複数の単電池（以下、「セル」ともいう）から成る組電池として用いられる。このため、組電池を構成する単電池の一つが損傷し上記のような温度域に到達した場合、その発熱により隣接する電池が損傷を受け、連鎖的に組電池全体に損傷が拡がるおそれがある。

【0005】

ところで、多数の単電池を連結して構成される組電池は、充放電する電流で発熱する。特に、車両用の電源装置として使用される組電池の発熱量は、充放電の電流が極めて大きいことから大きくなる。発熱による温度上昇は電池の電気特性を低下させる原因となる。また、多数の単電池を連結して出力電圧を高くしている車両用の組電池は、組電池を構成する個々の単電池間の温度差をできる限り小さくすることが極めて大切である。それは、単電池間の温度差が電池の電気特性のバランスを崩して残容量を不均一にし、特定の単電池の寿命を短くするからである。このため、通常、車両用の電源装置では、充放電時の温度上昇を少なくするために電池を冷却する装置を備えている。このような冷却装置について、連結された多数の単電池をできるだけ効率的に、かつ均等に冷却することが重要である。

30

【0006】

例えば、特許文献 1 に記載されているように、通常、冷却装置は熱伝導率の良い金属等で構成される。しかし、電池と冷却装置とが直接に接触すると通電するおそれがあるため、電池と冷却装置の間には絶縁性を有する部材が設置される。また、電池と冷却装置の間に隙間ができ冷却効率が低下することを防ぐため、電池と冷却装置を密着させる目的においても充填材が設置される。

40

【0007】

また、特許文献 2 では、以下の手法が提案されている。複数の単電池を連結した車両用の電源装置は、各々の単電池の間において、単電池の表面に熱結合状態に接触してなるセパレータを備える。また、上記電源装置において、単電池の間に冷却隙間を設けてセパレータを介して積層するように固定し、この冷却隙間に冷却気体を強制送風する送風機構を備える。さらに、上記電源装置は、各々の単電池の外周面に熱結合してなる温度均等化ブ

50

レートを用意、この温度均等化プレートの熱伝導率を単電池間に備えられたセパレータの熱伝導率よりも大きくする。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特表2014-505333号公報

【特許文献2】特開2010-272430号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、特許文献1に記載されているような冷却装置は、組電池を構成する単電池のうちの一つが損傷し高温に達した場合にも、隣接する電池への熱の移動を促進してしまうおそれがある。つまり、冷却装置が他の単電池への熱伝導を促進する結果、他の単電池も損傷するおそれがあった。

【0010】

一方、特許文献2においては、組電池を構成する単電池の一つが損傷を受けた場合に冷却用部材を介して隣接する電池に伝わる熱量について、組電池を構成する単電池の発熱量や、組電池を構成する電池以外の部材による伝熱の影響を定量的に考慮した上での検討は十分になされていない。また、異常時に冷却装置の冷媒フローが止まった場合を想定した上での検討はなされていない。異常時に冷却装置の冷媒フローが止まった場合には、冷却装置による組電池外部への除熱効率が低下し、冷却装置を介した隣接セルへの伝熱への寄与が高まるため、より延焼のおそれがある。このため、冷却装置の冷媒フローが止まった状態をも想定して安全性への対策を構築しておくことが極めて重要である。

【0011】

本発明は、複数の単電池を含む組電池において、冷却部材を介した単電池間の熱移動を好適に制御する充填部材を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明者は上述した従来技術において十分に検討されていなかった、冷却用部材を介して単電池間を伝達される熱量について着目し、その影響について詳細な検討を行った。その結果、組電池を構成する単電池と冷却用部材との間に介装される充填部材について、当該充填部材の熱移動抵抗を適切な範囲内に抑えることで、異常が発生した第1の単電池から冷却装置を介して第2の単電池に伝わる熱移動量を適切に制御することが重要であることを見出し、本発明に至った。本発明は以下の通りである。

【0013】

[1] 厚み方向と前記厚み方向に直交する面方向とを有し、前記面方向に沿った第1の面と第2の面とを有し、前記第1の面において組電池を構成する複数の単電池と接触するとともに、前記第2の面において単電池を冷却可能な冷却部材と接触する充填部材であって、

組電池を構成する単電池のうちの一つを第1の単電池とした場合に、前記第1の単電池から発せられる熱が前記充填部材及び前記冷却部材を介して前記第1の単電池に隣接する第2の単電池へ移動する場合の前記充填部材の熱移動感度 S が以下の式1により定義され、

前記充填部材の熱移動感度 S [W / K] =

前記充填部材の熱伝導率 k [W / m · K] × 前記充填部材と前記第1及び第2の単電池との接触面積 A [m²] / 前記充填部材の厚み d [m] · · · (式1)

前記第1の単電池の温度が異常発熱状態の温度以上となった場合における熱移動感度が以下の式2を満たす、

0.5 S 4.0 · · · (式2)

ことを特徴とする充填部材。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 4 】

[2] 前記充填部材の厚み方向における熱伝導率が $2.0 \times 10^{-2} \text{ W / m} \cdot \text{K}$ 以上 $50.0 \text{ W / m} \cdot \text{K}$ 以下である、[1] に記載の組電池用部材。

【 0 0 1 5 】

[3] 前記充填部材の厚みが $5.0 \times 10^{-5} \text{ m}$ 以上 $5.0 \times 10^{-2} \text{ m}$ 以下である、[1] 又は [2] に記載の組電池用部材。

【 0 0 1 6 】

[4] [1] 1 から [3] のいずれか 1 項に記載の充填部材を含む組電池。

【 0 0 1 7 】

[1] から [3] のいずれか 1 項に記載の充填部材の熱移動感度 S が前記式 (1) を満たして前記第 1 の単電池から前記充填部材を介して伝わる熱量を抑制することを含む熱伝達の制御方法。

10

【 発明の効果 】

【 0 0 1 8 】

本発明によれば、複数の単電池を含む組電池において、冷却用部材を介した単電池間の熱移動を好適に制御することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 9 】

【 図 1 】 図 1 は、実施形態に係る充填部材及び冷却部材の構成を説明するとともに、充填部材の熱移動感度を説明する図である。

20

【 図 2 】 図 2 は、実施形態に係る組電池の一例を示す上面図である。

【 図 3 】 図 3 は、図 2 に示した組電池の側面を、手前側の側板を外した状態で模式的に示す側面図である。

【 図 4 】 図 4 は、単電池の一例を示す図である。

【 図 5 】 図 5 は、図 4 に示した単電池の正面図である。

【 図 6 】 図 6 は、図 4 に示した単電池の側面図である。

【 図 7 】 図 7 は、仕切り部材の説明図である。

【 図 8 】 図 8 は、単電池内部で発した熱の伝達経路を模式的に示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 0 】

30

以下、図面を参照して、本発明の実施の形態に係る充填部材、組電池、及び熱伝達の制御方法を説明する。以下に記載する実施形態の説明は一例であり、本発明は実施形態で説明する構成に限定されない。

【 0 0 2 1 】

本実施形態に係る充填部材は、厚み方向と厚み方向に直交する面方向とを有し、面方向に沿った第 1 の面と第 2 の面とを有し、第 1 の面において組電池を構成する複数の単電池と接触するとともに、第 2 の面において単電池を冷却可能な冷却部材と接触する充填部材である。

組電池を構成する単電池のうちのいずれか一つを第 1 の単電池とした場合に、第 1 の単電池から発せられる熱が充填部材及び冷却部材を介して第 1 の単電池に隣接する第 2 の単電池へ移動する場合の充填部材の熱移動感度 S が以下の式 1 により定義され、

40

充填部材の熱移動感度 $S [\text{W} / \text{K}] =$

充填部材の熱伝導率 $k [\text{W} / \text{m} \cdot \text{K}] \times$ 充填部材と第 1 及び第 2 の単電池との接触面積 $A [\text{m}^2] /$ 充填部材の厚み $d [\text{m}] \cdots$ (式 1)

第 1 の単電池の温度が異常発熱状態の温度以上となった場合における熱移動感度 S が以下の式 2 を満たす、

$0.5 \leq S \leq 4.0 \cdots$ (式 2)

ことを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

ここで、本発明において、或る単電池を構成する電極や電解液等を構成する化学物質の

50

一部ないし全てが、単電池の内部で発熱を伴いながら分解反応を起こすことにより、単電池の温度が上昇し、単電池の一部ないし全領域が200以上になった状態を「異常発熱状態」という。

【0023】

本実施形態に係る充填部材に関して、第1の単電池から発せられる熱が充填部材及び冷却部材を介して第2の単電池へ移動する場合の充填部材の熱移動感度Sは、上記式(1)により定義される。

【0024】

また、本実施形態に係る充填部材では、第1の単電池(セル#1)の温度が異常発熱状態の温度(本実施形態では200)以上となった場合における熱移動感度Sが上記式(2)を満たす。

【0025】

[熱移動感度]

図1は、本発明の実施の形態に係る充填部材及び冷却部材の構成を説明するとともに、充填部材の熱移動感度を説明する図である。図1を用いて、充填部材10の熱移動感度Sを説明する。熱移動感度Sとは、組電池100を構成する第1の単電池200a(セル#1ともいう)と第1の単電池200aと異なる第2の単電池200b(セル#2ともいう)とが充填部材10と接触しており、第1の単電池200aから発せられた熱が第2の単電池200bに移動する際に、充填部材10と第1の単電池200a及び第2の単電池200bとの接触部分を経由して移動する熱量の程度を示す尺度である。

【0026】

熱移動感度Sは、充填部材10として使用される材料の厚み方向における熱伝導率(k [$W/m \cdot K$])及び充填部材10と第1の単電池200a及び第2の単電池200bとの接触部分の面積(A [m^2])と、充填部材10の厚み(d [m])を用いて表すことができる。

【0027】

ここで、セル#1から充填部材10及び冷却部材400を介してセル#2に伝わる熱量を考える。充填部材10の厚み方向の2面(面方向に沿った2面)について、セル#1及びセル#2と接触する面(上面)を面10a、その裏面(下面)を面10bとする。図1において、充填部材10の厚み方向は図1紙面の高さ方向に伸びており、充填部材10の面方向は図1紙面の左右方向に伸びている。冷却部材400は、図1の例では、充填部材10の面10bと密着する平面を有する板状に形成されている。また、充填部材10の厚み方向の熱伝導率を k [$W/m \cdot K$]と定義し、充填部材10の厚みを d [m]とする。

【0028】

さらに、充填部材10の面10aとセル#1とが接触する領域(領域a1とする)の平均温度を $T1$ []、領域a1と面10bとの関係となる面10b上の領域(領域b1とする)の平均温度を $T2$ []、充填部材10の面10aとセル#2とが接触する領域(領域a2とする)の平均温度を $T4$ []、領域a2と面10bとの関係となる領域(領域b2とする)の平均温度を $T3$ []とする。

【0029】

平均温度 $T2$ が平均温度 $T1$ より低い場合、充填部材10の領域a1と領域b1とで表面温度差($T1 - T2$)が生じている。この場合、充填部材10の領域a1の単位断面積当たりの熱流量(熱流束) $q1$ は、以下の式(3)によって表すことができる。

$$q1 = k(T1 - T2) / d \quad [W/m^2] \quad \dots (3)$$

【0030】

また、平均温度 $T4$ が平均温度 $T3$ より低い場合、充填部材10の領域b2と領域a2とで表面温度差($T3 - T4$)が生じている。この場合、充填部材10の領域b2の単位断面積当たりの熱流量(熱流束) $q2$ は、以下の式(4)によって表すことができる。

$$q2 = k(T3 - T4) / d \quad [W/m^2] \quad \dots (4)$$

【0031】

10

20

30

40

50

ここで、冷却部材400は、例えば熱伝導性のよい金属等で構成することができる。このため、冷却部材400から外部環境への除熱効率が低く、冷却部材400の周囲が断熱された環境に近い状態となっている場合には、冷却部材400の内部の温度はほぼ均一とみなすことができる。このような条件下では、平均温度 T_2 と平均温度 T_3 とがほぼ等しい($T_2 = T_3$)と近似できる。この場合、充填部材10の領域 b_2 の単位断面積当たりの熱流量(熱流束) q_2 は、以下の式(4-2)によって表すことができる。

$$q_2 = k (T_2 - T_4) / d \quad [W/m^2] \quad \dots (4-2)$$

【0032】

以上より、セル#1から冷却部材400へ充填部材10を經由して移動する接触面積 A [m^2]当たりの熱量 Q_1 、及び、冷却部材400からセル#2へ充填部材10を經由して移動する接触面積 A [m^2]当たりの熱量 Q_2 は、以下の式(5)および(6)によって表すことができる。

$$Q_1 = A \times q_1 = A k (T_1 - T_2) / d \quad [W] \quad \dots (5)$$

$$Q_2 = A \times q_2 = A k (T_2 - T_4) / d \quad [W] \quad \dots (6)$$

【0033】

充填部材10の熱移動感度 S は、ある単電池から別の単電池に熱が移動する際、それらの単電池が充填部材10に接触している場合に、その充填部材10の接触部分を經由して移動する熱量の程度を示す尺度であるから、以下の式(7)および(8)で定義することができる。

$$Q_1 = S \times (T_1 - T_2) [W] \quad \dots (7)$$

$$Q_2 = S \times (T_2 - T_4) [W] \quad \dots (8)$$

【0034】

熱移動感度 S は、式(5)、式(6)、式(7)、式(8)より、以下の式(9)で表すことができる。

$$S = Q_1 / (T_1 - T_2) = Q_2 / (T_2 - T_4) \\ = A k / d \quad [W/K] \quad \dots (9)$$

【0035】

<組電池>

本発明の実施形態に係る組電池100について説明する。組電池100は、例えば、電気自動車(EV、Electric Vehicle)、ハイブリッド電気自動車(HEV、Hybrid Electric Vehicle)、プラグインハイブリッド電気自動車(PHEV、Plug-in Hybrid Electric Vehicle)、電動重機、電動バイク、電動アシスト自転車、船舶、航空機、電車、無停電電源装置(UPS、Uninterruptible Power Supply)、家庭用蓄電システム、風力/太陽光/潮力/地熱等の再生可能エネルギーを利用した電力系統安定化用蓄電池システム等に搭載される電池パックに適用される。但し、組電池100は、上述のEV等以外の機器に電力を供給する電力源としても使用し得る。

【0036】

図2は、複数の単電池200を用いて形成された組電池100の一例の上面図を示し、図3は、図2に示した組電池100から側板300dを取り外した状態を模式的に示す側面図である。

【0037】

[単電池]

図4は組電池100を構成する単電池200の一例を示す図であり、図5は図4に示した単電池200の正面図であり、図6は、単電池200の右側面図である。図4、図5及び図6に示す一例において、単電池200は、高さ方向(H)、幅方向(W)、厚み方向(D)を有する直方体状に形成されており、その上面に端子210、端子220が設けられている。単電池200は、例えば、リチウムイオンを吸蔵・放出可能な正極及び負極、並びに電解質を備えるリチウムイオン二次電池である。リチウムイオン二次電池以外に、リチウムイオン全固体電池、ニッケル水素電池、ニッケルカドミウム電池、鉛蓄電池等の

10

20

30

40

50

二次電池を適用し得る。

【0038】

〔組電池〕

図2及び図3において、組電池100は、筐体300と筐体300内に収容された複数の単電池200とを含む。複数の単電池200は、その厚み方向“D”(図2の左右方向)に一列に並べて配置され、単電池200の間に仕切り部材1が介装されている。筐体300は、配列された複数の単電池200の側方を囲むように設けられた側板300a、300b、300c及び300dを有する。側板300a及び側板300bには、図示しない治具などを用いて両者間の距離が縮まるように圧力がかけられ、側板300a及び側板300bに挟まれた各単電池200はその厚み方向に圧力(拘束圧)がかけられた状態で保持される。なお、図2及び図3では、一例として5個の単電池200が例示されているが、単電池の数は適宜選択可能である。また、図2及び図3の例では、組電池100は端子210及び端子220が上方を向くように配置される例を示しているが、組電池100は端子210及び端子220が側方を向くように配置されてもよい。

10

【0039】

上述したように、筐体300内において、複数の単電池200はその厚み方向に並べられ、単電池200間には、仕切り部材1が配置されている。仕切り部材1を介して隣り合う(対向する)単電池200の正極端子(例えば端子210)と負極端子(例えば端子220)とは、バスバー301によって電氣的に直列に接続される。これによって、組電池100は、所定の電圧の電力を出力する。

20

【0040】

〔仕切り部材〕

仕切り部材1は、図7に示すように、高さ方向(H)、幅方向(W)及び厚み方向(D)を有する平行平板状、或いはシート状の全体形状を有する。仕切り部材1は、その厚み方向(D)において、組電池100を構成する単電池200の間、又は単電池200と単電池200以外の部材とを仕切るために使用される。仕切り部材1は、断熱材110等で構成することができる。また、仕切り部材1の厚みは、単電池200の厚みがL[mm]である場合に、通常、L/50mm以上L/10mm以下の範囲であり、好ましくは、L/30mm以上L/15mm以下の範囲である。

30

【0041】

〔断熱材〕

断熱材110は、多孔質体材料等で形成される。多孔質体は、例えば、繊維質(繊維状無機物ともいう)や粒子(粉状無機物ともいう)から形成されているものを例示することができる。断熱材110は、例えば、繊維質や粒子を押し固める等の所定の成型技術を用いて形成することができる。

【0042】

繊維質(繊維状無機物)は、例えば、紙、コットンシート、ポリイミド繊維、アラミド繊維、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)繊維、ガラス繊維、ロックウール、セラミック繊維及び生体溶解性無機繊維からなる群から選ばれる少なくとも1つであることが好ましく、これらの中でもガラス繊維、ロックウール、セラミック繊維及び生体溶解性無機繊維から選ばれる少なくとも1つであることが特に好ましい。セラミック繊維は、主としてシリカとアルミナからなる繊維(シリカ:アルミナ=40:60~0:100)であり、具体的には、シリカ・アルミナ繊維、ムライト繊維、アルミナ繊維を用いることができる。

40

【0043】

また、粒子(粉末状無機物)は、例えば、シリカ粒子、アルミナ粒子、ケイ酸カルシウム、粘土鉱物、パーミキュライト、マイカ、セメント、パーライト、フュームドシリカ及びエアロゲルからなる群から選ばれる少なくとも1つであることが好ましく、これらの中でもシリカ粒子、アルミナ粒子、ケイ酸カルシウム及びパーミキュライトから選ばれる少なくとも1つが特に好ましい。粘土鉱物は主としてケイ酸マグネシウム(タルク、セピオ

50

ライトを含む)、モンモリナイト、カオリナイトである。

【0044】

〔充填部材及び冷却部材〕

図3に示すように、筐体300の底部には、冷却部材(冷却装置ともいう)400が配置されている。複数の単電池200の夫々の底面は、平行平板状の充填部材10の上面(面10a:第1の面に相当)と接触し、充填部材10の下面(面10b:第2の面に相当)の一部ないし全面は、冷却部材400と接している。各単電池200からの熱は、充填部材10を介して冷却部材400へ伝達可能となっている。

【0045】

冷却部材400は、例えばヒートシンクなどである。冷却部材400は、その内部で流体(冷媒)を移動(循環等)させるものであってもなくてもよい。充填部材10は、例えば、一種類以上の材料、例えば一種類以上のプラスチック、プラスチックコンパウンド、プラスチック・金属複合材料などのうちの単独、又は適宜の組み合わせによって形成される。

10

【0046】

図8は、単電池200内部で発した熱の伝達経路を模式的に示す。単電池200内部での発熱は、各種伝達経路を介して、他の単電池200に伝達される。図8の例では、複数の単電池200のうちの一つである単電池200a(セル#1)からの熱の伝達経路が模式的に示されている。例えば、セル#1内部での発熱は、仕切り部材1を介して、他の単電池200b(セル#2)に伝達することができる。また、単電池200の夫々からの熱は、バスバー301を介して外部に放熱される。また、単電池200の夫々からの熱は、充填部材10を介して冷却部材400に伝達され、冷却部材400から外部へ放熱することができる。

20

【0047】

<組電池における発熱及び熱移動>

ここで、組電池100における発熱及び熱移動について説明する。単電池200を構成する電極や電解液等を構成する化学物質の一部ないし全てが、単電池200内部で発熱を伴いながら分解反応を起こすことにより、単電池200の温度が上昇し、単電池200の一部ないし全領域が200以上になる場合がある。即ち、単電池200が異常発熱状態となる場合がある。

30

【0048】

一般に、単電池200を構成する材料のうち正極材料の安全性について、充電による脱リチウム後の結晶構造の安定性が大きく影響していることが知られている。正極材料として一般に用いられる LiCoO_2 、 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3})\text{O}_2$ 、 $\text{Li}(\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05})\text{O}_2$ 等の材料は、充電状態では高温下で、酸素放出を伴う結晶崩壊を起こす。正極から放出された酸素は電解液の酸化等を引き起こし、急激な発熱反応を伴う。放射光を用いた構造解析により、上記正極材料種では200付近で結晶の相転移が起こることが報告されている。このため、単電池200の一部ないし全領域が200以上になる場合、正極の結晶崩壊が進行している、つまり単電池200が熱暴走状態にあることを意味する(参考文献1:リチウムイオン電池の高安全技術と材料 シーエムシー出版、P.44/参考文献2:J. Dahn et al., Electrochemistry Communication, 9, 2534-2540 (2007)/参考文献3:小林弘典、「放射光を用いたリチウムイオン二次電池用正極材料の評価・解析技術」Spring-8利用推進協議会 ガラス・セラミックス研究会(第二回)(2011))。

40

【0049】

また、単電池200を構成する材料のうち負極材料の安全性について、充電負極(リチウム挿入炭素負極)は基本的にリチウム金属と同様の強い還元性を示し、電解液との反応で負極表面上に被膜が形成され、それによってさらなる反応が抑制されていることが知られている。従って、その保護被膜の化学的組成や構造、熱安定性が温度上昇時の充電負極

50

の熱安定性に多大な影響を与える。通常、充電負極と電解液との反応は、保護被膜の形成と、それに続く被膜破壊による爆発的な還元分解反応により説明される。一般に、負極上での保護被膜形成反応は130 付近から、引き続き被膜分解反応が200 付近で進行し、最終的に爆発的な還元分解反応に至ることが報告されている。このため、単電池200の一部ないし全領域が200 以上になる場合、負極表面の被膜破壊が進行している、つまり単電池200が熱暴走状態にあることを意味する(参考文献4:電池ハンドブック第1版 オーム社、P.591/参考文献5:リチウムイオン電池の高安全技術・評価技術の最前線 シーエムシー出版、P.90)。

【0050】

また、本発明において、単電池200を構成する電極や電解液等を構成する化学物質が、単電池200内部で一定以上の発熱速度を伴う分解反応を起こしていない状態を、「通常状態」という。ここで、反応性化学物質が断熱条件下で自己発熱分解する際の熱的挙動を定量的に測定する手段であるARC (Accelerating rate calorimetry) を用いて、単電池200の発熱状態を評価することができる。例えばDahnらは、ARCにおいて観測される発熱速度が0.04 /minを上回る場合に、セル内部で自己発熱反応が進行しているものと定義しており、これに倣うことができる(参考文献6:J. Dahn et al., Electrochimica Acta, 49, 4599-4604 (2004))。

【0051】

また、本発明において、通常状態の単電池200を、「通常状態を保持している単電池」、通常状態を逸脱し異常発熱状態に至っていない単電池200を、「通常状態を逸脱した単電池」という。単電池200が通常状態を逸脱していない場合に想定される表面平均温度の上限値は通常80 である。ここで、汎用電解液成分の沸点は、下記表1に示すように90 以上である。汎用電解液成分は、例えば、エチレンカーボネート(EC)、ジエチルカーボネート、ジメチルカーボネート(DMC)、エチルメチルカーボネート(EMC)である。単電池200の表面平均温度が80 より低い場合は、単電池200を構成する汎用電解液自体の沸騰には至らない。

【表1】

		EC	DMC	EMC	DEC
密度	g/ml	1.385	1.063	1.007	0.970
分子量	g/mol	88.06	90.08	104.11	118.13
沸点	°C	238	90	108	127

【0052】

例えば、仕切り部材1に接触する単電池200が通常状態を逸脱し、異常発熱状態に至っていない場合に想定される表面平均温度の上限値が180 とする。ここで、仕切り部材1の材料が、仮に、汎用セパレータ材であるポリエチレンやポリプロピレン製であると仮定する。この場合、そのメルトダウン温度は160~200 であることが知られている。このため、単電池200の表面平均温度が180 を超える場合には、単電池200を構成する汎用セパレータ材の一部がメルトダウンし、異常発熱状態に至るおそれがある。

【0053】

<異常発熱状態の単電池の冷却>

本実施形態に係る組電池100では、複数の単電池200のうちの一つの単電池200(例えば単電池200a(セル#1))が異常発熱状態になった場合に、セル#1から発せられる熱の一部は、充填部材10を介して冷却部材400に伝達される。

【0054】

また、充填部材10に移動した熱のうちの一部は、充填部材10や冷却部材400を介して、異常発熱状態になった単電池200以外の単電池200に伝達される。異常発熱状

10

20

30

40

50

態になった単電池 200 以外の単電池 200 は、例えば、異常発熱状態になった単電池 200 と仕切り部材 1 を介して対向する（仕切り部材 1 を挟んで隣接する）単電池 200 である。例えば、図 8 に示す例では、単電池 200 の一つである単電池 200 a（セル # 1）が異常発熱状態となった場合に、そのセル # 1 からの熱の一部が充填部材 10 及び冷却部材 400 を介して単電池 200 b（セル # 2）に伝達される。

【0055】

[充填部材]

このため、実施形態に係る充填部材 10 は、一例として、図 1 に示した構成を備える。本実施形態では、充填部材 10 は、平行平板状に形成され、その厚み方向は、仕切り部材 1 の高さ方向（H）に配置され、充填部材 10 の面方向は、仕切り部材 1 の厚み方向（D）に配置されている。また、充填部材 10 は、その面方向に沿った第 1 の面に相当する面 10 a 及び第 2 の面に相当する面 10 b を有する。充填部材 10 は、面 10 a において、組電池 100 を構成する第 1 及び第 2 の単電池 200 a、200 b と接触する。また、充填部材 10 は、面 10 b において、第 1 及び第 2 の単電池 200 a、200 b を冷却可能な冷却部材 400 と接触する。

10

【0056】

<実施例>

次に実施例により本発明に係る充填部材の具体的態様を更に詳細に説明するが、本発明はこれらの例によって限定されるものではない。

【0057】

以下に説明する実施例 1～5 及び比較例 1 及び 2 では、異常発熱状態となった単電池 200（単電池 200 a とする）から他の単電池 200（単電池 200 b とする）への伝熱経路のうち、単電池 200 a と冷却部材 400 との間に配置される充填部材 10 を介する熱移動量に着目し、充填部材 10 による単電池 200 a と単電池 200 b との間の伝熱量抑制の可能性を検討した。

20

【0058】

評価対象の組電池 100 として、図 8 に示すような 5 つの単電池 200（セル # 1～セル # 5）が連結された組電池モデルを構築し、セル # 1 に異常発熱状態時相当の発熱量 1.4×10^9 [J/m³]（NMC 系正極を用いたセル # 2 の熱量評価から推定される総発熱量）を与え、以下の実施例 1～5 並びに比較例 1 及び 2 の条件において、熱伝導方程式を有限要素法により解くことにより、セル # 1 に隣接するセル # 2 の温度推移を推算し、充填部材 10 の熱移動感度の変化によるセル間の伝熱量抑制等の効果を評価した。ここで、解析には COMSOL AB 社製の汎用物理シミュレーションソフトウェアである COMSOL Multiphysics を用い、下記参考文献 9、10 を参照して解析した。なお、セル # 1 とセル # 2 との間の伝熱経路については、図 8 で説明した経路が想定される（参考文献 9：特開 2006-010648 号公報、参考文献 10：R. M. Spotnitz et al., J. Power Sources 163, 1080-1086, (2007)）。

30

【0059】

以下の表 2 に、実施例 1～5 並びに比較例 1 及び 2 の結果を示す。

40

【表 2】

	k [W/(m·K)]	膜厚 [mm]	S [W/K]	Time [sec]	Tmax [°C]
比較例 1	2	1	7.84	152	212.4
実施例 1	1	1	3.92	168	208.7
実施例 2	0.8	1	3.13	168	207.9
実施例 3	0.6	1	2.35	175	207.1
実施例 4	0.4	1	1.57	188	207.3
実施例 5	0.2	1	0.784	179	208.1
比較例 2	0.1	1	0.392	208	211.0

10

【0060】

実施例 1 ~ 5 並びに比較例 1 及び 2 において、セル # 1 ~ # 5 の夫々のサイズは、ドイツ自動車工業会で規定されている PHEV 2 サイズ（縦 91 mm、幅 148 mm、厚み 26.5 mm）とした。また、簡単のため、冷却部材 400 はアルミニウムやアルミニウム合金等の金属で構成された厚み約 4 mm の板状材料であると想定し、熱伝導率は 200 W/m·K とした。セル # 1 及び # 2 と冷却部材 400 との間に設置される充填部材 10 は、絶縁塗料等の塗膜またはプラスチックフィルムであると想定した。充填部材 10 に関しては、膜厚、フィラー（充填部材 10 内への詰め物）の種類や充填量、あるいは充填部材 10 の構造体をなすプラスチックの種類で熱移動抵抗を変更できる。バスバー 301 は、アルミニウム製であるものと想定し、熱伝導率は 237 W/m·K とした。また、セル # 1 とセル # 2 の間に設置される仕切り部材 1 は断熱性の材料であると想定し、膜厚（厚み方向の寸法）は 1 mm、熱伝導率は 0.1 W/m·K とした。また、冷却部材 400 に関して、冷媒の流れ（フロー）が止まった状態を想定し、冷却部材 400 の周囲の環境には、自然対流相当の熱伝達係数を与えた。これらの条件下で、セル # 1 に異常が発生し異常発熱状態に達してから 300 秒間のセル # 2 内の温度推移を推算した。

20

30

【0061】

なお、実施例 1 ~ 5 並びに比較例 1 及び 2 においては、異常発熱状態の温度に達した単電池 200 から伝達された熱に起因する昇温の程度を明確にするため、セル # 1 以外のセル # 2 ~ セル # 5 については、セルの自己発熱による昇温を考慮していない。

【0062】

（比較例 1）

充填部材 10 に熱伝導率 2.0 W/m·K の材料を用い、膜厚は 1 mm とした。セル # 1 に異常が発生してから 152 秒後に、セル # 2 内部の最高温度が 212.4 に到達するものと推算された。この場合の充填部材 10 の熱移動感度 S は 7.84 W/K であった。

40

【0063】

（実施例 1）

充填部材 10 に熱伝導率 1.0 W/m·K の材料を用い、膜厚は 1 mm とした。セル # 1 に異常が発生してから 168 秒後に、セル # 2 内部の最高温度が 208.7 に到達するものと推算された。この場合の充填部材 10 の熱移動感度 S は 3.92 W/K であった。

【0064】

（実施例 2）

充填部材 10 に熱伝導率 0.8 W/m·K の材料を用い、膜厚は 1 mm とした。セル #

50

1に異常が発生してから168秒後に、セル#2内部の最高温度が207.9に到達するものと推算された。この場合の充填部材10の熱移動感度Sは3.13W/Kであった。

【0065】

(実施例3)

充填部材10に熱伝導率0.6W/m・Kの材料を用い、膜厚は1mmとした。セル#1に異常が発生してから175秒後に、セル#2内部の最高温度が207.1に到達するものと推算された。この場合の充填部材10の熱移動感度S_bは2.35W/Kであった。

【0066】

(実施例4)

充填部材10に熱伝導率0.4W/m・Kの材料を用い、膜厚は1mmとした。セル#1に異常が発生してから188秒後に、セル#2内部の最高温度が207.3に到達するものと推算された。この場合の充填部材10の熱移動感度Sは1.57W/Kであった。

【0067】

(実施例5)

充填部材10に熱伝導率0.2W/m・Kの材料を用い、膜厚は1mmとした。セル#1に異常が発生してから179秒後に、セル#2内部の最高温度が208.1に到達するものと推算された。この場合の充填部材10の熱移動感度Sは0.78W/Kであった。

【0068】

(比較例2)

充填部材10に熱伝導率0.1W/m・Kの材料を用い、膜厚は1mmとした。セル#1に異常が発生してから208秒後に、セル#2内部の最高温度が211.0に到達するものと推算された。この場合の充填部材10の熱移動感度Sは0.39W/Kであった。

【0069】

実施例1～5並びに比較例1及び2の結果から、以下のことがわかる。組電池100を構成する単電池200と電池温度の冷却および均等化のために備えられた冷却部材400との間に設置される充填部材10について、充填部材10の熱移動抵抗(熱伝導率k)を適切な範囲内に収めることで、異常が発生したセル#1(第1の単電池)から冷却部材400を介して伝わる熱量に起因するセル#2(第2の単電池)の昇温の程度を制御できる、すなわち、実施例1～5並びに比較例1及び2によれば、冷却部材400を介した単電池200間の熱移動を好適に制御できる可能性があることが示された。実施例1～5では、セル#2の最高温度を210より低い値にすることができるのに対し、比較例1及び2では、210を超える最高温度となった。これらより、セル#2の温度を好適に抑えることが可能な熱移動感度Sとして、式(2)の範囲(0.5 ≤ S ≤ 4.0)を得ることができた。なお、実施例1～5の結果より、熱移動感度Sは、好ましくは0.7以上3.2以下であり、さらに好ましくは1.5以上2.4以下であるといえる。

【0070】

ここで、実施例1～5並びに比較例1及び2では、充填部材10の厚み(膜厚)を1mmに固定したが、充填部材10の厚みは、 5.0×10^{-5} m以上 5.0×10^{-2} m以下であってもよい。このため、実施例1～5並びに比較例1及び2の結果から、充填部材10の厚み方向における熱伝導率kが 2.0×10^{-2} W/m・K以上50.0W/m・K以下であることが好ましいことがわかった。

【符号の説明】

【0071】

1 仕切り部材

10 充填部材

10

20

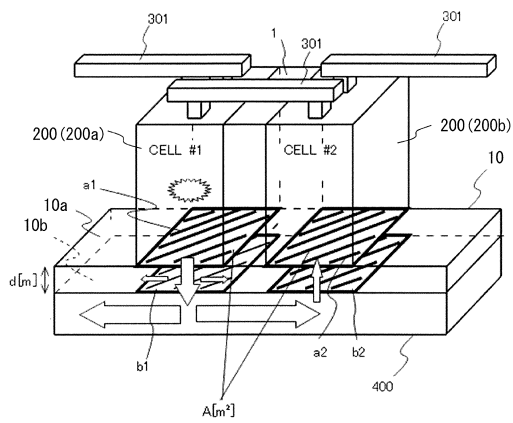
30

40

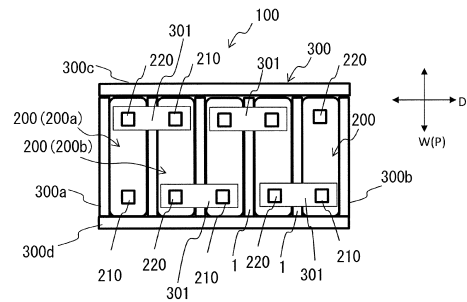
50

- 1 0 a、1 0 b 面
- 1 0 0 組電池
- 1 1 0 断熱材
- 2 0 0 単電池
- 3 0 0 筐体
- 4 0 0 冷却部材

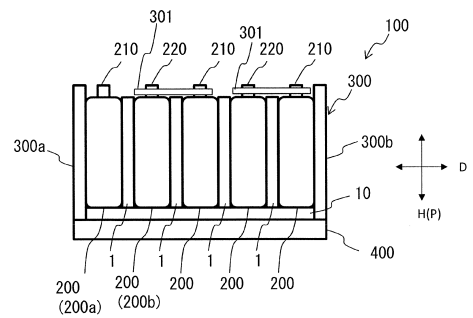
【 図 1 】



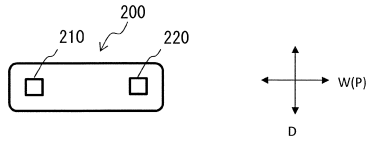
【 図 2 】



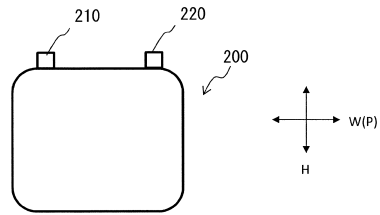
【 図 3 】



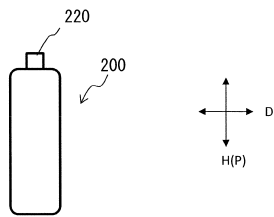
【図4】



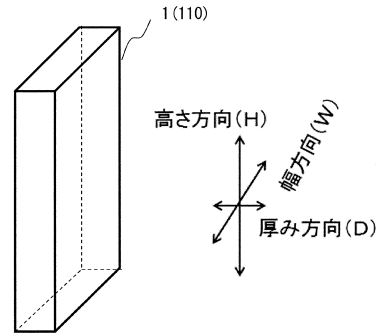
【図5】



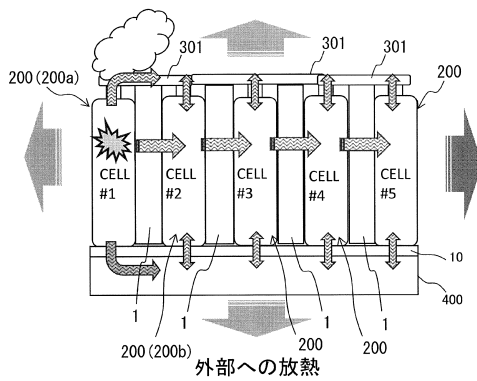
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.		F I
H 0 1 M 10/647 (2014.01)		H 0 1 M 10/647
H 0 1 M 10/658 (2014.01)		H 0 1 M 10/658
H 0 1 M 10/6554 (2014.01)		H 0 1 M 10/6554
H 0 1 M 10/6556 (2014.01)		H 0 1 M 10/6556

審査官 杉田 恵一

- (56)参考文献 特開2006-010648(JP,A)
特開2009-301877(JP,A)
特開2010-272430(JP,A)
特開2011-023296(JP,A)
特開2011-108617(JP,A)
特表2014-505333(JP,A)
国際公開第2012/124273(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 1 M 1 0 / 6 0
H 0 1 M 5 0 / 2 0